

Volumen 2, Número 2 – Enero – Marzo - 2015

ISSN 2410-356X

**Revista de Ciencias  
Naturales y Agropecuarias**

**ECORFAN®**

**Bases de datos**

**Google Scholar.**



**ECORFAN®**

## **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 2, de Enero a Marzo 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 31 de Marzo 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.**  
*(Simon Fraser University), 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 pública 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 *Variabilidad metabólica de rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas de huertos de Guayaba* por GOMEZ-LUNA, Blanca Estela, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELOZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y RUIZ-AGUILAR, Graciela Ma. de la Luz con adscripción en la Universidad de Guanajuato, como siguiente artículo está *Recubrimientos y películas comestibles a base de quitosano con aceite esencial de Cymbopogon citratus aplicados en guayava (Psidium guajava L.)* por VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen\*†, GUERRERO-BELTRAN, José Ángel, OCHOA-VELAZCO, Carlos Enrique y MATA-GARCÍA, Moisés con adscripción en la Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla, como siguiente artículo está *Impacto ambiental y diversidad de los nopalos en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (México)* por ROMERO, Adriana, ENRÍQUEZ-ENRÍQUEZ, David y ADAME-GONZÁLEZ, Miguel con adscripción en la Universidad Autónoma de Zacatecas, como siguiente artículo está *Distribución de la mastitis subclínica en rebaños ovinos de carne en unidades de producción familiar del estado de México* por VELÁZQUEZ-ORDOÑEZ, Valente` VALLADARES-CARRANZA, Benjamín` ALONSO-FRESÁN, M. Uxua` MELO-GÓMEZ Liliana`` y GIL-GIL, Abigail`` con adscripción en la `Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal. Universidad Autónoma del Estado de México. ``Clínica Privada, Toluca, como siguiente artículo está *Aislamiento y caracterización de bacterias hidrocarburolíticas degradadoras de gasolina y diésel* por MARTÍNEZ, José, JÍMENEZ, Mariana, SOTO, Diana, LOMAS, Marcos y SÁNCHEZ, Salvador, con adscripción en la Universidad Iberoamericana Torreón, como siguiente artículo está *Uso de Portainjertos para el control de Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici raza 3 en Tomate Cherry Tipo Uva* por MARTINEZ-SCOTT, Marcia Maribel, ROSAS-GALLARDO, Mayra Gabriela, JIMENEZ-SANCHEZ, Gabriel y LOERA-CRUZ, María de la Luz con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, como siguiente artículo está *Evaluación de cinco sustratos para la obtención de plantas de la especie Jatropha curcas* por DOMINGO-FERNÁNDEZ, Rubén, TÉLLEZ-MAZZOCO, Denisse, HERNANDEZ-HERNANDEZ, Miguel Angel y DE LA CRUZ-DE LA CRUZ, Emigdio con adscripción en la Universidad Tecnológica de la Huasteca, como siguiente artículo está *Vida postcosecha de inflorescencias de Ave del Paraíso (Strelitzia reginae Aiton) en Nayarit, México* por NAVARRETE, Ana Luisa, RAMÍREZ, Leobarda, SÁNCHEZ-MONTEÓN, Ana Luisa y ALEJO-SANTIAGO, Gelacio como siguiente artículo está *Efecto antifungico del extracto etanolico de estigmas de maíz (Zea mays)* por GÓMEZ, Guadalupe, LEÓN, Jiezer, MONCADA, Delfino y RODRIGUEZ, Alberto con adscripción en la Universidad Politécnica de Pénjamo como siguiente artículo está *Producción de compostas con desechos orgánicos para el aprovechamiento de agua en el suelo* por VALERO-SORIA, Hever Alan, RUTIAGA-ROMERO, Maricarmen, MORENO-HERNÁNDEZ, Victor Eduardo y SARIÑANA-CAMPA, Ma Elena con adscripción en la Universidad Tecnológica de Rodeo.

Como siguiente artículo está *Extracción en proceso continuo de oleoresinas de chile seco (capsicum annuum spp) a nivel laboratorio* por ARREGUIN, Javier, BAUTISTA, Simeon, PEREZ, Ma. Cristina Irma y RAMOS, Maribel con adscripción en el Instituto Tecnológico de Celaya como siguiente artículo está *Evaluation of the distilled quality of agave poblano produced artisanally* por RINCÓN, Celina, NAVARRO, Enrique, HERRERA, Jorge y BRAVO, Ariadna con adscripción en la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, como siguiente artículo está *El huerto de Traspasio: Una alternativa de Emprendurismo en los hogares del municipio de Espita, Yucatán* por HERNÁNDEZ, Heber, KANTÚN, Manuel, PÉREZ, Lucia y FARFÁN, Jorge, como siguiente artículo está *Evaluación de nuevas variedades arándano cultivadas en Xicotepec* por MORALES, Víctor, MORALES, Esteban, ORTEGA, Leticia y GALLARDO, Araceli, como siguiente artículo está *Densidad de Sciurus granatensis en hábitats intervenidos del Valle de Tenza, Boyacá, Colombia* por GONZÁLEZ, Diana, RODRÍGUEZ, Pablo, MONTES, Rubén y CASTILLO, Israel con adscripción en la Universidad Autónoma de Yucatán como siguiente artículo está *Efecto de pretratamientos aplicados a la deshidratación de tomate sobre la cantidad de licopeno* por AGUILAR, María`, QUEZADA, Teódulo `, ABRAJÁN, Myrna, OCHOA, Yisa```, VASCO, Nora`` con adscripción en la `Departamento de Tecnología de Alimentos. Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940. Aguascalientes, México. CP. 20131. ``Departamento de Química. Centro de Ciencias Básicas. Universidad Autónoma de Aguascalientes. ``Departamento de Clínica Veterinaria. Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. ````Departamento de Fitotecnia. Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes, como siguiente artículo está *Síntesis de Materiales Mesoporosos de Sílice Mediante Precursores de Bajo Costo y Su Uso en la Remoción de Cromo (III)* por GUTIÉRREZ-VALTIERRA, Moises`, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen``, CAUDILLO-GONZÁLEZ, Martín` y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Ma. Mercedes` con adscripción en la `Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología de la Universidad de Guanajuato ``Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato. Instituto Politécnico Nacional como siguiente artículo está *Establecimiento de un sistema in vitro para evaluar el efecto tóxico del Cadmio en la arquitectura radicular de plantas* por ROLÓN-CÁRDENAS, Gisela Adelina, HERNÁNDEZ-MORALES, Alejandro, CARRANZA-ÁLVAREZ, Candy y MALDONADO-MIRANDA, Juan José con adscripción en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca como siguiente artículo está *Estabilidad en detergentes, solventes polares y sales de proteasas alcalinas extraídas de desechos de procesamiento de sierra (Scomberomorus sierra)* por SALAZAR, Jesús, CORREA, Lizet, RODRÍGUEZ, Víctor y OSUNA, Idalia con adscripción en la Universidad Politécnica de Sinaloa. Unidad Académica de Ingeniería en Biotecnología. Carretera Mazatlán Higueras, como siguiente artículo esta *Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de Justicia spicigera en ratas tratadas por vía oral durante 30 días* por BALDERAS, Sheila, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y LEÓN, Angel con adscripción Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca-Universidad Autónoma de San Luis Potosí, como siguiente artículo esta *Incidencia de Maloclusiones dentales en niños con Síndrome de Down del CRIVER* por CAPETILLO-HERNÁNDEZ, Guadalupe, HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, Griselda†, TORRES-CAPETILLO, Evelyn y TIBURCIO-MORTEO, Leticia con adscripción Universidad Veracruzana.Facultad de Odontología, Región Veracruz, como siguiente artículo esta *Cobre y Níquel, microelementos esenciales en la nutrición vegetal* por VILLEGAS-TORRES, Oscar Gabriel, DOMÍNGUEZ-PATIÑO, Martha Lilia, MARTÍNEZ-JAIMES, Patricia y AGUILAR-CORTES, Miguel con adscripción Universidad de Guanajuato.

Como siguiente articulo esta *Estudio de los desayunos escolares consumidos con mayor frecuencia en una escuela pública en la Ciudad de Puebla* por NAVARRO-CRUZ, Addí, OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique, VERA-LÓPEZ, Obdulia y ÁVILA-SOSA, Raúl con adscripción en Departamento Bioquímica-Alimentos, Facultad Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, como siguiente articulo esta *Differential cholinergic system regulation of mRNA ex-expression of estrogen receptors in the hypothalamus of the female rat* por ARTEAGA-LOPEZ, Paola, HANDAL-SILVA, Anabella`` y MORÁN-PERALES, José Luis`` con adscripción `Biology of Reproduction Department, UAM-Iztapalapa, México City, ``Toxicology and Biology of Reproduction Department, ICUAP- BUAP, Puebla, como siguiente articula esta *Vinculación del Cuerpo Académico CACYTAI con empresas de producción y aplicación de la grana cochinilla, algunos resultados técnicos* por ARROYO-FIGUEROA, Gabriela, RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, Jesús Rubén, VARGAS-RODRÍGUEZ, Lorena y HERRERA-MÉNDEZ, Carlos Hernán con adscripción en la Universidad de Guanajuato, como siguiente articulo esta *Parametros de Calidad en la Producción de Piloncillo en Sabanas Huatusco, Veracruz* por JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena, GARCÍA-CASTILLO, Luz Ariana, MARTÍNEZ-AGUILAR, María y LÓPEZ-SERRANO, Moises con adscripción Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, como siguiente articulo esta *Propiedades ópticas de un mucílago* por RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela, HERRERA-DÍAZ, Israel Enrique y VELOZ-GARCÍA, Rafael Alejandro con adscripción en el Departamento de Ing. Agroindustrial, DCSI, Universidad de Guanajuato, como siguiente articulo esta *Dinámicas de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante diferentes momentos de recuperación de la fatiga después de ejercicios de tipo anaeróbico y aeróbico* por HERNÁNDEZ-CRUZ, Germán, QUEZADA-CHACÓN, José Trinidad, RANGEL-COLMENERO, Blanca Rocío y LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo con adscripción en la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León, como siguiente articulo esta *Caracterización socio técnica del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas* por LOPEZ, Rosa, HERNÁNDEZ-MONTES, Arturo, VILLEGRAS-DE GANTE, Abraham y SANTOS-MORENO, Armando con adscripción en la Universidad Autónoma Chapingo.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Variabilidad metabólica de rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas de huertos de Guayaba</b> GOMEZ-LUNA, Blanca Estela, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELOZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y RUIZ-AGUILAR, Graciela Ma. de la Luz	115-119
<b>Recubrimientos y películas comestibles a base de quitosano con aceite esencial de <i>Cymbopogon citratus</i> aplicados en guayava (<i>Psidium guajava</i> L.)</b> VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen, GUERRERO-BELTRAN, José Ángel, OCHOA-VELAZCO, Carlos Enrique y MATA-GARCÍA, Moisés	120-135
<b>Impacto ambiental y diversidad de los nopalos en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (Méjico)</b> ROMERO, Adriana, ENRÍQUEZ-ENRÍQUEZ, David y ADAME-GONZÁLEZ, Miguel	136-147
<b>Distribución de la mastitis subclínica en rebaños ovinos de carne en unidades de producción familiar del estado de México</b> VELÁZQUEZ-ORDOÑEZ, Valente, VALLADARES-CARRANZA, Benjamin, ALONSO-FRESÁN, M. Uxua, MELO-GÓMEZ Liliana y GIL-GIL, Abigail	148-154
<b>Aislamiento y caracterización de bacterias hidrocarburolíticas degradadoras de gasolina y diésel</b> MARTÍNEZ, José, JÍMENEZ, Mariana, SOTO, Diana, LOMAS, Marcos y SÁNCHEZ, Salvador	155-161
<b>Uso de Portainjertos para el control de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> raza 3 en Tomate Cherry Tipo Uva</b> MARTINEZ-SCOTT, Marcia Maribel, ROSAS-GALLARDO, Mayra Gabriela, JIMENEZ-SANCHEZ, Gabriel y LOERA-CRUZ, María de la Luz	162-168
<b>Evaluación de cinco sustratos para la obtención de plantas de la especie <i>Jatropha curcas</i></b> DOMINGO-FERNÁNDEZ, Rubén, TÉLLEZ-MAZZOCCHI, Denisse, HERNANDEZ-HERNANDEZ, Miguel Angel y DE LA CRUZ-DE LA CRUZ, Emigdio	169-184
<b>Vida postcosecha de inflorescencias de Ave del Paraíso (<i>Strelitzia reginae</i> Aiton) en Nayarit, México</b> NAVARRETE, Ana Luisa, RAMÍREZ, Leobarda, SÁNCHEZ-MONTEÓN, Ana Luisa y ALEJO-SANTIAGO, Gelacio	185-190

<b>Efecto antifungico del extracto etanolico de estigmas de maíz (Zea mays)</b> GÓMEZ, Guadalupe, LEÓN, Jiezer, MONCADA, Delfino y RODRIGUEZ, Alberto	191-194
<b>Producción de compostas con desechos orgánicos para el aprovechamiento de agua en el suelo</b> VALERO-SORIA, Hever Alan, RUTIAGA-ROMERO, Maricarmen, MORENO-HERNÁNDEZ, Victor Eduardo y SARIÑANA-CAMPA, Ma Elena	195-199
<b>Extracción en proceso continuo de oleoresinas de chile seco (<i>capsicum annuum</i> spp) a nivel laboratorio</b> ARREGUIN, Javier, BAUTISTA, Simeon, PEREZ, Ma. Cristina Irma y RAMOS, Maribel	200-203
<b>Evaluation of the distilled quality of agave poblano produced artisanally</b> RINCÓN, Celina, NAVARRO, Enrique, HERRERA, Jorge y BRAVO, Ariadna	204-212
<b>El huerto de Traspatio: Una alternativa de Emprendurismo en los hogares del municipio de Espita, Yucatán</b> HERNÁNDEZ, Heber, KANTÚN, Manuel, PÉREZ, Lucia y FARFÁN, Jorge	213-220
<b>Evaluación de nuevas variedades arándano cultivadas en Xicotepec</b> MORALES, Víctor, MORALES, Esteban, ORTEGA, Leticia y GALLARDO, Araceli	221-224
<b>Densidad de <i>Sciurus granatensis</i> en hábitats intervenidos del Valle de Tenza, Boyacá, Colombia</b> GONZÁLEZ, Diana, RODRÍGUEZ, Pablo, MONTES, Rubén y CASTILLO, Israel	225-237
<b>Efecto de pretratamientos aplicados a la deshidratación de tomate sobre la cantidad de licopeno</b> AGUILAR, María, QUEZADA, Teódulo, ABRAJÁN, Myrna, OCHOA, Yisa, VASCO, Nora	238-245
<b>Síntesis de Materiales Mesoporosos de Sílice Mediante Precursores de Bajo Costo y Su Uso en la Remoción de Cromo (III)</b> GUTIÉRREZ-VALTIERRA, Moises, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen, CAUDILLO-GONZÁLEZ, Martín y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Ma. Mercedes	246-254
<b>Establecimiento de un sistema in vitro para evaluar el efecto tóxico del Cadmio en la arquitectura radicular de plantas</b> ROLÓN-CÁRDENAS, Gisela Adelina, HERNÁNDEZ-MORALES, Alejandro, CARRANZA-ÁLVAREZ, Candy y MALDONADO-MIRANDA, Juan José	255-262
<b>Estabilidad en detergentes, solventes polares y sales de proteasas alcalinas extraídas de desechos de procesamiento de sierra (<i>Scomberomorus sierra</i>)</b> SALAZAR, Jesús, CORREA, Lizet, RODRÍGUEZ, Víctor y OSUNA, Idalia	263-271

<b>Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de <i>Justicia spicigera</i> en ratas tratadas por vía oral durante 30 días</b>	272-278
BALDERAS, Sheila, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y LEÓN, Angel	
<b>Incidencia de Maloclusiones dentales en niños con Síndrome de Down del CRIVER</b>	279-284
CAPETILLO-HERNÁNDEZ, Guadalupe, HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, Griselda†, TORRES-CAPETILLO, Evelyn y TIBURCIO-MORTEO, Leticia	
<b>Cobre y Níquel, microelementos esenciales en la nutrición vegetal</b>	285-295
VILLEGRAS-TORRES, Oscar Gabriel, DOMÍNGUEZ-PATIÑO, Martha Lilia, MARTÍNEZ-JAIMES, Patricia y AGUILAR-CORTES, Miguel	
<b>Estudio de los desayunos escolares consumidos con mayor frecuencia en una escuela pública en la Ciudad de Puebla</b>	296-303
NAVARRO-CRUZ, Addí, OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique, VERA-LÓPEZ, Obdulia y ÁVILA-SOSA, Raúl	
<b>Differential cholinergic system regulation of mRNA ex-pression of estrogen receptors in the hypothalamus of the female rat.</b>	304-310
ARTEAGA-LOPEZ, Paola, HANDAL-SILVA, Anabella y MORÁN-PERALES, José Luis	
<b>Vinculación del Cuerpo Académico CACYTAI con empresas de producción y aplicación de la grana cochinilla, algunos resultados técnicos</b>	311-318
ARROYO-FIGUEROA, Gabriela, RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, Jesús Rubén, VARGAS-RODRÍGUEZ, Lorena y HERRERA-MÉNDEZ, Carlos Hernán	
<b>Parametros de Calidad en la Producción de Piloncillo en Sabanas Huatusco, Veracruz</b>	319-329
JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena, GARCÍA-CASTILLO, Luz Ariana, MARTÍNEZ-AGUILAR, María y LÓPEZ-SERRANO, Moises	
<b>Propiedades ópticas de un mucílago</b>	330-335
RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela, HERRERA-DÍAZ, Israel Enrique y VELOZ-GARCÍA, Rafael Alejandro	
<b>Dinámicas de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante diferentes momentos de recuperación de la fatiga después de ejercicios de tipo anaeróbico y aeróbico</b>	336-344
HERNÁNDEZ-CRUZ, Germán, QUEZADA-CHACÓN, José Trinidad, RANGEL-COLMENERO, Blanca Rocío y LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo	
<b>Caracterización socio técnica del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas</b>	345-353
LOPEZ, Rosa, HERNÁNDEZ-MONTES, Arturo, VILLEGRAS-DE GANTE, Abraham y SANTOS-MORENO, Armando	

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Variabilidad metabólica de rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas de huertos de Guayaba

GOMEZ-LUNA, Blanca Estela\*†, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELOZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y RUIZ-AGUILAR, Graciela Ma. de la Luz

*Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, Celaya, C.P. 38060, Campus Irapuato-Salamca, Irapuato, Gto.*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

México produce alrededor del 25% del total de guayaba (*Psidium guajava L.*) a nivel mundial. La importancia radica desde el punto de vista artesanal hasta el industrial; sin embargo, esto no exenta a la guayaba de ser un fruto perjudicado por el uso intensivo de productos químicos durante su producción. Las bacterias promotoras de crecimiento (PGPR) representan una alternativa biotecnológica sustentable para atenuar dicho problema. En el presente trabajo se caracterizaron fisiológicamente desde un enfoque cualitativo y con pruebas in vitro bacterias aisladas a partir de suelos de huertos de guayaba ubicados en Salvatierra, Gto. Se realizaron pruebas relacionadas con el perfil metabólico por medio del sistema BIOLOG, así como pruebas de resistencia a antibióticos, solubilización de fosfatos y germinación en semillas de guayaba. Los resultados mostraron que los aislados presentaron potenciales vías de acción de las PGPR y que son candidatas para realizar estudios cuantitativos sobre los mismos aspectos evaluados.

**Perfil metabólico, Biolog, Rizobacterias**

**Citación:** GOMEZ-LUNA, Blanca Estela, RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, VELOZ-GARCÍA, Rafael Alejandro y RUIZ-AGUILAR, Graciela Ma. de la Luz. Variabilidad metabólica de rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas de huertos de Guayaba. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:115-119

### Abstract

Mexico produces around 25% of total guava in the world. The importance of the guava crops has a focus traditional and industrial; however, this point does not free the guava about the intensive use of chemical products during its production. The promoting growth plant rhizobacteria (PGPR) representig a sustainable biotechnology option to minimize that problem. In this paper is described the physiological characterization since a qualitative focus of bacteria isolated from soil of guava orchards located in Salvatierra, Gto. The tests were performed shown the metabolic profile through the BIOLOG system; also the antibiotics resistance tesa was developed, the evaluation of phosphates solubilization, nitrogen fixation, indol production and the germination in guava seeds. The results shown that the strains have routes of action potentialof PGPR and, these are candidates to will do quantitative studies about the same aspects.

**Metabolic profile, Biolog, Rizobacteria**

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: bgomezl2000@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La producción mundial de guayaba es de alrededor de 1.2 millones de toneladas, México produce el 25% (Yam-Tzec et al., 2010). El guayabo se cultiva en México, con una superficie de 24000 ha y un volumen de producción anual de 300 000 t. La guayaba se consume principalmente como fruta fresca (87 al 92%) y el resto en las industrias de bebidas, mermeladas y otros productos afines (Mondragón-Jacobo et al., 2009). Los mejores rendimientos se obtienen en regiones con lluvias en verano con una temperatura media anual de 23 a 28 °C (Castelán-Estrada y Becerril-Román, 2004). Sin embargo la guayaba ha sido poco estudiada su microfauna benéfica asociada a su rizósfera que puede ser un potencial biotecnológico.

La biotecnología ofrece herramientas para el desarrollo sostenible. Las bacterias promotoras de crecimiento, PGPR (promoting growth plant rhizobacteria) son microorganismos que ejercen un efecto benéfico para la planta, son definidas como bacterias habitantes de la raíz que estimulan significativamente el crecimiento de las plantas. Estas no requieren de la invasión interna del tejido de las plantas, tiene una elevada densidad poblacional en la rizósfera después de su inoculación, presentan la capacidad de colonización efectiva en la superficie de la raíz y no producen daño en otros organismos (Jiménez-Delgadillo, et al., 2001). Dentro de los efectos positivos sobre el crecimiento de las plantas se distinguen los mecanismos directos e indirectos. Dentro de los mecanismos directos se pueden citar la fijación de nitrógeno, el incremento de la disponibilidad de nutrientes, la producción de hormonas y la producción de la ACC desaminasa (Glick et al., 1998; Milla-Martínez, 2007; Lugtenberg y Kamilova, 2009).

Las PGPR incluyen diferentes géneros de bacterias como Azotobacter, Azospirillum, Pseudomonas, Burkholderia y Bacillus, es posible que un mismo tipo de rizobacteria actúe mediante uno o varios mecanismos directos e indirectos (Glick et al., 1998).

## Materiales y métodos

### Resistencia a antibióticos

Se inoculó cada aislado en 15 ml caldo de papa en tubos Falcon de 50 mL con agitación (150 rpm) durante 20 min a 28°C. En seguida con el equipo de siembra Spiral Biotech se inocularon con 50 µL de cultivo las placas con medio PDA. Se colocó el multidisco combinado de la marca BIO-RAD. Cada multidisco contiene 12 antibióticos: amikacina (AK, 30 µg), ampicilina (AM, 10 µg), cefolotina (CF, 30 µg), cetraxiona (CRO, 30 µg), cloranfenicol (CL, 30 µg), dicloxacilina (DC, 1 µg), enoxacina (ENX, 10 µg), eritromicina (E, 15 µg), gentamicina (GE, 10 µg), netilmicina (NET, 10 µg), penicilina (PE, 10 U) y trimetropimsulfametoazol (SXT, 25 µg). Para la activación de los antibióticos, las placas se colocaron por una hora a 4 °C para después incubarse por 24 hrs a 28 °C.

### Perfiles metabólicos

Se realizó una siembra de 10 cepas gram negativas en el medio BUG de la compañía BIOLOG incubándolas a 28 °C por 24 hrs. Por cepa se prepararon 20 ml de una solución estéril de NaCl al 85%, en la cual fue depositada la muestra del medio BUG hasta que se obtuvo una transmitancia del 52% ±3 %, las cepas se inocularon en microplacas de la misma compañía, de las cuales se tomo lectura a las 24 h de incubación (28 °C) con el lector de microplacas Biolog y el software ML3420, se determinaron los perfiles metabólicos y se la identificación de la cepa.

## Bacterias solubilizadoras de fosfatos

Para esta prueba se utilizó el Medio de Fosfatos del National Botanical Research Institute (NBRIP). Para un litro de medio se disponen en el siguiente orden los reactivos: 10 g. de glucosa, 5 g de Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 5 g de MgCl<sub>2</sub>•6H<sub>2</sub>O, 0.025 g de MgSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O, 0.2 g de KCl, 0.1 g de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 17 g de agar bacteriológico, 0.0005 g de azul de bromitímol y 1000 ml de agua destilada. Se inocularon las bacterias por picadura en el medio sólido y se incubaron a 28 °C y se observaron cada 24 hrs la formación de un halo de degradación (Morales-Torres et al., 2012).

## Resultados y discusión

La sensibilidad (S) y resistencia (R) de las cepas aisladas de huertos de guayaba se muestran en la Tabla 1, se trabajaron 18 cepas gram negativas y 20 cepas gram positivas. Se obtuvieron los siguientes resultados de las bacterias aisladas frente a doce antibióticos diferentes. De las 38 cepas únicamente 12 muestras no presentaron resistencia a ninguno de los antibióticos, como se muestra en la Tabla 1 y Figura 1.

## Perfiles metabólicos

Una vez incubadas por 24 horas las placas con el inóculo, con el software ML3420 se leyó el perfil metabólico de once cepas gram negativas, se obtuvo la similitud a nivel con respecto a la base de datos del sistema BIOLOG Tabla 2 y Figura 2; así como las fuentes de carbono utilizadas las cepas Tabla 3.

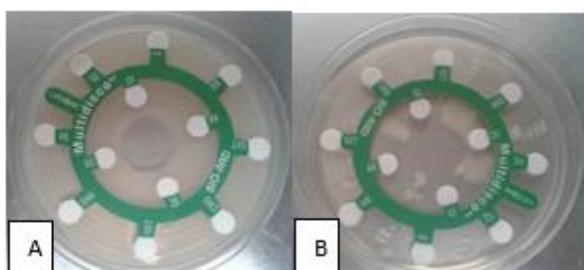
## Bacterias solubilizadoras de fosfatos

Se evaluaron 51 cepas para esta prueba utilizando el Medio NBRIP. Las colonias presentan morfología amarillo intenso en la periferia y un centro amarillo tenue, de consistencia cremosa.

Lo que podría ser característico del medio de cultivo. El crecimiento de las bacterias comenzó a partir de las 48 horas, y a las 96 hrs, comenzó a distinguirse claramente el halo alrededor de algunas bacterias. Para las bacterias gram negativas se trabajaron 19 cepas de las cuales, doce mostraron halo de degradación. Por otro lado para las gram positivas evaluaron 32 aislados donde 21 de los mismos presentaron el halo alrededor de la colonia.

Aislado	AK	AM	CF	CRO	CL	DC
B2R3-3	S	R	R	R	S	R
C3R2-2,2	S	R	R	R	R	R
6A2d-3	S	S	S	S	S	S
8A2.1c-3	S	S	S	S	S	R
1A2.1a-1	S	R	R	S	R	R
C3R2-2,3	S	S	S	R	S	R
8A2.1d-1	R	S	S	S	R	R
A2R2-9	R	R	R	R	S	R
A2R2-3	S	R	R	R	R	S
4-7A3c	S	S	R	S	R	S
12A2.1b-2	S	S	S	S	S	S
A2R2-7	R	R	R	R	R	R
B2R3-9	R	R	R	R	R	R
A2R2-2,2	R	R	R	R	R	R
8A3a-1	S	S	R	R	S	R
8a3a-2	S	S	S	R	S	R
8a2.1-2	S	S	S	R	S	R
C3R2-2,1	S	S	S	R	S	R
C3R2-1	R	S	S	S	R	R
A2R2-6	R	R	R	R	R	R
B2R3-4	R	R	R	R	R	R
A2R2-8	S	R	R	R	R	R
B3R3-6	R	R	R	R	R	R
13A3d-2	S	S	S	S	S	R
13A3d-2,2	S	S	S	S	S	R
C3R3-9	S	S	S	S	R	R
A2R2-5	S	R	R	R	R	R
B2R3-4,1	R	R	R	R	R	R
13a3d-2,2	S	R	S	S	S	R
E1R1-3,1	R	R	R	R	R	R
8a2.1c-1	S	R	R	S	R	R
E1R1-7,2	R	R	R	R	R	R

Aislado	ENX	E	GE	NET	PE	SXT
B2R3-3	S	S		S		S
C3R2-2.2				S		
6A2d-3	S		S	S		
BA2.1c-3	S	S	S	S		S
1A2.1a-1			S	S		S
C3R2-2.3	S	S	S	S	S	
8A2.1d-1	S	S		S	S	S
A2R2-9			S	S		
A2R2-3	S	S	S			
4-7A3c	S		S	S		S
12A2.1b-2	S	S		S		
A2R2-7			S	S		
B2R3-9				S		
A2R2-2.2	S			S		
8A3a-1			S	S		S
8a3a-2	S	S	S			S
8a2.1-2	S	S	S			S
C3R2-2.1			S	S		
C3R2-1		S		S		
A2R2-6			S	S		
B2R3-4				S		S
A2R2-8	S	S	S			S
B3R3-6			S			
13A3d-2	S	S	S	S	S	S
13A3d-2.2	S	S	S	S	S	S
C3R3-9	S		S	S	S	S
A2R2-5			S	S		
B2R3-4.1			S			
13a3d-2.2	S	S		S	S	S
E1R1-3.1				S		S
8a2.1c-1			S			S
E1R1-7.2				S		

**Tabla 1** Resultados de antibiogramas**Figura 1** Antibiogramas, Multidiscos BIORAD en placa con medio de cultivo.

AISLADO	BACTERIA CON MAYOR SIMILITUD	PORCENTAJE DE SIMILITUD
5-A2c-2	<i>Bacillus mycoides</i>	96 %
10-A2c-1	<i>Burkholderia pseudomallei</i>	70 %
4-A3.1c-1	<i>Xanthomonas campestris pv translucens</i>	54 %
4-A3.1a-2	<i>Pantoea stewartii ss stewartii</i>	66 %

**Tabla 2** Similitud de perfiles metabólicos con el sistema BIOLOG**Figura 2** Microplaca Biolog para identificación de aislados de bacterias.

## Conclusiones

La variabilidad metabólica de los aislados es muy diversa en resistencia/sensibilidad a antibióticos indicando diversos grupos de bacterias. Las diversas capacidades de las rizobacterias aisladas como ACC desaminasa y solubilización de fósforo nos indican la capacidad de las rizobacterias de metabolizar los componentes del suelo que en consecuencia tiene un efecto positivo en la planta.

Fuente de C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Agua		X	X	X	X	X	X	X	X	X
b-Metil-D-Glucosido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ácido D-galactónico g lactona	X	X	X	X	X					X
L-Arginina	X	X	X	X	X			X	X	X
Ácido Metil Ester Pirúvico										X
D-Xilosa	X	X	X	X	X	X			X	X
Ácido D-Galacturónico	X	X	X	X						X
L-Asparagina	X	X	X	X						X
Tween 40		X	X	X						X
l-Eritritol	X	X	X	X						X
Ácido 2-Hidroxibenzoico	X	X	X	X						X
L-fenilalanina	X	X	X	X						X
Tween 80	X	X	X	X						X
D-Mannitol	X	X	X	X						
Ácido 4-Hidroxibenzoico	X	X	X	X				X		X
L-Serina	X	X	X	X						
a-Ciclodextrina	X	X	X	X						X
N-acetil-D-Glucosamina	X	X	X	X						X
Ácido g- Hidroxibutírico	X	X	X	X						
L-Treonina	X	X	X	X						X
Glicógeno	X	X	X	X			X			X
Ácido D-Glucosaminico	X	X	X	X						X
Ácido Itálico	X	X	X	X						
Ácido Glicil-L-Glutámico	X	X	X	X						X
D-Celobiosa	X	X	X	X						
Glucosa-1-Fosfato	X	X	X	X						
Ácido a-Cetobutírico	X	X	X	X						
Feniletil-Amina	X	X	X	X						

**Tabla 3** Fuentes de carbono utilizadas por cepas Gram negativas

Los aislados mostraron un alto potencial como bacterias promotoras de crecimiento de plantas para mejorar la producción de guayaba así como minimizar el uso de agroquímicos agresivos que pongan en riesgo el equilibrio del ecosistema y en su lugar utilizar un biofertilizante. Además.

Los aislados bacterianos representan una alternativa económica a los productores y mejor calidad del producto.

## Referencias

Castelán-Estrada, M., Becerril-Román, A. E. (2004), "Fisiología de la producción forzada en guayaba. II. Nutrientes y respuesta floral", Interciencia, Vol. 29, Núm. 012, pp. 680-685

Glick, B. R., Penrose, D. M., Li J. (1998), "A model for the lowering of the plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria", *Y. theor. Biol.*, pp. 63-68

Jiménez-Delgadillo, R., Virgen-Calleros, G., Tabares-Franco, S., Olalde-Portugal, V. (2001), "Bacterias promotoras de crecimiento de plantas: agro-biotecnología", *Avance y Perspectiva*, Vol. 20, pp. 395-400

Lugtenberg, B., Kamilova, F. (2009), "Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria", *Annual Review of Microbiology*, Vol. 63, pp. 541-556

Milla-Martínez, C., (2007), "Selección y caracterización fisiológica de rizobacterias promotoras del crecimiento provenientes de dos biomas del Estado de Guanajuato", Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias en la Especialidad de Biotecnología de Plantas, pp. 3-10

Mondragón-Jacobo, C., Toriz-Ahumada, L. M., Guzmán-Maldonado, S. H. (2009), "Caracterización de selecciones de guayaba para el bajío de Guanajuato, México", *Agricultura Técnica en México*, Vol. 35. Núm. 3, pp. 315-322

Morales-Torres, H. C., Campos-Guillén, J., Olalde-Portugal, V. (2012), "Aislamiento y caracterización de fosfobacterias", Tesis para obtener el grado de Licenciado en Biología, pp. 14-29

Yam-Tzec, J. A., Villaseñor-Perea, C. A., Romantchik-Kriuchkova, E., Soto-Escobar, M., Peña-Peralta, M. A. (2010), "Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava L.*) y sus principales características en la postcosecha", *Revista de Ciencias técnicas Agropecuarias*, Vol. 19, Núm. 4, pp. 74-82

## Recubrimientos y películas comestibles a base de quitosano con aceite esencial de *Cymbopogon citratus* aplicados en guayava (*Psidium guajava* L.)

VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen\*†, GUERRERO-BELTRAN, José Ángel, OCHOA-VELAZCO, Carlos Enrique y MATA-GARCÍA, Moisés

Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla. Ex hacienda Sta. Catarina Mártir S/N, San Andrés, Cholula, Puebla. C.P. 72810. México.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

En este trabajo fueron caracterizadas soluciones y películas de quitosano con aceite esencial de *Cymbopogon citratus* para posteriormente ser incorporadas en guayaba cortada a la mitad para consumo. La solución de recubrimiento de quitosano presentó un pH de  $5.92 \pm 0.03$  y la solución de quitosano con aceite esencial obtuvo valores más bajos de  $5.64 \pm 0.01$ . Se mostró un incremento en los valores de  $L^*$  al incrementar la concentración de quitosano en las soluciones de recubrimiento. Los valores de  $b^*$  ascendieron de  $-3.80 \pm 0.08$  a  $0.62 \pm 2.7$  al incrementar la concentración de quitosano de 1 a 2%. La solución de recubrimiento de quitosano presentó un fluido Newtoniano. En películas de quitosano fueron evaluadas concentraciones de 0, 0.05, 0.1 y 0.25 del AE sobre propiedades físicas y mecánicas presentando un incremento en los valores de espesor, en el parámetro  $b^*$  indicando una inclinación hacia el color amarillo y resistencia a la tracción. Mostrando una disminución los valores de humedad, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y elongación en las películas de quitosano al adicionar AE. Se observó un efecto inhibitorio significativo ( $p < 0.05$ ) sobre *Escherichia coli* y *Sacharomyces rouxii* al incrementar la concentración del AE. A partir del día 3 se observó un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) en los valores de SST en el testigo y la fruta recubierta con quitosano y AE.

Quitosano, guayaba, aceite esencial, recubrimientos, películas comestibles, *Cymbopogon citratus*.

### Abstract

In this work were characterized chitosan solutions and films with essential oil of *Cymbopogon citratus* later be incorporated into halved guava consumer. The coating solution of chitosan showed a pH of  $5.92 \pm 0.03$  and the chitosan solution with essential oil obtained lower values of  $5.64 \pm 0.01$ , an increase was shown in the values of  $L^*$  to increase the concentration of chitosan solutions coating.  $B^*$  values of  $-3.80 \pm 0.08$  rose from 0.08 to  $0.62 \pm 2.7$  with increasing chitosan concentration of 1 to 2%. The coating solution of chitosan provided a Newtonian fluid. In chitosan films were evaluated concentrations of 0, 0.05, 0.25 AE 01 and on physical and mechanical properties showing an increase in the thickness values in the  $b^*$  parameter indicating an inclination toward yellow and tensile strength. Showing a decrease humidity values, solubility, water vapor permeability and elongation in films of chitosan by adding AE.

Chitosan, guava, essential oil, coatings, edible films, *Cymbopogon citratus*.

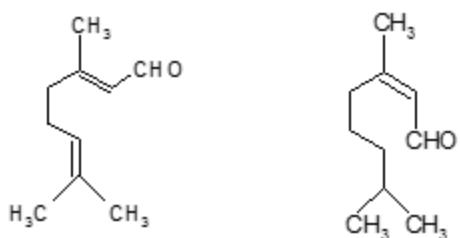
**Citación:** VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen, GUERRERO-BELTRAN, José Ángel, OCHOA-VELAZCO, Carlos Enrique y MATA-GARCÍA, Moisés. Recubrimientos y películas comestibles a base de quitosano con aceite esencial de *Cymbopogon citratus* aplicados en guayava (*Psidium guajava* L.). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:120-135

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: vazbri20@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El nombre común en México de *Cymbopogon citratus* es té limón, es una hierba tropical perenne, es resistente a diferentes temperaturas, crece en climas cálidos, semicálidos y templados, mide de 60 a 120 cm de altura, sus hojas son verdes y largas como listones y despiden un agradable aroma y sabor, ésta hierba es nativa de la India (Shah et al., 2011). Debido a su agradable olor en México es consumido como té solo o con leche, ya que el consumo de hierbas aromáticas es una costumbre en la población (Juárez-Rosete y et al., 2013). El aceite esencial (AE) de *Cymbopogon citratus*, ha mostrado tener un efecto anti-inflamatorio, analgésico y antipirético (Gbenou et al., 2013), además de presentar efectos antimicrobianos (Adukuw, Allen y Phillips, 2012). El componente principal del AE de *Cymbopogon citratus* es el citral una mezcla de aldehídos (geranial y neral) (Figura 1).



Geranial,  $\alpha$ -citral, citral a

Neral,  $\beta$ -citral, citral b

**Figura 1** Estructura química del geranial y neral.

Por otra parte el quitosano es una forma N-acetilada de la quitina (Duan, Jiang y Zhao, 2011). Es el segundo polímero natural más abundante en el mundo (Shahidi, Arachchi y Jeon, 1999), se obtiene de las conchas de los cangrejos, camarones, insectos y algunos hongos. Se compone principalmente de un polímero de beta (1-4) -2 amino-unidades de 2-desoxi-D-glucosa.

Actualmente, el quitosano es un biopolímero que juega un papel importante en la economía mundial, ya que es biocompatible, biodegradable, comestible y antimicrobiano (Martelli et al., 2013). Así mismo, tiene la propiedad de formar películas que son utilizadas en la preservación de alimentos (De Moura, Lorevice, Mattoso y Zucolotto, 2011). Diversos estudios han demostrado que los AE proporcionan un efecto positivo en las propiedades mecánicas y permeabilidad al vapor de agua en películas comestibles; Cháfer, Sánchez-González, González-Martínez y Chiralt, 2012; Krkic et al., 2012). Sin embargo aun existe poca información (Peng, Yin y Li, 2013) al ser adicionados en películas de quitosano. Este efecto podría ser limitado debido a la alta volatilidad de los AE (López-Mata et al., 2013). Por lo que el propósito del presente trabajo fue caracterizar recubrimientos y películas a base de quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus* mediante parámetros fisicoquímicos, así como la aplicación del recubrimiento en guayaba cortada lista para consumo.

## Materiales y métodos

El *Cymbopogon citratus* fue adquirido de la central de abasto de la Ciudad de Puebla. El quitosano, grado comercial, desacetilación mayor al 80% y material insoluble menor al 0.5%, glicerol y ácido acético fueron adquiridos de Sigma-Aldrich, St. Louis, E.U. Solución formadora de películas

Glicerol (g)	Ác. Acético (mL)	H <sub>2</sub> O destilada (mL)	Quitosano (g)
0.5	1	97.5	1

**Tabla 1** Solución de quitosano 100 mL.

Se calentó la solución de ácido acético con glicerol a 70°C (cantidad mostrada en la tabla 1), se retiró de la parrilla y se adicionó lentamente el quitosano, agitando constantemente.

VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen, GUERRERO-BELTRAN, José Ángel, OCHOA-VELAZCO, Carlos Enrique y MATA-GARCÍA, Moisés. Recubrimientos y películas comestibles a base de quitosano con aceite esencial de *Cymbopogon citratus* aplicados en guayava (*Psidium guajava* L.). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015.

Una vez disperso el quitosano se filtró (con gasas) y se adiciona el glicerol. El aceite esencial de *Cymbopogon citratus* se dispersó en 0.1% de tween 20 (v/v) y se adicionó a la solución para alcanzar concentraciones de 0.05, 0.1 y 0.25%, se homogenizó a 10000 RPM durante 10 min, con un homogenizador ULTRA TURRAX® IKA® T18 basic (Laboratory Equipment, E.U) y posteriormente se eliminaron burbujas colocando la solución al vacío. Para evaluar el recubrimiento en guayaba cortada, la solución de quitosano fue esterilizada y el AE fue adicionado a temperatura ambiente previamente filtrado con membrana de tamaño de poro de 0.45  $\mu\text{m}$  y diámetro de 25 mm (para una concentración de 400 ppm) (Tabla 1).

### Caracterización del recubrimiento

pH: Se determinó por el método 32.016 de la AOAC (2000), de forma directa sumergiendo el electrodo del potenciómetro ORION, modelo 420A (EE.UU) en el recubrimiento comestible y en pulpa obtenida de la fruta.

Color: El color fué medido usando un colorímetro (Colorgard 05, Gardner Laboratory, E.U), el colorímetro se calibró utilizando una placa blanca estándar ( $L^* = 93.49$ ,  $a^* = -0.25$ ,  $b^* = 0.09$ ). Las mediciones de color se realizaron mediante la colocación de las muestras de película sobre una placa blanca con al menos tres puntos de cada muestra seleccionada al azar. También se calculó el ángulo de Hue fue calculado.

Capacidad antioxidante del recubrimiento: El método utilizado para determinar la capacidad antioxidante de la solución de recubrimiento fue adaptado por Brand-Williams, Cuvelier, y Berset (1995) con algunas modificaciones.

La solución de iones se preparó con DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) (Sigma-Aldrich Química, Toluca, Edomex. México), 3,94 mg se disolvieron en 100 ml de etanol. Ciento cincuenta  $\mu\text{L}$  de solución de recubrimiento se añadió con 1850  $\mu\text{L}$  de etanol. La muestra diluida se mezcló con 2 mL de DPPH, para llevar a un volumen total de 4 mL. La mezcla se dejó reaccionar en la oscuridad durante 30 minutos. La absorbancia de las muestras (As) se registró a 517 nm en un espectrofotómetro UNICO® 2800H UV-visible (Shanghai, China). Fue usado etanol como blanco (Ab), se calculó la capacidad antioxidante (AC).

La capacidad antioxidante se expresó en mg de Trolox por mL de solución de recubrimiento: Para preparar la curva de calibración de una solución estándar de Trolox (( $\pm$ ) -6-hidroxi-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxílico, 97%) se preparó, 3,5 mg se disolvieron en 10 ml de etanol, ocho tubos se utilizaron para obtener una gama de concentración de 0 a 80  $\mu\text{L}$  (0,35 mg ml<sup>-1</sup>) de Trolox. La concentración de compuestos fenólicos se calcula a partir de una curva estándar de Trolox (0-0,028 mg) como estándar:  $I (\%) = (2699,2 / \text{mg}) * [\text{mg}] - 4,3749$  ( $R^2 = 0,989$ ).

Reología: La medición de la solución del recubrimiento se realizó en un viscosímetro a una velocidad de 10-100 rpm a  $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Se utilizó un Viscosímetro Brookfield (Modelo DV-III, Stoughton, MA. 02072 E.U). Aguja LV-3, con una longitud de 4.99 cm y un diámetro de 1.26 cm. Se calculó el esfuerzo cortante ( $\tau$ ) y la velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ). Formación de películas: Las películas fueron formadas mediante la técnica de colado utilizada por Eum et al. (2009).

**Espesor:** El espesor de las películas fue medido con un micrómetro de mano (Mitutoyo No. 2412F, Illinois, E.U.) con una resolución de 0.001 in.

**Contenido de humedad:** El contenido de humedad en las películas fue determinado acorde al método 934.06 de la AOAC (2000), secando las muestras a una temperatura de 70°C a 18 inHg hasta peso constante.

**Solubilidad:** Un método modificado de Andreuccetti et al. (2011) se utilizó para medir la solubilidad de la película, se cortaron pedazos de película (2 x 2 cm) se secaron a 70 °C a 18 inHg durante 24 h.

**Propiedades mecánicas:** Las propiedades de tracción se determinaron utilizando un texturometro modelo TA-TX2 (Texture Technologies Corp., E.U), de acuerdo al método de Leerahawong, Tanaka, Okazaki y Osako, 2011, con algunas modificaciones. Las películas fueron cortadas en cuadros de 9 x 9 cm para obtener los parámetros de resistencia a la tracción, se utilizaron celdas de plástico circulares de 3.9 cm de diámetro para mantener fijas y extendidas la películas. Se utilizaron tiras de 6 x 1 cm para determinar el porcentaje de elongación a la rotura. Para la medición de los parámetros antes descritos se utilizó una celda de carga de 25 kg, una sonda cilíndrica con 0.4 cm de diámetro, a una velocidad de 1 mm/s y la distancia recorrida por la aguja fue de 20 mm. Se calculó resistencia a la tracción y porcentaje de elongación

**Permeabilidad al vapor de agua:** La permeabilidad al vapor de agua se determinó usando el método E96-80 (ASTM-1996).

**Efecto inhibitorio del AE:** Las cepas de microorganismos *Escherichia Coli* silvestre y *Zigasacharomyces rouxi* fueron obtenidas del cepario de la UDLAP.

Se inoculó el microorganismo en un tubo con caldo de soya tripticaseina y la levadura en cuñas de agar maltosa saboraud, incubándose a 37 °C de 12 a 14 horas respectivamente. Los microorganismos fueron conservados en una solución de glicerol 20% en agua, congelados hasta su utilización. Se añadió 1 mL de microorganismo a 100 mL de medio de cultivo de caldo lauril sulfato de sodio y se incubó a 35°C con agitación constante durante 14 horas. 1 mL de cultivo de levaduras se inoculó en 100 mL de caldo de maltosa saboraud y se incubó a 37 °C con agitación constante durante 48 horas. Para la cuenta de microorganismo se utilizó agar EMB y para levaduras agar rosa de bengala con cloranfenicol. Se evaluaron concentraciones de 0 a 1000 ppm de AE de *Cymbopogon citratus* para comprobar el efecto inhibitorio del AE en los microorganismos.

**Evaluación de la fruta recubierta:**  
**Lavado de la fruta:** La guayaba fue desinfectada en una solución de NaClO al 2% durante 10 minutos.

La guayaba se cortó a la mitad y se extrajo la semilla, para posteriormente ser tratada con los recubrimientos.

**Almacenamiento de la fruta:** La fruta se distribuyó aleatoriamente y se dividió en 3 tratamientos: a) control (T): fruta inmersa en agua destilada estéril b) fruta recubierta con quitosano (Q) c) fruta recubierta con quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (Q-AE), en contenedores de plástico. Realizando por triplicado los tratamientos, cada 3 días durante 15 días.

**Aplicación del recubrimiento:** La guayaba cortada (13.77±0.60) se sumergió en una solución de recubrimiento (300 mL) durante 2 minutos, posteriormente se colocó en mayas, se dejó secar por 10 min a 35°C en un deshidratador de alimentos.

Modelo paralexx, Escalibur® products (Sacramento, CA. E.U) por un lado y otros 10 minutos por la otra cara del fruto. Se realizó otra inmersión y se repitió el proceso de secado. Para que la guayaba tuviera dos recubrimientos. El tiempo de secado fue de 40 minutos. Se colocaron en envases de plástico y se almacenaron a 4°C, en un refrigerador modelo VRD18 (Méjico), durante 15 días.

Evaluación de la fruta: 15 g de fruta fue homogenizada en un mortero y posteriormente se adicionó 25 mL de agua destilada y se homogenizó a 1000 RPM, durante 1 min. Utilizando un homogenizador ULTRA TURRAX® IKA® T18 basic (Laboratory Equipment, EE.UU) para hacer los siguientes análisis.

Sólidos solubles totales (SST): Se determinó usando un refractómetro ATAGO-01020 (Sn Luis Potosí, México) a partir de una gota de jugo extraído de la fruta, el refractómetro se calibró con agua destilada a 20°C. Los resultados se expresaron como °Brix. Acidez titulable: Se utilizó el método 942.15 establecido por la AOAC (2000), utilizando como indicador fenolftaleína.

Pérdida de peso (WL%): Se utilizó el método 934.06 (37.1.10) de la AOAC (2000) para la determinación de la pérdida de peso en la fruta. Se utilizó una balanza electrónica con una precisión de 0.0001 g (Precisa 180A, in Switzerland).

Firmeza: La firmeza en guayaba se determinó al final de cada periodo de almacenamiento utilizando un texturómetro modelo TA-TX2 (Texture Technologies Corp., E.U), mediante análisis de compresión uniaxial, utilizando una sonda de 3 mm de diámetro, penetrando hasta 7 mm a una velocidad de 1 mm/s (Rocculi, et al., 2009).

Calidad microbiológica: La calidad microbiológica fue determinada mediante la cuenta total de mesófilos aerobios, con el método de siembra en profundidad en placa, utilizando agar para métodos estándar. Un gramo de pulpa de guayaba se mezcló con 9 mL de agua peptonada. Las cajas Petri fueron incubadas a 35°C durante 48 horas. Hongos y levaduras fueron determinados usando agar papa dextrosa, acidificando a un pH de 3.5 mediante una solución de ácido tartárico, incubando a 25°C durante 5 días.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza y pruebas de Tukey para evaluar diferencia entre las medias de los tratamientos utilizando el software Minitab 17, (LEAD Technologies Inc., NJ). Una  $P < 0.05$  fue considerada como estadísticamente significativa

## Resultados y discusión

Caracterización del recubrimiento: La solución de recubrimiento de quitosano presentó un pH de  $5.92 \pm 0.03$  y la solución de quitosano con aceite esencial obtuvo valores más bajos de  $5.64 \pm 0.01$ , estos valores son más elevados que los reportados por Peng et al. (2013) los autores reportan valores de pH de 4.4 a 4.6.

Color: Al incrementar la concentración del quitosano de 2 y 3% en la solución se observa un incremento significativo en los valores de Luminosidad, con respecto a la concentración 1%, los valores de  $a^*$  no presentaron diferencia significativa, mientras que la concentración más baja de 1% de quitosano en la solución de recubrimiento mostró diferencia significativa con respecto a la concentración de 2 y 3 %. Visualmente se observó un ligero incremento del color amarillo en las soluciones de quitosano al incrementar la concentración del quitosano (Tabla 2).

Concentración de quitosano (%)	L*	a*	b*
1	42.46±1.7a	3.5±0.4a	-3.80±0.08a
2	52.40±1.2b	-0.27±0.6a	0.62±2.75b
3	55.79±1.1b	-1.47±4.1a	-3.21±0.19ab

**Tabla 2** Parámetros de color en soluciones de quitosano.

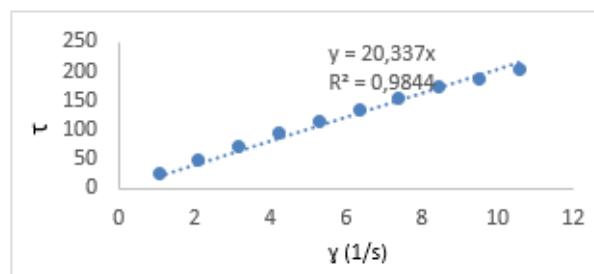
Ppm de AE	L*	a*	b*
200	44.35±1.5a	3.50±0.4a	-3.46±0.5a
400	47.82±1.4b	4.5±0.5a	-5.93±0.7b
600	53.80±1.1c	3.98±0.9a	-6.67±0.3b
800	58.30±1.0d	4.66±0.9a	-4.22±0.9a

**Tabla 3** Parámetros de color en soluciones de quitosano y aceite esencial.

Al incrementar la concentración del aceite esencial en soluciones de quitosano se observa un incremento en los valores de L\*, al adicionar mayor concentración del AE se observa blanca la solución debido a las gotas de aceites presentes en la solución de recubrimiento. Los valores de b\* descendieron de -3.46±0.5 a -6.67±0.3 al incrementar la concentración del aceite de 200 a 600 ppm (Tabla 3).

**Capacidad antioxidante:** Se obtuvieron valores de 14.35±1.3 mg de Trolox por mL de solución de recubrimiento equivalente a 2.26 % de inhibición. Oriani, et al. (2014) informan que recubrimientos de almidón de yuca (2% w/v) con la adición de aceite esencial de canela a concentraciones de 0,30% (v/v) mostraron capacidad antioxidante.

## Reología



**Figura 2** Reograma de la solución de quitosano al 2%.

De acuerdo al reograma de la figura 2, la solución de recubrimiento de quitosano al 2% presenta un fluido Newtoniano ya que muestra una relación lineal entre la magnitud del esfuerzo cortante aplicado y la velocidad de deformación resultante. Este comportamiento fue reportado por Bonilla, Atarés, Vargas y Chiralt, 2011; Aguirre-Loredo & Rodríguez-Hernández y Chavarría-Hernández (2014). Las propiedades reológicas de soluciones de quitosano pueden afectar características de las películas o recubrimientos (Figura 2).

## Propiedades físicas en películas

**Espesor :** El espesor en las películas de quitosano vario de 0.047 a 0.054 mm como se muestra en la tabla 4, se presentó un incremento significativo ( $p<0.05$ ) en los valores de espesor en películas formuladas con 0.25% de AE con respecto a las películas con 0, 0.05 y 0.1 % de AE, valores más elevados de espesor fueron reportados por Ojagh, Rezaei, Razavi y Hosseini (2010) de 0.095 a 0.107 mm, sin embargo los valores de espesor varían de acuerdo al volumen y tamaño del recipiente en el cual se forma la película o la formulación de la solución.

AE	Espesor (mm)	Humedad (%)	Solubilidad (%)
0	0.047±0.001a	22.63±0.2a	27.48±0.2a
0.05	0.048±0.001a	20.51±0.3b	26.03±0.6b
0.1	0.049±0.005a	20.33±0.5b	25.56±0.2b
0.25	0.054±0.002b	19.62±0.7b	24.44±0.2c

**Tabla 4** Espesor, humedad y solubilidad de películas de quitosano con aceite esencial de *Cymbopogon citratus* a diferentes concentraciones.

Contenido de humedad: Con respecto a los valores de contenido de humedad, se presentó una disminución significativa ( $p<0.05$ ) en las películas formuladas sin AE con respecto a las películas que contenían AE. La disminución de los valores de humedad al incrementar la concentración del AE no fue significativa debido a que las concentraciones utilizadas son muy pequeñas. Sin embargo esta disminución puede atribuirse a que los AE forman enlaces covalentes entre los grupos funcionales de las cadenas de quitosano, lo que lleva a una disminución de la disponibilidad de grupos hidroxilo y amino, limitando las interacciones del agua con el quitosano mediante enlaces de hidrógeno, dando como resultado la disminución del valor del contenido de humedad en las películas comestibles (Park y Zhao, 2004). Un efecto similar fue reportado por Sánchez-González, Cháfer, Chiralt y González-Martínez (2010) en películas de quitosano formuladas con aceite esencial de bergamota (Tabla 4).

Solubilidad en agua: La solubilidad en películas comestibles es una característica importante debido a que puede afectar la resistencia de la película en ambientes húmedos. Las películas de quitosano presentaron baja solubilidad al agua.

Se presentó una disminución en los valores de solubilidad en películas formuladas con AE con respecto al control, este comportamiento podría atribuirse a los efectos de entrecruzamiento entre el quitosano y el AE (Peng et al., 2013), reduciéndose 11 porciento la solubilidad en agua en películas elaboradas con 0.25 % de AE, por lo tanto la reticulación en la matriz de la película de quitosano con AE disminuyó la solubilidad en agua produciendo películas con baja afinidad hacia el agua. Valores de solubilidad más altos de  $92.3\pm1.3$  a  $97.3\pm1.5$  % fueron reportados por Moura, Lorevice, Mattoso y Zucolotto (2011) en películas a base de celulosa con nanopartículas de quitosano. Por otra parte Rawdkuen, Suthiluk, Kamhangwong y Benjakul (2012) reportaron valores de  $43.96\pm2.57$  a  $57.51\pm2.04$  en películas a base de gelatina.

## Color

AE	L*	a*	b*
0	93.27±0.1a	-1.55±0.02a	2.93±0.1a
0.05	93.00±0.2ab	-2.33±0.00b	5.68±0.08b
0.1	92.86±0.2ab	-2.39±0.00b	5.63±0.2b
0.25	92.62±0.09b	-3.12±0.05c	8.99±0.2c

**Tabla 5** Color en películas de quitosano con aceite esencial de *Cymbopogon citratus* a diferentes concentraciones.

Resistencia a la tracción: Los resultados mostraron un incremento en los valores de resistencia a la tracción al incrementar la concentración de AE, en forma significativa ( $p<0.05$ ) comparada con películas formuladas sin AE. Un efecto similar fue reportado por Ojagh, et al. (2010) en películas de quitosano con aceite esencial de canela. Peng, et al. (2013) informaron una disminución en los valores de TS al incorporar AE de limón en películas de quitosano con respecto al control.

Este comportamiento se considera como consecuencia de una interacción entre el quitosano y el AE produciéndose un efecto de reticulación, disminuyendo el volumen libre y la movilidad molecular del polímero. Ojagh, et al. (2010) informan que la disminución en el contenido de humedad en las películas al incorporar aceites esenciales podría conducir a una disminución de la resistencia a la tracción.

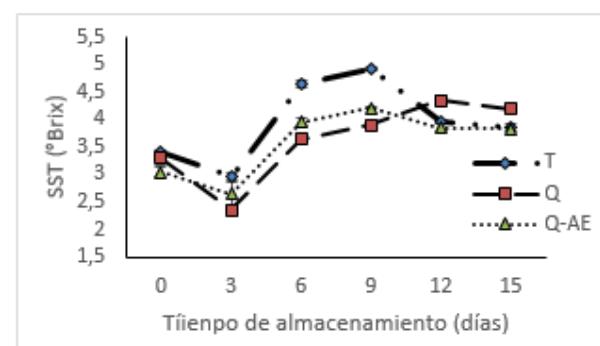
**Elongación (%):** La elongación es una medida de la capacidad de estiramiento de la película antes de la rotura, esta propiedad está relacionada con las fuerzas intermoleculares de la película. (Atarés, Bonilla y Chiralt, 2010). En la tabla 4 se observa una disminución significativa ( $p<0.05$ ) en los valores de elongación al incrementar la concentración de AE en películas de quitosano, indicando una pérdida de la movilidad macromolecular. Sánchez-González et al., 2010; Ojagh et al., 2010; Peng y Li, 2014, reportaron que el alargamiento a la rotura en películas de quitosano disminuye con la incorporación de aceites esenciales de bergamota, canela, limón y tomillo, estos autores informan que la composición del quitosano, el tipo de plastificante y la presencia de surfactantes tienen un efecto sobre las propiedades mecánicas de las películas.

### Caracterización del recubrimiento

**Ánálisis microbiológico:** El AE de *Cymbopogon citratus* presentó un efecto inhibitorio significativo ( $p<0.05$ ) sobre *Escherichia coli* y *Saccharomyces rouxii* al incrementar la concentración del AE. A una concentración de 400 ppm del AE se observó el valor más bajo de 4.63 y 5.43 log<sub>10</sub> UFC/mL, inhibiendo completamente el crecimiento a 500 ppm del AE de ambos microorganismos. De acuerdo a estos resultados se estableció evaluar el recubrimiento de quitosano con 400 ppm de AE en guayaba cortada lista para consumo y los resultados se muestran a continuación.

### Sólidos solubles totales (SST)

En la figura 3 se observa una disminución significativa ( $p<0.05$ ) de los valores de SST en el tercer día de almacenamiento en el testigo y la fruta recubierta con quitosano. Los días 3, 6 y 12 muestran un incremento significativo ( $p<0.05$ ) en los valores de SST en la fruta recubierta con quitosano. En la fruta recubierta con quitosano-AE el incremento de los valores del día 3 al 6 fueron significativos ( $p<0.05$ ). El testigo y la guayaba recubierta con quitosano-AE a los 6 y 9 días presentaron diferencia significativa ( $p<0.05$ ) (Figura 3).



**Figura 3** Efecto del recubrimiento en guayaba cortada lista para consumo con un mínimo de procesamiento, tratada con recubrimiento de quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus*, almacenadas a 4°C sobre SST.

Dang et al., 2010 informan que los valores de SST en cerezas revestidas con acetato de quitosano aumentaron hasta el día 15 de almacenada la fruta. El incremento en los valores de SST indican una degradación del almidón debido a un aumento en la actividad de las enzimas hidrolasas en la fruta induciendo a una acumulación de azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa.

**PH**

El pH en guayabas recubiertas con quitosano-AE no presentó diferencia significativa en los 15 días de almacenada la fruta. Se observa una disminución significativa ( $p<0.05$ ) en los valores de pH a partir del día 6 en la fruta recubierta con quitosano, este efecto se atribuye a una acumulación de ácidos orgánicos (Srinivasa, et al., 2002). A los seis días de almacenamiento hay una diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en los valores de pH de la fruta tratada con quitosano-AE comparada con la fruta recubierta solo con quitosano. A los nueve días de almacenamiento se observa una diferencia significativa ( $p<0.05$ ) del testigo y la fruta recubierta con quitosano. Campaniello, Bevilacqua, Sinigaglia y Corbo (2008) reportaron que el pH en fresas recién cortadas parecía no ser influenciada por el tratamiento con quitosano al 1%.

**Acidez titulable**

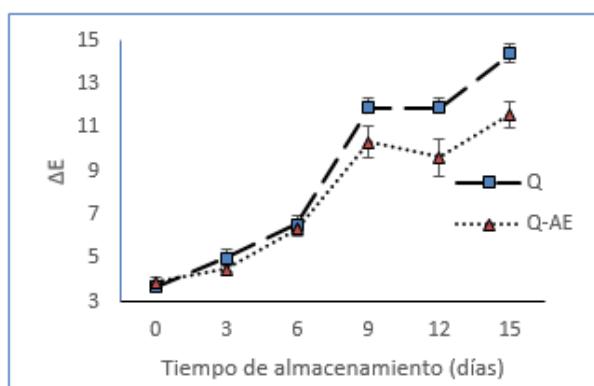
Los valores de acidez titulable disminuyen significativamente ( $p<0.05$ ) hasta el sexto día de almacenamiento en guayabas recubiertas con quitosano. En el testigo se observa un incremento significativo ( $p<0.05$ ) a partir del tercer día hasta el día 9. No se presentó diferencia significativa en los valores de acidez titulable en guayabas recubiertas con quitosano y aceite esencial *Cymbopogon citratus*. En el día 9 existió diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en guayaba recubierta con quitosano-AE compara con el testigo. A los 12 días de almacenada la fruta se presentó un descenso en los valores de acidez titulable en el testigo y la guayaba recubierta con quitosano. La disminución de la acidez se relaciona con bajas tasas de respiración y menos infestación fúngica, que se traduce en una mayor vida de anaquel de la fruta.

Tratamientos térmicos a 50 °C por 30 minutos combinados con recubrimientos de quitosano al 0.25% en mango, mantuvieron los valores de TA hasta el día 6, presentando un incremento de los valores de AT el día 9 (Djioua et al., 2010).

**Pérdida de peso (WL%)**

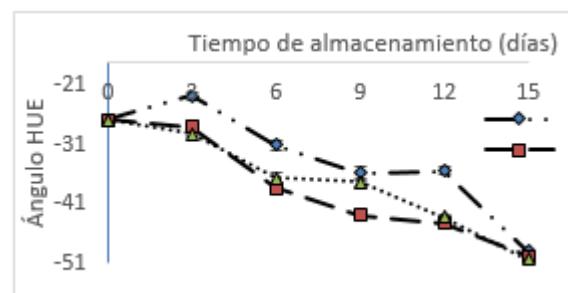
La guayaba cortada lista para consumo es susceptible a la pérdida de peso por lo tanto fue necesario evaluar este parámetro durante el almacenamiento. En todos los tratamientos se observó un incremento en la pérdida de peso al prolongar el periodo de almacenamiento. Pero en la guayaba recubierta con quitosano y aceite esencial la pérdida de peso fue menor, comparada con la guayaba sin recubrimiento y la recubierta con quitosano. Los resultados en este trabajo muestran que la fruta recubierta con quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus* fue menor significativamente ( $p<0.05$ ) en cada periodo de almacenamiento. La reducción de la pérdida de peso por el uso de soluciones de quitosano en frutas recubiertas se relaciona con sus propiedades higroscópicas que permiten la formación de una barrera selectiva alrededor de la superficie de la fruta, disminuyendo la pérdida de humedad hacia el medio ambiente y reduciendo la respiración (De Oliveira et al., 2014). Tezotto-Uliana, Fargoni, Geerdink y Kluge (2014) reportan una reducción estadísticamente no significativa comparada con el control, en la pérdida de peso en frambuesas tratadas con recubrimiento de quitosano a concentraciones de 0.5 a 2%. Puede existir una diferencia significativa en la pérdida de peso de un alimento de acuerdo a la manera de cubrir el alimento yasea por inmersión, brocha ó aspersión.

## Color



**Figura 4** Efecto del recubrimiento en guayaba cortada lista para consumo con un mínimo de procesamiento, tratada con recubrimiento de quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus*, almacenadas a 4°C sobre el cambio total de color.

El cambio total de color fue evaluado en un periodo de almacenamiento de la fruta recubierta, observándose en la figura 4 un incremento en los valores. En la guayaba recubierta con quitosano y quitosano-AE se observó un incremento significativo ( $p<0,05$ ) en los valores de  $\Delta E$  a partir del día 9 de almacenada la fruta (Figura 4). Presentando diferencia significativa ( $p<0,05$ ) a partir del tercer día de almacenada la fruta recubierta con quitosano comparada con la fruta recubierta con quitosano-AE. Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán (2014) informan un incremento en los valores de  $\Delta E$  en tuna blanca y tuna roja recubiertas con quitosano utilizando dos concentraciones de ácido acético (1 y 2.5%).



**Figura 5** Efecto del recubrimiento en guayaba cortada lista para consumo con un mínimo de procesamiento, tratada con recubrimiento de quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus*, almacenadas a 4°C sobre el valor del ángulo HUE.

Una inclinación significativa se observó en el testigo y la fruta recubierta con quitosano desde -26.74 del día 0, hasta -48.97 y 49.77 respectivamente el día 15, de acuerdo con el color amarillo de la cáscara de la guayaba. Los valores del ángulo HUE en guayabas recubiertas con quitosano y QUITOSANO-AE presentaron una diferencia significativa a partir del primer día de almacenamiento comparado con el testigo. Del día 6 al 9 se observa que el recubrimiento de quitosano-AE logra mantener los valores de HUE. Azarakhsh et al. (2014) informan que piñas recién cortadas con un recubrimiento a base de alginato y aceite esencial de té limón, durante 16 días de almacenamiento a 10 °C fueron significativamente ( $p<0,05$ ) eficaz en mantener valores del ángulo HUE en comparación con las muestras sin recubrir (Figura 5).

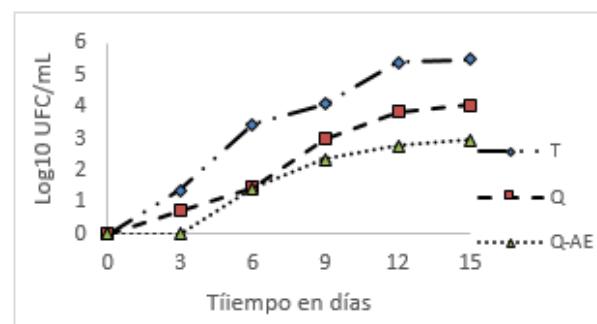
**Firmeza:** El fenómeno de ablandamiento ocurre por la participación de las enzimas pectinesterasa (PE) y poligalacturonasa (PG) las cuales degradan la pectina y el ácido poligalacturónico presente en la pared celular de las células del fruto (Imsabai, Ketsa y Van Doorn, 2002), puede ser afectado el ablandamiento en la fruta por la composición de la pared celular y contaminación por microrganismos.

El efecto físico observable de este fenómeno es la pérdida de dureza o firmeza. La firmeza en la guayaba sin recubrir se redujo de  $12.44 \pm 0.54$  a  $4.35 \pm 0.36$ , durante los 15 días de almacenada la fruta, esta pérdida de firmeza fue significativa los días 0, 3, 6, 12 y 15. Sin embargo el cambio de firmeza en guayaba recubierta con quitosano y aceite esencial no fue significativa los días 0, 3 y 15 de almacenada la fruta y del día 6 al 12, el efecto antimicrobiano que presenta el quitosano y el aceite esencial podrían haber contribuido para mantener la firmeza en la guayaba recubierta (Ali, Muhammad, Sijam y Siddiqui, 2011). Azarakhsh et al., (2014) reportaron que la incorporación de aceite esencial de té limón (0,1 y 0,3%, p/v) en formulaciones de recubrimientos a base de alginato no tenía efecto significativo ( $p>0.05$ ) en la firmeza de piña cortada. González-Aguilar et al., (2009) reportaron que recubrimientos de quitosano formaron una barrera protectora en papaya maradol reduciendo la firmeza durante 9 días de almacenamiento ( $5^{\circ}\text{C}$ ), informando que la pérdida de firmeza en la frutas podría ser debido a los daños en vacuolas celulares, que a su vez puede causar la difusión de agua a través del tejido y en consecuencia causar la pérdida de agua de la fruta. El ablandamiento de frutas y verduras también se ha relacionado con la degradación de la lamela media debido a la solubilización de pectina. La adición de AE en recubrimientos podría reducir la firmeza de la fruta, probablemente debido a un pH bajo (Rojas-Grau et al., 2007).

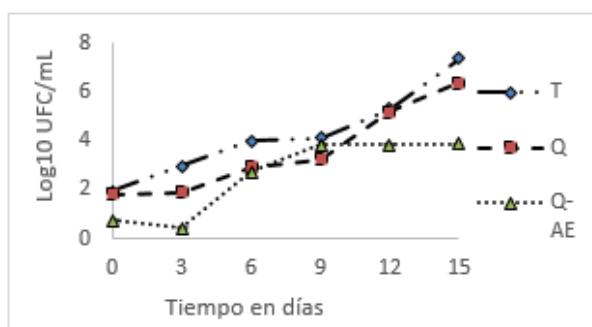
**Microbiología en fruta recubierta:** La guayaba cortada es un ambiente fértil para el crecimiento de microorganismos debido a la alta cantidad de humedad y el azúcar presente en su superficie, por lo cual se aplicó la tecnología de recubrimientos a base de quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus*.

En la figura 6 se observa una diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en la cuenta de microorganismos mesófilos en guayabas cortadas recubierta con quitosano y aceite esencial con respecto a guayabas sin recubrir. Hubo un incremento significativo en la cuenta de microorganismos a partir del día tres en los tratamientos (T, Q y Q-AE). La guayaba recubierta con Q-AE no mostró crecimiento hasta el día 6, en ese mismo día la guayaba recubierta con quitosano no presentó diferencia significativa con respecto a la guayaba tratada con quitosano y aceite esencial. Revelando valores más bajos en la cuenta de microorganismos de  $2.95 \pm 0.00$  Log10 UFC/mL a los 15 días de almacenada la guayaba recubierta con Q-AE, mientras que el testigo exhibió valores de  $5.45 \pm 0.03$  Log10 UFC/mL.

Los recubrimientos comestibles pueden crear una atmósfera modificada afectando la tasa de crecimiento de microorganismos que deterioran la fruta (Rojas-Grau et al., 2007), la adición del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* en recubrimientos de quitosano extiende la vida útil de la guayaba debido a que reduce el crecimiento de microorganismos (Figura 6).

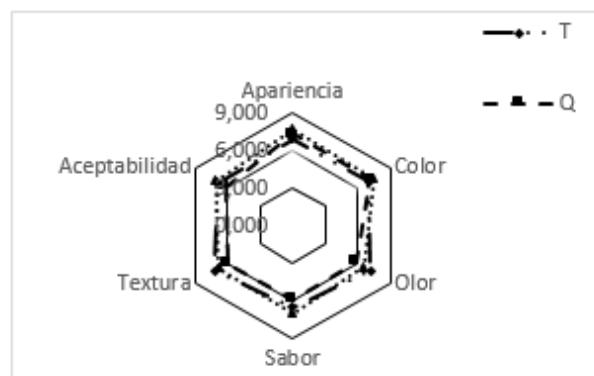


**Figura 6** Resultados de la cuenta total de mesófilos aerobios en el testigo (T), guayaba cortada recubierta con quitosano (Q), guayaba recubierta con quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (Q-AE).



**Figura 7** Resultados de la cuenta total de mohos y levaduras en el testigo (T), guayaba cortada recubierta con quitosano (Q), guayaba recubierta con quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (Q-AE).

Con respecto a la cuenta de mohos y levaduras se mostró diferencia significativa durante los días de almacenamiento en las frutas recubiertas solo con quitosano y quitosano y aceite esencial con respecto al testigo. A partir del día 9 en guayaba recubierta con quitosano y AE el incremento en la cuenta de mohos y levaduras no es significativo. Presentando valores bajos de  $3.86 \pm 0.02$  Log10 UFC/mL en guayaba recubierta con Q-AE a los 15 días de almacenada la fruta, este efecto podría ser a causa de una disminución de la actividad enzimática que degradan la pared celular del fruto. La incorporación de aceites esenciales en recubrimientos de quitosano puede mejorar su eficiencia antimicrobiana (Figura 7).



**Figura 8** Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano con aceite esencial sobre características sensoriales en guayaba cortada a un día de almacenamiento,  $n=30$ ,

En los atributos de color, olor y aceptabilidad general no se observó diferencia significativa en las muestras de guayabas recubiertas con quitosano y AE comparadas con las guayabas sin recubrir. Se observó diferencia significativa ( $p<0.05$ ) entre la fruta recubierta con quitosano y fruta sin recubrir. Los jueces detectaron diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en el sabor en fruta recubierta con quitosano comparada con la fruta recubierta con quitosano y AE. A concentraciones de 400 ppm de AE (Figura 8).

## Conclusiones

De acuerdo a estos resultados el AE de *Cymbopogon citratus* puede ser utilizado en la formulación de recubrimientos de quitosano como una fuente de compuestos que presenta actividad antioxidante. La adición de AE *Cymbopogon citratus* presentó un efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas en películas de quitosano, éste biopolímero es prometedor para el recubrimiento de alimentos, su sensibilidad a la humedad puede mejorar al adicionar AE de *Cymbopogon citratus*. El aceite esencial de *Cymbopogon citratus* al ser adicionado en el recubrimiento de quitosano extiende la vida útil de la guayaba debido a que reduce el crecimiento de microorganismos.

## Referencias

- Adukwu, E. C., Allen, S. C. H., & Phillips, C. A. (2012). The anti-biofilm activity of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) essential oils against five strains of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Applied Microbiology*, 113, 1217-1227.
- Aguirre-Loredo, R. Y., Rodríguez-Hernández, A. I., & Chavarría-Hernández, N. (2014). Physical properties of emulsified films based on chitosan and oleic acid. *CyTA - Journal of Food*, (12)4, 305-312. DOI: 10.1080/19476337.2013.853207
- Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K., & Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya L.*) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 124, 620–626.
- Andreuccetti, C., Carvalho, R., Galicia, G. T., Martínez, B. F., & Grosso, C. R. F. (2011). Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-based edible films. *Journal of Food Engineering*, 103(2), 129–136.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). (1996). Standard test methods for water vapor transmission of materials E96–80. En: Annual book of ASTM. Philadelphia, PA. pp: 771–778.
- Atarés, L., Bonilla, J., & Chiralt, A. (2010). Characterization of sodium caseinate-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils. *Journal of Food Engineering*, 100, 678-687.
- Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, Ch. P., & Adzahan, N. M. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 1–7.
- Bonilla, B., Atarés, L., Vargasa, M., & Chiralt, A. (2011). Physicochemical properties of chitosan-essential oils filmforming dispersions. Effect of homogenization treatments. *Procedia Food Science*, 1, 44 – 49.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Campaniello, D., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R. (2008). Chitosan: antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology*, 25, 992–1000
- Cháfer, M., Sánchez-González, L., González-Martínez, Ch., & Chiralt, A. (2012). Fungal decay and shelf life of oranges coated with chitosan and bergamot, thyme, and tea tree essential oils. *Journal of Food Science*, 77(8), E182–E187.
- Dang, Q. F., Yan, J. Q., LI, Y., Cheng, X. J., Liu, C. S., & Chen, X. G. (2010). Chitosan acetate as an active coating material and its effects on the storing of *Prunus avium* L. *Journal of Food Science*, (75)2. S125-S131.
- De Moura, M. R., Lorevice, M. V. Mattoso, L. H. C., & Zucolotto, V. (2011). Highly stable, edible cellulose films incorporating chitosan nanoparticles. *Journal of Food Science*, 76(2), N25–N29.

De Oliveira, C. E. V., Magnani, M., De Sales, C. V., Pontes, A. L. S., Campos-Takaki, G. M., Stamford, T. C. M., & De Souza, E. L. (2014). Effects of chitosan from *Cunninghamella elegans* on virulence of post-harvest pathogenic fungi in table grapes (*Vitis labrusca* L.). *International Journal of Food Microbiology*, 171, 54–61.

Djioua, T., Charles, F., Freire, M., Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M. N., & Sallanon, H. (2010). Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 849–855.

Duan, J., Jiang, Y., & Zhao, Y. (2011). Chitosan-whey protein isolate composite films for encapsulation and stabilization of fish oil containing ultra pure omega-3 fatty acids. *Journal of Food Science*, 76(1), C133-C141.

Eum, H., Hwang, D., Linke, M., Lee, S., & Zude, M. (2009). Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Sapphire'). *European Food Research and Technology*, 229(3), 427-434.

Gbenou, J. D., Ahounou, J. F., Akakpo, H. B., Laleye, A., Yayi, E., Gbaguidi, F., Baba-Moussa, L., Darboux, R., Dansou, P., Moudachirou, M., & Kotchoni, S. O. (2013).

González-Aguilar, G., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, M., Martínez-Téllez, M., Villegas-Ochoa, M., Monroy-García, I., & Ayala-Zavala, F. (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 89, 15–23.

Hosseini, S. F., Rezaei, M., Zandi, M., & Ghavi, F. F. (2013). Preparation and functional properties of fish gelatin-chitosan blend edible films. *Food Chemistry*, 136, 1490-1495.

Imsabai, W., Ketsa, S., & Van Doorn, W. G. (2002). Effect of temperature on softening and the activities of polygalacturonase and pectinesterase in durian fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 347-351.

Juárez-Rosete, C. R., Aguilar-Castillo, J. A., Juárez-Rosete, M. E., Bugarín-Montoya, R., Juárez-López, P., & Cruz, C. E. (2013). Hierbas aromáticas y medicinales en México: tradición e innovación. *Revista Bio Ciencias*, 2(3): 119-129.

Krkic, N., Lazi, V., Savatic, S., Sojuc, B., Petrovi, L., & Suput, D. (2012). Application of chitosan coating with oregano essential oil on dry fermented sausage. *Journal of Food and Nutrition Research*, 51(1), 60–68.

Leerahawong, A., Tanaka, M., Okazaki, E., & Osako, K. (2011). Effects of plasticizer type and concentration on the physicochemical properties of edible film from squid *Todarodes pacificus* mantle muscle. *Food Science and Technology*, 77, 1061-1068.

López-Mata, A. M., Ruiz-Cruz, S., Silva-Beltrán, P. N., Ornelas-Paz, J. J., Zamudio-Flores, B. P., & Burruez-Ibarra, E. S. (2013). Physicochemical, antimicrobial and antioxidant properties of chitosan films incorporated with carvacrol. *Molecules*, 18, 13735-13753.

Martelli, R. M., Barros, T. T., De Moura, R. M., Maltoso, L. H., & Assis, O. B. (2013). Effect of chitosan nanoparticles and pectin content on mechanical properties and water vapor permeability of banana puree films. *Journal of Food Science*, 78(1), N98–N103.

Moura, R. M., Lorevice, V. M., Mattoso, H. C. L., & Zucolotto, V. (2011). Highly Stable, Edible Cellulose Films Incorporating Chitosan Nanoparticles. *Journal of Food Science*. 76(2), N25-N29.

Ochoa-Velasco, C. E., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2014). Postharvest quality of peeled prickly pear fruit treated with acetic acid and chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 139–145.

Official Methods of Analysis of AOAC International. (2000). 17 th Edition, Volume II, Gaithersburg, Maryland, USA. Chapter 41, p. 2-4.

Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010). Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chemistry*, 122, 161–166.

Oriani, V. B., Molina, G., Chiumarelli, M., Pastore, G. M., & Hubinger, M. D. (2014). Properties of cassava starch-based edible coating containing essential oils. *Journal of Food Science*, 79(2), E189-194. Doi: 10.1111/1750-3841.12332

Park, S., & Zhao, Y. (2004). Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1933–1939.

Peng, Y., & Li, Y. (2014). Combined effects of two kinds of essential oils on physical, mechanical and structural properties of chitosan films. *Food Hydrocolloids*, 36, 287-293.

Peng, Y., Yin, L., & Li, Y. (2013). Combined effects of lemon essential oil and surfactants on physical and structural properties of chitosan films. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 44–50.

Rawdkuen, S., Suthiluk, P., Kamhangwong, K., & Benjakul, S. (2012). Mechanical, physico-chemical, and antimicrobial properties of gelatin-based film incorporated with catechin-lysozyme. *Chemistry Central Journal*. 6, 2-10.

Rocculi, R., Cocci, E., Romani, S., Sacchetti, G., & Dalla Rosa, M. (2009). Effect of 1- MCP treatment and N2O MAP on physiological and quality changes of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 371–377.

Rojas-Grau, M., Raybaudi-Massilia, R., Soliva-Fortuny, R., Avena-Bustillo, R, Mc Hugh, T., & Martin-Belloso, O. (2007). Apple pure-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharverst Biology and Technology*, 45, 254-264.

Sánchez-González, L., Cháfer, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2010). Physical properties of edible chitosan films containing bergamot essential oil and their inhibitory action on *Penicillium italicum*. *Carbohydrate Polymers*, 82, 277-283.

Shah, G., Shri, R., Panchal, V., Sharma, N., Singh, B., & Mann, A. S. (2011). Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, staph (Lemon grass), *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research*, 2, 3-8.

Srinivasa, P. C., Baskaran, R., Ramesh. M. N., Prashanth, K. V. H., & Tharanathan, R. N. (2002). European Food Research and Technology, 215, 504–508.

Souza, V. C., Monte, M. L., & Pinto, L. A. A. (2011). Preparation of biopolymer film from chitosan modified with lipid fraction. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(9), 1856–1862.

Tezotto-Uliana, J. V., Fargoni, G. P., Geerdink, G. M., & Kluge, R. A. (2014). Chitosan applications pre- or postharvest prolong raspberry shelf-lifequality. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 72–77.

## Impacto ambiental y diversidad de los nopalos en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (Méjico)

ROMERO, Adriana\*†, ENRÍQUEZ-ENRÍQUEZ, David y ADAME-GONZÁLEZ, Miguel

Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez 147 C.P. 9800. Zacatecas, Zac.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Este documento proporciona información sobre la diversidad de las poblaciones silvestres de especies de *Opuntia* que crecen en el municipio de Zacatecas y de los principales factores antropogénicos que han reducido significativamente esta población. Para conocer la diversidad de las especies del género *Opuntia* y de los factores que afectan a las poblaciones; fue necesario hacer varias visitas al campo. Se llevaron a cabo estos recorridos durante cuatro temporadas para cubrir todo el ciclo de floración y fructificación de las plantas. Una vez que se identificaron y analizaron los datos de todas las muestras, se encontró que la el municipio cuenta con catorce especies de nopalos, lo que representa alrededor del 50% de los que crecen en el territorio del Estado. El análisis de la expansión de la agricultura y la población humana en el municipio en el período entre 1992 y 2011, ayudó a entender que el aumento de la zona urbana es el factor que ha causado el mayor impacto en los "nopaleras" durante los últimos 19 años: mientras que la agricultura aumentó su área en un 6%, el área urbana creció un 90%.

**Opuntia, diversidad, crecimiento urbano, agricultura, Zacatecas.**

### Abstract

This document provides information about the diversity of wild populations of *Opuntia* species growing in the county of Zacatecas and the main anthropogenic factors that have significantly reduced this populations.

To know the diversity of *Opuntia* genera, as he factors affecting populations was necessary to make several visits to the field. These exploration were conducted during four seasons to cover the entire cycle of flowering and fruiting plants.

Once they all specimens were identified and analyzed the data, it was found that the county of Zacatecas has fourteen species of the genus *Opuntia*, representing about 50% of those grown in the State territory.

Analysis of the expansion of agriculture and human population in the municipality in the period between 1992 to 2011, it is concluded that the increase of the urban area is the factor that has caused the greatest impact on "nopaleras" over the past 19 years; while agriculture increased its area by 6%, the urban area grew by 90%.

**Opuntia, diversity, urban growth, agriculture, Zacatecas.**

**Citación:** ROMERO, Adriana, ENRÍQUEZ-ENRÍQUEZ, David y ADAME-GONZÁLEZ, Miguel. Impacto ambiental y diversidad de los nopalos en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (Méjico). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:136-147

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ary\_ana5@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Este trabajo es importante para conocer la diversidad de especies del género *Opuntia* con las que cuenta el municipio de Zacatecas, así como el impacto negativo que día con día reciben por la creciente urbanización y otras acciones antropogénicas. Zacatecas es uno de los estados con más bajo índice de colección botánica y con mayor rezago en cuanto al conocimiento y estudio de su flora (Dávila y Sosa, 1994), por este motivo también es considerado como uno de los estados más pobres en cuanto a su diversidad biológica, por lo que es conveniente intensificar los estudios tendientes a conocer su biodiversidad.

El creciente proceso de destrucción de hábitat, ecosistemas y la extinción de especies que se está dando cada vez de manera más acentuada amenaza la conservación de la biodiversidad y dificulta el manejo de la misma (Riba, 1995).

El propósito de este trabajo es identificar la diversidad de especies y elaborar una clave para reconocer las especies del género *Opuntia* que crecen en el municipio de Zacatecas y áreas adyacentes, estimar el incremento de las áreas urbanas y agrícolas y detectar los principales impactos causados por la actividad humana sobre las poblaciones de nopal.

## Revisión de literatura

La familia Cactaceae, nativa del continente americano, incluye cerca de 98 géneros y más de 1500 especies. México es sin duda el centro de concentración de cactáceas más importante con un total de 48 géneros y 563 especies reconocidas (Hunt, 1992). Uno de los géneros de cactáceas de más amplia distribución y representatividad es *Opuntia*. Distribuidas por toda América desde el sur del Canadá hasta el sur de Argentina.

Que cuenta con más de 200 especies (Barthlott y Hunt, 1993; Fuentes-Pérez et al., 2009).

Para México se reportan 83 especies del género *Opuntia*, de las cuales 29 se distribuyen en el altiplano Potosino-Zacatecano, siendo dominantes *O. streptacantha* y *O. leucotricha* (Guzmán et al., 2007).

Los nopalares silvestres son para México uno de los recursos fitogenéticos de mayor relevancia en los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas, que ocupan actualmente más del 60% del país (Sule y Scheinvar, 2009; Hernández y Godínez, 1994; Ortega-Baes y Godínez-Álvarez, 2006).

La ecorregión del Desierto Chihuahuense es el principal hogar de casi el 25 por ciento de las 1,500 especies de cactus conocidos por la ciencia. Aproximadamente el 80 por ciento está ubicado dentro de México, seguido por el desierto de Sonora (Sonora, Baja California y Baja California Sur), los valles de Tehuacán-Cuicatlán (Puebla y Oaxaca), la región de Mixtepec (Puebla y Oaxaca), el extremo sur del istmo de Tehuantepec (Oaxaca), y la Cuenca del río Balsas (Guerrero y Michoacán) (Robbins, 2003; Gómez-Hinostrosa y Hernández, 2000).

México tiene una de las más alta diversidad de especies de *Opuntia*, sus poblaciones cubren un área aproximada de 3,000,000 de hectáreas mayoritariamente silvestre, variando en el número de especies, localizadas principalmente en los estados de Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Sonora, del cual se extraen productos con una amplia gama de aplicaciones esta área equivale al 1.58% del territorio mexicano (Soberón et al., 2001).

En México, el Altiplano Potosino-Zacatecano comprende partes de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Jalisco Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, se caracteriza por la presencia de extensas áreas en las que la comunidad vegetal está constituida por miembros de este género (Marroquín et al., 1964).

Britton y Rose (1962) y Bravo-Hollis (1978) publicaron el estudio del género *Opuntia* en México y citan algunas especies que crecen en el estado de Zacatecas. González et al., (2001) proporcionan información de las especies del género *Opuntia* que crecen en el estado de Jalisco. Incluye información sobre su morfología, ecología, y su uso; además de claves para su identificación, descripción y fotografías a color para facilitar reconocimiento en el campo. Villaseñor (1999) reporta 28 especies para Zacatecas, Guzmán et al. (2007) 20 y Enríquez (1998) reporta a *Opuntia fuliginosa*, *O. pumila* y *O. velutina* para la región del Cañón de Juchipila, que no se habían reportado para el Estado.

Los precursores de la evolución de los cactus fueron, probablemente, las plantas tropicales cuyo clima se volvió más y más árido, resultando en la selección y finalmente supervivencia de aquellas especies capaces de conservar agua. Los cactus minimizan la pérdida de agua con el crecimiento de protuberancias protectoras que aparecen como espinas o pelo fino para frenar a herbívoros y para impedir el daño de la luz solar (Robbins, 2003).

Para los Aztecas los nopalos tenían ya una importancia destacada a tal grado que determinaron en muchos casos la formación de núcleos de población humana, pues distintas tribus errantes concurrían en la época de fructificación a la zonas habitadas por estas plantas y acababan por fijar ahí su residencia (Bravo-Hollis, 1978).

La tuna y el nopalito son los principales productos alimenticios del nopal, el primero como fruta y el segundo como verdura, consumido en la rica cultura culinaria mexicana, además de su uso como forraje. Productos medicinales derivados, muy utilizados en la medicina naturista y casera, y una amplia gama de productos cosméticos (Flores et al., 1995).

El nopal silvestre es aprovechado como verdura, consumiendo sus brotes principalmente en los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas, donde se consume durante algunos meses (entre Abril-Agosto), las especies preferidas para los pobladores de esos lugares son; nopal tapón (*Opuntia robusta*), nopal cardón (*O. streptacantha*), nopal rastrero (*O. rastrera*), nopal duraznillo (*O. leucotricha*) y el nopal chavéno (*O. hyptiacantha*) (CONAZA, 1994). El número de especies de *Opuntia* varía parcialmente en la literatura por la frecuencia de la hibridación entre especies y la falta de estándares de clasificación (Soberón et al., 2001; Flores et al., 1995).

Los nopalos además de ser plantas adaptadas a la aridez, juegan un rol biológico importante contribuyendo de diversas maneras al mantenimiento de las mismas como ejemplo, fijan y enriquecen el suelo, evitan la erosión y son fuente de alimento para diferentes tipos de organismos, captan el rocío nocturno, se utilizan como cultivo, como fruta y verdura; incluso se les atribuyen propiedades curativas (Rodríguez y Nava, 1998). Además de que en sus raíces hay bacterias y micorrizas nitrificantes entre muchas otras cualidades (Llovera, 1985).

A través de los años el nopal se ha convertido en un conjunto vegetacional relevante, gracias a sus múltiples cualidades de adaptación, extraordinaria vitalidad, variados medios de propagación, distribución, densidad, utilidad y peculiares funciones mediante las cuales pueden tomar de la atmósfera sustancias nutritivas (Rivas, 1996).

No es fácil la taxonomía de los nopalos silvestres mexicanos. Sus especies florecen casi todas al mismo tiempo y no hay barreras que impidan su hibridación; hay un gran número de poliploides, contribuyendo a su gran diversidad genética y logrando una mejor adaptación a las condiciones ecológicas en que habitan (Scheinvar y Olalde, 2010). En estas áreas, *Opuntia* muestra una marcada variación morfológica al grado de que su taxonomía se vuelve confusa (Bravo-Hollis, 1978; Scheinvar, 1995).

Las cactáceas son un grupo de plantas con características biológicas y ecológicas particulares que las hacen vulnerables a diversos factores de perturbación naturales y humanos (Hernández y Godínez, 1994).

Hace tiempo las especies silvestres de cactáceas abundaban; pero debido a las colectas exhaustivas de que han sido objeto por parte de los comerciantes; (esta actividad continua en la actualidad), es así como algunas especies han sido prácticamente exterminadas (Bravo-Hollis, 1978). La recolección y comercialización ilegal de plantas sigue siendo un problema de aplicación de la ley y un reto al manejo de los recursos en tierras públicas y privadas a través del país (Robbins, 2003). Actualmente una alta proporción de cactáceas están amenazadas y han sido incluidas en las listas nacionales e internacionales relacionadas con la protección de la diversidad (SEMARNAT, 2001; IUCN, 2003).

Álvarez et al., (2004) analizan los aspectos ecológicos de *Strombocactus disciformis* y *Turbinicarpus pseudomacrochele* y los factores antropogénicos que afectan su permanencia. Mencionan, de igual manera que dentro de las actividades humanas que pueden afectar el mantenimiento de las poblaciones de las distintas especies de cactáceas, se encuentran principalmente, la colecta excesiva de plantas y semillas, la agricultura, la ganadería y la erosión del suelo.

En la actualidad, uno de los graves problemas que enfrenta México, es la acelerada destrucción de sus hábitats, dado que se están perdiendo valiosos recursos naturales y se han incrementado sus zonas áridas y semiáridas; ya sea por el cambio de uso del suelo, el incremento de asentamientos humanos, agricultura, ganadería, nuevas carreteras, construcción de presas, introducción de líneas eléctricas, así como por el efecto del cambio climático, que se acentúa cada vez más (Hernández y Bárcenas, 1995).

Hernández-Oria et al., (2007) analizan las condiciones del hábitat de las cactáceas del Desierto Chihuahuense en la parte correspondiente al estado de Querétaro. Concluyen que la desaparición del hábitat es el principal problema para la conservación.

## Métodos

### Descripción del área de estudio

Zacatecas es una de las 32 entidades federativas de México, está situado en la porción centro-norte de la República Mexicana limita al norte con Coahuila, al noroeste con Durango, al oeste con Nayarit, al este con San Luis Potosí y Nuevo León, y al sur con Jalisco, Guanajuato y Aguascalientes. La capital es la ciudad de Zacatecas (SPP, 1981b; SEGOB, 2010).

Zacatecas tiene una extensión territorial de 75.040 km<sup>2</sup>, esto representa el 3,83% del territorio nacional. Sus coordenadas extremas son 25°09' al norte, 21°04' al sur de latitud norte; al este 100°49' y al oeste 104°19' de longitud oeste. El estado se encuentra en el norte de México, específicamente en la Meseta Central (INEGI, 1999).

### Ubicación y superficie

El municipio de Zacatecas, está ubicado entre los paralelos 22° 37' y 22° 51' de latitud norte; los meridianos 102° 32' y 102° 51' de longitud oeste; altitud entre 2 100 y 2 800 msnm, y tiene una extensión de 444 km<sup>2</sup>. Colinda al norte con los municipios de Calera, Morelos y Vetagrande, al este con los municipios de Vetagrande y Guadalupe, al sur con los municipios de Guadalupe, Genaro Codina y Villanueva, al oeste con el municipio de Jerez (INEGI, 2010) Ocupa el 0.6% de la superficie del Estado. Cuenta con 72 localidades y una población total de 138 176 habitantes (INEGI, 1996; INEGI, 2010).

### Clima

La temperatura media anual oscila entre los 12 y 18 °C, tiene un rango de precipitación entre 400 y 600 mm al año, con un clima semiseco templado con lluvias de verano (SPP, 1980a; SPP, 1980b; SEGOB, 2010).

### Geología

El municipio está ubicado sobre la Sierra Madre Occidental en sierra baja, lomerío con bajadas y meseta escalonada. Su litología es de rocas metamórficas del Triásico, rocas sedimentarias del Paleógeno y rocas ígneas del Cretácico (SPP, 1980c; SPP, 1981a).

### Identificación de la diversidad de especies

Se realizaron 17 visitas a las diferentes localidades del municipio del 31 de marzo de 2011 al 12 de junio de 2012, donde se colectaron los ejemplares de nopal. De manera complementaria se tomaron notas de las características del lugar, coordenadas geográficas y fotografías de los ejemplares. La colecta se hizo con ayuda de cuchillos, tenazas, bolsas y cajas para el traslado de la muestra al laboratorio. Una vez elegida la muestra que se va a colectar, se sostiene el cladodio con las pinzas y se corta con el cuchillo por la parte inferior donde se unen dos artículos, lo mismo se hace con la flor y el fruto.

La identificación de las diferentes especies se hizo en el laboratorio del Herbario de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas (HUAZ), con apoyo del estereoscopio para observar las características que no son notorias a simple vista y de literatura especializada para su identificación como la de Bravo-Hollis (1978) (Las cactáceas de México) y González et al. (2001) (El género *Opuntia* en Jalisco). Se cotejaron los ejemplares con las descripciones incluidas en la literatura y con aquellos especímenes depositados en el herbario HUAZ.

### Impacto de la actividad humana sobre las poblaciones de nopalas

Para detectar el impacto que han sufrido las nopaleras en el municipio por la actividad humana, se realizaron observaciones directas en campo, para poder estimar el daño ocasionado, principalmente por la agricultura y por el acelerado crecimiento urbano, a la par se hizo la colecta de las especies para su identificación y preparación para deshidratar.

Se estimó a simple vista cual era el principal factor que amenaza la vida de los nopalos, tales como: el sobrepastoreo, agricultura, incendios, construcción de carreteras, minería y/o establecimiento de asentamientos humanos.

Para el análisis del crecimiento del área urbana y agrícola se revisó la carta impresa de uso del suelo y vegetación (SPP, 1992) y se tomó como base para el cálculo de las áreas de agricultura y urbana para el año de 1992. También se estudió el mapa digital de uso del suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en secuencia cronológica, que corre del año 1985 al 2011. En este se pudo apreciar los cambios en el uso del suelo del área estudiada y se calcularon las áreas de la vegetación y urbana en el Municipio de Zacatecas para el año 2011.

## Resultados

### Diversidad de especies silvestres del genero *Opuntia*

Se reconocieron catorce especies del genero *Opuntia* en las diferentes localidades del municipio.

A continuación se muestra una tabla en la que se aprecia el total de las especies identificadas para el municipio, además del nombre con que comúnmente son conocidas por los pobladores de la región (Tabla 1)

Familia: Cactaceae	
Género: <i>Opuntia</i>	
Nombre científico	Nombre común
<i>Opuntia canthabrigiensis</i> Lynch	Cuijo
<i>Opuntia durangensis</i> Britton & Rose	Joconostle
<i>Opuntia guilanchi</i> Griffiths	Guilanchi
<i>Opuntia hyptiacantha</i> F.A.C. Weber	Chaveño
<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.	Cardenche
<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber	Joconostle
<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiff.	Castilla
<i>Opuntia leucotricha</i> DC.	Duraznillo
<i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dyck	Castilla
<i>Opuntia neochrysacantha</i> Bravo	Dorado
<i>Opuntia phaeacantha</i> Engelm.	Rastrero
<i>Opuntia rastrera</i> Weber	Rastrero
<i>Opuntia robusta</i> H. Wendl	Tapón
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	Nopal cardón

**Tabla 1** Especies de nopal encontradas en el municipio de Zacatecas

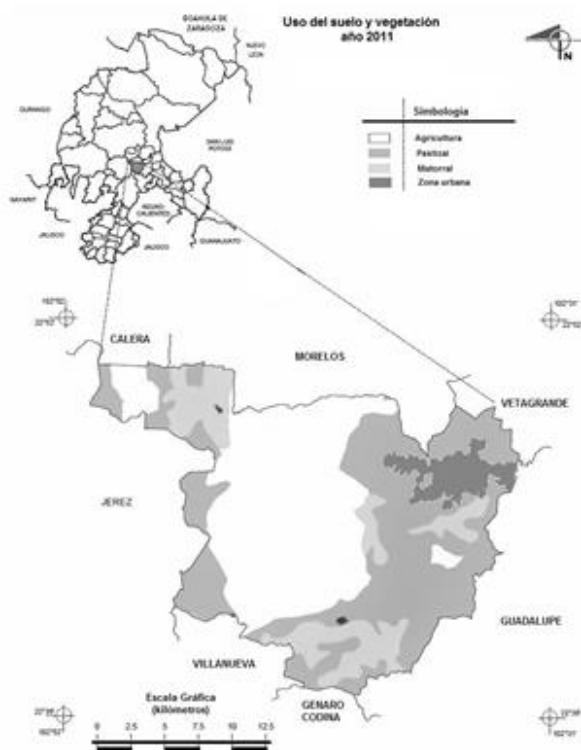
### Clave para la identificación de las especies de *Opuntia* en el municipio de Zacatecas.

1.- Tallos cilíndricos o claviformes.....	<i>O. imbricata</i>
1.- Tallos en cladodios (subcilíndrico o discoideos); hábito arbóreo, arbustivo o rastreiro (2)	
2.- Espinas castañas o amarillas, especies generalmente rastreiras (3)	
2.- Espinas blancas; especies generalmente arbóreas (7)	
3.- Espinas castañas al menos en la base (4)	
3.- Espinas amarillas, al menos parcialmente (5)	
4.- Plantas rastreiras.....	<i>O. rastreana</i>
4.- Plantas bajas sin tallo definido, a veces postradas.	<i>O. phaeacantha</i>
5.- Epidermis glabra (6)	
5.- Epidermis pubescente, artículos ampliamente obovados a circulares, en invierno con manchas púrpuras.....	<i>O. durangensis</i>
6.- Glóquidas poco numerosas en los lados de los artículos, espinas amarillas, moreno amarillentas o hasta rojizas.....	<i>O. neochrysantha</i>
6.- Glóquidas muy numerosas a los lados de los artículos	<i>O. cantabrigiensis</i>
7.- Epidermis tomentosa (8)	
7.- Epidermis glabra (9)	
8.- Espinas aciculares artículos anchamente obovados.....	<i>O. guianensis</i>
8.- Espinas rotas, flexibles.....	<i>O. leucotricha</i>
9.- Plantas arbóreas; artículos verdes (10)	
9.- Plantas arbustivas; artículos azulados.....	<i>O. robusta</i>
10.- Artículos grandes; frutos grandes, dulces (11)	
10.- Artículos pequeños; fruto pequeño, como de 2 cm, ácido.....	<i>O. joconostle</i>
11.- Espinas aciculares.....	<i>O. laziacantha</i>
11.- Espinas subuladas (12)	
12.- Espinas no adpresas.....	<i>O. megacantha</i>
12.- Espinas adpresas (13)	
13.- Glóquidas amarillas; aristas con pelos negros, flor roja.....	<i>O. hypiacantha</i>
13.- Glóquidas marrón; aristas con 1 o 2 pelos setosos; flores amarillas a naranjas.....	<i>O. streptacantha</i>

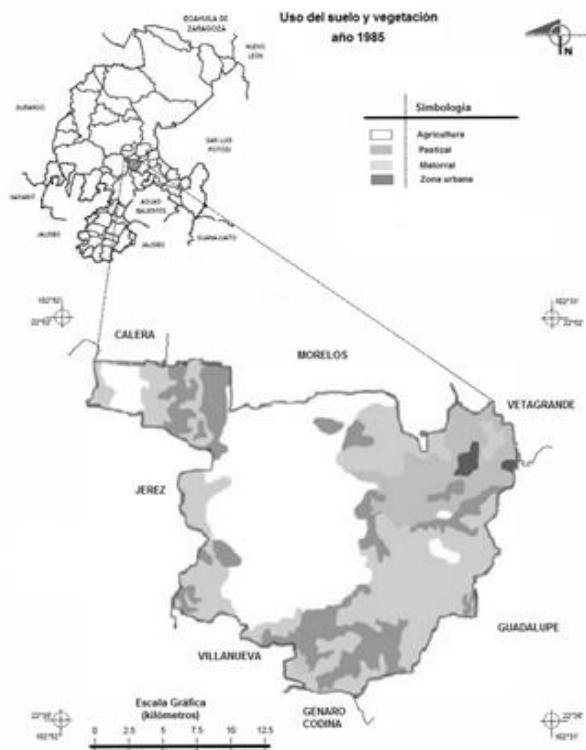
## Impacto de la actividad humana sobre las poblaciones de nopaleras

Teniendo en cuenta que el impacto ambiental es cualquier cambio que se produzca en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, resultante de las actividades, productos y servicios que realiza el ser humano, los cuales pueden ser reversibles o irreversibles (SEMARNAT, 2012) se evaluaron los datos obtenidos en este estudio.

Como producto de la comparación y evaluación de los mapas de uso del suelo y vegetación (SPP, 1992) y del Mapa Digital de INEGI, se pudo estimar los siguientes datos; el área dedicada a la agricultura en el año de 1992 era de 29,143 ha, para el año 2011 esta área se incrementó a 31,000 ha; lo cual indica que la agricultura tuvo un crecimiento del 6% en 19 años. En cuanto al área urbana, en el año de 1992 ocupaba un total de 448 ha, mientras que en el 2011 ocupa un total de 4,784 ha, lo que representa un crecimiento de 90%, siendo este uno de los principales factores por los cuales las superficies con vegetación, y más específicamente las nopaleras se están viendo gravemente afectadas (Figuras 1 y 2).



**Figura 1** Uso del suelo y vegetación en el año 1992 en el municipio de Zacatecas



**Figura 2** Uso del suelo y vegetación en el año 2011 en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (Fuente: INEGI, 2015).

Otras de las afectaciones que se registraron mediante las observaciones directas en campo son: la creación de caminos y carreteras, el sobrepastoreo, el desarrollo de la minería, desmonte para construcción, incendios, erosión, contaminación y deforestación, entre otras.

Todo lo anterior sin tomar en cuenta las afectaciones que pueden atribuirse al fenómeno del cambio climático que se ha venido documentando en diverso foros y medios a nivel mundial, que a decir de varios autores, es debido al incremento de la temperatura que se ha registrado a nivel mundial en los últimos años la cual se espera sea aún mayor (Estrada, 2001).

## Discusión

La hibridación es un fenómeno común en los géneros *Opuntia* (Mayer et al., 2000), estas especies se cruzan fácilmente entre sí, producen híbridos fértiles y aún más, pueden cruzarse con alguno de sus progenitores (Pinkava et al., 1985) resultando confusa su identificación exacta, ya que dichos híbridos se caracterizan por tener características morfológicas intermedias entre sus progenitores. Dadas todas estas variaciones es complicado realizar estándares de clasificación precisos para la identificación de estos ejemplares (Soberón et al., 2001).

Villaseñor (1999) reporta un total de 28 especies para el estado de Zacatecas y Guzmán et al. (2007) reconocen 20; las especies identificadas en este estudio representan el 50% y el 70% respectivamente de las cuantificadas para el Estado.

En cuanto a la destrucción de áreas forestales y en particular de las ocupadas por las nopaleras que se registraron, se coincide con otros autores que entre los principales factores de origen antropogénicos que afectan estas áreas se encuentran la agricultura, la ganadería, la erosión y la creación de asentamientos humanos: Álvarez et al. (2004) mencionan los mismos factores que afectan a dos especies de cactáceas en Querétaro; Hernández-Oria et al. (2007) hacen notar que en el Desierto Chihuahuense en lo corresponde al área de Querétaro la desaparición del hábitat es el principal problema para su conservación.

## Conclusiones

Este trabajo representa una aportación para el conocimiento de las especies de *Opuntia* que crecen en el municipio de Zacatecas.

De 29 especies que se reportan para el Altiplano Potosino-Zacatecano, catorce especies están presentes en el municipio de Zacatecas y área adyacentes lo que representan un valor cercano al 50%.

Las poblaciones que aún cuentan con estas especies se encuentran gravemente amenazadas por las diferentes actividades que el hombre pone en práctica sin tener en cuenta el daño que genera por estas acciones, que no solo deterioran las diferentes áreas si no que no miden las graves consecuencias que esto acarrea al paso de los años.

Las áreas con nopaleras se encuentran en riesgo de desaparecer por el incremento el aumento de la mancha urbana, de las áreas agrícolas, de los incendios forestales, el incremento de caminos y carreteras y el mal uso de las áreas forestales.

## Referencias

Álvarez, R., Godínez Álvarez, H., Guzmán, H., y Dávila, P. (2004). Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: implicaciones para su conservación. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 75, 7-16.

Barthlott, W., y Hunt, D.R. (1993). Cactaceae. En K. Kubitzki, J.G. Rohwer, y V. Bittrich (eds.), The families and genera of vascular plants, Vol II, Flowering Plants, Dicotyledons (pp 161-197). Springer-Verlag: Berlin/Heidenber, Germany.

Bravo Hollis, H. (1978). Las cactáceas de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Britton, N.L., y Rose J.N. (1963). The Cactaceae. Description and illustration of plants of the cactus family. Volumes I and II. London: Dover Publications, Inc.

CONAZA. (1994). Nopal verdura *Opuntia* spp. cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. México: Comisión Nacional de la Zonas Áridas. Instituto Nacional de Ecología.

Dávila, P., y Sosa V. (1994). El conocimiento florístico de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 55, 21-27.

Enríquez, E.D. (1998). Estudio florístico del Cerro de La Cantarilla, Municipio de Moyahua, Estado de Zacatecas. Tesis de Maestro en Ciencias sin publicar. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México.

Estrada, P.M. (2001) Cambio Climático Global: Causas y consecuencias. Revista de información y análisis, 16. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/ambientales/climatico.pdf>.

Flores Valdez, C.A., de Luna, J.M., y Ramírez, P.P. (1995). Mercado mundial del nopalito. Chapingo, México: ASERCA-UACH-CIESTAAM.

Fuentes Pérez, M., Terrazas T., y Arias, S. (2009). Anatomía floral de cinco especies de *Opuntia* (Opuntioideae, Cactaceae) de México. Polibotánica, 27, 89-102.

Gómez Hinostrosa, C., y Hernández, H.M. (2000). Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. Biodiversity and Conservation, 9, 403–418.

González Durán, A., Riojas López, M.E., y Arreola H.J. (2001). El Género *Opuntia* en Jalisco. Guía de campo. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Guzmán, U., Arias, S., y Dávila. P. (2007). Catálogo de cactáceas mexicanas. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Hernández Oria, J.G., Chávez Martínez, R., y Sánchez Martínez, E. (2007). Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una región semiárida en el sur del Desierto Chihuahuense, México. Interciencia, 32(11), 728-734.

Hernández M., H., y Godínez A., H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana 26:33-52.

Hernández M., H., y Barcenas, R.T.. (1995). Endangered cacti in the chihuahuan desert. Conservation Biology, 9(5), 1176-1188.

Hunt, D. (1992). CITES. Cactaceae checklist. Kew Surrey: Royal Botanic.

INEGI. (1996). Cuaderno estadístico municipal Zacatecas. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI. (1999). Superficie de la República Mexicana por Estados. México: Dirección General de Geografía.

INEGI. (2010). Información nacional por estados y municipios. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/32/32056.pdf>.

IUCN. (2003). Red list of threatened species. Recuperado de <http://www.redlist.org>.

Llovera, J. (1985). Aislamiento y caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico de rizósfera de nopal *Opuntia* spp. Tesis de Licenciatura sin publicar, Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.

Marroquín, J.S., Borja, L.G., Velázquez, C.R., y De la Cruz, J.A. (1964). Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. México, Distrito Federal, Publicación especial No.2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos.

Mayer M.S., Williams L.M., y Rebman J.P. (2000). Molecular evidence for the hybrid origin of *Opuntia prolifera* (Cactaceae). *Madroño*, 47,109-115.

Ortega Baes, P., y Godínez Álvarez, H. (2006). Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation* 15: 817-827.

Pinkava, D.J., Baker, M.A., Parfitt, B.D., Mohlenbrock, M.W., y Worthington, R.D.. (1985). Chromosome numbers in some cacti of western North America-V. *Systematic Botany*, 10, 471-483.

Riba, R. (1995). A manera de conclusión. En M. Linares, P. Dávila, F. Chiang, R. Bye, y T. Elias (eds.). *Conservación de plantas en peligro de extinción. Diferentes enfoques.* (pp.171-175). México Distrito Federal. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México.

Rivas, M. (1996). Cactáceas y suculentas del jardín botánico Lankaster. Editorial EUNED.

Robbins, C.S. (2003). Comercio espinoso. Comercio y conservación de cactus en el Desierto Chihuahuense. Washington DC. TRAFFIC Norteamérica. Fondo Mundial para la Naturaleza.

Rodríguez, E., y Nava. (1998). Nopal. Riqueza agroecológica de México. México. SEP-SEIT-DEGETA.

Scheinvar, L. (1995). Taxonomy of utilized *Opuntia*. En G. Barbera, P. Inglese, y E. Pimienta Barrios (eds.). *Agroecology cultivation and uses of cactus pear.* (pp. 21-28). Roma, Italia. FAO Plant Production and Protection Paper.

Scheinvar, A.L., y Olalde, G. (2010). Diversidad de nopal silvestres, cultivados y otras cactáceas de México: estrategias de conservación. Guadalajara, Jalisco. México. Memoria del XVIII Congreso Mexicano de Botánica.

SEGOB. (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Secretaría de Gobernación e Instituto del Federalismo y Desarrollo Municipal. Recuperado de [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_Zacatecas](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Zacatecas).

SEMARNAT. (2001). Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. México. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001.

SEMARNAT. (2012). Impacto ambiental y tipos. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenteafocalizada/impactoambiental/Paginas/impactoambiental.aspx>.

Soberón, J., Golubov, J., y Sarukhán, J. (2001). The importance of *Opuntia* in Mexico and routes of invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist*, 84(4), 486-492.

SPP. (1980a). Carta Estatal de Climas. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Escala 1:1000000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1980b). Carta Estatal de Fenómenos Climatológicos. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Escala 1:2, 000,000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1980c). Carta Estatal de Geología. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Escala 1:1000000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1980d). Carta Estatal de Suelos. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Escala 1:1, 000,000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1981a). Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica. México. Secretaría de Programación y presupuesto Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Provincia III Sierra Madre Occidental, Subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos. Sistema de topo formas. Escala 1:1, 000,000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1981b). Síntesis Geográfica de Zacatecas. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Coordinación general de los servicios nacionales de estadística Geografía e Información.

Sule, D.O., y Scheinvar L. (2009). Diversidad de nopal silvestres del estado de Chihuahua, México (*Opuntia* Mill. y *Nopalea* Salm-Dyck, Cactaceae). Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas, 6(1), 30-31.

Villaseñor, J.L. (1999). La flora genérica del estado de Zacatecas, México. Informe de actividades de año sabático. Universidad Autónoma de Zacatecas. Universidad Nacional Autónoma de México (en prensa).

## Distribución de la mastitis subclínica en rebaños ovinos de carne en unidades de producción familiar del estado de México

VELÁZQUEZ-ORDOÑEZ, Valente\*†, VALLADARES-CARRANZA, Benjamin`, ALONSO-FRESÁN, M. Uxua`, MELO-GÓMEZ Liliana`` y GIL-GIL, Abigail``

`Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. C.P. 50200 Toluca, México.

``Clínica Privada, Toluca, México.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Para determinar la frecuencia agentes asociados a la mastitis subclínica y clínica en ovejas de carne en explotaciones de tipo familiar. Mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia se obtuvieron 764 muestras de leche de 386 en ovejas en lactación, para realizar la prueba de California y el aislamiento bacteriano. La distribución de la mastitis subclínica mastitis en las ovejas fue del 48.8% y mastitis clínica 4.8%. El 46.4% de ovejas fueron negativas a la reacción en la prueba. Los principales agentes bacterianos aislados (%) fueron: *S. aureus* 44.24, *E. coli* 9.9, Bacterias coliformes 8.27, *Bacillus* spp. 1.07. En menor proporción se identificaron *Staphylococcus coagulasa negativos* (SCN) 19.06%; *M. haemolytica* y *Pasteurella multocida*, 4.31% y 1.07% respectivamente. La tasa de positividad general al aislamiento bacteriano en los rebaños fue del 60.6%; los agentes asociados en las reacciones de California fueron: *S. aureus*, *E. coli*, *Staphylococcus coagulasa negativos*, *M. haemolytica* y levaduras. Se concluye que el *S. aureus* tiene una distribución amplia de infección en los rebaños evaluados en comparación con otros patógenos contagiosos y ambientales.

### Mastitis ovina, rebaños familiares, agentes patógenos

### Abstract

To determine the frequency agents associated with subclinical and clinical mastitis in sheep meat on family farms. Using a non-probability convenience sampling 764 milk samples from 386 lactating ewes were obtained for Test of California and bacterial isolation. Distribution mastitis subclinical mastitis in sheep was 48.8% and 4.8% clinical mastitis. 46.4% of sheep were negative reaction to the test. The main isolated bacterial agents (%) were 44.24 *S.aureus*, *E.coli* 9.9, 8.27 Coliform bacteria, *Bacillus* spp 1.07. In smaller proportion were identified coagulase-negative *Staphylococcus* (SCN) 19.06%; *M. haemolytica* and *Pasteurella multocida*, 4.31% and 1.07% respectively. The overall positivity rate of bacterial isolation in herds was 60.6%; associated agents in California reactions were *S. aureus*, *E. coli*, *Staphylococcus coagulase negative*, *M. haemolytica* and yeast. We conclude that *S. aureus* has a wide distribution of infection in herds evaluated in comparison with other contagious and environmental pathogens.

### Sheep mastitis, family herds, pathogens

**Citación:** VELÁZQUEZ-ORDOÑEZ, Valente, VALLADARES-CARRANZA, Benjamin, ALONSO-FRESÁN, M. Uxua, MELO-GÓMEZ Liliana y GIL-GIL, Abigail. Distribución de la mastitis subclínica en rebaños ovinos de carne en unidades de producción familiar del estado de México. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:148-154

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: vvo@uaemex.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La mastitis ovina ocasionada por patógenos infecciosos afecta la glándula mamaria, la producción y el crecimiento de los corderos (Arsenault et al., 2008). Los animales afectados muestran disminución de la producción láctea y la calidad de la leche (Mork et al., 2005). La mastitis de las ovejas, asociada a la presencia de infecciones intramamarias se encuentra asociada la presencia de patógenos contagiosos y ambientales que influyen en la severidad de los cuadros clínicos de la enfermedad (Gonzalo et al., 2002; Suarez et al., 2002). La susceptibilidad de la glándula mamaria para sufrir la mastitis se incrementa en los períodos de parto y en la lactancia; el hacinamiento prolongado y mala higiene de las instalaciones (Ariznabarreta et al., 2002a). En la mastitis clínica, la glándula infectada se encuentra inflamada, la leche se encuentra coagulada con suero de leche y grumos de caseína, sangre y pus en casos severos. La ubre se indura y cambia de coloración, se puede manifestar fiebre, pérdida de apetito y reducción en la producción láctea (Ruegg, 2005).

Los casos de mastitis subclínica y clínica en las ovejas frecuentemente se relacionan con el *Staphylococcus aureus* considerado el de mayor importancia clínica y sanitaria en los rebaños ovinos; la prevalencia de *Staphylococcus coagulasa negativos (SCN)* se ha relacionado con altos conteos de células somáticas en las ovejas lecheras (Ariznabarreta et al., 2002a). Otros patógenos como *Pasteurella multocida* y *Mannheimia haemolytica*, *Streptococcus no agalactiae*, enterobacterias coliformes y no coliformes; ocasionalmente ocurren infecciones por *Burkholderia cepacia* y *Serratia marcescens* originados en el ambiente de producción (Gonzalo et al., 2002).

Algunos patógenos oportunistas como *Aspergillus fumigatus* y *Pseudomonas aeruginosa* son se aíslan ocasionalmente durante el periodo perinatal y el periodo seco (Berriatua et al., 2001). El diagnóstico de la mastitis subclínica en los hatos ganaderos de leche y en el rebaño se realiza mediante la prueba de California para detectar en la leche un aumento de células somáticas (González-Rodríguez et al., 1995; González y Cármenes, 1996; Philpot y Nickerson, 2000). El estudio se realizó para determinar la distribución de la mastitis subclínica y los agentes patógenos asociados en rebaños de carne en el Estado de México.

## Material y Método

Durante el periodo de nacimiento de corderos de los años 2012 a 2013, se realizó un estudio longitudinal observacional; mediante un muestreo al azar en rebaños ovinos de carne de producción familiar en los municipios de la región centro y norte del estado de México. De donde se estudiaron de 386 ovejas de carne durante la lactancia de diferentes tipos raciales y distintas etapas de lactación. De las cuales se obtuvieron 764 muestras de leche. La prueba de mastitis California se efectuó de acuerdo al método descrito (Blowey y Edmondson, 1999). La leche extraída de cada medio glandular mamario se depositó en la paleta de prueba y se adicionó el reactivo; las reacciones se interpretaron por la formación del gel como negativas, trazas, uno, dos y tres. De cada uno de los animales, de los medios glandulares se recolectaron de forma aseptica de cada pezón, muestras individuales de leche, un volumen aproximado de 5 a 10 mL., depositando en tubos de muestreo estériles mantenidos a 4oC. El aislamiento e identificación bacteriológica se llevó a cabo siguiendo el protocolo descrito por el National Mastitis Council, (1999).

Las muestras de leche fueron homogenizadas a 25 °C, se tomaron 0.01 mL e inocularon placas de agar sangre y MacConkey, incubadas a 37 oC durante 18 a 24 horas. Las unidades formadoras de colonias sobre las placas de agar, se observaron y describieron, para realizar la tinción de Gram, las pruebas de coagulasa en tubo, catalasa, reacción de oxidasa. La identificación final se llevó a cabo por el sistema estandarizado del ApiStaph y Api20E. Los grupos de patógenos aislados de las muestras de leche se agruparon como: contagiosos (*S. aureus* y *St. agalactiae*), ambientales (*Escherichia coli*, *Klebsiella* spp, *Enterobacter* spp, *St. uberis* y *St. Faecalis*), y menores (*Staphylococcus coagulasa negativos*). La evaluación de los resultados se llevó a cabo a partir de las frecuencias observadas de mastitis en los rebaños, los aislamientos obtenidos y su distribución regional. Al realizar las pruebas de estimación de proporciones y  $\chi^2$  ( $p < 0.05$ ), mediante el programa Epi Info 6. Versión de uso libre del CDC, Atlanta, Ge, USA.

## Resultados

Se obtuvieron 764 muestras de leche de 386 ovejas de carne de 27 unidades ovinas familiares; de los municipios de Toluca, San Felipe del Progreso, Atlacomulco, Jocotitlan, Ixtlahuaca, Jilotepec, Chapa de Mota, Xalatlaco, Tenango del Valle, San Bartolo Morelos, Jiquipilco y Villa del Carbón. La frecuencia general de mastitis subclínica en los rebaños evaluados fue del 48.8% comparada con la mastitis clínica de 4.8%. La distribución de las reacciones de la prueba de California en los rebaños ovinos estudiados fue: 46.4% negativas, trazas 23.8%, uno 15.2%, dos 6.5% y tres 2.7% ( $p < 0.001$ ). La distribución de la mastitis subclínica en los rebaños estudiados en los municipios fue considerada como: Alta (A) 60-75% Villa del Carbón, Jiquipilco, San Bartolo Morelos y Toluca; Media (M) 30-45%: Jilotepec, Villa del Carbón, Jocotitlan, Atlacomulco.

Baja (B) >15%: San Felipe del Progreso y Chapa de Mota ( $P < 0.01$ ). La tasa de positividad general al aislamiento bacteriano en los rebaños fue del 36.38 %; los municipios con mayor positividad al aislamiento fueron: Toluca, Jiquipilco, Villa del Carbón y San Bartolo Morelos entre el 41 al 33%; Jocotitlan, Atlacomulco con una positividad de mastitis subclínica del 23 al 14%. San Felipe del Progreso, Jilotepec y Chapa de Mota e Ixtlahuaca mostraron rangos de positividad del 13.0 al 6.5% ( $P < 0.01$ ). La frecuencia de aislamiento de los agentes en los diferentes rebaños se aprecia en la tabla 1. La mayor frecuencia de aislamiento correspondió a los patógenos contagiosos *S. aureus* (44.24%), seguida de SCN (19.6%). En la infección glandular mamaria destacó también la infección por *M. haemolytica*, *P. multocida*, *E. Coli* y otras bacterias coliformes.

Grupo de patógenos	Número	%
<i>Staph. Coagulasa positivos</i>	123	44.24
<i>Staph. Coagulasa negativos</i>	53	19.06
<i>Micrococcus spp</i>	21	7.55
<i>Manhaemia haemolytica</i>	12	4.31
<i>Pasteurella multocida</i>	3	1.07
<i>Escherichia coli</i>	18	6.47
<i>Bacterias coliformes</i>	23	8.27
<i>Streptococcus No Agalactiae</i>	12	4.31
<i>Streptococcus agalactiae</i>	2	0.71
<i>Arcanobacterium pyogenes</i>	5	1.79
<i>Bacillus spp</i>	3	1.07
<i>Levaduras</i>	3	1.07

**Tabla 1** Aislamiento de agentes bacterianos en glándula mamaria de ovejas de carne.

## Discusión

La importancia de la mastitis subclínica en los rebaños ovinos se debe, al efecto negativo sobre la producción y la calidad de la leche, provocando un menor crecimiento de los corderos durante la lactancia (Ariznabarreta et al., 2002a; Keisler et al., 1992; Salgado et al., 2000). La infección intraglandular mamaria se desarrolla cuando los agentes patógenos contaminan la piel de la ubre y penetran el canal del pezón para colonizar y multiplicarse posteriormente en el tejido secretor. Durante el ordeño se puede producir la invasión, al contaminarse el meato del pezón cuando existe la entrada indeseable de aire en la unidad de ordeño (Gouglis et al., 2008).

En ocasiones puede ser causada por algunas heridas asociadas a condiciones inadecuadas de las instalaciones, al igual que el estrés que puede producir una baja en la resistencia e inmunidad de la glándula mamaria (Clavijo et al., 2002). La incidencia de la mastitis clínica usualmente es menor al 5% anual en un rebaño lechero. Sin embargo en otros rebaños puede ser de tipo epidémico y exceder del 30-50% de los animales, con un incremento en la tasa de desecho de animales afectados hasta en un 70%. Los agentes de la familia *Micrococaceae* y *Streptococaceae*, frecuentemente se encuentran involucrados en la infección crónica y en la ocurrencia de casos agudos de mastitis (Hariharan et al., 2004). Las fuentes accesoria de infección para las ovejas en producción infectadas con *Staphylococcus coagulase* positivos y SCN son el alojamiento, los alimentos, utensilios de ordeño, moscas y ordeñadores. La *M. haemolytica* puede estar presente en la piel del pezón al inicio de la lactancia inmediatamente después del parto y en el ambiente de producción contaminado con secreciones de animales enfermos, las condiciones climáticas frías y húmedas pueden prolongar la supervivencia del agente en el ambiente.

Las infecciones causadas por *Pseudomonas aeruginosa* (Ps. aeruginosa) y *Serratia marcescens* pueden ser originadas por la contaminación de soluciones utilizadas para inmersión del pezón (Suarez et al., 2002).

Entre las infecciones de la glándula mamaria de origen ambiental, destacan las producidas por las bacterias de la familia enterobacteriaceae y enterococcia que pueden abundar en el material de cama y los ambientes húmedos e insalubres dentro de este tipo de infecciones las ocasionadas por Ps. aeruginosa y *Pseudomonas fluorescens*. Por el contrario las infecciones micóticas de la glándula mamaria se asocian al aislamiento de *Aspergillus fumigatus* y otros hongos identificados en forraje mohoso, camas húmedas, desechos orgánicos en descomposición y en el aire del cobertizo de encierro del ganado ovino. Las infecciones ocasionadas por *St. uberis* y *St. suis* proceden de reservorios mixtos tanto de animales infectados y del medio ambiente contaminado, así como la presencia de otras especies ganaderas en la cercanía de la explotación ovejera (Mork et al., 2005).

Se considera que las infecciones intramamarias (IMI) subclínicas durante la lactación varían de acuerdo al tipo de patógeno presente en la infección por patógenos contagiosos; su prevalencia durante el periodo seco debe de ser considerada en la prevención y control de la enfermedad, antes de la época de partos e inicio de la lactancia (Pugh et al., 2000). Por el contrario, se observan rangos altos de la infección al inicio de la ordeña y durante el primer tercio de lactación debidos a infecciones causadas por patógenos de tipo ambiental (Bergonier et al., 2008; Winter et al., 2003).

La incidencia de infecciones intramamarias clínicas no varía con el estado de lactación, una incidencia elevada al término del periodo seco y al parto, puede ocurrir en casos raros ocasionados por agentes micóticos y por *Ps. aeruginosa* en relación con contaminación ambiental del área de producción y/o prácticas poco higiénicas (Berriatua et al., 2001). Así mismo es necesario considerar dentro de las estrategias de prevención y control (Burriel, 1997), el diagnóstico de la mastitis subclínica mediante el uso de pruebas para determinar el conteo celular somático en leche (Cuccuru et al., 2011; Clements et al., 2003), el aislamiento microbiológico y la evaluación de la sensibilidad in vitro a los antibióticos y antimicrobianos para evitar la ocurrencia de cepas resistentes y multirresistentes en los rebaños lecheros la presencia de antibióticos en la leche (Pengov y Kirbis 2009; Ünal et al., 2012).

## Referencias

- Ariznabarreta, A.; Carriedo, J. A. and San Primitivo, F. (2002a): Mammary Pathogens and Their relationship to somatic cell count and milk yield losses in dairy ewes: *J. Dairy Sci.* 85(6):1460–1467
- Ariznabarreta, A.; Gonzalo, C. and San Primitivo, F. (2002b): Microbiological quality and somatic cell count of ewe milk with special reference to staphylococci. *J. Dairy Sci.* 85(6):1370-1375.
- Arsenault, J.; Dubreuil, P.; Higgins, R. and Bélanger, D. (2008): Risk factors and impacts of clinical and subclinical mastitis in commercial meat-producing sheep flocks in Quebec, Canada. *Prev Vet Med.* 87(3-4):373-393. Epub 2008 Jul 24.
- Bergonier, D.; Berthelot, X.; Romeo, M.; Contreras, A.; Coni, V.; De Santis, E.; Roselu, S.; Bariel, F.; Lagriffoul, G. and Marco, J. (1998). Fréquence des cifferents germes responsables de mammites cliniques et subcliniques chez les petits ruminants laitiers. Presentation papers, 6th International Symposium on the milking of Small Rumants, 97-103.
- Bergonier, D.; De Crémoux, R.; Rupp, R.; Lagriffoul, G. and Berthelot, X. (2003): Mastitis of dairy small ruminants. *Vet. Res.* 34:689–716
- Berriatua, E.; Ziluaga, I.; Miguel-Virto, C.; Uribarren, P.; Juste, R.; Laevens, S.; Vandamme, P. and Govan, J. R. (2001): Outbreak of subclinical mastitis in a flock of dairy sheep associated with *Burkholderia cepacia* complex infection. *J. Clin Microbiol.*, 39(3):990-4.
- Blowey, R. y Edmondson, P. (1999): Control de la Mastitis en granjas de vacuno de leche. Guía Ilustrada. Ed. Acribia 137.
- Burriel, A.R. (1997): Resistance of coagulase-negative staphylococci isolated from sheep to various antimicrobial agents. *Res Vet Sci.* 63(2):189-190.
- Clavijo, A. M.; Meléndez, B.; Clavijo, M. L.; Godoy, A. y Santander, J. (2002): Efecto del sistema de explotación sobre la aparición de mastitis caprina en dos fincas del estado Falcón, sus agentes etiológicos y la resistencia antimicrobianos. *Zootecnia Trop.* 20(3): 211-216.
- Clements, A. C.; Taylor, D. J. and Fitzpatrick, J. L. (2003): Evaluation of diagnostic procedures for subclinical mastitis in meat-producing sheep. *J Dairy Res.* 70 (2):139-148.

Cuccuru, C.; Meloni, M.; Sala, E.; Scaccabarozzi, L.; Locatelli, C.; Moroni, P. and Bronzo, V. (2011): Effects of intramammary infections on somatic cell score and milk yield in Sarda sheep. *N Z Vet J.* 59(3):128-131.

Fernández, R. E.; Las Herasdelrío, A.; López, P. I.; Porrero, C. M. C.; Domínguez, R. L.; Fernández-Garayzábal, F. J. F. y Moreno, R. M. A. (2000): Susceptibilidad antimicrobiana de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de mastitis ovinas. *Patología Animal*, XXV: 381-384.

González, R. and Cármenes, P. (1996): Evaluation of the California mastitis test as a discriminant method to detect subclinical mastitis in ewes. *Small Ruminant Research*. 21(3):245-250.

González-Rodríguez, M. C.; Gonzalo, C.; San Primitivo, F. and Cármenes, P. (1995): Relationship between somatic cell count and intramammary infection of the half udder in dairy ewes. *J Dairy Sci.* 78(12):2753-2759.

Gonzalo, C.; Carriero, J. A.; Blanco, M. A.; Beneitez, E; Juarez, M. T.; De la Fuente, L. F. and Primitivo, F. S. (2002): Factors of variation influencing bulk tank somatic cell count in dairy sheep. *J Dairy Sci.*, 88(3):969-74.

Gouglou, D. A.; Kyriazakis, I.; Tzora, A.; Taitzoglou, I. A.; Skoufos, J. and Fthenakis, G. C. (2008): Effects of lamb sucking on the bacterial flora of teat duct and mammary gland of ewes. *Reprod Domest Anim.* 43(1):22-26.

Hariharan, H.; Donachie, W.; Macaldowie, C. and Keefe, G. (2004): Bacteriology and somatic cell counts in milk samples from ewes on a Scottish farm. *Can J Vet Res.* 68(3):188-192.

Keisler, D.H.; Andrews, M. L. and Moffat, R. J. (1992): Subclinical mastitis in ewes and its

effect on lamb performance. *J Anim Sci.* 70(6):1677-81.

National Mastitis Council (1999). Laboratory Handbook on Bovine Mastitis. 4th edition. Verona WI, USA. 35-38.

Mork, T.; Tollersrud, T.; Kvitle, B.; Jorgensen, H. J. and Waage, S. (2005): Genetic diversity of *Staphylococcus aureus* isolated from ovine intramammary infections in Norway. *Vet Microbiol.* 10(3-4):265-273.

Pengov, A. and Kirbis, A. (2009): Risks of antibiotic residues in milk following intramammary and intramuscular treatments in dairy sheep. *Anal Chim Acta*. 637(1-2):13-17.

Philpot, W.N. y Nickerson, S. C. (2000): Ganando la lucha contra la mastitis. Westfalia Surge, Inc USA. 192.

Pugh, D.; Hull, B. and Anderson, D. (2000): Disease of the Mammary Gland: Sheep and goat medicine. Editor Shrefer.,341-358, Elsevier's Health Sciences, United States of America.

Ruegg, P. L. (2005): Milk Quality Fact sheet *Staphylococcos aureus*. [www.uwex.edu/milkquality/PDF/espanol\\_factsheets/Estafilococos%20aureus%20331\\_spanish.pdf](http://www.uwex.edu/milkquality/PDF/espanol_factsheets/Estafilococos%20aureus%20331_spanish.pdf) (consultado 14 de abril de 2015).

Salgado, E.; Marguet, R. y Vilanova, C. P (2000): Estudio de mastitis subclínicas en un rodeo ovino lechero: *Rev. Vet. Arg.* (163):190-197

Suarez, V. H.; Busetti, M. R.; Miranda, A. O.; Calvino, L. F.; Bedotti, D. O. and Canavesio, V. R. (2002): Effect of infectious status and parity on somatic cell count and California mastitis test in Pampinta dairy ewes. *J. Vet. Med.* 49(5):230-4.

Ünal, N.; Askar, S.; Macun, H. C.; Sakarya, F.; Altun, B. and Yildirim, M. (2012): Panton-Valentine leukocidin and some exotoxins of *Staphylococcus aureus* and antimicrobial susceptibility profiles of staphylococci isolated from milks of small ruminants. *Trop Anim Health Prod.* 44(3):573-579.

Winter, P; Schilcher, F.; Fuchs, K. and Colditz, I. G. (2003): Dynamics of experimentally induced *Staphylococcus epidermidis* mastitis in East Friesian milk ewes. *J Dairy Res.*, 70(2)

## Aislamiento y caracterización de bacterias hidrocarbuolíticas degradadoras de gasolina y diésel

MARTÍNEZ, José\*†, JÍMENEZ, Mariana, SOTO, Diana, LOMAS, Marcos y SÁNCHEZ, Salvador

Universidad Iberoamericana Torreón, Calzada Iberoamericana 2255, Torreón, Coahuila, México. 27020.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

En este estudio hemos investigado la capacidad de algunos microorganismos, aislados de suelos en diferentes sitios contaminados en la ciudad de Torreón Coahuila, para degradar una mezcla de hidrocarburos presentes en la gasolina y diésel. Se seleccionaron 7 cepas aisladas y cultivadas en medio mínimo de sales (MMS). Como única fuente de carbono y energía se adicionó el 1% de diésel o gasolina. Las cepas mostraron crecimiento durante las cinéticas a pH 7, resaltando los aislados nombrados como DF1 y DF2 que tuvieron las más altas tasas de crecimiento con los 3 sustratos (Diésel, gasolina de 87 y 92 octanos respectivamente). Estas cepas tienen la capacidad metabólica de producir complejos enzimáticos para que el sustrato orgánico (hidrocarburo) sea el donador de electrones, y generar su fuente de energía. Así podemos seguir asumiendo que la remediación de hidrocarburos es un proceso de descontaminación biológico de suma importancia, eficaz y no invasivo.

**Diésel, gasolina, biorremedación, cinéticas de crecimiento y degradación.**

### Abstract

In this study we investigated the ability of some microorganisms isolated from contaminated soils at different sites in the city of Torreón Coahuila, to degrade a mixture of hydrocarbons in gasoline and diesel. 7 strains isolated and grown in minimal salts medium (MMS) were selected. As the sole source of carbon and energy was added 1% of diesel or gasoline. The strains showed growth during the kinetics at pH 7, highlighting the isolated appointed as DF1 and DF2 that had the highest growth rates with the 3 substrates (diesel, gasoline octane 87 and 92 respectively). These strains have the metabolic capacity to produce enzymatic complexes for organic substrates (hydrocarbon) and use them as electron donor, and generate its power source. So we continue to assume that the remediation of hydrocarbons is a process of critical biological decontamination, effective and non-invasive.

**Diesel, gasoline, bioremediation, growth kinetics and degradation.**

**Citación:** MARTÍNEZ, José, JÍMENEZ, Mariana, SOTO, Diana, LOMAS, Marcos y SÁNCHEZ, Salvador. Aislamiento y caracterización de bacterias hidrocarbuolíticas degradadoras de gasolina y diésel. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:155-161

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jose.martinez@iberotorreon.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En México, la industria del petróleo ha tenido un impacto ambiental negativo. Apenas hace pocos años se le ha dado importancia a esta problemática, ya que no se conocía el grado de dificultad y el costo que representa la remediación de los suelos y cuerpos de agua. Los residuos oleosos producidos por la industria petrolera continúan siendo un problema tanto económico como ambiental respecto a su tratamiento y disposición final. Los hidrocarburos han sido aprovechados benéficamente por los humanos como fuente de energía y materia prima para el transporte, industrias químicas, farmacéuticas, y la manufactura de plásticos y otros materiales. Son la principal fuente de energía en la historia de la humanidad, alimenta un porcentaje muy alto en este rubro, entre el 32% de Europa y Asia, el 40% de Norteamérica, hasta el 53% de Oriente Medio (Vasallo y Herrera, 2002). Se estima que en 2013, se tuvo un aumento en el suministro y consumo de petróleo y sus derivados a nivel mundial. En donde, México destaca como uno de los principales productores, impactando gravemente al ambiente, economía y recursos naturales (Yorder, 2014).

Sin embargo, si los hidrocarburos llegan a contaminar el suelo y agua pueden presentar actividad carcinogénica en prejuicio del hombre y los animales. De tal manera, que la presencia de estas sustancias químicas en agua subterránea es un enorme peligro para el consumo humano. Son estas zonas afectadas por hidrocarburos, los que deben ser recuperados eliminando la mayor cantidad posible del contaminante. De no llevarse a cabo una solución rápida puede ocasionar serios problemas de salud como; mutaciones genéticas, tumores malignos y malformaciones en embriones y fetos (Vives et al., 2001).

Para la limpieza de sitios contaminados con hidrocarburos, se han aplicado diversos tratamientos fisicoquímicos y de biorremediación. Las técnicas de biorremediación son rentables, benéficas para el ambiente, y pueden llegar a degradar completamente el contaminante.

La utilización de bacterias con capacidad hidrocarbolítica es ampliamente usada en este proceso. Los microorganismos hidrocarbolíticos emplean varias rutas metabólicas para la transformación total de las moléculas orgánicas en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, y algunos residuos inorgánicos inertes. Mediante estas rutas de degradación, el contaminante orgánico funciona como donador de electrones, de modo que la actividad metabólica de la célula acaba degradando y consumiendo dicha sustancia necesaria para la biosíntesis celular o biomasa microbiana (Fuentes et al., 2014).

En este estudio, se evaluó las capacidades biodegradativas de siete cepas aisladas resultantes de enriquecimientos en distintas fuentes de carbono. Se intentó confirmar si los distintos hidrocarburos utilizados implicaban comportamientos metabólicamente distintos. El estudio se divide en cuatro fases. El presente trabajo muestra los resultados obtenidos de la primera fase: que incluye el muestreo, aislamiento, análisis bioquímico y efecto del hidrocarburo en el crecimiento bacteriano.

## Metodología a desarrollar

### Muestreo

Se recolectaron 10g de suelo de distintos sitios que presentaban contaminación por hidrocarburos de la ciudad de Torreón, Coahuila. Las muestras fueron tomadas en condiciones asépticas y se guardaron en bolsas de polietileno estéril, fueron trasladadas al laboratorio y almacenadas a 4°C hasta su uso.

## Aislamiento

Las bacterias fueron aisladas de las muestras de suelo utilizando la técnica de diluciones seriadas y Agar Luria Bertani (LB), enriquecido con gasolina de 92 octanos (GP), gasolina de 87 octanos (GM) y diésel (DS) comerciales. Cada uno de ellos se agregó separadamente a una concentración del 1% al de cultivo. Los hidrocarburos antes mencionados fueron añadidos después de esterilizar el medio en una autoclave a 121°C o 15 Lbs de presión por 15 minutos. Se añadió 1.0 mL de cada dilución y se transfirió placas con LB. Se utilizó la técnica spread con un asa de drigalsky. A continuación, se incubaron por 24 horas a 37°C (Hemalatha y Veeramanikandan, 2011).

Posteriormente, las colonias viables se pasaron a un medio mínimo de sales (MMS) (0.4% NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 0.47% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.0119% Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.001% CaCl<sub>2</sub>•2H<sub>2</sub>O, 0.1% MgSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O, 0.001% MnSO<sub>4</sub>•4H<sub>2</sub>O, y 0.0015% FeSO<sub>4</sub>•4H<sub>2</sub>O, pH 7.0.), al cual, se le agregó individualmente los diferentes hidrocarburos como única fuente de carbono al 1%. Este procedimiento se repitió hasta tener colonias aisladas (Wongsa et al., 2004).

## Análisis bioquímico de cepas aisladas

Las bacterias aisladas fueron identificadas física y bioquímicamente de acuerdo al manual de bacteriología de Bergey's (Holt, 1994).

La actividad de la catalasa fue determinada por el desprendimiento de burbujas después de añadir una gota peróxido de hidrógeno al 30% sobre una muestra de nuestra colonia aislada. Para determinar la presencia del citocromo C se realizó la prueba de la oxidasa, añadiendo sobre un papel filtro una gota del reactivo de oxidasa, inmediatamente se añadió masa bacteriana para detectar una coloración azul-violeta (Al-Thani et al., 2009).

Para determinar la motilidad y la presencia de indol se utilizó el medio de cultivo SIM. Se realizó la prueba de la producción de H<sub>2</sub>S con el medio de cultivo Triple Sugar Iron (TSI), al igual con éste se determinó si la bacteria fermenta azúcares. De igual forma, se hizo el ensayo para identificar si la bacteria tiene la capacidad de usar citrato como única fuente de carbono y energía, con el medio de cultivo Simmons Citrato Agar. Finalmente, se realizaron las pruebas rojo de metilo y Voges Proskauer (VP).

## Efecto del hidrocarburo en el crecimiento bacteriano

Se prepararon reactores de tipo Batch con MMS enriquecido con GP, GM y DS como única fuente de carbono al 1%. Se inocularon los reactores para obtener finalmente un volumen de 50 mL a una concentración final del 5% con bacterias ajustadas. Se incubaron por 12 horas a 37°C.

Una vez transcurrido este tiempo, se hicieron lecturas de OD a una longitud de 600 nm en un espectrofotómetro (Vela Quin VE-5100 UV) cada dos horas por un periodo de tres días. La prueba se hizo por triplicado (Sutiknowati, 2007).

## Parámetros óptimos de crecimiento

A continuación, se procedió a obtener los parámetros óptimos de crecimientos de las cepas aisladas con cada uno de los hidrocarburos. Las bacterias se inocularon en MMS a un pH 7 enriquecido con GP al 1%. Se incubaron por 12 horas a 37°C. Se tomó 1 mL de muestra para medir OD (600 nm) (Hemalatha y Veeramanikandan, 2011) y proteína extracelular de acuerdo al método de Bradford (Bradford, 1976).

Este procedimiento se realizó por triplicado cada dos horas por dos días. Cabe mencionar que para este proceso solo se realizó la cinética con gasolina de 92 octanos.

## Resultados y Discusión

### Muestreo y aislamiento

En el presente estudio, siete cepas fueron aisladas de diferentes sitios contaminados por diésel y gasolina en la ciudad de Torreón, Coahuila. Estas cepas fueron las que mejor se adaptaron a un medio MMS con el hidrocarburo como única fuente de carbono (Figura 1).



**Figura 1** Cepas aisladas de suelo contaminado con diésel.

### Ánálisis bioquímico de cepas aisladas

A las cepas aisladas se le realizó la caracterización bioquímica de acuerdo al manual de Bergey's. Como se muestra en la tabla 1, predomina en un 57 % las bacterias tipo Gram negativo; en comparación, con el 43% de Gram positivas. En su mayoría se aislaron bacterias de tipo bacilo (72%) y solo un 28% de cocos.

### Efecto del hidrocarburo en el crecimiento bacteriano

Por otra parte, se determinó la capacidad degradativa de las cepas aisladas con los tres hidrocarburos en estudio.

Los resultados se presentan en la tabla 2. En ellos se demuestran que se tiene una mayor facilidad para metabolizar diésel en comparación con la gasolina de 87 y 92 octanos. Los microorganismos tolerantes a este ambiente de estrés (al estar en contacto con el hidrocarburo) desarrollan y utilizan respuestas enzimáticas y fisiológicas especializadas para la degradación del hidrocarburo (Rivera-Cruz et al., 2002).

Pruebas Bioquímicas	Bacterias aisladas						
	MM1 Circular, plana, elástica y rojiza	MM2 Circular, elevada elástica y cremosa	MM3 Irregular, plana, elástica y roja	DF1 Irregular, rigida y transparente	DF2 Irregular, elevado, elástica y transparente	CD1 Irregular, elevado, elástica y cremosa	CD2 Circular, convexa y rojiza
Morfología							
Colonia							
Gram	-	-	-	+	-	+	+
Glucosa	+	+	+	+	+	+	+
Lactosa	-	-	-	+	-	-	-
Cítrato	+	+	+	-	+	+	+
Catalasa	+	+	+	+	+	-	-
Oxidasa	+	+	-	-	+	-	-
Indol	-	-	+	+	+	-	-
Motilidad	+	-	+	-	+	-	+
Rojo metilo	-	-	-	-	-	-	-
VP	-	-	-	-	-	-	-
Urea	-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub> S	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 1. Caracterización bioquímica de bacterias aisladas de suelos contaminados con diésel y gasolina en la ciudad de Torreón, Coahuila.

**Tabla 1** Caracterización bioquímica de bacterias aisladas de suelos contaminados con diésel y gasolina en la ciudad de Torreón, Coahuila.

Tanti y colaboradores en el 2012, demostraron que bacilos gram negativos, tienen la habilidad de oxidar los hidrocarburos mediante complejos enzimáticos. Estas bacterias, descomponen los hidrocarburos a estructuras más sencillas mediante un proceso llamado mineralización. Utilizan enzimas de tipo oxigenasa. Lo que nos da una idea de que las bacterias aisladas tienen la capacidad de producir enzimas catabólicas para utilizar los diferentes hidrocarburos como fuente de carbono.

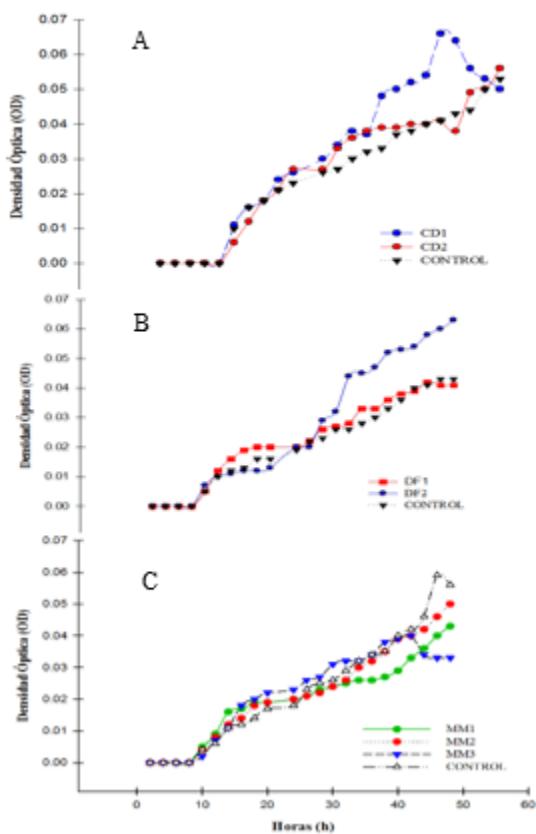
Cepa aislada	Densidad Óptica (600 nm)		
	Diésel	Gasolina 92 octanos	Gasolina 87 octanos
MM1	0.050	0.053	0.055
MM2	0.075	0.073	0.058
MM3	0.088	0.056	0.049
DF1	0.154	0.060	0.206
DF2	0.132	0.067	0.154
CD1	0.129	0.054	-
CD2	0.123	0.059	0.162

**Tabla 2** Efecto del hidrocarburo en el crecimiento bacteriano.

### Parámetros óptimos de crecimiento

Finalmente, se llevó a cabo una cinética de crecimiento por 48 horas usando gasolina de mayor octanaje como fuente única de carbono (Gráfica 1). Las cepas CD1 y DF1, fueron las que mejor se adaptaron al medio mostrando un mayor crecimiento. En contraste, MM1 es la que desarrolla menor actividad. La cinética muestra una tendencia en la degradación de GP con el paso de las horas.

No solamente el hidrocarburo es importante en un proceso de biorremediación, la temperatura y pH son fundamentales. Debido a que ambos factores juegan un papel crítico en dicho metabolismo. Estos elementos dan estabilidad fisicoquímica a la célula para una mayor degradación del hidrocarburo. A una temperatura igual o mayor a los 37°C y pH entre 6 y 8, permite una mayor solubilidad de los hidrocarburos lo que ayuda al proceso de biorremediación (Hemalatha y Veeramanikandan 2011).



**Gráfica 1** Cinéticas de crecimiento de 48 h en gasolina de 92 octanos a 37 °C y pH 7. a) Bacterias aisladas de gasolinera, b) bacterias aisladas de taller mecánico y c) bacterias aisladas de suelo contaminado con diésel.

Es importante mencionar que las cinéticas son para determinar los parámetros óptimos de crecimiento de las bacterias aisladas. En este caso solo se presenta la cinética a pH 7 con gasolina de 92 octanos.

### Agradecimientos

Algunos reactivos, para la realización de este trabajo, fueron financiados por el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Durango.

## Conclusiones

Solo siete cepas fueron las que tuvieron la habilidad para crecer en presencia de hidrocarburos de un total de 12; de las cuales, el mayor porcentaje fue bacilos Gram negativos.

Las bacterias aisladas presentan mayor capacidad para metabolizar diésel como fuente de carbono. La gasolina de mayor octanaje, presentó la menor tasa de crecimiento para las siete cepas. Las cepas marcadas como DF1 y DF2 presentan la mayor tasa de crecimiento en los tres sustratos.

## Perspectivas Futuras

Después de determinar los parámetros óptimos de crecimiento, se identificará genéticamente a las cepas aisladas. Así mismo, se cuantificará la degradación de hidrocarburos por cromatografía de gases y diferenciarán proteínas extracelulares por medio de electroforesis en 2D.

## Referencias

Al-Thani, R. F., Abd-El-Haleem, D. A., and Al-Shammri, M. 2009. Isolation and characterization of polyaromatic hydrocarbons-degrading bacteria from different Qatari soils. African Journal of Microbiology Research. 3(11), 761-766.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry, 72(1), 248-254.

Fuentes, S., Méndez, V., Aguilera, P., and Seeger, M. 2014. Bioremediation of petroleum hydrocarbons: catabolic genes, microbial communities, and applications. Applied microbiology and biotechnology, 98(11), 4781-4794.

Hemalatha, S., and Veeramanikandan, P. 2011. Characterization of aromatic hydrocarbon degrading bacteria from petroleum contaminated sites. Journal of Environmental Protection, 2, 243–254.

Holt, J. G. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 9th Edit. Williams and Wilkins, Philadelphia.

Prathiba, G., Deshpande, A., and Bhattacharya, S. 2014. Molecular identification of the isolated diesel degrading bacteria and optimization studies. Journal of Biochemical Technology, 5(3), 727-730.

Rivera-Cruz, M. D. C., y Ferrera-Cerrato, R. V. Volke H., R. Rodríguez V., y L. Fernández L. 2002 b. Adaptación y selección de microorganismos autóctonos en medios de cultivos enriquecidos con petróleo crudo. Terra, 20, 423-434.

Sutiknowati, L. I. 2007. Hydrocarbon degrading bacteria: isolation and identification. Makara Sains, 11(2), 98-103.

Tanti, B., Ray, S. K., and Buragohain, A. K. (2012). Differentiation of petroleum hydrocarbon-degrading *Pseudomonas* spp. based on PCR-RFLP of the 16S-23S rDNA intergenic spacer region. Folia microbiologica, 57(1), 47-52.

Vasallo, J., y Herrera, D. 2002. Seminario de hidrocarburos. Escuela Superior de Salud y Ambiente. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén. Argentina.

Vives, I., Grimalt, J. O., and Guitart, R. 2001. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos y la salud humana. Apuntes de Ciencia y Tecnología, 3, 45-51.

Yorder, Y. 2014. Oil Prices Rise as World Walks Supply-Demand Tightrope. Pipeline & Gas Journal. 241(8), 28-36.

Wongsa, P., Tanaka, M., Ueno, A., Hasanuzzaman, M., Yumoto, I., and Okuyama, H. 2004. Isolation and characterization of novel strains of *Pseudomonas aeruginosa* and *Serratia marcescens* possessing high efficiency to degrade gasoline, kerosene, diesel oil, and lubricating oil. Current microbiology, 49(6), 415-422.

## Uso de Portainjertos para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 en Tomate Cherry Tipo Uva

MARTINEZ-SCOTT, Marcia Maribel\*†, ROSAS-GALLARDO, Mayra Gabriela, JIMENEZ-SANCHEZ, Gabriel y LOERA-CRUZ, Maria de la Luz

*Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de tres portainjertos de tomate: Fortamino, Maxifort y Top20-24 a *Fusarium oxysporum* Schlecht fs. *lycopersici* Snyder & Hansen raza 3 y la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cherry tipo uva a dos y tres tallos. Se utilizó al híbrido Sweet Heart como testigo, con una densidad de 22,000 plantas ha-1, usando tezontle como sustrato. El trasplante del testigo se realizó los días 4 y 5 de agosto del 2014 y diez días después fueron trasplantadas las plantas injertadas. Este experimento se realizó en un invernadero bajo un sistema de producción orgánico. A partir, de la octava semana se realizaron mediciones semanales de la fenología de las plantas. La duración del experimento fue de 24 semanas, realizándose monitoreos cada tercer día de plagas y enfermedades. Los resultados obtenidos indican que dos portainjertos son tolerantes y uno es resistente a fusariosis. El portainjerto Top20-40 a dos tallos fue el que sobresalio en rendimiento y el Fortamino a tres tallos presentó una menor producción. Las concentraciones de grados Brix fueron más altas en las plantas injertadas y la calidad de los frutos fue homogénea en los tres portainjertos.

**Genética, enfermedades, solanáceas.**

### Abstract

The aim of this study was to evaluate the performance of three tomato rootstocks: Fortamino, Maxifort and Top20-24 *Fusarium oxysporum* Schlecht fs. Snyder & Hansen *lycopersici* race 3 and the production of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) grape cherry stems to two and three types.

We used the hybrid Sweet Heart as a witness, with a density of 22,000 plants ha-1 using tezontle as substrate. The transplant was performed on 4 and August 5, 2014 and were transplanted rootstocks ten days after the witness. This experiment was conducted in a greenhouse under a system of organic production. From the eighth week weekly measurements of plant phenology were conducted. The experiment lasted 24 weeks, performing every other day monitoring of pests and diseases. The results indicate that the three rootstocks are resistant to fusariosis. The rootstock Top20-24 in two stems performance was the best and stalks Fortamino three was the one who presented lower production. Brix concentrations were higher in grafted plants and fruit quality was homogeneous in the three rootstocks unlike witness.

**Genetics, diseases, solanaceae.**

**Citación:** MARTINEZ-SCOTT, Marcia Maribel\*†, ROSAS-GALLARDO, Mayra Gabriela, JIMENEZ-SANCHEZ, Gabriel y LOERA-CRUZ, Maria de la Luz. Uso de Portainjertos para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 3 en Tomate Cherry Tipo Uva. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:162-168

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [mascott@itess.edu.mx](mailto:mascott@itess.edu.mx).)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Una de las limitantes en la producción de tomate es la presencia de enfermedades causadas por hongos, que incluyen a los géneros *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *lycopersici* Snyder & Hansen (Fol), *Rhizoctonia solani* (Kühn) y *Phytiuim* sp. (Mart), los cuales provocan pérdidas económicas de un 30-50 % del total de las cosechas en el mundo, afectando no solo a la semilla o a plántulas, sino a cultivos plenamente desarrollados y en poscosecha (Jayalakshmi, et al., 2009; Kuniyasu y Yamakawa, 1983).

La producción de tomate tanto en condiciones de campo como en invernadero puede llegar a complicarse debido a la presencia de *Fusarium*, aunado a las altas temperaturas y a humedades relativas por encima del 60 %, lo cual potencializa el desarrollo de la enfermedad ocasionando severos daños en genotipos susceptibles al ataque de este fitopatógeno. En producciones orgánicas los controles fitosanitarios se ven limitados debido a la restricción del uso de fungicidas químicos y/o de las fuentes sintéticas de inertes que se utilizan en las formulaciones comerciales, siendo necesario el establecimiento de materiales genéticos resistentes o tolerantes y el uso del control biológico y bioracional (Mukherjee et al., 2014; García y Valenzuela, 2009).

Los portainjertos en tomates orgánicos representan una alternativa sustentable para el manejo de fusariosis. La técnica del injerto se basa en la combinación de patrones resistentes a los patógenos del suelo con variedades y/o híbridos comerciales altamente productivos, con la finalidad de sustituir el uso de fumigantes del suelo en los cultivos (Miguel, 2009).

Una de las características que sobresale de los portainjertos comerciales es que la resistencia que presentan se enfoca principalmente a patógenos del sistema radicular, razón por la cual el uso de portainjertos ha tomado gran auge en los últimos diez años, por lo que las empresas semilleras reportan producciones anuales de más de 140 millones de plantas de tomate injertadas de tomate en el mundo (Mitidieri et al., 2005; Besri, 2003).

En México la técnica de injerto se ha empleado sobre los híbridos de tomate Caimán, Imperial y Gironda (Enza Zaden) y el patrón Multifort (De Ruiter), donde se valió la producción (ton/ha) en plantas guiadas a uno y dos tallos demostrando que las plantas injertadas presentaron mayor producción respecto a las no injertadas, con una diferencia de 36 ton/ha a un tallo y 66 ton/ha a dos tallos (Garduño y González, 2007).

En cuestión de producción, el uso de portainjertos, además de ser una herramienta eficaz para el control de enfermedades y parásitos del suelo, aumenta el vigor y el rendimiento de las plantas injertadas, la tolerancia a salinidad y temperaturas extremas (Cortada, 2010; Mitidieri et al., 2005).

Este experimento se estableció debido a la poca información que se tiene en el bajío de Guanajuato sobre el uso de portainjertos en tomate cherry tipo uva para el control de *F. oxysporum* fs. *lycopercisi* raza 3, el cual causa severas pérdidas económicas además de dispersarse y permanecer en el suelo por períodos largos de tiempo gracias a las estructuras de resistencia que posee, por ello se evaluó el comportamiento de los portainjertos ante el patógeno, así como los rendimientos de producción en plantas llevadas a dos y tres tallos con un manejo orgánico en invernadero.

### Metodología a Desarrollar

Establecimiento del experimento. El experimento se estableció en un invernadero, ubicado en la comunidad de Panales Jamaica, municipio de Salvatierra Gto., con una densidad de siembra de 22,000 plantas ha-1. El trasplante del testigo se realizó durante los días 4 y 5 de agosto de 2014, con la variedad Sweet Heart y diez días después se establecieron los portainjertos Fortamino, Maxifort y Top 20-24, a dos y tres tallos. Se diseñaron ocho tratamientos con tres repeticiones en un diseño completamente al azar. La parcela útil fueron macetas de 20 L. La distancia entre macetas para plantas a dos y tres tallos fue de 50 y 80 cm respectivamente.

Producción del inóculo. El inóculo de *F. oxysporum*, se creció en medio de cultivo Agar contenido 50 ppm de estreptomicina e incubándose a una temperatura de 25 °C ±1 durante 7 días (Tsao, 1970). La inoculación con el patógeno se realizó el 20 de agosto, adicionando 50 ml con una concentración de 106 conidios de *F. oxysporum* f. sp. *Lycopersici* raza3, previamente identificado a nivel de raza fisiológica en un laboratorio de diagnóstico fitosanitario particular y aislado de plantas enfermas del ciclo anterior.

Presencia, desarrollo y severidad de la enfermedad. Se llevaron a cabo monitoreos de plagas y enfermedades cada tercer día para detectar plantas enfermas de acuerdo a la sintomatología de la fusariosis. Se utilizó la técnica de Vakalounaks y Fragkiadakis (1999) para registrar 1) planta sana, 2) planta clorótica 3) planta marchita y 4) planta muerta. También se aislaron estructuras del patógeno para su identificación morfológica con base a características propias de las estructuras de *Fusarium* y realizando comparaciones con el inóculo que se había aislado anteriormente.

Variables a evaluar sobre la fenología de las plantas.

A partir de la octava semana se tomaron datos sobre el desarrollo fenológico del cultivo, las variables fueron: altura de planta, diámetro del tallo, distancia de la cabeza al ramillete en floración (esta medición se toma del punto de crecimiento al primer racimo con flor), número de hojas en la planta, longitud de las hojas, número de botones, número de flores, número de frutos por racimo, y tamaño y peso del fruto.

La fertirrigación se programó de acuerdo a los requerimientos nutrimientales e hídricos del tomate tipo uva, auxiliándose para los monitoreos tensímetros, chupatubos y charolas colectoras para el diseño y ajuste de las soluciones nutritivas. El agua de riego fue acidificada con ácido cítrico ajustándose a un pH de 6.5.

Cosecha. La recolección de tomate se realizó cuando el fruto presentaba un color de verde a naranja y de naranja a rojizo. Seguido de ello se determinaron los grados Brix con un refractómetro.

## Resultados

Presencia de plagas y enfermedades. Las principales plagas que se presentaron durante el ciclo del cultivo fueron mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), pulgones (*Mizus persicae*), paratrioza (*Paratrioza cockerelli*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y trips (*Frankliniella occidentalis*), las cuales fueron controladas oportunamente con productos autorizados para cultivos orgánicos (Azadirectina y aceite de soya, extractos de canela y aceite de neem).

El primer problema fitosanitario inicio con la aparición de plantas enfermas con el virus del mosaico del tabaco (TMV) durante la cuarta semana, las cuales se fueron eliminadas manualmente para evitar transmitir la infección a plantas sanas.

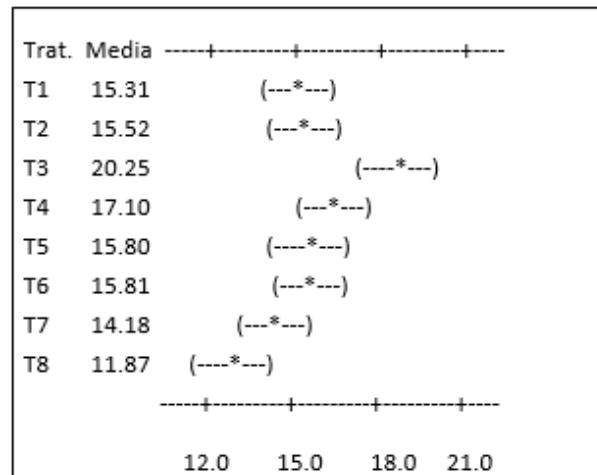
Para ello se tomaron medidas de higiene personal y deinfección de las herramientas usadas en la poda.

En la octava semana DDT aparecieron plantas cloróticas en los testigos, confirmando la presencia de fusariosis a través de observaciones morfológicas de las estructuras del hongo.

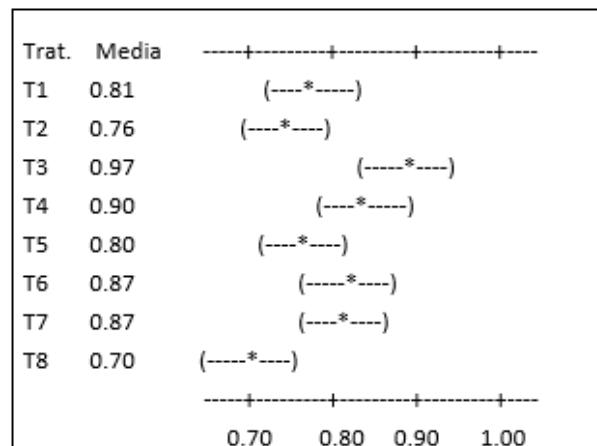
En la décima semana se presentaron problemas con tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en todo el cultivo, pero con un porcentaje de mayor severidad en los tratamientos a tres tallos. El control se realizó a través de la aplicación de Mancozeb y Trichodermas.

En los tratamientos Fortamino y Top 20-24 se presentaron síntomas de *Fusarium* en la 15 y 20 semanas DDT respectivamente. El genotipo que presento resistencia a fusariosis fue Maxifort.

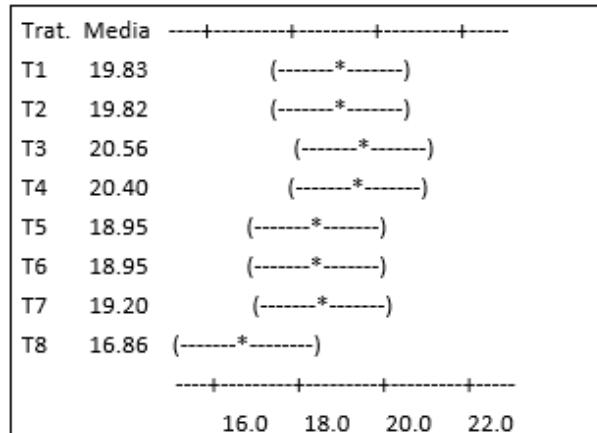
**Fenología de las plantas.** Se encontraron diferencias entre los tratamientos con respecto a número de flores, frutos por racimo y botones, pero no se encontraron diferencias entre el número de hojas y el crecimiento de la cabeza al primer racimo. Las plantas injertadas presentaron una mayor tamaño de hojas y vigorosidad, observando que estas seguían creciendo y floreando al finalizar el ciclo del cultivo. En los graficos 1-6 se puede apreciar la respuesta de las variables de fenología.



**Grafico 1** Promedio del número de frutos por racimo.



**Gráfico 2** Diámetro promedio (cm).



**Grafico 3** Crecimiento promedio de la planta (cm).

En Fortamino y Maxifort no hubo diferencia entre el número de hojas, pero el tamaño de ellas fue superior a Sweet Heart.

Trat	Media	(---*---)		
T1	12.85	(---*---)		
T2	12.62	(---*---)		
T3	12.62	(---*---)		
T4	11.47	(---*---)		
T5	9.42	(---*---)		
T6	10.00	(---*---)		
T7	9.66	(---*---)		
T8	8.08	(---*---)		
	8.0	9.6	11.2	12.8

Gráfico 4 Promedio de número de hojas.

Trat. Media	(---*---)			
T1	13.87			
T2	13.00			
T3	16.00			
T4	14.33			
T5	11.45			
T6	11.08			
T7	10.11			
T8	10.33			
	10.0	12.0	14.0	16.0

Gráfico 5 Número promedio de flores.

Trat. Media	(---*---)			
T1	23.83			
T2	22.91			
T3	34.93			
T4	27.10			
T5	23.88			
T6	25.01			
T7	22.91			
T8	22.16			
	24.0	28.0	32.0	36.0

Gráfico 6 Número promedio de botones.

Cosecha. La recolección de frutos en la variedad Sweet Heart inició el 25 de septiembre y en los portainjertos el 17 de octubre del 2014. El tratamiento Top 20-24 a dos tallos fue el que obtuvo un rendimiento sobresaliente y el Fortamino a tres tallos fue el que presentó una producción inferior.

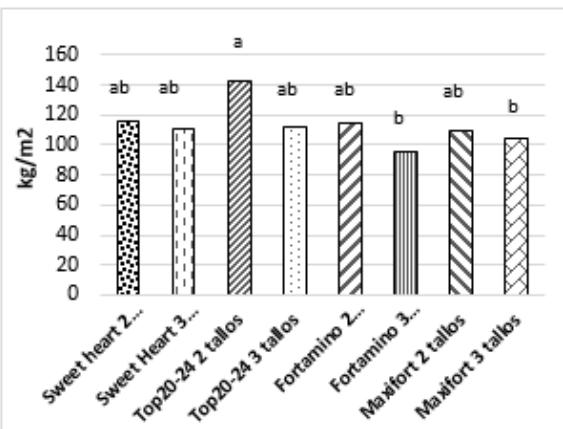


Gráfico 7 Producción final de tomate cherry tipo uva.

En el grafico se puede observar el comportamiento promedio del peso del fruto entre los tratamientos, aun cuando Maxifort fue el mejor, Top 20-24 obtuvó un mayor numero de frutos por racimo y una mejor producción.

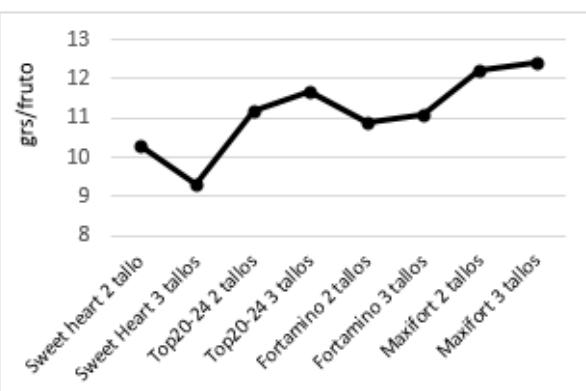
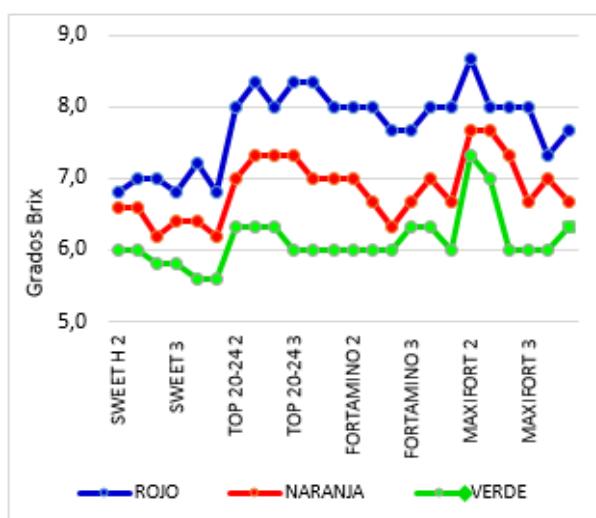


Gráfico 9 Peso promedio del fruto.

Colorimetría y Grados Brix. El sabor de los tomates fue similar en los tratamientos, sin embargo el portainjerto Maxifort presentó una mayor concentración de sacarosa en los tres tipos de cortes según el color del fruto.



**Gráfico 8** Grados Brix en los tres cortes.

Los resultados de este experimento demostraron diferencias marcadas entre plantas injertadas y el testigo. Se observó que los portainjertos fueron menos susceptibles a la fusariosis. Maxifort fue el portainjerto que presentó resistencia a la enfermedad, esto debido a que no se presentaron plantas cloróticas o marchitas, ni raíces infectadas con Fusarium datos concordantes a los resultados encontrados por Báez-Valdez et al. (2010) donde se evaluaron cuatro portainjertos resistentes a Fusarium en tomate bola sobresaliendo la combinación con Maxifort.

La infestación de *P. infestans* se presentó en la decima sema DDT, las plantas a tres tallos fueron las mas afectadas con un porcentaje de severidad superior, esto se debe quizas a un follaje más abundante, no en número de hojas pero sí en el tamaño de las mismas, aunado a altas temperaturas y a una humedad del ambiente suuperior al 80% causado por las frecuentes lluvias que se presentaron al inicio del ciclo del cultivo, favoreciendo el desarrollo de la enfermedad. Los factores para que se presenta una enfermedad son condiciones ambientales, inoculo y un hospedero susceptible (Agrios, 2010), mismas que se presentaban en el invernadero.

Llevar a tres tallos las plantas injertadas no mostro mayor incremento en rendimiento que en comparación a dos tallos, sin embargo, las plantas injertadas mostraron que el rendimiento fue aumentando semanalmente a comparación de las plantas no injertadas.

En algunos casos se conoce que el grosor de la pulpa en los portainjertos es una de las características que no le agradan al consumidor, no osbtante en el tomate cherry tipo uva, no se prestó esta característica y la calidad de los frutos fue similar a Sweet Heart.

### Agradecimiento

Se agradece a la empresa Biotech de Salvatierra por el financiamiento para el desarrollo del experimento.

### Conclusiones

Los tres portainjertos evaluados pueden ser usados para disminuir los daños causados por *F. oxysporum* fs. *Lycopersici* raza 3, en tomate cherry tipo uva. El portainjerto Maxifort presenta resistencia. TOP 20-24 fue el que obtuvo un incremento en la producción final. No se recomienda llevar las plantas a tres tallos debido a los problemas fitosanitarios con tizón tardío. La calidad y sabor de los fruto fue similar ( $P<0.05$ ) no encontrándose diferencias; pero el genotipo Maxifort presento mayor concentración de sacarosa, así como un mayor tamaño del fruto.

### Referencias

Agrios, G. 2010. Fitopatología. Editorial Limusa 2<sup>a</sup> Edición. México D. F. 819 p.

Báez-Valdez, E. P., Carrillo-Fasio, J. A., Báez-Sañudo, M. A., García-Estrada, R. S., Valdez-Torres, J. B., Contreras-Martínez, R. (2010). Uso de Portainjertos Resistentes para el Control de la Fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp.

lycopersici Snyder & Hansen raza 3) del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Condiciones de Malla Sombra. *Revista mexicana de fitopatología*, 28:111-123.

Besri, M. (2003). Tomato grafting as an alternative to methyl bromide in Morocco. In Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. San Diego, CA USA.

Cortada, L., Sorribas, F. J., Ornat, C., Andres, M. F. y Verdejo-Lucas, S. (2010). Patrones de tomate resistentes a *Meloidogyne* sp.: Variabilidad de la respuesta de resistencia en función de la población del nematodo. *Horticultura Global*: 40-45. <http://www.horticomb.com/pd/article.php?sid=75129>

De Miguel, A. (2009). Evolución del injerto en hortalizas en España. *Revista de Tecnología Hortícola* 72:10-16.

Garduño, S.I., y González, G.A. (2007). Efecto del injerto y el número de tallos por planta sobre el rendimiento en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Roque. Roque Celaya, Guanajuato, México. 102p.

Jayalakshmi, S.K.; Raju S, Usha Rani, S.; Benagi; VI; Sreeramulu, K. (2009). *Trichoderma harzianum* Rifai as a potential source for lytic enzymes and elicitor of defense responses in chickpea (*Cicer arietinum* L.) against wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. *Aust. J. Crop Sci.* 3(1):44-52.

Kuniyasu, K. and Yamakawa, K. (1983). Control of Fusarium wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 by grafting to KNVF and KVF, rootstocks of the intergeneric hybrids between *Lycopersicon esculentum* x *L. hisutum*. *Annual Phytopathology Society Japan* 49: 581-586.

Mitidieri, M. S., Brambilla, M. V., Piris, M., Piris, E., y Maldonado, L. (2005). El uso de portainjertos resistentes en cultivo de tomate bajo cubierta: resultados sobre la sanidad y el rendimiento del cultivo. INTA Centro Regional Buenos Aires Norte, Buenos Aires, Argentina. 8p.

Tsao, P. H. (1970). Selective media for isolation of pathogenic fungi. *ARPP*. 12:157-186.

Vakalounakis, D. J. and Fragkiadakis, G. A. (1999). Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* isolate from cucumber. Differentiation by pathogenicity, vegetative compatibility and RAPD fingerprinting. *Phytopathology* 89:161-168.

Zotevba, M., Patrikeeva, M.V. 2010. Phenotypic characteristics of North-West Russian populations of *Phytophthora infestans*. PPO Special Report N° 14, 213-216.

## Evaluación de cinco sustratos para la obtención de plantas de la especie *Jatropha curcas*

DOMINGO-FERNÁNDEZ, Rubén\*†, TÉLLEZ-MAZZOCO, Denisse, HERNANDEZ-HERNANDEZ, Miguel Angel y DE LA CRUZ-DE LA CRUZ, Emigdio

Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. Carretera Huejutla-Chalahuiyapa S/N Colonia Tepoxteco. C.P. 43000. Huejutla de Reyes Hidalgo.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

El presente proyecto tuvo como objetivo evaluar cinco sustratos disponibles en la region (peat moss, tierra, arena, gravilla y lombricomposta) y determinar su efecto en la obtención de plantas de la especie *Jatropha curcas*. Se realizaron cuatro tratamientos: T1 (lombricomposta 60%+ arena 20%+ peat moss 20%), T2 (tierra 40%+ arena 10%+ 50%), T3 (lombricomposta 30%+ peat moss 60%+ gravilla 10%) y un testigo (Tierra 100%). Se utilizo un diseño completo al azar (DCA) con tres repeticiones para cada tratamiento. Se evaluaron las variables altura, diámetro de tallo, numero de hojas y longitud de raíces. Siendo los tratamientos 1 (lombricomposta 60%+ arena 20%+ peat moss 20%) y el tratamiento 3 (lombricomposta 30% + peat moss 60%+ gravilla 10%) los mejores al observarse plantas con mejores características fenotípicas. Por tal motivo, la identificación y utilización de sustratos disponibles en la región con características como mayor retención de agua, humedad, buena aireación y alto contenido de materia orgánica, permiten la obtención de plantas de *Jatropha curcas*, una especie con aplicaciones en el área industrial, medicinal, económica y alimentaria.

**Sustratos, *Jatropha curcas*, fenotipo.**

### Abstract

This project aimed to evaluate five substrates available in the region (peat moss, soil, sand, gravel and vermicompost) and determine their effect on the production of plants of the species *Jatropha curcas*. Four treatments were performed: T1 (vermicompost 60% + 20% sand + peat moss 20%), T2 (40% soil + sand 10% + 50%), T3 (vermicompost 30% + 60% peat moss gravel + 10%) and a control (100% Earth). A complete randomized design (CRD) with three replicates for each treatment was used. The variables height, stem diameter, leaf number and root length were evaluated. As treatments 1 (vermicompost 60% + 20% + sand 20% peat moss) and Treatment 3 (vermicompost 30% + 60% peat moss gravel + 10%) the best plants to be observed phenotypic characteristics best. Therefore, the identification and utilization of substrates available in the region with features such as increased water retention, moisture, good ventilation and high in organic matter, allow obtaining *Jatropha curcas*, a species with applications in the industrial area, medicinal, economic and food.

**Substrates, *Jatropha curcas*, phenotype.**

**Citación:** DOMINGO-FERNÁNDEZ, Rubén, TÉLLEZ-MAZZOCO, Denisse, HERNANDEZ-HERNANDEZ, Miguel Angel y DE LA CRUZ-DE LA CRUZ, Emigdio. Evaluación de cinco sustratos para la obtención de plantas de la especie *Jatropha curcas*. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:169-184

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ruben.domingo@uthh.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La creciente demanda de combustibles fósiles para producir energía por combustión, ha generado emisión de gases en la atmósfera con efecto invernadero, que contribuye al cambio climático. Por esta razón y teniendo en cuenta que las reservas mundiales de estos combustibles tienden a agotarse por ser fuentes de energía no renovables, en los últimos años se ha incrementado la búsqueda de energías alternativas que han ido ganando popularidad como opción para enfrentar las problemáticas mencionadas. De esta manera, los biocombustibles han surgido como una opción apropiada, por ser energía renovable.

Actualmente una nueva alternativa para la fabricación de biocombustibles es la utilización de productos vegetales como por ejemplo cultivos de maíz, soya, caña de azúcar, entre otros. El problema es destinar tierras fértiles para cultivos con fines de producción de biocombustibles, lo cual puede solucionarse con la utilización de sustratos que cumplan con características ideales que permitan la obtención de especies tales como la *Jatropha curcas*, además ser una especie con características de adaptarse a tierras áridas, se podría aprovechar para ser sembrada en zonas poco productivas (De La Vega, 2008).

El cultivo de la especie *Jatropha curcas* tiene la capacidad de sobrevivir y crecer en tierras marginales, erosionadas, pobres en nutrientes y requiere un mínimo riego, de aquí la importancia de propagar esta especie vegetal para reactivar la economía en ciertas zonas improductivas del país (Falasca & Ulberich, 2006; De La Vega, 2008). La planta es tolerante a sequía GÜBİTTZ et al. (1959) además de crecer en suelos pedregosos o arenosos con un contenido bajo en nutrientes (Li et al., 2008) y es ligeramente tolerante a terrenos salinos.

Las propiedades fisico-químicas del biodiesel obtenido de *J. curcas*, cumple con los estándares internacionales europeos, además presenta ventajas sobre el diesel pues disminuye la emisión de una variedad de contaminantes. Las emisiones de dióxido de carbono no han sido todavía medidas para *J. curcas*. Sin embargo, se ha demostrado en los Estados Unidos que el uso del biodiesel obtenido a partir del aceite de soya reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en un 80 y 100%, respectivamente comparado con el petro-diesel (Francis et al., 2005).

Por tal motivo la utilización y obtención de sustratos disponibles en la región, podría ser una alternativa para la propagación y obtención de plantas de la especie *Jatropha curcas* con características fenotípicas deseables, que permitan comercializarla por su gran variedad de aplicaciones y ser una fuente de ingresos para los productores de la región.

Dicho trabajo tiene como objetivo evaluar cinco sustratos para la obtención de la especie *Jatropha curcas* con características fenotípicas deseables. Se utilizó la combinación de cinco sustratos y se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con tres repeticiones para cada tratamiento. Se evaluaron las variables altura de planta (AT), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH) y longitud de raíz (LR). El presente trabajo está estructurado de la siguiente forma: En primer lugar se da a conocer la distribución, taxonomía, morfología y aplicaciones de la especie *Jatropha curcas*, así como el concepto de sustrato, clasificación y las propiedades físicas y químicas que presentan. Posteriormente se desarrolla la metodología empleada y finalmente los resultados y conclusiones del trabajo.

## La planta *Jatropha curcas*

La planta de *Jatropha curcas* pertenece a la familia de las Euphorbiaceae, nativa de México y Centroamérica, pero es ampliamente cultivada en Centro América, África y Asia. En la República Mexicana se encuentra distribuida en los estados de Chiapas, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Zacatecas y el estado de México (Sánchez, 2008).

El cultivo de esta planta cada día se extiende con mayor fuerza en países como India, Brasil, Guatemala y algunos países africanos, los cuales están trabajando para perfeccionar las técnicas del cultivo y los procesos industriales de sus diferentes biomassas y/o residuos

La planta de *J. curcas* es resistente a la sequía y crece en suelos pobres y arenosos, en climas tropicales y semitropicales, en altitudes que van desde los 0-1500 msnm. El látex de sus hojas, se ha utilizado en medicina tradicional y también como cerca viva, protegiendo de la erosión (Makkar et al., 1998; Martínez et al., 2006). La popularidad actual de la planta se debe al uso su aceite. Esta especie vegetal es única entre todas las fuentes de energía renovable en términos del gran número de posibilidades de utilización que pueden realizarse. Su cultivo requiere de simple tecnología, y comparativamente modesto capital de inversión (Francis et al., 2005).

El arbusto de *J. curcas* tiene un periodo productivo de más de 40 años. Un promedio anual de producción de semilla alrededor de 5 Ton/Ha puede esperarse en excelentes tierras y precipitaciones de 900-1200 mm (Francis et al., 2005).

*Jatropha curcas* sobrevive y crece en las tierras marginales y erosionadas, en las tierras que ya no sirven para la actividad agrícola (Jones y Miller, 1992). Crece en suelos salinos, arenosos y rocosos. Las heladas de baja intensidad y duración corta son toleradas aunque puede disminuir el rendimiento hasta un 25%. Climáticamente, se encuentra en los trópicos y subtrópicos, resiste normalmente el calor aunque también soporta bajas temperaturas y puede resistir hasta una escarcha ligera.

## Taxonomía

*Jatropha curcas* es una especie que pertenece al reino plantae de la división filogenética magnoliophyta, de la clase magnoliopsida, del orden euphorbiales, de la familia euphorbiaceae y comúnmente se le conoce como piñón (Gubitz, Mittelbach & Trabi, 1997). *Jatropha curcas* es una planta oleaginosa con más de 3500 especies con gran distribución en los trópicos.

## Morfología

### Aspectos generales

Es un arbusto caducifolio de 4-6 m de altura; con un diámetro de tronco aproximado de 14-18 cm en arbustos adultos; con una corona delgada de ramas muy redondeadas y extendidas, las plantas jóvenes tienen una corona delgada e irregular; corteza externa lisa escamosa y muy delgada, de color pardo claro, con pequeñas lenticelas; corteza interna lisa verrugosa de color verde oscuro; látex blanquecino con sabor amargo, olor a hierba fresca; ramas de 3-5 cm de diámetro, de color verde claro y grisáceo con cicatrices marcadas (Kobilke, 1989). Es una planta perenne, cuyo ciclo reproductivo se extiende de 45 a 50 años (Cruz et al., 2000).

Es de crecimiento rápido y puede alcanzar una altura de 2 hasta 5 metros, el grosor del tronco puede ser hasta de 20 cm con crecimiento desde la base en distintas ramas. No requiere en un tipo de suelo especial. Se desarrolla normalmente en suelos áridos y semiáridos. Responde bien a suelos con pH de 5 a 7. Sus épocas de plantación son todo el año (preferiblemente en estaciones húmedas). Desarrollada la planta, anualmente se obtienen alrededor de 10 Kg de frutos por planta, de los cuales, 4 Kg corresponden a las semilla. El rendimiento es de 25 toneladas de frutos por hectárea y 10 toneladas de semilla (con una densidad de 2500 13 plantas por hectárea).

## Raíz

La planta de piñón posee raíces cortas y poco ramificadas, normalmente cuando las plántulas proceden de semilla se forman cinco raíces, una central y cuatro periféricas (2 secundarias y 2 terciarias) (Alfonso, 2008)

## Tallo

No hay uniformidad en el crecimiento de los tallos. El tronco o fuste está dividido desde la base, en ramas largas, con numerosas cicatrices producidas por la caída de las hojas en la estación seca, las cuales resurgen luego de las primeras lluvias (Alfonso, 2008).

## Hojas

Las hojas del piñón son verdes, amplias y brillantes, largas y alternas, en forma de palmas pecioladas, la mayoría de 7-16cm de largo y de alrededor del mismo ancho, con nervaduras blanquecinas y salientes en el envés, casi glabras pero más o menos pilosas debajo de las nervaduras. Normalmente se forman con 5 a 7 lóbulos acuminados, pocos profundos y grandes, con pecíolos largos de 10 a 15 cm.

El piñón es un árbol de hojas caducas (caducifolio) durante la época de verano, es común ver los tallos sin hojas (Alfonso, 2008).

### 2.3.5 Flores

La floración es monoica, presentándose los órganos masculino y femenino en la misma planta, las inflorescencias se forman terminalmente en el axial de las hojas en las 14 ramas. Ambas flores, son pequeñas (6-8 mm), de color verdoso amarillo en el diámetro y pubescente. Cada inflorescencia cuajada muestra un racimo de aproximadamente 5-10 frutos (Alfonso, 2008).

## Fruto

Son cápsulas drupáceas y ovoides con diámetro de 1.5 a 3.0 cm. El fruto se triolocular con una semilla en cada cavidad, formando por un pericarpio o cáscara dura y leñosa, indehiscente, hasta llegada la madurez, inicialmente es de color verde, pasando a amarillo, luego a café y al último negro, cuando alcanza el estado de maduración (Alfonso, 2008).

## Semilla

La semilla es relativamente grande, cuando está seca mide de 1.5 a 2.0cm de largo y 1.0 a 1.3 cm de diámetro; la semilla de piñón, pesa entre 0.551 a 0.797g, puede tener, dependiendo de la variedad y de los tratamientos culturales, en proporción de 33.7 a 45% de cáscara y de 55 a 66% de almendra (Alfonso, 2008). Las semillas son blancas, presentan testa obscura, de forma elipsoidal. Aceitosa de 2 cm de largo y pesan en promedio alrededor de 0.65 g (Héller 1996).

Generalmente la semilla fresca muestra porcentajes altos de germinación, alrededor del 80%, aunque oscila entre el 60 y el 90%. En condiciones favorables de humedad, esta se lleva a cabo dentro de 10 a 15 días.

Colocando la semilla en el sustrato adecuado y con buena humedad, la germinación comienza incluso del 3er al 5to día. La germinación es epigea dándose de la siguiente manera: la cáscara de la semilla se abre, sale la radícula y se forman 4 raíces periféricas pequeñas, poco después que las primeras hojas se han formado, los cotiledones se marchitan y se caen.

## Aplicaciones

Está especie presenta un gran potencial. En la actualidad se desarrolla la producción de biodiesel a partir de las semillas de este especie, luego del proceso de tranesterificación (aceite de *Jatropha* + alcohol) para la elaboración del biodiesel, se obtiene un 15% de glicerol, con alto valor para su uso farmacológico e industrial, así como la producción de un metabolito denominado curcina una proteína de interés antiviral y antifúngica producida por esta misma especie. Así mismo la cascara de esta especie es utilizada para biogás por el alto poder calorífico y/o en su defecto para fertilizante orgánico (por contener N, P, K). Mientras que el aceite de la semilla tiene acción purgativa, en enfermedades de la piel y se utiliza para disminuir el dolor causado por el reumatismo, en tanto que el látex tiene propiedades antimicrobianas (Jongschaap et al., 2007).

## Medicinales

El aceite de las semillas se usa como emético y purgante. El látex se usa para curar erupciones y afecciones de la piel, así como antiinflamatorio de los ojos. Las diferentes órganos de la planta pueden ser utilizadas en úlceras estomacales, como purgante y laxante, en caries dentales, hemorroides, quemaduras, fiebre, gingivitis, abscesos, gonorrea, hongos y diarrea.

Se usa contra el paludismo (en infusión), el reumatismo y la ictericia; es anticancerígeno y alivia la conjuntivitis “Fundación Colombia sin hambre” (2010).

## Aceite industrial

Las semillas contienen hasta 50% de aceite que se usa como lubricante fino en relojería y aviación. El aceite de sus semillas puede transformarse en biodiesel, mediante proceso de esterificación y, en caso de variedades tóxicas, el aceite de *Jatropha* puede transformarse en bio-pesticida. “Fundación Colombia sin hambre” (2010).

## Tinte

El jugo de la hoja tiñe de rojo y las telas de un color negro indeleble. La corteza tiene un 37% de taninos que dan un colorante azul oscuro.

## Alimento

Las semillas tostadas son comestibles, pues pierden su toxicidad después de la cocción “Fundación Colombia sin hambre” (2010). La pasta que se forma al prensar la semilla para sacar aceite, no puede usarse directamente como alimento para animales porque es tóxica para ellos. Sin embargo, si se le hace un proceso de destoxicificación, puede usarse para alimentar el ganado vacuno, los cerdos y las aves, pues contiene altos niveles de proteína (55-58%) (Ofie, Catie 2010).

### 2.4.5 Abono

Si destoxicificar, puede usarse como abono orgánico porque su alto contenido de nitrógeno, es similar al estiércol de gallina. El contenido en nitrógeno varía entre 3 y 4%. Las ramas y hojas tiernas también se usan como abono verde para árboles de coco (*Cocos nucifera*).

## Forestales

Es una especie de uso potencial en áreas deforestadas, y constituye una excelente alternativa de reforestación en suelos erosionados, marginales, ociosos y agotados, con una vida útil de 30-50 años.

## Control de plagas

*Jatropha curcas* es una especie vegetal promisoria, con utilidad en el control de plagas a partir del uso de principios activos obtenidos de diferentes partes de la planta que pueden controlar de manera eficiente hongos, parásitos y otros organismos que afectan el crecimiento y la producción de cultivos de importancia económica. Reemplazar plaguicidas sintéticos por sustancias vegetales representa una alternativa viable porque son económicos, se descomponen rápidamente y a pesar de ser tóxicos no tienen un efecto residual prolongado; sin embargo, es necesario utilizarlos con la misma precaución que los plaguicidas químico (Ludy et al., 2012).

## Definición de sustrato

Un sustrato es un material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un recipiente, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical y desempeña un función de soporte de la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la misma (Abad et al., 2014). Este está formado por tres fases: sólida, constituida por las partículas; líquida, constituida por el agua y nutrientes; y gaseosa, responsable del transporte del oxígeno y dióxido de carbono entre las raíces (Lemaire, 1995). Por su parte, Burés (1997) define a un sustrato como cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedor.

Se entiende por contenedor cualquier recipiente que tenga una altura limitada y que su base se encuentre a presión atmosférica, es decir, con drenaje libre (Burés, 1997).

## Tipos de sustratos

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, sin embargo de acuerdo a Abad et al., 2004) los sustratos se pueden clasificar con materiales orgánicos e inorgánicos.

## Materiales orgánicos

Los materiales orgánicos a la vez se puede subdividir en:

1. De origen natural (tura o peat moss).
2. De síntesis (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).
3. Residuos y subproductos de diferentes actividades, aunque este tipo de materiales debe ser previamente acondicionado mediante un proceso de compostaje o vermicompostaje.

Entre algunos ejemplos de este tipo de materiales se encuentra el bazago de caña, bazago de agave, aserrín, corteza de árboles, orujo de uva, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, cascarilla de arroz, paja de cereales, fibra y polvo de coco, entre otros.

## Materiales inorgánicos o minerales

Estos materiales también se subdividen en:

1. De origen natural. Se obtiene a partir de rocas o minerales de origen diverso, como por ejemplo: rocas de tipo volcánico como el jal, tezontle, piedra pómez, arena, grava.

2. Materiales transformados o tratados industrialmente. Son obtenidos a partir de rocas o minerales mediante tratamientos físicos y a veces químicos, que modifican las características de los materiales de partida. Algunos ejemplos de estos son la perlita, vermiculita, arcilla expandida y lana de roca.

3. Residuos y subproductos industriales, como las escorias de horno alto, estériles de carbón.

### Propiedades físicas de sustratos

Se entiende por propiedades físicas aquellas que se pueden ver y sentir: granulometría, color, retención de agua y aireación. Por el contrario, las propiedades químicas influyen en el suministro de nutrientes, y no podemos apreciarlas con nuestros sentidos (Ansorena, 1994). Las propiedades físicas de los sustratos son consideradas de mayor importancia que las químicas; esto es, si la estructura física del sustrato es inadecuada, difícilmente podrá mejorarse una vez que se ha establecido el cultivo (Ansorena, 1994; Cabrera, 1999; Pastor, 1999). Para cumplir correctamente sus funciones de regulación del suministro de agua y aire, los sustratos deben poseer una elevada porosidad y capacidad de retención de agua, unidos a un drenaje rápido y una buena aireación (Ansorena, 1994). Las propiedades físicas más importantes son aquellas relacionadas con los poros, es decir, la granulometría, la porosidad y el reparto de las fases sólida y gaseosa (Peñuelas y Ocaño, 2000).

### Porosidad

La porosidad total es el volumen de espacios vacíos (espacios porosos) ocupado por fluidos en el volumen total. Sin embargo, no es suficiente conocer la porosidad total de un sustrato para describir la accesibilidad de los fluidos en el espacio poroso (Lemaire, 1995).

Los sustratos presentan dos tipos de poros: internos y externos. La porosidad interna está influenciada por la naturaleza de las partículas, y estado e interconexión de los poros; puede ser abierta o cerrada. Los poros abiertos o percolantes son los que tienen conexión con los poros externos. La porosidad efectiva es la porosidad percolante, abierta o interconectada, que es la que contribuye a la retención y movimiento del agua en el sustrato. La porosidad externa es la que se da por el empaquetamiento o acomodo de las partículas, la cual depende de la forma, tamaño y naturaleza de las mismas (Burés, 1997).

Propiedades	Zapata et al. (2005)	Nappi y Barberis (1993)
Densidad aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )	< 0.4	0.15 – 0.50
Densidad real ( $\text{g cm}^{-3}$ )	1.45 – 2.65	1.50
Porosidad (%)	> 85	85 – 90
Agua fácilmente disponible (%)	20 – 30	20 – 30
Agua difícilmente disponible (%)	25 – 31	60 – 75
Agua de reserva (%)	4 – 10	4 – 10

**Tabla 1** Propiedades Físicas de los sustratos. Zapata et al., (2005) y Nappi y Barberis (1993).

### Granulometría

Es la determinación de la distribución de tamaños de las partículas que conforman un sustrato. La forma de la gran mayoría de las partículas de los sustratos no es esférica ni presenta un tamaño único, por lo que en la práctica la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de la partícula y viceversa. La granulometría de un material puede caracterizarse fácilmente por medio del tamizado de una muestra secada al aire o en estufa, recolectando cada una de las fracciones retenidas en cada tamiz y cuantificando su peso. Cada una de las fracciones se expresa con base en porcentaje en relación con el peso inicial.

## Retención de agua por fase sólida

Una mezcla aireación y retención que tenga una elevada porosidad tendrá las ventajas potenciales de una buena aireación y retención de agua. Sin embargo, el que estas condiciones se den en la práctica dependerá, además, de la distribución de tamaños de los poros. Si estos son grandes, la porosidad estará ocupada principalmente por aire, pudiendo llegar a ser insuficiente la cantidad de agua retenida. Por el contrario, si los poros son excesivamente pequeños, se retendrá mucha agua, pero la cantidad de aire disponible para la respiración de las raíces puede no ser suficiente. Por lo tanto, es necesario que la distribución de tamaños de poro sea la adecuada para que el sustrato retenga las cantidades convenientes de agua y aire.

El concepto de agua disponible incluye tres factores: tipo de planta, condición de la rizósfera y la conductividad hidráulica del sustrato. El tipo de planta incluye la especie y/o cultivar usado, la condición física de la planta, la etapa de madurez, y la distribución de la raíz; la condición de la rizósfera implica el gradiente potencial que existe en la interface sustrato – raíz (Nappi y Barberis, 1993).

## Densidad real

La densidad real ( $D_r$ ) se define como el cociente entre la masa de las partículas del sustrato y el volumen que ocupa, sin considerar a poros y huecos; ésta no depende del grado de compactación ni del tamaño de partícula (Ansorena, 1994). Las sustancias minerales pueden presentar valores de densidad real de 2.65  $g\ mL^{-1}$ , mientras que los compuestos orgánicos presentan valores promedios de 1.50  $g\ mL^{-1}$ .

## Densidad aparente

La densidad aparente es la relación entre la masa o peso de las partículas y el volumen aparente que ocupan, es decir, incluyendo al espacio poroso total. El volumen aparente es el volumen ocupado por un sustrato considerando materiales sólidos y los poros internos y externos, tanto abiertos como cerrados (Burés, 1997). La densidad aparente tiene relación directa con la porosidad del material; es decir, si se ejerce una presión sobre un sustrato, disminuirá el volumen de poros; al disminuir el volumen total, aumenta la densidad aparente (Ansorena, 1994). La reducción del tamaño de poros, producida por la compactación del sustrato, hace que disminuya la porosidad ocupada por aire y aumente la retención de agua. Nappi y Barberis (1993) indican que valores altos de densidad aparente implican un incremento en el peso del sustrato y disminución de la porosidad y volumen de aire; mientras que bajas densidades son causa de excesiva aireación y disminución de la cantidad de agua disponible para las plantas.

Nivel de compactación	Porosidad total (%)	Densidad aparente ( $g\ mL^{-1}$ )	Porosidad de aire (%)	Retención de agua (%)
Nulo	58	1.13	42	16
	54	1.23	37	17
	50	1.33	30	20
	46	1.43	28	18
	42	1.54	24	18
	38	1.64	19	19
	34	1.74	9	25

**Tabla 2** Variación de la porosidad, densidad aparente y retención de agua de acuerdo con el grado de compactación. (Ansorena, 1994).

## Propiedades químicas de un sustrato

### Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La CIC es una medida de la capacidad de retención de nutrientes, que depende fundamentalmente del pH y del contenido y composición de la materia orgánica y arcilla de la fase sólida, la cual incrementa conforme lo hace el pH (Abad et al., 2004).

### Capacidad de amortiguación del pH

Esta propiedad depende del tipo de sustrato (orgánico o inorgánico) en general, los materiales orgánicos con elevada CIC, la capacidad de amortiguamiento ante cambios de pH es mayor.

### Metodología

#### Lugar donde se realizó el proyecto

El presente proyecto se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, ubicado en la ciudad de Huejutla de Reyes, Hidalgo localizada al norte del estado y geográficamente entre los paralelos 21°08' de latitud norte y 98°25' de longitud oeste, a una altitud de 140 metros sobre el nivel del mar. Registrando un clima cálido-húmedo y una temperatura media anual de 40.1 °C. La precipitación pluvial es de 1,500 milímetros por año (INEGI, 2010).

#### Recolección de la semilla

Se utilizaron semillas de la especie *Jatropha curcas*, recolectadas con anterioridad en la localidad de Tepeco situado en el Municipio de Huautla en el Estado de Hidalgo.

### Pruebas sanitaria en semillas de *Jatropha curcas*

Se colocaron 12 semillas de la especie *Jatropha curcas* en 125 ml de medio de cultivo Agar Dextrosa Sabouraud (ADS) con tetraciclina con antibiótico al 0.1 %; distribuidos en 6 placas Petri. La siembra de las semillas se realizó bajo dos tratamientos en una campana de flujo laminar, colocando 3 placas Petri con semillas de piñón sin desinfectar y 3 placas Petri con semillas de piñón desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 % durante 30 segundos y enjuagadas con H<sub>2</sub>O destilada, con el objetivo de trabajar con semillas libres de patógenos antes de ser colocadas en el sustrato.

Posterior a la inoculación, las semillas se colocaron en una incubadora marca Felisa por 48 horas a 27°C.

### Selección del sustrato

Se utilizaron cinco sustratos; lombricomposta, arena, peat moss, gravilla y tierra en diversas proporciones. Dichos sustratos se encuentran disponibles en la región.

### Desinfección y preparación del sustrato

La desinfección del sustrato se llevó a cabo utilizando el método de solarización.

Por último se estableció la técnica de agua caliente a una temperatura de 100% con las bolsas de los sustratos.

Los sustratos se colocaron en bolsas de 25 x 10 cm dentro de un invernadero de tipo baticanal dentro de la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense.

## Siembra de la semilla para la obtención de plántulas

Después de haber establecido los sustratos en las bolsas. Las semillas se colocaron en estos con una profundidad de tres centímetros.

### Tratamientos

Se establecieron cuatro tratamientos con diversas combinaciones T1 (lombricomposta 60%+ arena 20%+ peat moss 20%), T2 (tierra 40%+ arena 10%+ 50 %), T3 (lombricomposta 30%+ peat moss 60%+ gravilla 10%) y como testigo tierra en un 100 %.

TRATAMIENTOS		(%)
T1	LOMBRICOMPOSTA+ARENA+PEAT MOSS	60-20-20
T2	TIERRA+ARENA +PEAT MOSS	40-10-50
T3	LOMBRICOMPOSTA +PEAT MOSS + GRAVILLA	30-60-10
T4	TIERRA	100

**Tabla 3** Tratamientos evaluados.

### Diseño experimental y análisis de los datos

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en el cual se desarrollaron 4 tratamientos, por cada tratamiento hubo un total de 3 repeticiones. Se evaluaron las variables de respuesta mediante un análisis de varianza, a las variables que resultaron con diferencias significativas, se realizó la comparación de medias por la prueba de Tukey. Los datos se analizaron en el programa estadístico de la Universidad de Nuevo León.

### Variables evaluadas

#### Diámetro de tallo (DT)

Se midió el diámetro de tallo con la ayuda de una cinta métrica en la parte central de la planta, después de un mes de haber realizado la siembra, los datos se reportaron en centímetros (cm).

#### Altura de plántula (AP)

Se realizaron las mediciones de altura de cada plántula después de un mes de haberse sembrado, para ello se tomaron datos de cinco plantas por tratamiento, los datos se reportaron en centímetros (cm), tomando datos cada quince días.

#### Número de hojas (NH)

Se contó el número de hojas cada quince días para cada tratamiento.

#### Longitud de raíz (LR)

Se realizaron las mediciones de la longitud de raíz, los datos se reportaron en centímetros (cm) tomando los datos cada quince días.

### Resultados y Discusión

#### Altura de planta (AP)

Los promedios de medias de altura de planta (Tabla 4) muestran diferencias entre los tratamientos.

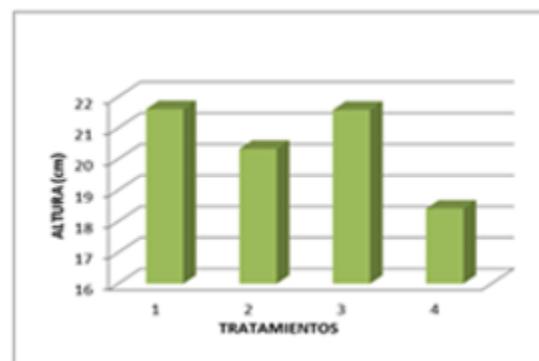
T	MEDIA AP
1	21.6067
2	21.5800
3	20.3300
4	18.41

**Tabla 4** Comparación de promedios de medias en la variable Altura de la planta.

Como se observa en la gráfica 1, el T1 (lombricomposta+ arena+ peat moss) y T2 (tierra+ arena+ peatmoss), fueron los que presentaron mayor altura en la planta con 21.6 y 21.5 centímetros respectivamente, siendo el testigo (tierra) el que presento una altura de 18.41 centímetros.

Los resultados obtenidos en esta variable fueron mejores en comparación con Fúnez et al. (2009), que evaluando sustratos en el desarrollo de plántula de *Jatropha* resulto que la combinación de pulpa-cascarilla-madera, mostró una altura de planta de 15.8 cm. Martínez y Aragon (2014) evaluando tres genotipos obtuvieron plantas con una altura de 7.36 centímetros evaluando el tratamiento compuesto de 50% de composta + 50% tezontle.

En dicha evaluación el T1 (lombricomposta+ arena+ peat moss) fue el mejor al presentar plantas con mayor altura, debido a que los sustratos con alto contenido de materia orgánica generan mayor altura en plantas de *Jatropha*, como lo muestra un estudio en suelos andosoles realizado en Indonesia (Hamim et al., 2011).



**Gráfica 1** Altura de la planta de *Jatropha* curcas en diversos tratamientos.

#### Diámetro de tallo (DT)

Los promedios de medias en diámetro de tallo (Tabla 5) muestran diferencias entre los tratamientos.

T	MEDIA DT
3	0.6000
2	0.5800
1	0.5600
4	0.5300

**Tabla 5** Comparación de promedios de medias en la variable Diametro de Tallo.

En la gráfica 2 se observa que el tratamiento 3 (lombricomposta+ peat moss+ gravilla) fue el mejor tratamiento presentando plantas con un diámetro de tallo de .6000 mientras que el tratamiento 4 (tierra) presentó plantas con un menor diámetro de tallo con .53000 centímetros.



**Gráfica 2** Diametro de tallo de plantas de *Jatropha curcas* en los diversos tratamientos.

Los resultados obtenidos en esta variable fueron mejores en comparación con Fúnez et al. (2009), al obtener plántulas con un diámetro de .7 centímetros.

Martínez y Aragon (2014) obtuvieron plantas con diámetros de tallo de 5.17 mm y 5.1 mm utilizando los tratamientos de 50% compost + 50% tierra de monte y 50% compost + 50% de tezontle respectivamente

### Números de hojas (NH)

En el análisis de varianza (Tabla 6) muestra que hubo diferencia significativa con la probabilidad de 0.05 de nivel de significancia, se observa que la  $F_c < F_t$  por lo cual indica que si existe diferencia en cuanto al comportamiento de los tratamientos evaluados en la variable número de hojas, estos datos son reafirmados con el promedio de medias (Tabla 7).

FT	GL	SC	CM	FC	FT 0.05
TRATAMIENTOS	3	154	0.51	7.9	292
ERROR	8	0.522	0.07		
TOTAL	11	1.064			
CV= 6.6123%					

**Tabla 6** Análisis de varianza de la variable Número de hojas.

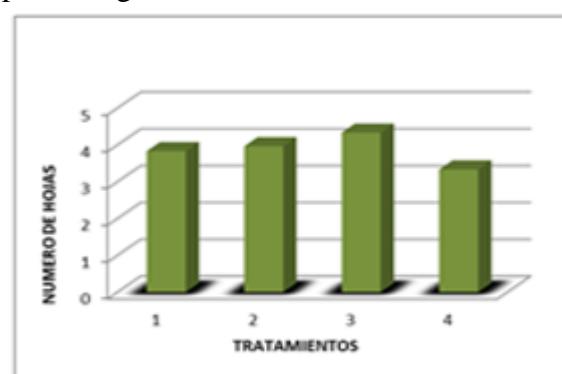
T	MEDIA NH
3	4.33 00 A
2	3.9600 AB
1	3.83 AB
4	3.33 B

**Tabla 7** Comparación de promedios de medias de la variable Número de hojas.

En la gráfica 3, se muestra que el tratamiento 3 (lombricomposta+ peat moss+ gravilla) tuvo mayor número de hojas con un promedio de 4.3300, seguido del tratamiento 2 (tierra+ arena+ peat moss) bajo un promedio de 3.9600 y el menor número de hojas lo presento el tratamiento 4 (tierra) con un promedio de 3.33.

Los resultados obtenidos en esta variable fueron mejores en comparación con Fúnez et al. (2009), al obtener plantas de 2 a 3 hojas.

Las características de los sustratos empleados en el T3 permiten mayor retención de agua en el caso de la gravilla, el peat-moss presenta una buena retención de humedad, buena aireación y alto contenido de materia orgánica. Mientras que la lombricomposta presenta gran cantidad de nutrientes.



**Gráfica 3** Número de hojas en plantas de *Jatropha curcas* en los diversos tratamientos.

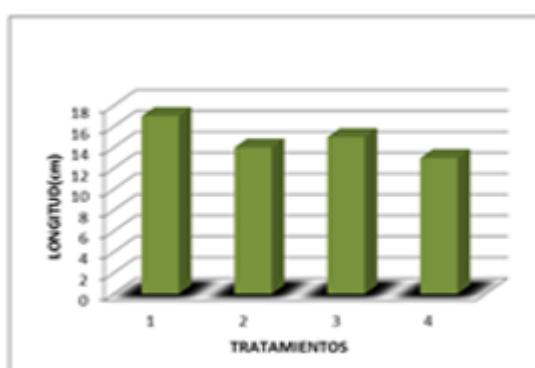
## Longitud de raíz (LR)

En la tabla 8 se observa el promedio de medias de la variable longitud de raíz mostrando diferencia entre tratamientos evaluados.

T	MEDIA
1	17
2	14
3	15
4	13

**Tabla 8** Comparación de promedios de medias en la variable longitud de hojas

En la grafica 4 se observa que el tratamiento 1 (lombricomposta+ arena+ peat moss) y T3 (tierra+ arena+ peatmoss) presentaron una mayor longitud de raíz de 16 y 14 centimetros respectivamente, siendo el tratamiento 4 (tierra) el que presento plantas con 12 centrimetros. Martínez y Aragon (2014) obtuvieron raíces con una longitud de 10.82 centrimetros utilizando como sustrato 100% composta.



**Gráfica 4** Longitud de hojas en plantas de *Jatropha curcas* en los diversos tratamientos.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto. Con número de carta PROMEP/103.5/12/7956.

## Conclusiones

Un sustrato es un material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un recipiente, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical y desempeña una función de soporte de la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la misma.

La especie *Jatropha curcas* actualmente tiene una gran importancia por la gran variedad de aplicaciones en el área industrial, medicinal, económica y alimentaria.

Para la obtención de plantas de *Jatropha curcas* con características fenotípicamente deseables fue necesario realizar combinaciones de sustratos, utilizando como material: arena, lombricomposta, gravilla, tierra y peat moss en porcentajes y condiciones adecuadas.

En la variable altura de la planta se determinó que los mejores tratamientos fueron el T1 (Lombricomposta 60%+ arena 20%+ peat moss 20%) al tener una media de 21.6067 en altura, y el T3 (Lombricomposta 30%+ peat moss 60%+ gravilla 10%), T2 (tierra40%+ arena 10%+ peat moss 50%) y T1 (Lombricomposta 60%+ arena 20%+ peat moss 20%).

En la variable diámetro de tallo el tratamiento T3 (Lombricomposta 30%+ peat moss 60%+ gravilla 10%) con una media de 0.6000, fue el que presento el valor más alto en esta variable, seguido del T2 (tierra40%+ arena 10%+ peat moss 50%) y T1 (Lombricomposta 60%+ arena 20%+ peat moss 20%).

En cuanto al número de hojas los tratamientos T3 (Lombricomposta 30%+ peat moss 60%+ gravilla 10%), presento el mayor número de hojas, con un valor de 4.3300, segido del T2 (tierra 40%+ arena 10%+ peat moss 50%) con una media de 3.9600.

En la variable longitud de raíz el mejor tratamiento fue el T1 (Lombricomposta 60%+ arena 20%+ peat moss 20%) con una media de 17 cm teniendo el mejor valor en comparación con los demás tratamientos.

Siendo los tratamiento T1 (Lombricomposta 60%+ arena 20%+ peat moss 20%) y el T3 (Lombricomposta 30%+ peat moss 60%+ gravilla 10%), los mejores para la obtención de plantas de la especie *Jatropha curcas* con características fenotípicas deseables.

Debido a las propiedades de dichos sustratos como son la mayor retención de agua y humedad, buena aireación y alto contenido de materia orgánica.

## Referencias

Abad, B. M., Noguera, P., y Carrión, B. C. 2004. Los Sustratos en los cultivos sin suelo. En: M. G. Urrestarazu, (Ed). Tratado de cultivo sin suelo. 2nd ed. Mundi-Prensa. Almería, España. pp. 113-158.

Ansorena M., J. (1994). Sustratos. Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. p 107, p 109.

Alfonso, B. J. A. (2008). Manual para el cultivo de Piñón (*Jatropha curcas*) en Honduras.

Burés, S. (1997). Sustratos. Ediciones agrotécnicas. Madrid, España. 342 p.

Cruz, V., Contretas, T y Anaya S. 2000. Aceite de *Jatropha curcas*, análisis de su composición. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.

Instituto Politécnico Nacional. Reporte Técnico. 6 p.

De la Vega Lozano, Jorge Alejandro. *Jatropha curcas* L. (2000). Agro-Energía. En:[http://jatrophacolombia.webcindario.com/Jatropha\\_Resumen.pdf](http://jatrophacolombia.webcindario.com/Jatropha_Resumen.pdf).

Falasca, S. L. y Ulberich, A. 2008. Potencialidad bioenergética sudamericana a partir de forestaciones con *Jatropha* sp. (*J. curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*). Revista Virtual REDESMA.

Francis, G. Edinger R., & Becker K. (2005). A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socioeconomic development in degraded areas in India: Need potential and perspectives of *Jatropha* plantations. Nat. Res. Forum 29: 12-24.

Fundación Colombia sin hambre. (2010). Colombia sin hambre cultivando *Jatropha Curcas*. En: [http://colombiasinhambre.com/proyectos\\_detaille.php?idb=81](http://colombiasinhambre.com/proyectos_detaille.php?idb=81)

Fúnez, O. E. N.; Arévalo, G. J., & Pack, J. C. Q. (2009). Comparación de sustratos para la siembra de piñón (*Jatropha curcas*) en etapa de vivero, finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. Resumen. Ceiba 50: 58-65.

García Barriga, Hernando. (1875). Flora Medicinal de Colombia. Botánica Médica. Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional. Bogotá p.104.

Gübitz, G.M., Mitelbach, M. y Trabbi, M. (1999). Exploration of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. Blores. Technol, 67 (3), 73-82.

Hamim, H.; Sutrisna, A.; Heliyanto, B., & Cholid, M. (2011). Shoot and root growth of *Jatropha curcas* accessions prospective for rootstock on rocky and heavy soil. *J. Life Sci.* 5: 942-953.

Heller, J. (1996). Physic nut. *Jatropha curcas*. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plants genetics and Crop Plant Research. Rome. 66 p.

Jones, N & Miller, J. H. (1992). *Jatropha curcas*: A multipurpose Species for Problematic Sites, The World Bank, Washington DC. USA.

Jongschaap, R. E. E., Corre, W. J., Bindrama, P. S. y Branderbug, W. S. (2007). Claims and facts of *Jatropha curcas* L. global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Report 158. Plant Research International, Wageningen. Netherlands.

Kobilke, H. (1989). "Untersuchungen zur Bestandesbegründung von Purgiernuß (*Jatropha curcas* L.)" Diploma thesis. University Hohenheim, Stuttgart.

Lemaire, F. (1997). The problem of biostability in organic substrates. *Acta Horticulturae*. 450: 63-69.

Li, J., Li, M. R., Wu, P. Z. y Gu, J. L. (2008). Molecular cloning and expression analysis of a gene encoding a putative B-Ketoacyl-acyl carrier protein (ACP) synthetase III Kas III from *Jatropha curcas*, *Tree Physiol.* 28 (6), 921-927.

Ludy C. Pabón, MSc., & Patricia Hernández-Rodríguez. (2012). Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Rev Cubana Plant Med* 17: 210-214.

Martínez. A., & Aragon. A. (2014). Evaluación de sustratos y genotipos en la germinación de *Jatropha* con potencial comestible (*Jatropha* spp.)\*. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* 5: 102-104.

Martínez-Herrera, J. (2006). Caracterización genética, nutricional y no nutricional de *Jatropha curcas* de México. Tesis de doctorado. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México. México. D.F.

Makkar H.P.S., & Becker K. (1999). Nutritional studies on rats and fish (carp *Cyprinus carpio*) fed diets containing unheated and heated *Jatropha curcas* meal of a non-toxic provenance. *Plant Foods for Human Nut.* 53: 183-192.

Nappi, P., & Barberis, R. (1993). Compost as growing medium: chemical, physical and biological aspects. *Acta Hort.* (ISHS) 342: 249-257

Noguera, P.; Abad, M.; Puchades, R.; Noguera, V.; Maquieira, A., & Martínez, J. (1997). Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae* 450: 365-374

Ofi-Catie. Árboles de Centroamérica. *Jatropha curcas* L. En: [http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/jatropha\\_curcas.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/jatropha_curcas.pdf) (enero 2010).

Octagon R. (2006). *Jatropha curcas* su expansión agrícola para la producción de aceites vegetales con fines de comercialización energética. Guatemala

Openshaw, Keith. «A Review of *Jatropha curcas*: an Oil Plant of Unfulfilled Promise». *Biomass and Bioenergy* 19, 2000.

Peñuelas R., J. L., & Ocaño B. L. (2000). Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2<sup>a</sup> edición. Mundi Prensa. Madrid, España. 190 p.

Ofi-Catie. (2010). Árboles de Centroamérica. *Jatropha curcas* L. En: [http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/jatropha\\_curcas.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/jatropha_curcas.pdf)

Pérez, R. (2012). *Jatropha curcas*, el motor del bosque. Nuestros árboles. Segunda Etapa. Núm. 78. Revista México Forestal.

Rodríguez-Acosta M, Vega-Flores K, De Gante-Cabrera V H., & Jiménez-Ramírez J (2009) Distribución del género *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) en el BioTecnología. 16: 2-112

Sánchez, H. D. E. (2008). Obtención, análisis y germinación de semillas de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae Juss.) No tóxica de Veracruz, México. Tesis. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana.

Schmook B., & Serralta-Peraza L. (1997). *J. curcas*: distribution and uses in the Yucatan Peninsula of Mexico. In G. M. Guñbitz, M. Mittelbach, & M. Trabi (Eds.). Biofuels and industrial products from *Jatropha curcas*. pp. 53–57.

Toral, O., Iglesias, J. M., Montes de Oca, S., Sotolongo, J. A., García, S. y Torsti, M. (2008). *Jatropha curcas* una especie arbórea con potencial energético en Cuba. Pastos y Forrajes. 3: 191-207.

Ville, C. (1996). Biología. México. Mc-Graw Hill.

Zapata N., F. Guerrero., & A. Polo. (2005). Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. Agricultura Técnica 65: 378–387.

## Vida postcosecha de inflorescencias de Ave del Paraíso (*Strelitzia reginae* Aiton) en Nayarit, México

NAVARRETE, Ana Luisa\*†, RAMÍREZ, Leobarda, SÁNCHEZ-MONTEÓN, Ana Luisa y ALEJO-SANTIAGO, Gelacio

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

La presente investigación se desarrolló en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit. Se evaluó la vida postcosecha de las inflorescencias de Ave del Paraíso (*Strelitzia reginae* Aiton) cosechadas en diferentes etapas de desarrollo y procedentes de dos zonas productoras. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. La evaluación se realizó en un laboratorio con una temperatura entre 22 y 26 °C y una iluminación de 0.315 Klx. Las variables estudiadas fueron: pérdida de peso fresco, número de flores emergidas por inflorescencia y días de florero. Los análisis mostraron diferencias estadísticas entre etapas de apertura floral y localidades. Los resultados obtenidos sugieren que las inflorescencias del ave de paraíso deben ser cosechadas justo cuando emerge la primera flor de la espata. Los tallos florales procedentes de la localidad con suelos con mayor contenido de Ca, Mg y K y pH moderadamente ácido tuvieron mayor vida de florero.

### Suelo, apertura floral, vida de florero

**Citación:** NAVARRETE, Ana Luisa, RAMÍREZ, Leobarda, SÁNCHEZ-MONTEÓN, Ana Luisa y ALEJO-SANTIAGO, Gelacio. Vida postcosecha de inflorescencias de Ave del Paraíso (*Strelitzia reginae* Aiton) en Nayarit, México. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:185-190

### Abstract

This research was performed at the Academic Unit of Agriculture of the Autonomous University of Nayarit. Postharvest life of inflorescences of Bird of Paradise (*Strelitzia reginae* Aiton) harvested at different stages of development was evaluated from two commercial field. The experimental design was completely randomized with four replications. This evaluation was done at laboratory conditions, with temperature between 22 and 26 °C and illumination of 0.315 Klx. The variables were: fresh weight lost, number of flowers emerged per inflorescence and vase life. The analysis showed statistical differences between floral opening stages and localities. The results obtained suggest that Bird of Paradise inflorescences should be harvested when the first floret has just emerge from the spathe. The floral stem from the locality with soil higher in Ca, Mg and K and moderality acid pH had longer vase life.

**Soil, floral opening, vase life**

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: Annnava.uan@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad las flores tropicales están incrementando su aceptación en el mercado debido a la belleza exótica de sus formas y colores. Algunos de los aspectos más relevantes para lograr que las flores se conviertan en productos comerciales, que generen riqueza y sustentabilidad en las regiones en que se producen es la vida de florero, disponibilidad a lo largo del año y calidad postcosecha que garantice la satisfacción de los consumidores (Baltazar y Figueroa, 2009).

El Ave del Paraíso (*Strelitzia reginae* Aiton) es originario de Sudáfrica y para su cultivo requiere de climas tropicales y subtropicales, es apreciada tanto en el mercado nacional como en el internacional (Magaña, 2013). El Ave de Paraíso, junto con las orquídeas, heliconias y ginger son especies cultivadas en Thailandia y Hawaii y se exportan a todo el mundo, Sangwanangkul et al., (2008) reportaron un estudio del control de insectos antes y después de la cosecha de las flores para evitar daños durante el transporte a los puntos de distribución y venta.

Con respecto al momento de corte de esta flor, Aterhortua, (1998) indicó que los tallos florales que se cortan cuando el capullo está todavía apretado, tienden a conservarse mejor durante el almacenamiento y manejo. Estos capullos se pueden abrir manualmente más adelante, haciendo un corte en la parte abultada de la flor, cerca del pedúnculo y extrayendo los pétalos con cuidado.

Bayogan et al., (2008) realizaron un estudio para determinar los factores que afectan la vida postcosecha en este cultivo, ya que las publicaciones muestran un amplio rango de valores que oscilan de 6 a 16, incluso hasta 38.5d y consideraron que estas diferencias reflejan las condiciones de cultivo.

La madurez a la cosecha y diferentes criterios para calificar la vida postcosecha de las inflorescencias.

Dado que la vida de florero de los tallos florales depende del estado de apertura floral a la cosecha y del contenido de nutrientes del suelo, para identificar el índice de cosecha óptimo de esta especie se planteó el objetivo de evaluar la vida postcosecha de las inflorescencias de Ave del Paraíso (*Strelitzia reginae* Aiton) cosechadas en diferentes etapas de desarrollo y procedentes de dos zonas productoras.

## Metodología a desarrollar

### Ubicación del sitio experimental

El experimento se desarrolló en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAA-UAN), ubicada en el km 9 de la carretera Tepic-Puerto Vallarta, en el municipio de Xalisco, Nayarit.

### Material genético

Se utilizaron tallos florales de Ave del Paraíso provenientes de dos localidades productoras del estado de Nayarit: El Izote, en el municipio de Tepic y la Unidad Académica de Agricultura, en el municipio de Xalisco.

### Características edáfo-climáticas de las localidades estudiadas

En ambas localidades se presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano durante los meses de mayo a septiembre, este clima prevalece en el 91.5 % de Nayarit y cubre la totalidad de la zona perteneciente a la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. Las características de suelos de los dos sitios en estudio se describen en la tabla 1.

Elemento	E1 Izote	UAA
Textura	Franco arenosa	Arenosa migajonosa
pH	Moderadamente ácido: 6.39	Fuertemente ácido: 5.4
Materia orgánica (%)	1.3	1.6
Carbono (%)	0.75	0.938
Nitrógeno (kg/ha/anual)	46.5	58.2
Fósforo (ppm)	14.49	136
Calcio (ppm)	754	137
Magnesio (ppm)	554	190
Potasio (ppm)	758	421

**Tabla 1** Análisis de suelos en los dos sitios de estudio. Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo, Planta y Agua de la Unidad Académica de Agricultura.

### Diseño experimental y tamaño de parcela

Se utilizó un experimento con arreglo factorial 2 X 3, donde el factor A correspondió a las localidades (Tepic y de Xalisco) y el factor B a las etapas de apertura floral de los tallos (espata cerrada, semiabierta y abierta); bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo formada por ocho tallos florales, requiriéndose 32 tallos por tratamiento y 192 para todo el experimento.

### Cosecha de tallos florales

Los tallos florales se cosecharon de una plantación de aproximadamente 11 años de edad sin manejo agronómico (excepto el control manual de malezas). Cada matoro seleccionado tenía entre 8 y 10 plantas en etapa de apertura floral.

La cosecha se efectuó entre las 7:00 y 8:00 am, los tallos se trasladaron al laboratorio, donde se les realizó un corte diagonal para homogeneizar la longitud a 70 cm.

### Variables evaluadas

#### Número de días de vida de florero

Número de días transcurridos desde el momento en que se introdujeron los tallos al florero con agua, hasta que las flores perdieron su valor estético (cuando los pétalos cambiaron de color azul a café y los sépalos de color naranja a café claro).

#### Número de flores emergidas por espata

Número de flores completamente abiertas por tallo floral hasta que perdieron su valor estético.

#### Peso fresco inicial y final de tallos florales

El peso inicial (PI) se determinó antes de colocar los tallos florales en un recipiente con 1.0 L de agua purificada. El peso final (PF) se efectuó el día que perdieron sus características ornamentales. Ambas características, se determinaron diariamente, utilizando una balanza electrónica Modelo SF-400 con una capacidad de 5000 g x 1g.

Cada tercer día se cambió el agua de los recipientes y se realizó un corte de 10 mm en la base de los tallos para facilitar la absorción. Durante el desarrollo del experimento, se mantuvo la temperatura entre 22 y 26 °C y la iluminación con luz natural fue en promedio de 0.31 Klx a las 8:00 am y de 0.32 Klx a las 14:00 pm. Estas determinaciones se realizaron con un Luxómetro portátil Marca Hanna Instruments (Modelo HI 97500).

### Pérdida de peso en porcentaje

Para determinar esta variable se utilizó la fórmula  $PF-PI/PI \times 100$ . Donde:

PF: Peso final.

PI: Peso inicial.

### Análisis estadísticos

A las variables evaluadas se les aplicó el análisis de varianza y la prueba de medias por el método de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) a las variables evaluadas. Para lo anterior, se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

### Resultados

#### Número de días de vida de florero

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas sólo para el factor localidades, para las etapas de apertura floral no hubo diferencias, ni tampoco interacción entre factores. Los tallos florales cosechados en El Izote tuvieron mayor vida de florero, que los de la Unidad Académica de Agricultura (Tabla 2).

Factor Localidades	Medias* (días)	Grupos estadísticos
El Izote	18.67	a
Unidad Académica de Agricultura	15.92	b

**Tabla 2** Prueba de medias (Tukey  $\alpha= 0.05$ ) para número de días de vida de florero, para el factor localidad. \*Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales.

Estos resultados pueden atribuirse a que las características del suelo influyeron en la nutrición del cultivo.

El análisis de suelos de la localidad de El Izote reportó contenidos de 754 ppm de Ca, 554 ppm de Mg y 758 ppm de K, así como pH moderadamente ácido, mientras que para la Unidad Académica de Agricultura estos valores fueron menores (137 ppm de Ca, 190 ppm de Mg y 421 de K). En este sentido Halevy y Mayak, (1979) señalaron que la deficiencia de Ca, Mg y K durante el cultivo de especies ornamentales disminuyó la actividad fotosintética de la planta y afectó la vida postcosecha de las flores cortadas.

Así también, los resultados coinciden con los publicados por Gosek y Carvalho (2010), quienes realizaron un estudio con Ave del Paraíso cultivado en contenedores durante 72 semanas. A los dos sustratos seleccionados agregaron 0, 20, 40 y 60 % de vermicomposta, y encontraron un incremento del número de hojas, área foliar y número de inflorescencias a medida que se aumentó este porcentaje, finalmente determinaron que con 60 % de vermicomposta se aportaron las mayores cantidades de Ca, Mg y K (8.42, 7.28 y 0.78 cmolcdm<sup>-3</sup>, respectivamente).

#### Número de flores emergidas por espata

El análisis de varianza identificó diferencias altamente significativas entre localidades, etapas de apertura e interacción significativa entre ambos factores. La etapa de espata abierta con una flor obtuvo 3.18 flores emergidas y se consideró estadísticamente superior que las etapas de espata semiabierta con 2.59 flores y de espata cerrada con 1.51 flores. Los resultados por tratamientos se encuentran en la tabla 3.

Tratamientos	Medias* (Número)	Grupos estadísticos
El Izote, espata abierta con una flor	3.21	a
UAA, espata abierta con una flor	3.15	a
El Izote, espata semiabierta	2.99	a b
UAA, espata semiabierta	2.09	b c
El Izote, espata cerrada	2.00	c
UAA, espata cerrada	1.03	d

**Tabla 3** Prueba de medias (Tukey  $\alpha= 0.05$ ) para número de flores emergidas por espata en los tratamientos. \*Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales.

En esta variable se obtuvo un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.81, y dado que indica que el modelo estadístico utilizado explica un 81 % de la variabilidad existente en el número de flores abiertas, es un indicador que facilita elegir el mejor tratamiento.

### Pérdida de peso en porcentaje

El análisis de varianza para esta variable identificó diferencias estadísticas altamente significativas en los dos factores en estudio y entre tratamientos. La prueba de medias por Tukey agrupó a cuatro tratamientos como estadísticamente superiores e iguales entre sí, con valores medios entre 23.31 y 28.88 % de pérdida de peso (Tabla 4). Al respecto, Havel y Mayak (1979) mencionan que la pérdida de peso en las flores de corte, se produce por su avance hacia la senescencia, lo cual provoca una menor retención de agua a nivel celular, y la deshidratación de las células.

Tratamientos	Medias* (%)	Grupos estadísticos
El Izote, espata abierta con una flor	28.88	a
UAA, espata abierta con una flor	28.28	a b
El Izote, espata semiabierta	26.63	a b
El Izote, espata cerrada	23.31	a b
UAA, espata semiabierta	21.81	b
UAA, espata cerrada	14.92	c

**Tabla 4** Prueba de medias (Tukey  $\alpha= 0.05$ ) para la pérdida de peso en los tratamientos. \*Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales.

### Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por los Ingenieros Agrónomos Aldo Gabriel Tejeda Cervantes y Carlos Magaña Acosta.

### Conclusiones

Las inflorescencias del ave de paraíso deben ser cosechadas justo cuando emerge la primera flor de la espata para lograr un mayor número de flores emergidas.

Los tallos florales procedentes de la localidad con suelos con mayor contenido de Ca, Mg y K y pH moderadamente ácido tuvieron mayor vida de florero y número de flores emergidas por espata.

### Referencias

- Aterhortua, G. L. (1998). Ave del paraíso *Strelitzia*, *Gingers* *Alpinia*, *Heliconias*. Ediciones Hortitecnia Ltda. Santafé de Bogotá, D.C. 66 p.

Baltazar, B. O. & Figueroa R. K.A. (2009). Flores que atrapan tu mirada. CP. Montecillos, Estado de México. 80 p.

Bayogan, E.R.V., Jaroenkit, T. & Paull, R.E. (2008). Postharvest life of Bird of Paradise inflorescences. Postharvest Biology and Technology. (48) 259-263.

Halevy, A. H.& Mayak, S. (1979). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 1. Horticul. Re. 1:204-236.

Gosek, C.F. & Carvalho, R.I.N. (2010). Cultivo de Ave do Paraiso em diferentes substrates. Scientia Agraria.(11) 9-18.

Magaña, A.C. (2013). Apertura floral y vida de florero de Ave del Paraiso (*Strelitzia reginae* Aiton). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Nayarit.

Sangwanangkul, P., Saradhdulhat, P & Paull, R.E. (2008). Survey of tropical cut flower and foliage responses to irradiation. Postharvest Biology and Technology. (48) 264-271.

**Efecto antifungico del extracto etanolico de estigmas de maíz (*Zea mays*)**

GÓMEZ, Guadalupe\*†, LEÓN, Jiezer, MONCADA, Delfino y RODRIGUEZ, Alberto

*Universidad Politécnica de Pénjamo*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

**Resumen**

Objetivo: Probar el efecto antifungico del extracto etanolico de estigmas de maíz vs *Rhizoctonia solani*.

Metodología: Para obtener el extracto etanolico se realizo la recolección de estigmas de maíz. El extracto se macero durante 24 h, se filtro y el sobrente fue colocado en un rotavapor hasta la eliminación total del solvente. El efecto del extracto vs *Rhizoctonia* se evaluo en cajas con PDA con una concentración de extracto de 1, 10, 100, 200, 300 y 500 microlitros/ml. Para analizar el efecto del extracto en las plántulas de chile, plantas germinadas en agar agua se inocularon con aproximadamente 2 mm<sup>2</sup> de colonia de *Rhizoctonia solani* de 7 dias de crecimiento de PDA, posteriormente se adicionaron 300 y 500 microlitros/ ml del extracto y se evaluo su efecto.

Contribución: Demostramos que el extracto etanolico de estigmas de maíz presenta un efecto dosis dependiente respecto a la inhibición del crecimiento de *Rhizoctonia solani*, de igual manera presentamos los primeros indicios del efecto anti patogénico del extracto en la confrontación planta-patogeno-extracto.

**Estigmas, zeamays, antifungico**

**Citación:** GÓMEZ, Guadalupe, LEÓN, Jiezer, MONCADA, Delfino y RODRIGUEZ, Alberto. Efecto antifungico del extracto etanolico de estigmas de maíz (*Zea mays*). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:191-194

**Abstract**

Goal: Prove the anti fungi effect of the ethanolic extract of corn skil against *Rhizoctonia solani*.

Methods: In order to obtain the ethanolic extract of corn skils were colleted, which were ground and dehydrated. After its grounding, the mass was filtered and was placed in a rotavapor until the solvent was eliminated. The effects of the extract over the *Rhizoctonia solani* were evaluated using concentrations of 1, 10, 100, 200, 300 y 500 µL/mL. Germinated plants in wather agar were inoculated with approximately 2 mm<sup>2</sup> of *Rhizoctonia solani* which was grown for seven days in order to analyze the effects of the pepper plants. Later 300 and 500 m/ml of extract for the evaluation of the effects.

Contribution: Result show that the ethanolic extract of corn skil experience an inhibition of the *Rhizoctonia solani* growth, results also show the first indicators of the anti pathogenic effects of the extract.

**Skills, Rhizoctoniasp, Antifungi**

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: g.gomez@uppenjamo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El cultivo del chile (*Capsicum annuum*) en México tiene un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas, del cual se exportan cerca de 900 mil toneladas de chiles frescos, secos y en preparaciones (SIAP-SAGARPA, 2014), de ese total Guanajuato aporta 4000 Ha. Lo anterior posiciona al chile como un cultivo de importancia nacional; sin embargo los problemas fitosanitarios como la marchitez del chile, causada principalmente por *Phytophthora capsisi*, *Fusarium* spp y *Rhizoctonia solani*, llega a ocasionar daños de hasta por el 80%. Tradicionalmente, el control de estos fitopatógenos involucra la aplicación de pesticidas en los cultivos sin un control en la cantidad ni tiempos de degradación, por lo que los productos pueden contener residuos tóxicos y si son consumidos por el ser humano pueden perjudicar su salud (Vakurov y cols 2004). De ahí la necesidad del desarrollo de métodos alternativos para la reducción y eliminación de los fitopatógenos como el Biocontrol. Actualmente la capacidad antimicrobiana de los extractos vegetales se está incorporando a la técnica de biocontrol. Se ha demostrado que los estigmas de maíz son una fuente de flaovonoides (El-Ghorab y cols 2007), este grupo de moléculas se caracteriza por su efecto antimicrobiano Vs *Pseudomonas syringae* y antifúngico Vs *Botrytis cinerea* (Xie y cols 2015). Por lo anterior nuestro objetivo es probar el extracto etanólico Vs fitopatógenos de chile como biocontrol

## Metodología

Para obtener el extracto etanólico se realizó la recolección de estigmas de maíz, los cuales se almacenaron hasta su deshidratación y molienda. Al material deshidratado se le adicionó etanol y se dejó macerar durante 24 h, posteriormente se filtró y el sobrenadante fue colocado en el rotavapor hasta la eliminación total del solvente.

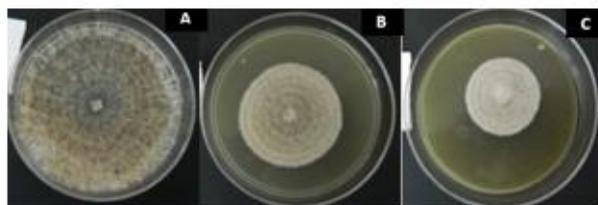
Para evaluar el potencial de los extractos Vs *Rhizoctonia solani* y otros patógenos de *Capsicum annuum* se adaptó el método empleado por Camele y cols 2012. En condiciones de esterilidad se tomó una porción de las cepas y se colocó en el centro de una caja Petri con PDA (Potato destrose agar) adicionado con 1, 10, 100, 200, 300 y 500  $\mu$ L/mL de extracto, se cuidó que el medio no excediera de los 40 °C cuando se adicionaron los extractos. Los efectos inhibitorios de los extractos contra los microorganismos analizados se determinó después de un periodo de incubación de 3-10 días a temperatura de 20  $\pm$  1 °C. El área de las colonias formadas se midió y el valor promedio se empleó para llevar a cabo un análisis de varianza (ANOVA) con un  $p < 0.01$ .

Para analizar el efecto del extracto en las plántulas de chile se adaptó el método empleado por Ramos-Sandoval y cols 2010. Se trataron semillas de chile serrano criollo con hipoclorito de sodio al 1 % por un minuto, se lavaron con agua destilada estéril y se secaron en papel estéril. Las semillas se colocaron en grupos de 20 en placas conteniendo agar agua (AA; 2.0 %), a 25 °C y fotoperíodo de 12 h luz. Cada 24 h y durante cuatro días, las semillas con crecimiento de microorganismos se mantuvieron en las placas y fueron desecharadas, mientras que las semillas aparentemente libres de microorganismos se transfirieron a nuevas placas conteniendo AA y ahí se conservaron para los experimentos. Al cuarto día, grupos de tres semillas libres de microorganismos se transfirieron a nuevas placas que fueron colocadas en forma inclinada sostenidas en fragmentos de unicel, y se mantuvieron a la misma temperatura y fotoperíodo. Semillas germinadas y con raíz (nueve días después de la siembra), se inocularon en el cuello con un fragmento de aproximadamente 2 mm<sup>2</sup> de colonia de *Rhizoctonia solani* de 7 días de crecimiento en PDA.

Como testigos se utilizaron plántulas inoculadas con el extracto y con *Rhizoctonia solani* individualmente, y plántulas sin inocular.

## Resultados

Inhibición del crecimiento de *Rhizoctonia* con el extracto etanólico de estímulos. El rendimiento del extracto etanólico de estímulos fue de 11.2 mL por cada 500 g de material fresco. El análisis del efecto antifúngico del extracto de estímulos de maíz presentó inhibición del crecimiento de *Rhizoctonia* a partir de los 300  $\mu$ L/mL. En la figura 1 podemos observar que el crecimiento disminuye en un 58 % cuando se emplea una concentración de 300  $\mu$ L/mL y un 77.3% con una concentración de 500  $\mu$ L/mL a los 7 días de crecimiento.



**Figura 1** Efecto inhibitorio del crecimiento de *Rhizoctonia solani* frente al extracto etanólico de estímulos. A) Control (sin extracto), B) 300  $\mu$ L/mL de extracto de estímulo C). 500  $\mu$ L/mL de extracto de estímulo.

Efecto antipatogénico del extracto etanólico de estímulos de maíz. El efecto antipatogénico del extracto se evaluó mediante las confrontaciones planta-patógeno-extracto. En la fig. 2b podemos observar que el extracto no presenta efecto sobre las plantas mientras que en la fig. 2C observamos la planta cubierta de *Rhizoctonia* sin embargo esta no presenta marchitez. El extracto se caracterizará para evaluar la o las moléculas responsables de la actividad biológica.



**Figura 2** Efecto del extracto etanólico de estímulos en confrontaciones planta-patógeno-extracto A) Plantulas de chile. B) Plantas con extracto C) confrontación planta-patógeno-extracto.

## Agradecimiento

Se agradece el apoyo institucional para el desarrollo de este trabajo a la Universidad Politécnica de Penjamo. De igual manera al Dr. Mario Martín González Chavira de INIFAP Celaya por la donación de los fitopatógenos.

## Conclusiones

El extracto etanólico de estímulos de maíz presenta un efecto dosis dependiente respecto a la inhibición del crecimiento de *Rhizoctonia solani*, de igual manera se presentan los primeros indicios del efecto anti patogénico del extracto de estímulos de maíz frente a *Rhizoctonia solani*.

## Referencias

Camele I, Altieri L, De Martino L, De Feo V, Mancini E, Rana GL. 2012. In vitro control of post-harvest fruit rot fungi by some plant essential oil components. Int J Mol Sci. 13(2):2290-300

El-Ghorab A, El-Massry KF y Shibamoto T. 2007. Chemical composition of the volatile extract and antioxidant activities of the volatile and nonvolatile extracts of Egyptian corn silk (*Zea mays* L.). J Agric Food Chem 55(22):9124-7

Ramos-Sandoval RU, Gutiérrez-Soto JG, Rodríguez-Guerra R, Salcedo-Martínez SM, Hernández-Luna CE, Luna-Olvera HA, Jiménez-Bremont JF, Fraire-Velázquez S, Almeyda León IH. 2010. Antagonismo de dos Ascomicetos Contra *Phytophthora capsici* Leonian, Causante de la Marchitez del Chile (*Capsicum annuum* L.). Revista Mexicana de Fitopatología, 28(2):75-86

Vakurov A, Simpson C, Daly C, Gibson T and Millner P. 2004 Acetylcholinesterase-based biosensor electrodes for organophosphate pesticide detection: I. Modification of carbon surface for immobilization of acetylcholinesterase. Biosensors and Bioelectronics 20(6):1118-1125

Xie YR, Raruang Y, Chen ZY, Brown RL, Cleveland TE. 2015. ZmGns, a maize class I B-1,3-glucanase, is induced by biotic stress and possesses strong antimicrobial activity. J Integr Plant Biol 57(3):271-83

## Producción de compostas con desechos orgánicos para el aprovechamiento de agua en el suelo

VALERO-SORIA, Hever Alan\*†, RUTIAGA-ROMERO, Maricarmen, MORENO-HERNÁNDEZ, Victor Eduardo y SARIÑANA-CAMPA, Ma Elena

*Universidad Tecnológica de Rodeo*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

En los sistemas de permacultura se trata de aprovechar cualquier tipo de recurso natural que este a la mano pero cuidando del entorno y como de igual manera ver cuáles son las desventajas que hay y como convertirlas en beneficios. Una de las técnicas de permacultura más importantes para ayudar al medio ambiente es la producción de compostas utilizando desechos orgánicos como materia prima. Que servirán para generar un producto que una vez obtenido sea de beneficio para las plantas y el suelo. Como se sabe, los agricultores son muy dependientes de los agroquímicos que son muy dañinos para la salud humana, el medio ambiente y también alteran las características físicas-químicas del suelo provocando su desertificación, salinización y erosión. Una alternativa de solución para los suelos, es la utilización de compostas que se convierte en la principal y más importante ayuda para hacerlo fértil, con mayor cantidad de nutrientes y una mejor retención del agua.

**Materia Orgánica, composta, desechos, nutrientes.**

### Abstract

Permaculture systems it comes to take advantage of any natural resource that is handy but taking care of the environment and as equally see what disadvantages exist and how to turn them into profits. One of the most important permaculture techniques to help the environment is the production of compost using organic waste as raw material. Which will serve to generate a product that once it is obtained it will be beneficial to plants and soil. As you know, farmers are highly dependent on chemicals that are very harmful to human health, the environment and also alter the physicochemical characteristics of the soil leading to its desertification, salinization and erosion. An alternative solution to the soil is to use compost that becomes the primary and most important help to make it fertile, with more nutrients and better water retention.

**Organic waste, compost, waste, nutrients**

**Citación:** VALERO-SORIA, Hever Alan, RUTIAGA-ROMERO, Maricarmen, MORENO-HERNÁNDEZ, Victor Eduardo y SARIÑANA-CAMPA, Ma Elena. Producción de compostas con desechos orgánicos para el aprovechamiento de agua en el suelo. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:195-199

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [hever.valero@utrodeo.edu.mx](mailto:hever.valero@utrodeo.edu.mx))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad la necesidad de ser autosuficientes no es un privilegio sino una obligación, debido a todos los cambios que se están efectuando en el medio ambiente donde vivimos, por lo cual la aplicación de distintas técnicas de permacultura son opciones muy buenas para crear sistemas autónomos e independientes de los grandes comercios. En los sistemas de permacultura se trata de aprovechar cualquier tipo de recurso natural que este a la mano pero siempre cuidando del entorno y como de igual manera ver cuáles son las desventajas que hay y como convertirlas en beneficios. Una de las técnicas de permacultura más importantes para ayudar al medio ambiente es la producción de composta utilizando desechos orgánicos como materia prima. Ésta es una práctica muy sencilla y económica porque se están utilizando los residuos que muchas de las veces se consideran como basura, por ejemplo, desechos de jardinería, de cosecha, estiércol de ganado, cenizas, etc. Que servirán para generar un producto que una vez obtenido sea de beneficio para las plantas y el suelo.

Uno de los problemas que se tiene en los suelos es su incapacidad para retener el agua, lo cual repercute directamente en árboles, áreas verdes, plantíos agrícolas y todo lo que sea dependiente de él. Se convierte en un suelo más débil y con menor capacidad para transmitir los nutrientes necesarios. Como se sabe, los agricultores son muy dependientes de los agroquímicos que son muy dañinos para la salud humana, el medio ambiente y también alteran las características físico-químicas del suelo provocando su desertificación, salinización y erosión. Una alternativa de solución para los suelos, es la utilización de compostas que se convierte en la principal y más importante ayuda para hacerlo fértil, con mayor cantidad de nutrientes y una mejor retención del agua.

## Metodología

Para la producción de composta se utilizaron distintos desechos orgánicos:

- Estiércol Bovino
- Desechos de Jardinería
- Ceniza
- Melaza
- Levadura
- Tierra
- Agua

Para llevar a cabo la elaboración se realizaron porciones de los distintos materiales de acuerdo a su composición. También se determinó el lugar de alojamiento de la composta, el cuál debe ser un lugar seco y cerrado para evitar que se moje o pierda humedad debido al sol o lluvia. Como primer paso se realizó una mezcla líquida de levadura, melaza y agua, que dicho de otra manera es el medio para iniciar y acelerar el proceso de descomposición de los desechos orgánicos. Luego los materiales fueron colocados en capas hasta alcanzar una pila de 1.5m de altura. Por último se hizo un volteo uniforme de la pila, humectándola con la mezcla líquida y agua suficiente. Periódicamente se monitorearon distintos factores importantes, por ejemplo: Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, Capacidad de Campo, Densidad y Materia Orgánica. Esto con el fin de obtener un buen producto y en el caso de que se presentara una anomalía, tratarla a tiempo para no descuidar la producción.

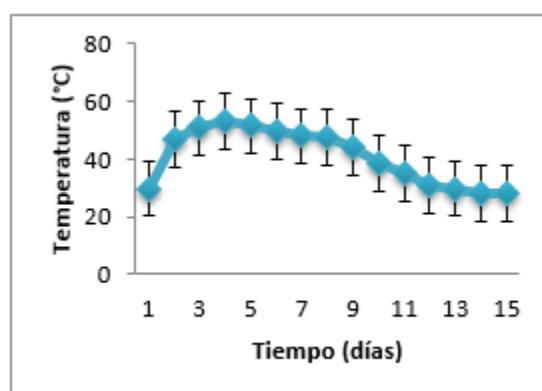


Gráfico 1 Temperatura

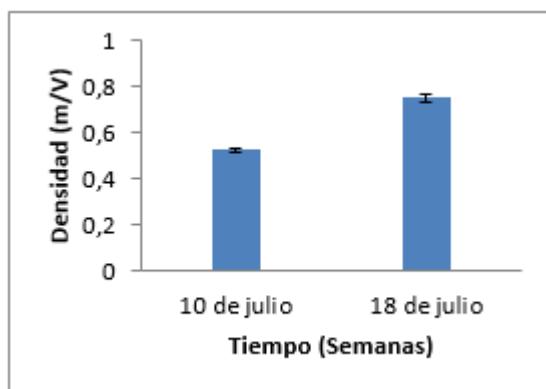


Gráfico 2 Densidad

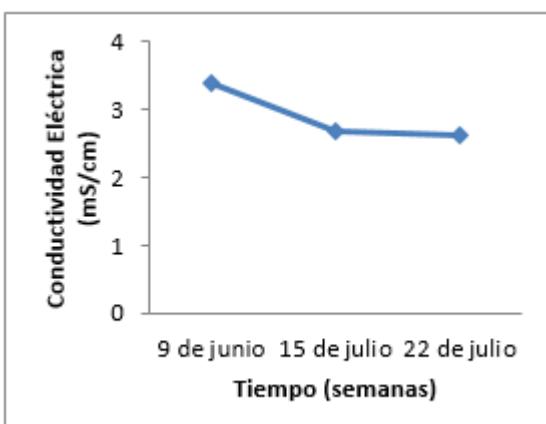


Gráfico 3 Conductividad Eléctrica

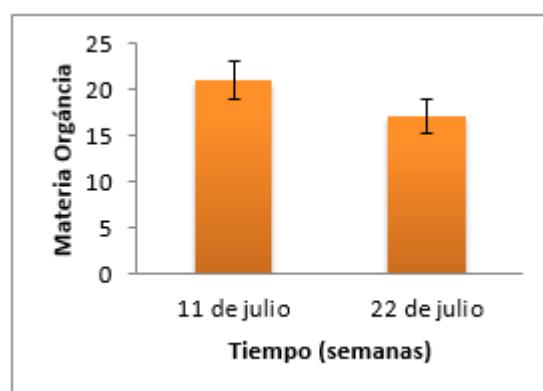


Gráfico 4 Materia Orgánica

## Resultados

En los resultados de pH indican valores muy elevados por encima de 9 lo que dice que se encuentra en un ambiente alcalino. De acuerdo a lo citado por Olivia Castrillón y Colaboradores (2006) que menciona que el pH es significativo en el crecimiento de bacterias y levaduras en pilas aireadas con un valor de 8-9.

En la densidad del Bocashi se presentó un aumento durante el proceso con un rango aproximado de 0.52-0.75, los cuales presentan coincidencia con lo citado por Ramón Rodríguez y Colaboradores (2013), en el artículo Compostaje de bagazo de agave crudo y biosólido, quien recomienda altos valores de densidad aparente (0.5 - 0.75 g/cm<sup>3</sup>) para árboles y plantas que se cultivan al aire libre

La capacidad de campo indica una pequeña disminución en la capacidad de retención de agua por parte del Bocashi, pero en comparación con los resultados presentados en un estudio de Miguel Pérez y Colaboradores (2011) sobre caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar que muestran un rango de 40-70% de humedad como lo más recomendable para una mejor degradación.

Mediante la aportación de residuos absorbentes como pajas y estiércol que fue lo que se usó para la producción de Bocashi, la capacidad de campo obtenida entra dentro del rango.

En la materia orgánica se muestra una disminución debido al aumento de la densidad y también porque hubo una mineralización del Carbono a CO<sub>2</sub> presente en el Bocashi. En comparación de resultados con lo citado por María Altamirano y Carlos Cabrera (2006), que menciona un rango para materia orgánica de 10-30%, los resultados de la materia orgánica del Bocashi, están en promedio dentro del rango óptimo.

Se muestra un aumento de la temperatura durante los primeros días de compostaje, esto debido a la acción de los microorganismos en los nutrientes. Conforme fueron avanzando los días la temperatura fue disminuyendo porque se terminaron los nutrientes y los microorganismos comenzaron a desaparecer. Conforme a lo citado por Francis Pierre y colaboradores (2009), donde se menciona que la temperatura de un compost debe alcanzar temperaturas por encima de los 45°C.

## Conclusiones

Se obtuvo valores de capacidad de campo de aproximadamente 45.5%, lo que ayudará a los árboles y áreas verdes donde sea depositada la compostada, en retener el agua por más tiempo.

Se obtuvo valores de temperatura adecuados por arriba de los 50°C. Esto es muy importante porque entre más temperatura exista habrá mayor cantidad de microorganismos que degraden la materia orgánica, haciendo la compostada más rica en nutrientes.

Se redujo los valores de conductividad eléctrica, lo cual quiere decir que lleva menos cantidades de sales para el suelo.

En cuanto a los valores de pH, a lo largo del proceso de obtuvieron valores de 9 y 8, lo que mantenía la compostada en un ambiente alcalino, y de acuerdo a lo citado por varios autores, una compostada debe mantener estos valores para tener un crecimiento significativo en bacterias y hongos descomponedores.

Durante el proceso de compostaje hubo una mineralización de carbono CO<sub>2</sub> y por ende una disminución de materia orgánica y un aumento en la densidad de la compostada.

## Referencias

- Avilés, S. 1998. Abono tipo bocashi. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Primera Edición. 2-5 pp.
- Abdennaucer, H., Kaouala, B., Naceur, J., Ameur, Ch., Mohamed, Ch., Abdellatif, B. 2001. Caracterización microbiana durante el compostaje de los residuos sólidos municipales. Bio- Tecnología. 217: 217-225.
- Bayeta-Hall, L., Saagua, MC, Bartolomé, ML, Anselmo, AM, Rose, MF 2002. El compostaje y valorización de los residuos producidos en la estación de proceso de aceite de forma continua. Boletín de la Biotecnología. 72: 31-37.
- Cedeño Z. José L. 2005. Alternativas eco-amigables para el uso de estiércol bovino, 1ra parte.<http://www.engormix.com/MA-ganadería-carne7manejo/artículos/alternativas-ecoamigables-uso-estiércol-t560/124-p0.htm>. Recopilado el 17 de mayo de 2014.

Cabrera, P. 2001. Aboneras tipo bocashi. Seguridad Alimentaria y Nutricional (FoodFacility) FAO/Unión Europea. Primera Edición. 1-10 pp.

Costa, F., García, C., Hernández, T., Polo, A. 1995. Residuos orgánicos urbanos: manejo y utilización. 2<sup>a</sup> Ed., Ed. CSIC, España.

Castrillón, O., Bedoya, O., Montoya, D. 2006. Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. Producción+Limpia. Volumen 1. Nº 2: 87

[www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista+Limpia/Vol1n2/p+l\\_v1n2\\_87-98\\_compost.pdf](http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista+Limpia/Vol1n2/p+l_v1n2_87-98_compost.pdf) Actualizada en Mayo de 2008.

Crespo M, Gonzales D, Rodriguez R. 2013. Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Vol. 4. No 8.

## **Extracción en proceso continuo de oleoresinas de chile seco (*capsicum annuum* spp) a nivel laboratorio**

ARREGUIN, Javier\*†, BAUTISTA, Simeon, PEREZ, Ma. Cristina Irma y RAMOS, Maribel

*Instituto Tecnológico de Celaya*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### **Resumen**

Se han propuesto varias metodologías industriales para la extracción de la oleoresina de chile, cuyos rendimientos son de 7.8 % en oleoresina, se han realizado muchas investigaciones sobre la obtención de oleoresina de chile desde el análisis de la materia prima hasta la depuración y eliminación del disolvente (Loayza, 2001). El objetivo de este trabajo es proponer un proceso de extracción sólido-líquido llamado shanks; proceso de extracción de oleoresinas considerado continuo; para medir y comparar los rendimientos y la efectividad del proceso shanks con el proceso por lote, para lo cual se utilizaron los mismos factores que interviene en el proceso por lote, en el proceso shanks, y para hacer el comparativo de ambos procesos se realizó el diseño experimental igual que en el proceso por lote. El primer estudio consistió en determinar la concentración de capsaicinoides y el segundo estudio consistió en determinar la concentración de carotenoides presentes en las oleoresinas de chile guajillo. Por lo cual los rendimientos fueron en el primer estudio un rendimiento de oleoresina en capsaicinoides del 74% y en un segundo estudio un rendimiento de oleoresina en carotenoides del 94% a partir de una misma harina de chile de guajillo.

**Shanks, Capsaicinoides, Carotenoides.**

### **Abstract**

Have proposed several industrial methods for the extraction of oleoresin chili, whose yields are 7.8% in oleoresin, there have been many inquiries about obtaining oleoresin chili from the analysis of raw materials to the treatment and disposal of solvent (Loayza, 2001). The aim of this paper is to propose a process called solid-liquid extraction shanks; oleoresin extraction process considered continuous; to measure and compare the performance and effectiveness of the shanks process with the batch process, for which the same factors involved in the batch process, the shanks process is used, and to make the comparison of the two processes took place on experimental design as in the batch process. The first study was to determine the concentration of capsaicinoids and the second study was to determine the concentration of carotenoids present in the oleoresin guajillo chili. Therefore yields were in the first study oleoresin yield of 74% capsaicinoids and a second study, a carotenoid oleoresin yield of 94% from the same flour guajillo chili.

**Shanks, Capsaicinoids, Carotenoids.**

---

**Citación:** ARREGUIN, Javier, BAUTISTA, Simeon, PEREZ, Ma. Cristina Irma y RAMOS, Maribel. Extracción en proceso continuo de oleoresinas de chile seco (*capsicum annuum* spp) a nivel laboratorio. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-2:200-203

---

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jaarreguin@itess.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los chiles, respecto a su clasificación científica, son frutos de las plantas pertenecientes a las especies y variedades del género *Capsicum*, de la familia Solanaceae (al igual que el tomate, la patata, el tabaco o la berenjena). Posee una gran variabilidad genética que lleva a que existan varias posturas con respecto a su denominación botánica (Jurenitsch y col, 1979).

El fruto de esta planta ha sido y es usado ampliamente por todo el mundo, bien como alimento, como especia, por su sabor, aroma y color, o como medicina, por sus marcadas propiedades curativas de determinadas afecciones.

Gran parte de la demanda de los chiles en todo el mundo, principalmente en la zona de América Central y América del Sur, es debida al sabor picante que presentan muchas variedades de chiles y que es debido a la presencia de capsaicinoides.

No obstante, hoy en día la situación agrícola del país (Méjico) ha generado un gran rezago en los campos de producción, agudizándose un poco más en los lugares donde la producción se destina básicamente al autoconsumo, no así en las zonas donde la producción tiene visiones empresariales donde los campesinos luchan día a día por obtener los mejores rendimientos y las mejores calidades para competir a la hora de salir al mercado.

Por ello, es importante conocer a fondo lo que está por venir y que, sobre todo ponen en riesgo el mercado de este cultivo ya que al haber mucho más apoyo, la producción se incrementará disminuyendo así las necesidades de importación y abriendo las fronteras para exportar nuestro producto en todo el mundo.

Por varias razones adversas que tienen los productores de chile en México, se pretende con el presente trabajo proponer una alternativa tecnológica para incrementar sus ganancias de producción obteniendo oleoresinas de chile guajillo para su posterior utilización en la industria alimentaria (carotenoides) y en la industria agrícola como repelente orgánico de plagas y enfermedades en plantas (capsaicinoides); en un proceso de extracción sólido-líquido continuo llamado shanks a nivel laboratorio; teniendo como base los factores del proceso por lote (relación disolvente-disolvente, relación harina-disolvente, temperatura y tiempos de extracción) que intervienen en ambos procesos de extracción y considerando que partimos de una misma harina chile guajillo para obtener las dos oleoresinas y así aprovechar para obtener dos productos de una misma materia prima.

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente.

### Extracción en proceso continuo de oleoresinas de chile seco (*capsicum annuum* spp) a nivel laboratorio

#### 1 Materia prima

#### 2 Disolventes utilizados para la extracción

#### 3 Equipos utilizados

#### 4 Métodos

##### 4.1 Selección de la materia prima

##### 4.2 Secado del producto

##### 4.3 Eliminación de semilla y pata

##### 4.4 Molienda

##### 4.5 Tamizado

##### 4.6 Almacenamiento

##### 4.7 Diseño del proceso de extracción de oleoresinas de picor y color de una misma harina inicial

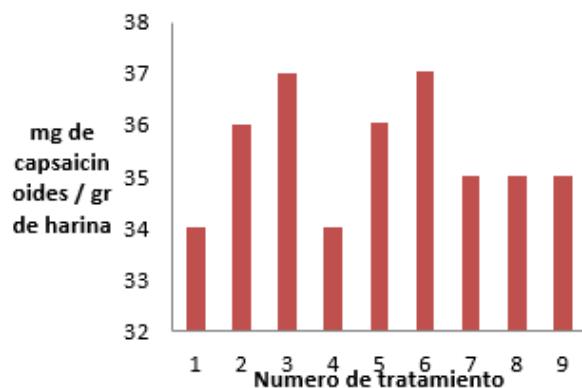
##### 4.8 Proceso de extracción para capsaicinoides (Primera extracción)

###### 4.8.1 Metodología Taguchi

###### 4.8.2 Recuperación del solvente

- 4.9 Proceso de extracción para carotenoides (Segunda extracción)
- 4.9.1 Metodología Taguchi
- 4.9.2 Recuperación del solvente
- 4.10 Métodos analíticos
- 4.10.1 Determinación de humedad
- 4.10.2 Determinación del contenido de capsaicinoides en harina
- 4.10.3 Determinación del contenido de capsaicinoides en oleoresina
- 4.10.4 Determinación de carotenoides totales y unidades ASTA en harina
- 4.10.5 Determinación de carotenoides totales y unidades ASTA en oleoresina

**Inclusión de Graficos, Figuras y Tablas- Editables preferentemente**

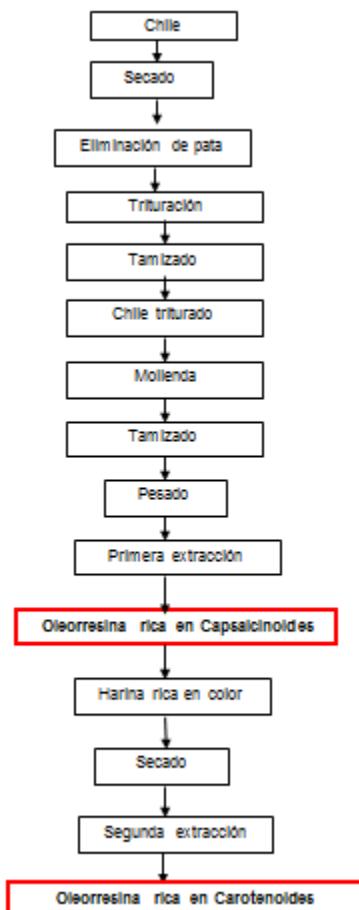


**Grafico 1** Concentración de Capsaicinoides en oleoresina



**Figura 1** Sustancia oleosa (oleoresina) rica en capasaicinoides,

**Metodología a desarrollar**



## Resultados

De acuerdo a la metodología Taguchi, la superficie de respuesta muestra los resultados promedio en base a los rendimientos, para el proceso de extracción de capsaicinoides en proceso continuo a nivel laboratorio los siguientes:

NIVELES	A	B	C	D
1	9.3	8.8	9.7	8.1
2	9.5	9.6	9.1	9.7
3	9.3	9.7	9.3	10.2

A: HARINA = 20 g  
 B: DISOLVENTE = 125 g  
 C: TIEMPO = 10 min.  
 D: TEMPERATURA = 35 °C

De acuerdo a la metodología Taguchi, la superficie de respuesta muestra los resultados promedio en base a los rendimientos, para el proceso de extracción de carotenoides en proceso continuo a nivel laboratorio los siguientes:

NIVELES	A	B	C	D
1	2.20	2.44	2.38	2.85
2	2.09	2.11	1.89	2.15
3	2.02	1.77	2.05	1.30

A: HARINA = 15g  
 B: DISOLVENTE = 75 g  
 C: TIEMPO = 10 min.  
 D: TEMPERATURA = 25 °C

## Agradecimiento

Agradecemos a las siguientes instituciones debido a que parte de este proyecto fue financiado por CONACYT y SAGARPA

## Conclusiones

Es conveniente optimizar el proceso de extracción de capsaicinoides antes de pasar a la segunda extracción, porque pienso que al utilizar más matraces, la harina final que se obtenga de este proceso va a estar más agotada en capsaicinoides, por lo cual sería más fácil hacer la extracción de carotenoides en la segunda extracción.

Se está haciendo un monitoreo de capsaicinoides en la primera extracción, utilizando en el proceso dos matraces, como ya obtuvimos la relación que nos conviene utilizar para un proceso de tres matraces se hará otro monitoreo de los capsaicinoides para poder estar seguros que al utilizar más disolvente.

Más matraces obtenemos una mayor cantidad de capsaicinoides.

## Referencias

Aguado Cruz G, 2001. Establecimiento de un método de extracción de Capsaicinoides en el proceso de obtención de oleoresinas de chile seco (genero Capsicum) Tesis Profesional de Licenciatura de Ingeniería Bioquímica. Febrero.

Alonso Báez M, Tijerina Chávez L, 2001. Producción de chile jalapeño con fertirriego como función de la tensión de humedad del suelo, nutrición nitrogenada y potásica. Diciembre pp. 209-215

Amaya Guerra CA, Othón Serna SR, Cárdenas E, y Nevero JA, 1997. Evaluation of different solvent systems for the extraction and fractionation of oleoresins from guajillo Peppers. Archivos Latinoamericanos de Nutricion 47 (2): 127 – 130.

Anaya López JL, 2002. Detección de resistencia o tolerancia a la mezcla de germinivirus PepGMV-PHV en chile. Instituto Tecnológico de Celaya. P 43-44.

Appendino G, 2008. Capsaicin and Capsaicinoids. p. 73 -110. En: E. Fat torusso y O. Taglialatela -Scafati (eds. ), Modern Alkaloids: Structure, Isolation, Synthesis and biology. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Weinheim, Alemania.

## Evaluation of the distilled quality of agave poblano produced artisanally

RINCÓN, Celina\*†, NAVARRO, Enrique, HERRERA, Jorge y BRAVO, Ariadna

*Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros. Prolongación Reforma 168, Barrio Santiago Mihuacán, Izúcar de Matamoros, Puebla, 74420*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

En este trabajo se realizó un diagnóstico del proceso de obtención del destilado de agave en cinco palenques del estado de Puebla, para determinar su calidad. Los Palenques involucrados fueron: dos de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, uno de Tepeojuma, uno de Xochitlán Todo Santos y uno de Huhuetlán el Grande; a cada una de las muestras se les realizaron análisis de: pH, acidez, sólidos totales, grado alcohólico, de acuerdo a normas oficiales, metanol y alcoholes superiores por cromatografía de gases. Los principales compuestos volátiles que se identificaron fueron metanol, isopropanol, butanol, hexanol, pentanol y el ácido acético. El análisis ANOVA entre los palenques muestra que existen diferencias significativas entre el metanol, pH, grado alcohólico y acidez titulable ( $p < 0.05$ ). Comparando los resultados obtenidos con la norma mexicana la mayoría de los parámetros se encuentran fuera del rango establecido, por lo tanto, es necesario estandarizar y mejorar las prácticas de producción del destilado de agave, en un principio al interior de cada palenque y en una etapa posterior entre los diferentes palenques del estado de Puebla con la finalidad de mejorar la calidad del producto terminado.

**Destilado de agave, calidad, cromatografía de gases, ANOVA**

### Abstract

In this work was realized a diagnosis of the process of obtaining of distilled from agave in five factories of Puebla State to determine his quality. We studied five artisanal Palenque factories (two in San Diego La Mesa Tochimiltzingo, one in Tepeojuma, one in Xochitlán Todo Santos and one in Huhuetlán el Grande). Ph, acidity, total solids, alcoholic strength, methanol and higher alcohols were analyzed by gas chromatography. An analysis of ANOVA showed significant differences between methanol, pH, alcoholic strength, acidity, ( $p < 0.05$ ). The main volatile compounds identified corresponded to, methanol isopropanol, butanol, hexanol, pentanol and acetic acid. A comparison with Mexican standards showed that most of the parameters are outside the set range, therefore, it is necessary to standardize and improve distilled production practices from agave, initially within mezcal artisanal factories and at a later stage between different palenques from the state Puebla in order to improve the quality of the finished product.

**Distilled from agave, quality, gas chromatography, ANOVA**

**Citación:** RINCÓN, Celina, NAVARRO, Enrique, HERRERA, Jorge y BRAVO, Ariadna. Evaluation of the distilled quality of agave poblano produced artisanally. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:204-212

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [celinarm@hotmail.com](mailto:celinarm@hotmail.com))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La denominación de origen de las bebidas alcohólicas depende del lugar y la materia prima de la que provienen. En México hay cinco bebidas alcohólicas destiladas que tienen denominación de origen: mezcal, tequila, bacanora, sotol y charanda (Carrillo, 2007).

Existen más de 300 especies de plantas de agave y de éstas, alrededor de 200 se encuentran en México (Cedeño, 1995). Son explotadas para la producción de destilados alcohólicos que son generalmente conocidos con el nombre de mezcal (Lappe-Oliveraso, et al., 2008). La palabra mezcal proviene del náhuatl mexcalli, que significa maguey cocido. El Agave tequilana Weber variedad azul se utiliza para la producción de tequila y el A. potatorum y el A. angustifolia para la preparación de mezcal.

La NOM- 070-SCFI-1994 ha definido al mezcal como una bebida alcohólica regional obtenida por la destilación y rectificación de mostos preparados directamente con los azúcares extraídos de ciertas especies de agave. Los estados de la República Mexicana reconocidos con ésta denominación de origen son: Durango, Guerrero, Oaxaca, Zacatecas, San Luis Potosí (Fig. 1) en 2001 se incorporó el municipio de San Felipe, Guanajuato, y en 2003 se incorporaron 11 municipios de Tamaulipas entre los que se encuentran Bustamante, Tula, Miquihuana de Canales, Palmillas, así como los de San Carlos Arteaga, San Nicolás de Degollado y Burgos (Oliva, 2012). Sin embargo, aún sigue habiendo una gran cantidad de ausentes: los que se elaboran en el mismo estado de Oaxaca en la Mixteca, la Cañada y la Costa, los de Jalisco, como los Tuxca (de Tuexcacuesco) y la Raicilla, que se produce en los límites con Nayarit; el Sisal de Yucatán, el Comiteco de Chiapas y los mezcales de Sinaloa y Michoacán entre otros.

En resumen, hay más mezcales fuera que dentro de la denominación de origen (Carrillo, 2007); es el caso del Estado de Puebla donde para el año 2012 se sembraron y cosecharon 202 Ha, de las cuales se obtuvieron 24 156 toneladas de agave (SIAP, 2014); las cuales se aprovecharon principalmente para la producción de destilados.



**Figura 1** Estados de la República incluidos en la denominación de origen Mezcal. (FuenteAgave Magazine, 2007).

En el Estado de Puebla, el mezcal se hace con papalometl (*Agave potatorum*), maguey pitzometl (*Agave marmorata*), espadilla (*Agave angustifolia*) o a partir del pulque del maguey amarillo (*Agave salmiana* subsp. *salmiana*) (García- Mendoza, 2012). Ésta práctica es una fuente de ingresos en lugares marginados del estado como: Tlacotepec de Benito Juárez, Xochitlán todos Santos, San Diego la Mesa Tochimilzingo, Huehuetlán el Grande, Tepeojuma, por mencionar algunos, en los cuales ha cobrado fuerza como actividad económica. Dada la cercanía y las características geográficas similares de los lugares que cuentan con denominación de origen del mezcal y los lugares donde se elabora destilado de agave en el Estado de Puebla y para acceder a mejores mercados y precio; los productores de destilado de agave en Puebla desean que se amplíe a sus palenques la denominación de origen del mezcal.

Para ello realizan esfuerzos conjuntos con la Secretaría de Desarrollo Rural para producir destilados de agave dentro de las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones.

El proceso de elaboración del mezcal involucra 5 etapas principales que incluyen la recolección de las piñas, cocción y molienda de las mismas para extraer las azúcares, la fermentación y finalmente la destilación (Escalante-Minakata et al., 2012). En cada una de éstas etapas del proceso influyen diversos factores que tienen una relación directa con el rendimiento y la calidad del mismo (Vera – Guzmán et al., 2010); sin embargo, la producción de esta bebida sigue siendo artesanal y empírica, por lo que no se cuenta con un proceso estandarizado donde se establezcan parámetros cuantitativos para mejorar su calidad, la cual, junto con la composición química del mezcal, varía considerablemente de un fabricante a otro o de una región a otra. Esto limita su comercialización nacional e internacional, poniéndolo en desventaja con bebidas que tienen procesos de elaboración estandarizados (Hernández, 2014).

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un diagnóstico de las condiciones de elaboración del destilado de agave en palenques del estado de Puebla y conocer su calidad, para en una etapa posterior proponer mejoras que les permitan a los productores tener un producto con las características establecidas por la norma.

### Metodología a desarrollar

Se trabajó con cinco palenques, dos de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, uno de Tepeojuma, uno de Xochitlán Todo Santos y uno de Huhuetlán el Grande.

### Muestreo

Se llevó a cabo seleccionando Palenques del estado de Puebla. Una vez identificadas las zonas a muestrear, se procedió a visitar cada uno de los productores para obtener las muestras. En cada uno de ellos se tomaron cinco muestras, tres del proceso de producción, correspondientes a las fracciones de cabezas, cuerpo y colas y tres de producto terminado (producto almacenado).

### Análisis

A las muestras recolectadas se les determinó: pH, acidez, sólidos totales, grado alcohólico y contenido de metanol de acuerdo a normas oficiales, etanol y alcoholes superiores por cromatografía de gases.

Todos los solventes utilizados para la cromatografía de gases: metanol, etanol, butanol, isopropanol fueron grado HPLC marca JT-Baker, el ácido acético fue grado analítico marca Merck, el 1-pentanol utilizado fue de Sigma Aldrich.

### Preparación de la muestra

La determinación de alcoholes superiores y metanol se realizó con base en la NMX-V-014-1986 (Aceite Fusel). Para ello se tomaron muestras de 40 mL, y se depositaron en una probeta limpia, posteriormente se ajustó el grado alcohólico (40°) añadiendo agua destilada o etanol según fuera el caso. De esa muestra se tomaron 4 mL y se adicionó 1  $\mu$ L de la solución de estándar interno (SI) (1-pentanol 1ng/ $\mu$ L). Análisis cromatográfico.

### Análisis cromatográfico

Se usó un cromatógrafo de gases Autosystem XL acoplado a un espectrómetro de masas EM Turbomass, con una columna capilar (PE-WAX de 50 m x 0.25mm ID, df 0.25  $\mu$ m), y un programa de temperatura en el horno diseñado de la siguiente manera: temperatura inicial de 40 °C durante 8 minutos, una primera rampa a 10°C/min hasta 70 °C, segunda rampa a 2.5°C/min hasta 110°C y finalmente una rampa de 5° /min hasta 190°C y un régimen isotérmico durante 5 min, el programa de temperaturas en el inyector fue diseñado de la siguiente manera: temperatura inicial de en el inyector 150°C y una rampa de 20°C hasta 220 °C, se utilizó helio como gas acarreador a un flujo de 1.5 mLmin-1, el volumen de inyección fue de 1  $\mu$ L, la temperatura de la fuente de ionización se mantuvo a 150°C con una energía de ionización de 70 eV, la identificación de los analitos se efectuó por monitoreo selectivo de iones (SIR) de acuerdo a las siguientes condiciones:

Función 1 (m/z)	Función 2 (m/z)	Función 3 (m/z)
29.0	33.0	29.0
31.0	39.0	31.0
32.0	41.0	33.0
33.0	42.0	39.0
39.0	55.0	41.0
42.0	56.0	42.0
43.0	57.0	43.0
45.0	58.0	45.0
48.0	59.0	55.0
58.0	60.0	56.0
59.0	61.0	57.0
60.0	69.0	58.0
61.0	74.0	59.0
64.0		60.0
70.0		61.0
74.0		69.0
		70.0
		73.0
		74.0

**Tabla 1** Iones monitoreados en cada uno de los tres canales

### Control de calidad

Se preparó una curva de calibración de seis puntos con un factor de 0.1 (2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 y 0.070) con una mezcla de tres alcoholes y un ácido carboxílico (metanol, butanol, isopropanol y ácido acético) además del 1-pentanol (SI). Como parte del aseguramiento de la calidad, los seis puntos de la curva fueron inyectados alternadamente con las muestras analizadas para detectar cualquier variación en la sensibilidad del sistema.

## Análisis estadístico de los resultados

El análisis gráfico-estadístico se realizó con el paquete Statistica v. 12.0 (Statsoft, USA). La normalidad de los resultados se evaluó mediante la prueba de Kolgomorov-Smirnoff. El análisis de las diferencias entre los palenques se realizó mediante un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA). Se realizó la comprobación de la normalidad de los residuos y la prueba Post-Hoc LSD de Fisher con un valor de  $p<0.05$  para considerarlas significativas.

## Resultados

Parámetros	MET	ASup	pH	GA	ES	A
NMX-070	30-300	100-400		36-55	0.2-10	170
Medias						
Palenque	248	450	3.7	46	0.030	264
1	267	509	2.8	46	0.020	316
2	215	419	4.7	50	0.009	66
3	306	506	3.9	49	0.086	269
4	226	513	3.7	47	0.013	337
5	214	204	3.2	38	0.010	377
Coeficiente de variación %						
Palenque	23	45	22	9	244	58
1	23	24	9	4	43	22
2	28	58	13	6	100	52
3	9	18	6	3	176	17
4	20	56	18	3	46	45
5	20	16	22	15	0	62

**Tabla 2** Estadística Descriptiva

En la tabla 2 se muestra la estadística descriptiva de las muestras analizadas, se observa en general que en la mayoría de los palenques la cantidad de metanol se encuentra dentro de los límites que establece la norma, sin embargo en el palenque tres se encuentra por encima del rango establecido, esto podría ser debido a la desmetilación de pectinas de los agaves por efecto de las temperaturas altas y del pH ácido (Téllez, 1998).

Además, la intoxicación por ingesta de este compuesto es peligrosa debido a su oxidación a metanal (formaldehído) y ácido fórmico los cuales ocasionan lentamente la pérdida de la vista hasta la muerte (Guías para el manejo de Urgencias Toxicológicas).

Con respecto a los alcoholes superiores los palenques 1 al 4 se encuentran fuera de norma, este resultado indica que el mezcal podría aportar al licor un olor punzante y sabor picante al gusto (Boulton et al., 1995). La concentración de estos alcoholes debe vigilarse debido a que en el sistema tradicional del mezcal aún no está estandarizada su destilación, sino que depende del criterio del productor (Vera, 2009). Por lo tanto, al no tener control sobre la temperatura, se produce una variación en el sabor y el contenido de compuestos volátiles del mezcal (González-Hernández, 2006).

En lo que se refiere al grado alcohólico todos los palenques cumplen la norma e incluso su tendencia se encuentra hacia el valor máximo de 55 GA. También los valores medios del extracto seco demuestran que todos los palenques están dentro del valor que establece la norma.

Para la acidez solo el palenque dos se encuentra dentro del valor que establece la norma. Dichas especificaciones son definidas para asegurar que los productos contienen el perfil de volátiles característicos que provienen de una fermentación principalmente alcohólica bajo condiciones controladas (PROFECO, 2013)

Con respecto al pH, se observa que este varía de un palenque a otro lo cual prueba que en el proceso de fermentación que el pH es autoregulable (González et al., 1998).

El valor del coeficiente de variación para todos los parámetros es mayor a uno lo que indica la heterogeneidad del proceso, considerando que las muestras estudio de la estadística descriptiva son producto terminado lo que se fortalece observando el recorrido en cada una de las variables, donde la menor variación la representa el grado alcohólico.

En general se observa que cada productor de mezcal no tiene control sobre el proceso natural de fermentación, y por lo tanto ellos producen mezcal con un control de calidad que varía no solo en la producción a producción, también entre palenques y comunidades.

Además aparte del proceso artesanal, la edad, el medio ambiente, las fábricas, las características y condiciones del crecimiento de la planta de agave también determinan la composición química de los mostos y la calidad del producto final (Vera et al., 2012).

### Análisis ANOVA

En las siguientes figuras y en la tabla 3 se muestran los resultados del análisis de varianza realizado a los diferentes palenques.

Parámetro	Palenques					p
	1	2	3	4	5	
Metanol (mg/100 mL)	267 <sup>a,b</sup>	215 <sup>a</sup>	306 <sup>b</sup>	226 <sup>a</sup>	214 <sup>a</sup>	0.043
Alcoholes Superiores (mg/100 mL)	509 <sup>a</sup>	419 <sup>a,b</sup>	506 <sup>a</sup>	513 <sup>a</sup>	204 <sup>b</sup>	0.2108
pH	2.8 <sup>b</sup>	4.7 <sup>c</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a,b</sup>	0.0002
Grado Alcohólico	46 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	49 <sup>a,b</sup>	47 <sup>a,b</sup>	38 <sup>c</sup>	0.0002
Extracto Seco (mg/100 mL)	0.002	0.009	0.086	0.013	0.01	0.4652
Acidez Titulable	316 <sup>a</sup>	66 <sup>b</sup>	269 <sup>a</sup>	337 <sup>a</sup>	377 <sup>a</sup>	0.0055

Tabla 3 Análisis de Varianzas

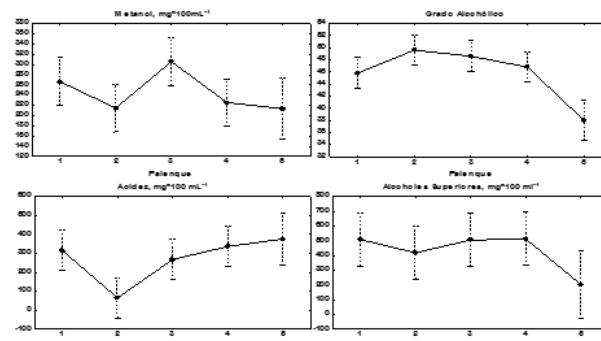


Figura 2 Valores medios de las variables más relevantes.

Compuesto	Iones	Tiempo de retención (min)
Ácido acético	43,45,60	13.69
Pentanol (SI)	41,42,55,70	8.47
Metanol	29,31,32	3.32
Isopropanol	45,59	3.26
Butanol	56,31,41,43	7.26
2-hexanol	45,69	7.59

Tabla 4 Compuestos analizados, iones monitoreados y tiempos de retención.

Se observa que los resultados de los análisis de metanol, pH, grado alcohólico y acidez titulable presentaron diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0.05$ ). Sin embargo no se observaron diferencias significativas en los resultados de los análisis de alcoholes superiores y extracto seco.

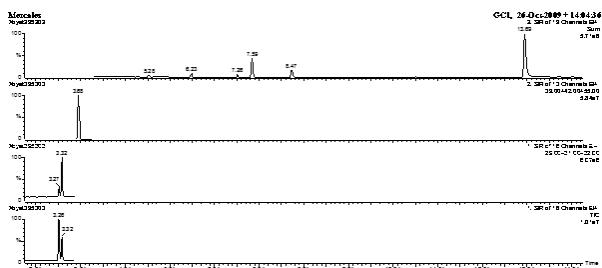
Los valores medios de cada palenque demuestran la heterogeneidad de las prácticas de elaboración entre cada uno y al interior de los mismos.

### Análisis cromatográfico

En la siguiente tabla se muestran los iones y los tiempos de retención de cada uno de los analitos de interés (Tabla 4).

En la siguiente figura se observa el orden de elución de los analitos de estudio y la eficiencia del programa de temperaturas en la adecuada separación de estos, en el primer canal se identificaron el metanol y el isopropanol, y fue en el tercer canal donde se identificaron los alcoholes superiores (butanol y hexanol), pentanol (SI) y el ácido acético.

Es evidente que el modo SIR permite una mejor determinación de los compuestos de interés, debido a que las impurezas que forman parte de la composición de matrices reales en algunos casos no permite la identificación de sustancias que pudieran estar en concentraciones menores, sin embargo esta técnica elimina el efecto de interferencias durante la detección, lo cual demuestra su utilidad para análisis implementados como parte del control de calidad en bebidas alcohólicas.



**Figura 3** Cromatogramas de mezcal

## Conclusiones

Se recolectaron muestras de mezcal en cinco palenques del Estado de Puebla, dos de San Diego La Mesa Tochimiltzingo, uno de Tepeojuma, uno de Xochitlán Todo Santos y uno de Huhuetlán el Grande y se les determinó pH, acidez, sólidos totales, grado alcohólico y contenido de metanol de acuerdo a normas oficiales, etanol y alcoholes superiores por cromatografía de gases.

Los resultados de los análisis de metanol, pH, grado alcohólico y acidez titulable presentaron diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0.05$ ). Sin embargo no se observaron diferencias significativas en los resultados de los análisis de alcoholes superiores y extracto seco.

Los principales compuestos volátiles que se identificaron fueron metanol, isopropanol, butanol, hexanol, pentanol y el ácido acético.

Comparando los resultados obtenidos con la norma oficial mexicana para el mezcal la mayoría de los parámetros se encuentran fuera del rango establecido, porque en cada palenque existe un grupo de trabajo, no un equipo, cada integrante realiza su proceso de obtención de destilado de agave, desde la recolección hasta el almacenamiento y comercialización, en muy pocas ocasiones conjuntan esfuerzos y solo para comercializar el producto. Por lo tanto, es importante estandarizar y mejorar las prácticas de producción del destilado de agave primero dentro de los palenques y después entre los palenques del Estado de Puebla. Además se deben promover prácticas amigables con el medio ambiente, como la reforestación debido a que talan árboles para el cocimiento de las piñas de maguey e incluso reforestar el maguey cuya maduración lleva muchos años aproximadamente siete y ésta materia prima principal pone incluso en riesgo la industria o puede provocar la adulteración del producto.

## Referencias

Boulton, R., Singleton, V., Bisson, L., Kankee, R. (1995). Principles and practices of winemaking. Chapman and Hall. New York.

Carrillo, L. (2007). Los destilados de agave en México y su denominación de origen. UNAM. Recuperado septiembre, 2007 de <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no87/CNS087000007.pdf>.

Cedeño, M. (1995). Tequila production. Crit. Rev. Biotechnol, 15, 1-11.

Escalante-Minakata, P., Barba de la Rosa, A., Santos, L., De León-Rodríguez, A. (2012). Aspectos Químicos y moleculares del Proceso de Producción del Mezcal. BioTecnología, 16 (1), 57-68.

García-Mendoza, A. (2012). México, país de magueyes y mezcales. Tecno Agave, 2(17): 22-24.

González-Hernández, L., Barba de la Rosa, A., Escalante-Minakata, P., León-Rodríguez, A., (2006) .Mezcal, una mezcla natural de alcoholes y feromonas. Tecnología Alfa editores técnicos, 10.

González R., Frias S., García V. (1998). Diseño de una planta productora de mezcal. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Guías para el manejo de Urgencias Toxicológicas, grupo de atención de emergencias y desastres. Capítulo 5: Alcohol metílico. Coordinación del Centro de Información y Asesoría Toxicológica CIATOX. Universidad Nacional de Colombia.

Hernández, M. (2014). Determinación de los compuestos en mezclas oaxaqueñas a través de CG y Uv-vis y el tratamiento de sus datos por técnicas quimiométricas. Tesis de maestría. Universidad del Papaloapan.

Lapp-Oliveraso, P., Moreno-Terrazas, R., Arrizón-Gaviño, J., Herrera-Suárez, T., García-Mendoza, A. & Gschaedler-Mathis, A. (2008). Yeasts associated with the production of Mexican alcoholic nondistilled and distilled Agave beverages. FEMS Yeast Research, 8, 1037-1052.

Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994. Bebidas Alcohólicas-Mezcal Especificaciones. NMX-V-014-1986. Bebidas alcohólicas destiladas determinación de alcoholes superiores (aceite de fusel).

Oliva, A. (2012). Evaluación cinética y molecular de levaduras fructofílicas aisladas de mezcal Tamaulipeco. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León.

PROFECO. (2013). El nuevo ciudadano del mundo: el mezcal. Revista del Consumidor. Recuperado en Septiembre del 2013 en [http://revistadelconsumidor.gob.mx/wp-content/uploads/2013/10/RC439\\_Laboratorio-Mezcalbaja.pdf](http://revistadelconsumidor.gob.mx/wp-content/uploads/2013/10/RC439_Laboratorio-Mezcalbaja.pdf).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2014). Cierre de la producción agrícola por estado. Agave. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Consultado el 15 de enero de 2015.

Téllez, P. (1998). El cocimiento una etapa importante en la producción de tequila. Bebidas Mexicanas. 7(1), 19-20.

Vera, A., Santiago, P. López, M. (2009). Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de Agave angustifolia y Agave potatorum. Rev. Fitotecnia Mexicana, 32, 273-279.

Vera-Guzmán, A., Guzmán-Gerónimo, R., López, M. (2010). Major and minor compounds in a Mexican spirit, young Mezcal coming from two Agave species. *Czech J. Food Sci.*, 28: 127–132.

Vera, A., López, M., Chávez, J. (2012). Chemical composition and volatile compounds in the artisanal fermentation of mezcal in Oaxaca, Mexico. *African Journal of Biotechnology*. 11(78), 14344-14353

## El huerto de Traspasio: Una alternativa de Emprendurismo en los hogares del municipio de Espita, Yucatán

HERNÁNDEZ, Heber\*†, KANTÚN, Manuel, PÉREZ, Lucia y FARFÁN, Jorge

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

El huerto de traspasio como una alternativa de emprendurismo en el municipio de Espita, Yucatán tiene el objetivo de promover transformaciones sociales, dando respuestas a problemas específicos presentes en el seno de la comunidad, a través de la implementación de estos cultivos. Como resultado de la metodología de investigación se identificó a las familias como grupos de trabajo, y se generaron talleres de impartición de técnicas agrícolas, procesamiento alimentario y principios básicos de diseño de marca. Gracias a este proyecto se pudo aprender mucho de la naturaleza de los habitantes de Espita, así como conocer la problemática que atraviesan las familias, este contacto directo y constante con las familias participantes permitió establecer un lazo de compañerismo y empatía orientado a la resolución de los problemas socioeconómicos del área.

**Emprendurismo, grupos de trabajo, huertos de traspasio.**

### Abstract

The backyard crop as an entrepreneurship alternative in the municipality of Espita, Yucatan aims to promote social change, giving answers to specific problems present within the community, through the implementation of these crops. As a result of the research methodology, families were identified as working groups, workshops teaching farming techniques, food processing and basic principles of brand design were generated. Thanks to this project, it could learn much from the nature of the inhabitants of Espita, also know the problems that cross the families, this direct and constant contact with the families involved possible to establish a bond of friendship and empathy aimed at resolving socio-economic problems of the area.

**Entrepreneurship, working groups, backyard crop.**

**Citación:** HERNÁNDEZ, Heber, KANTÚN, Manuel, PÉREZ, Lucia y FARFÁN, Jorge. El huerto de Traspasio: Una alternativa de Emprendurismo en los hogares del municipio de Espita, Yucatán. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:213-220

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hehega\_81@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La desaceleración económica, el aumento de la desigualdad social, la pobreza, son factores que, combinados en la crisis energética y el cambio climático; propician un aumento constante de los costos en los productos agrícolas que afectan directamente a las familias de bajos ingresos. Millones de personas en el mundo no tienen acceso a los alimentos que se requieren para una buena nutrición. Frente a esta situación la producción de alimentos en el huerto familiar (o traspatio) es una forma intrínseca de la economía familiar en la unidad productiva alojada en un sitio cercano a la vivienda donde se aprovechan los recursos que ya se tienen. Para esta investigación es importante destacar que las unidades muestrales (denominados grupos de trabajo) contaban con un traspatio de hortalizas para autoconsumo y que recibieron una serie de talleres orientados a empoderar y emprender a partir de la comercialización sus productos realizados con el cultivo recolectado.

Las actividades primarias realizadas en Espita (zona de impacto de la investigación), son las que representan a la mayor parte de la población económicamente activa. La población económicamente activa de la localidad era de 4051 habitantes en el año 2010 (35,07% de la población total), de éstos, 3203 eran hombres y 848 mujeres. Sin embargo, solo 3936 personas se encontraban ocupadas, siendo 3098 hombres y 838 mujeres. Estas cifras indican que la tasa de desempleo de la villa era del 2,84% en el 2010. Estas variantes económicas permiten que la población pueda ejercer una segunda actividad de remplazo en poder cultivar su huertos.

En las últimas décadas, la economía de los hogares yucatecos del interior del Estado se ha afectado severamente con el excesivo aumento al costo de los productos básicos.

Pero lo peor es que estos mismos hogares cuentan con extensiones de terreno inhabilitado y abandonado, sin ningún uso. Es cuando se detecta un área de oportunidad para plantar un huerto familiar, cosechando hortalizas para consumo; o bien establecer una pequeña red de distribución comercial. Sin embargo, aunque cuentan con todas las posibilidades, no se implementan porque muchas personas se vuelven apáticas y desinteresadas por aprovecharlos.

Es aquí donde radica la importancia de la investigación: aprovechar la implementación de huertos familiares e inculcar la cultura del emprendurismo en casa, como una fuente de auto ayuda para el desarrollo económico de las familias de Espita.

Considerando los puntos anteriores, el valor agregado del proyecto consiste en implementar estrategias empoderamiento para familias de escasos recursos de Espita, Yucatán, con la finalidad de emprender a través de la elaboración de productos regionales. Bajo el enfoque del empoderamiento, Sánchez (1996 citado por Canal A. 2008) menciona que:

Etimológicamente el concepto de empoderamiento alude a permitir, capacitar, autorizar, o dar poder sobre algo o alguien o para hacer algo. Antes el Diccionario de Oxford lo consideraba como delegación de poder; ahora su definición considera empoderar como “to enable”.

Esto nos permite hacer algo, o capacitar a un individuo a hacer algo a partir de la capacitación. Conceptualmente, se refiere al proceso o mecanismo a través del cual personas, organizaciones o comunidades adquieren control o dominio sobre asuntos o temas de interés que le son propios. Para este fin.

Es importante considerar a los grupos vulnerables como los principales beneficiados de las diferentes estrategias de empoderamiento que mejorarán su calidad de vida. Por otra parte Senso, R. (2009) menciona que “el empoderamiento se puede entender, como un producto, un enfoque o un fin. Además, es multidimensional ya que tiene implicaciones a nivel individual, organizacional, político, sociológico, económico y espiritual”. Partiendo de la premisa del empoderamiento, el proyecto tiene la finalidad de orientar a los beneficiados al emprendurismo social como menciona Martínez, R. (2013):

En un contexto de desigualdad social, escasa competitividad de los agronegocios y déficit en las ofertas de empleo en las comunidades rurales, surge una alternativa viable en lo que concierne a la generación de empleos y recursos económicos para favorecer el desarrollo endógeno: el emprendedurismo social. (pág. 103)

Por lo tanto, la propuesta de incorporar al emprendedurismo en lo rural como una alternativa de organización productiva y de sustento, no pretende sustituir a los esquemas rurales tradicionales si no que pretende fortalecerlos, sobre todo de la población indígena yucateca. Dicha aclaración es pertinente ya que suele suponerse que el emprendedurismo sigue perteneciendo a la filosofía y lógica organizacional de una empresa; lo cual amenaza y pone en riesgo la reproducción de grupos sociales, así como los usos y costumbres de los nativos yucatecos. Martínez, R. (2013) recalca que “el emprendimiento social se enfoca en la innovación y el cambio social; busca un capital base para reinvertir y crecer”. Por último, Jaramillo V. (citado en Ahmad y Seymour, 2008) establece que “definir el concepto de emprendedor ayuda a entender los elementos que lo componen.

Y facilita su operacionalización con fines de investigación empírica”. En este caso el concepto de emprendedor será abordado como una persona innovadora, que propone y aprovecha sus recursos existentes en su comunidad para crear cambios en cuatro esferas; 1) la introducción- o mejoramiento- de nuevos productos; 2) nuevos o mejores métodos de producción o de elaboración del producto a elaborar; 3) la introducción al mercado local del producto y la apertura de nuevos mercados; y 4) la reorganización del proceso administrativo, de dicho producto que será elaborado por las personas vulnerables de las comunidades entorno al estado de Yucatán.

El objetivo general de la propuesta radica en promover transformaciones sociales dando respuestas a problemas específicos presentes en el seno de la comunidad, a través de la implementación de huertos familiares. Así, el estudio parte de la perspectiva de la investigación-acción, donde conjuntamente con la comunidad se pretende resolver problemáticas reales como el desabasto de productos de la canasta básica y los pocos ingresos familiares. Esto se logrará a través de las siguientes acciones:

1. Identificar a la población que cuenta con huerto en el traspatio de sus viviendas así como las características del espacio para poder generar los grupos de trabajo.
2. Impartición de técnicas agrícolas que contribuyan a la estandarización de cultivo de huertos en traspatio.
3. Impartición de talleres de inducción básica a los elementos primarios de los logotipos que contribuyan al posicionamiento de los productos generados.

4. Impartición de talleres de procesamiento alimentario que permitan generar productos estandarizados a partir de los productos obtenidos en la cosecha del traspasio.

En el siguiente documento se explica la metodología de la investigación en conjunto con los resultados obtenidos y las conclusiones orientadas al cumplimiento de los objetivos particulares del proyecto.

### Metodología a desarrollar

Se eligió un diseño de investigación de carácter exploratorio bajo el paradigma cualitativo que permitiera identificar las características de los grupos de trabajo y su contexto para definir la línea de acción sobre los objetivos específicos planteados con anterioridad.

### Identificación de los grupos de Trabajo

Básicamente un grupo es “una asociación de pocas personas que comparten un objetivo común” (Fernández, 2010). Esta es una definición general y como tal abarca a todos los tipos de agrupamiento que existen y puedan existir.

Se considera que la estructura de un grupo de trabajo debe cumplir con una distribución de labores que lo solidifique y cuya existencia está relacionada directamente a cuestiones que se identifican con:

- Los sentimientos y emociones compartidos entre los integrantes.
- Las normas de funcionamiento interno del grupo.
- Historias compartidas.
- Pertenencia de los miembros al grupo.
- Identidad grupal.

- Valores que el grupo tiene como propios.

Cumpliendo estas características se conformaron los grupos de trabajo integrado por cada familia originaria del municipio de Espita bajo la colaboración directa de la maestra Perera Chi Nora Patricia Uk de la sección 44, quien apoyó en el acercamiento de la comunidad. El desarrollo del mismo será conformado por seis familias con situación vulnerable.

Las muestras elegidas por juicio del investigador se ubican en la comunidad de Espita, donde las familias de este municipio, conforman un grupo integrado familiar con las características antes mencionadas para desarrollar el proyecto de investigación, así poder inculcar en ellos el emprendurismo en la aplicación de los huertos de traspasio, conocimientos en el cultivo, el procesamiento de alimentos de calidad y a su comercialización. Estas familias presentan características diversas pues sus niveles socio-económicos y problemática son diversos (Tabla 1), pero todos con un interés en conjunto de hacer en desempeñar una actividad para el auto consumo así como la remuneración de su trabajo comercial de sus productos que les ayude a mejorar su economía familiar.

Los niveles escolares detectados son básicos; primaria y secundaria inconclusa o terminada, existen pocos casos de analfabetismo o les cuesta comprender un texto básico, presentando una escritura deficiente. Durante las reuniones con las familias se logró detectar que los conocimientos que poseen sobre el cultivo, crianza de animales de traspasio y algunos oficios fueron obtenidos de generación.

Nombre	Cualidades de los participantes.
Familia de: Informante # 1	Reflexionan sobre los beneficios acerca de cultivar alimentos frescos en casa
Informante # 2	No participan abiertamente y aun no se siente en confianza para manifestar su motivos y opiniones
Informante # 3	Reflexionan y discuten sobre el tiempo que invertirán en las capacitación y los talleres, que se anteponen a sus actividades cotidianas
Informante # 4	Comparten sus expectativas respecto a producir para la venta y auto consumo.
Informante # 5	
Informante # 6	

**Tabla 1** Cuadro de lo integrantes de cada equipo y sus características

### Impartición de técnicas agrícolas estandarizadas

Una vez que se identificaron las características de los grupos de trabajo y de los espacios en los que se encuentran sus huertos de cultivo, se procedió a implementar una serie de talleres consecutivos con la finalidad de estandarizar técnicas de cultivo y de esta manera poder homogeneizar procesos que habían formalizado de manera empírica.

En la impartición de los talleres se establecieron los siguientes criterios a partir de lo mencionado por Carrillo, J. (1985):

Se debe seleccionar el lote de terreno donde va a estar ubicado el huerto, cuyo tamaño debe ser adecuado para satisfacer la demanda de la casa y que pueda ser manejado por las personas de la misma. Después de escoger el terreno debemos proceder a limpiarlo y desmenuzarlo; es decir, retirados todos los desperdicios tales como pedazos de madera, hierros, piedras y malezas, a fin de que no interfieran en el desarrollo de las plantas. Para desmenuzar hay que picar la tierra hasta que esté completamente suelta.

En esta labor se utilizan todos los instrumentos de jardinería de fácil obtención en las ferreterías entre ellas: pico, palas, rastrillos, etc.

Una vez que se definieron las técnicas de cultivo y riego, se definió cuál sería la producción considerando las capacidades agrícolas de cada grupo de trabajo. Para ello se reunió a cada familia y se les entrevistó para saber qué tipo de conocimientos poseen en el cultivo y cuidado de un huerto. A cada familia se le entregaron las semillas para las hortalizas previamente elegidas, así como la planeación de los posibles productos a elaborar después de la cosecha. (Anexo A)

Partiendo del diagnóstico de la necesidades de cada equipo de trabajo se detectó la necesidad en común, la cual se enfocó en ¿Cómo desarrollar y construir el huerto de traspatio?, así como el preparado de la tierra, distancias entre semillas, tiempo de cosecha y cuidado de la plantas. Los objetivos perseguidos, fueron que las familias adquirieran conocimiento en el armar de sus huertos en el patio de sus casas, así como el tratado de la tierra y cuidado de las plantas con respecto a plagas, estos conocimientos fueron hechos por el Agricultor Orgánicos David Robertson Cubello, quien compartió sus conocimiento con las familias acreca del cuidado y el arte de plantar (Anexo A)

Impartición de talleres de inducción básica al etiquetado.

En la etapa dos del proyecto se impartió un taller por el Mtro. Heber Hernandez con la finalidad de enseñarle a los grupos de trabajo acerca de los productos orgánicos, su consumo en la sociedad y su importancia en la nutrición familiar, estos temas complementaron el propósito de este taller que fue: enseñarles la importancia de crear productos derivados de sus huertos, su comercialización, desarrollo de marca y el diseño de su imagen.

Se desarrolló una dinámica donde cada familia diseñó con dibujos el logotipo que los identificara, partiendo de los seis tópicos de una marca como lo propone Chavez (1997). El objetivo de la dinámica fue medir su capacidad de comprensión del tema, así como sus habilidades para vender su marca / producto.

Luego de la actividad se entrevistó a cada familia para poder determinar qué tipo de imagen les gustaría tener de sus productos, posteriormente se les dieron hojas de papel y lápices de colores para que cada uno de ellos dibujara sus logos, mismos que fueron digitalizados para darle mayor calidad a sus productos.

El diseño se llevó a cabo bajo la técnica de diseño orgánico (Leucona, 2010) supervisada y asesorada por la Maestra Erika Navarro (Anexo B).

### **Impartición de talleres de procesamiento alimentario**

Posterior a la cosecha, se obtuvieron los frutos y verduras de cada grupo de trabajo y con estos insumos se procedió a la tercera etapa del proyecto: la transformación y procesamiento de la materia prima para productos envasados. Para esta etapa se determinó evaluar cada uno de los insumos obtenidos por las cosechas de los huertos familiares y como cada familia tenía algunos cultivos similares se determinó dividir el tipo de cultivo y productos a elaborar. Despues de este proceso de filtración se llevó a cabo una reunión de trabajo con la Chef Natalia Cano Rojas quien analizó la cosecha y propuesta de productos a elaborar seleccionando cuales serian los idóneos para los productos a elaborar. Luego se seleccionaron las recetas a elaborar en el taller impartido por la chef.

En este taller las familias trabajaron en equipos y aprendieron el modo de producción panes, salsas, aceites aromáticos, curtidos de verduras, así como cada uno de sus tiempos para envasar (Anexo C)

### **Resultados**

La creación de un huerto familiar como parte del emprendurismo en los hogares del municipio de Espita, es una alternativa que las familias de esta región puede desarrollar como una fuente de auto empleo. Los resultados fueron satisfactorios al termino de este proyecto ya que, se lograron los objetivos propuesto durante el desarrollo de la investigación, fueron siete meses de trabajo pero fueron de gran aprovechamiento para conocer la problemática de las familias que participaron en este proyecto. Si bien, es cierto, un huerto familiar puede - o no - tener gran transcendencia para algunos; pero cuando éste se orienta hacia la línea del emprendurismo en el hogar, se pueden generar ingresos gracias a la comercialización de productos manufacturados por la misma familia. Esta actividad permitará la mejora continua de la calidad de vida.

Para poder realizar dicha investigación se seleccionó a seis familias cuyas características fueran similares como: escasos recursos económicos y alta marginación. Tras seleccionar a las familias participantes en funciones de los perfiles y fijar los objetivos de investigación, se plantearon tres talleres de capacitación: 1) elaboración de un huerto familiar, 2) procesamiento alimentario y 3) diseño de productos y marca. Durante la formación de las familias participantes se logró capacitarlos y reforzar sus conocimientos empíricos acerca del cultivo de hortalizas, así como la orientación adecuada para el mayor aprovechamiento de un huerto, espacios y el preparando de la tierra. Tambien se les capacitó en la creación de abono de calidad y control de plagas de manera natural.

Uno reto mayor era la elaboración de los productos seleccionados para su comercialización puesto que, las familias contaban con enseres de cocina rústicos, sin embargo; ese era el objetivo de enseñarles las herramientas para elaborar productos derivados de su huertos, así como la calidad y su envasado desde la elaboración de una salsa hasta panes de mesa.

### Agradecimientos

A quienes hicieron posible y formaron parte de este proyecto de investigación, como a la profesora Nora Patricia Perera Chi y la profesora Pamela Janet de la Cruz Pech quienes nos acercaron con las seis familias del municipio de Espita, quienes con su esfuerzo y participación hicieron de este proyecto de investigación una experiencia única.

De igual forma a los Cuerpos Académicos de la Universidad Tecnológica del Poniente por contribuir al desarrollo del proyecto, así como a los profesores Mtra. Lucía Pérez y Mtro. Jorge Farfán por compartir esta experiencia.

### Conclusiones

Gracias a este proyecto se pudo aprender mucho de la naturaleza de los habitantes de Espita, así como conocer la problemática que atraviesan las familias, este contacto directo y constante con las familias participantes permitió establecer un lazo de compañerismo y empatía, no cabe duda que dejamos nuestras huellas y recogimos los frutos de los saberes empíricos, tradicionales y técnicos.

Otro de los puntos favorables de la investigación, es que logró integrar a las seis familias que comparten la misma situación de vulnerabilidad, detectándose en las entrevistas grupales que algo en común en la mayoría de estas familias.

Es su preocupación porque el menor pudiera trabajar o pueda desenvolverse en alguna actividad remunerada, pero de igual manera les preocupaba su seguridad. Partiendo de lo anterior es que se les impartió un taller para comercializar y transformar la materia prima de un huerto familiar para el auto sustento del hogar, así como el desarrollo de una marca para comercializar productos procesados, así como su venta para el ingreso económico familiar. Se les explicó que sus productos pueden comercializarse en pequeñas escala, ya sea, en los mercados locales del municipio así como en algunos establecimientos de giro orgánico o naturista. También se les capacitó acerca del tipo de envase, empaque y embalaje para darle una buena imagen a sus productos así como el etiquetado correcto para su adecuada comercialización.

### Referencias

BARRIOS, C. (2008) La relación global - local: Sus implicancias prácticas para el diseño de estrategias de desarrollo. Publicación de la Red Académica Iberoamericana Local – Global. España

CARRILLO, J (1985). El Huerto Familiar. Recuperado el 19 de junio del 2015 en [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FontaiapDivulga/fd18/texto/huerto.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FontaiapDivulga/fd18/texto/huerto.htm)

CHAVEZ, NORBERTO (2013) “La imagen corporativa”, Editorial Gustavo Gili, S.L., ISBN 9788425226526

FERNANDEZ (2010). “El vocabulario grupo y su campo semántico”. Recuperado el 19 de junio en <http://www.altillo.com/examenes/uba/psicolog/a/grupos/grupos2010rescampogrupal.asp>

JARAMILLO, V. (2012). Perfil emprendedor de los pequeños empresarios agropecuarios en el Valle de Puebla, México. ISSN: 1900-3803. Ed. Universidad Libre. Colombia

LEUCONA, M. (2010). "Diseño Estratégico Guía Metodológica". Ed. Fundación Prodintec. España

MARTINEZ,S-RODRIGUEZ,L. (2013). Emprendedurismo social en México: hacia un modelo de innovación para la inserción social y laboral en el ámbito rural. Recuperado el 19 de junio del 2015 en [http://www.pa.gob.mx/publica/rev\\_53-54/analisis/emprendedurismo.pdf](http://www.pa.gob.mx/publica/rev_53-54/analisis/emprendedurismo.pdf)

SENSO, E (2011) El empoderamiento en el contexto de la cooperación para el desarrollo. Recuperado el 18 de junio del 2015 en [http://proyectokalu.com/wp-content/uploads/attachments/El\\_poder\\_de\\_los\\_desempoderados-Esther-Senso.pdf](http://proyectokalu.com/wp-content/uploads/attachments/El_poder_de_los_desempoderados-Esther-Senso.pdf)

## Evaluación de nuevas variedades arándano cultivadas en Xicotepec

MORALES, Víctor\*†, MORALES, Esteban, ORTEGA, Leticia y GALLARDO, Araceli

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Evaluacion de nuevas variedades de arándano cultivadas en Xicotepec

En el presente estudio se evaluarón cinco variedades de arándano en función de su rendimiento y calidad de fruto. Las variedades Biloxi, Legacy, Mystic, Sharpeblue y Ashei (testigo) se cultivaron en el huerto experimental de la Universidad Tecnológica de Xicotepec.

El experimento se evaluó aplicando un anova simple y una prueba de Tukey a  $P<0.05$  detectando diferencias significativas en las variables de estudio.

Las variedades Bioloxi (1.88 kg/planta) y Sharpe blue (1.67 kg/planta) presentaron rendimientos mayores.

Respecto a los parámetros físicos, el fruto de la variedad Sharpe blue fue superior en peso (2.5 g/fruto), diámetro nominal (13.9 mm) y diámetro distal (8.6 mm).

De acuerdo a los parámetros químicos, Mystic (pH=3.16) es una variedad ácida; Ashey (pH=3.46) y Legacy (pH=3.37) son variedades menos ácidas. Los Sólidos Totales Disueltos de todas las variedades están entre 10.2-11.8 ° Brix.

En el estudio se encontró que las variedades Biloxi y Sharpe blue tienen mejor rendimiento y calidad de fruto.

### Arándano Azul, Rendimiento, Calidad de Fruto

### Abstract

Evaluating new cultivars of blueberry grown in Xicotepec

In this study five cultivars of blueberry were evaluated for their performance and quality of fruit.

The Biloxi, Legacy, Mystic, Sharpe blue and Ashei (control) cultivars were grown in the experimental orchard of the Technical University of Xicotepec

Contribution

The experiment was evaluated using a simple ANOVA and Tukey test at  $P\leq 0.05$  detecting significant differences in study variables.

The Bioloxi (1.88 kg / plant) and Sharpe blue (1.67 kg / plant) cultivars had higher yields.

Respect to physical parameters, the fruit of the cultivar Sharpeblue was superior in weight (2.5 g / fruit), nominal diameter (13.9 mm) and distal diameter (8.6 mm).

According to chemical parameters, Mystic (pH = 3.16) is the acid variety; Ashey (pH = 3.46) and Legacy (pH = 3.37) are less acidic cultivars. The Total Dissolved Solids of all cultivar are between 10.2-11.8 ° Brix.

The study found that Biloxi and Sharpeblue cultivars have better yield and quality of fruit.

### Blueberry, yield, fruit quality

**Citación:** MORALES, Víctor, MORALES, Esteban, ORTEGA, Leticia y GALLARDO, Araceli. Evaluación de nuevas variedades arándano cultivadas en Xicotepec. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:221-224

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: victor\_mrales79@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El Arándano (*Vaccinium* sp) es una baya de color oscuro, azuladas o rojiza, rica en antioxidantes, que por su aporte nutrimental, previenen al cáncer de piel (Brokyn B. G., 2001).

Las variedades negras o americanas (*V. corymbosum* L) tienen características de frutos de color negro azulado, son los más ricos en vitamina C, proliferan en los arbustos que crecen sobre suelos ácidos y en terrenos altos (Lyrene, 1990).

En el año 2013, la producción de Arándano en México fue de 10,160 ton en una superficie de 1290 ha, registrando un promedio de 7.8 ton/ha. Los estados con mayor producción fueron Jalisco, Colima, Baja California, Michoacán y Puebla (SIAP, 2015).

Ubicación	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ Ha)
Baja California	80	80	1,206.40	15.08
Colima	214.5	213	1,736.00	8.15
Jalisco	611	557	5,192.40	9.32
Michoacán	182	132	912	6.91
Méjico	13	11	117	10.6
Puebla	286	166	843	5.08
Sinaloa	97	97	242.5	2.5
Sonora	34	34	16.32	0.48
	<b>1,517.50</b>	<b>1,290.00</b>	<b>10,160.32</b>	<b>7.88</b>

**Tabla 1** Producción de Arandano en México. Ciclo 2013

En el estado de Puebla, los municipios que registran producción son Zácatlán, Huachinango y Hueyapan. La variedad *Vaccinium ashei* (Ojo de Conejo) es la predominante y tiene un proceso de adaptación probado en la región, pero presenta limitantes en su cultivo que se reflejan en rendimientos de producción de 5.08 ton/ha menores a la media nacional (SIAP, 2015).

Municipio	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ Ha)
Huachinango	14	14	182.00	13
Hueyapan	10	0	0.00	0
Zácatlán	262	152	661.00	4.35
	286	166	843	5.08

**Tabla 2** Producción de Arandano en Puebla, Ciclo 2013

Una opción tecnológica para los productores es introducir nuevas variedades que estén libres de derechos de producción y comercialización. Algunas de estas, son la variedades Biloxi, Legacy, Mystic y Sharp blue.

Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad de fruto de variedades Biloxi, Legacy, Mystic, Sharpe blue y Ashei cultivadas en un sistema de cultivo con riego y acolchado.

## Metodología

El trabajo se realizó estableciendo un Huerto Experimental, ubicado las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, en Avenida Universidad Tecnológica 1000, Col Tierra Negra, Xicotepec, Puebla, México.

Xicotepec de Juárez está a 1,050 msnm, con clima es (A)Cb(fm)(e)gw" semicálido húmedo con lluvias todo el año; y una precipitación de 3,058 mm anuales. El tipo de suelo del huerto es acrisol húmico, con alto contenido de materia orgánica y pH 5.2. Figura 1.



**Figura 1** Huerto de Arándano en UTXJ.

Se establecieron cinco variedades de arándano bajo un sistema de cultivo en acochado con riego, densidad de siembra de 3320 plantas/ha, distancia de 1.2 m entre plantas y entre camas de 2.5 m. La evaluación corresponde al ciclo de producción 2014. Los genotipos se evaluaron bajo un diseño de análisis de varianza simple con 10 repeticiones.

La cosecha corresponde al segundo año de producción. El parámetro que se determinó fue rendimiento de fruto en planta/ha, rendimiento estimado por ha y meses de cosecha. Las características físicas determinadas son peso de fruto (g) con la balanza digital Oahus, diámetro ecuatorial (mm) y diámetro distal (mm) con vernier. Las características químicas que se determinaron fueron potencial de hidrógeno (pH), acidez titulable en ácido cítrico (%), Solitos Totales Disueltos (° Brix) con los métodos 981.12, 923.09C y 932.14 de la AOAC (1995).y Humedad (%) método de termobalanza Oahus. Se aplicó el análisis de varianza con el Sofware SAS 9.1, realizando una comparación de medias por el método de tukey a  $\alpha=0.05$ .

## Resultados

Los resultados indican diferencias significativas entre variedades a  $P\leq 0.05$ . Las variedades Biloxi, Sharpe Blue y Legacy son las más sobresalientes en cuanto a rendimiento de fruto, superior a la media nacional reportada en SIAP (2015). La variedad Ashei presenta un periodo de cosecha prematuro en el mes de junio; las variedades Mystic y Legacy se consideran de periodo de cosecha intermedio de julio-agosto y las variedades de Biloxi y Sharpe blue corresponden a un periodo de cosecha más amplio y tardío de agosto a noviembre. Ver cuadro 1.

Cuadro 1. Rendimiento de Variedades de Arándano.

Variedad	Rendimiento (kg/Planta)	Rendimiento (kg/Ha)	Meses de Cosecha **	Mes de Máxima Cosecha **
Biloxi	1.880a*	6053.6	Junio-Octubre	Agosto
Sharpe blue	1.673b	5387.1	Agosto-Noviembre	Septiembre
Mystic	1.354d	4359.9	Julio-Agosto	Julio
Legacy	1.497c	4820.3	Julio-Agosto	Agosto
Ashei (Ojo de Conejo)	1.256d	4044.3	Mayo-Junio	Junio
Media	1.532	4902.4	Mayo-Noviembre	Julio
DMS	0.39			
CV (%)	2.09			

\*Letras diferentes indican diferencias significativa de Tukey a  $P\leq 0.05$ . Diferencia Mínima Significativa (DMS). Coeficiente de Variación (CV). \*\*Meses Observados de manera cualitativa.

Por otro parte, las variedades Biloxi y Sharpe blue mostraron mejores características de peso, diámetro ecuatorial y distal de fruto que coincide con Sharpe y Sherman (1976). Los calibres de diámetro superiores de 11 mm son los de mejor calidad. Ver cuadro 2.

Cuadro 2. Características físicas del Fruto.

Variedad	Peso (g)	Diámetro Ecuatorial (mm)	Diámetro Distal (mm)
Biloxi	2.053b	13.04b	7.592b
Sharpe blue	2.517a	13.90a	8.609a
Mystic	0.941d	9.51d	5.128d
Legacy	1.283c	11.36c	6.039c
Ashei (Ojo de Conejo)	1.069d	9.95d	5.385d
Media	1.572	11.6	6.550
DMS	0.153	0.562	0.269
CV (%)	7.655	3.8306	3.225

\*Letras diferentes indican diferencia significativa de Tukey a  $P\leq 0.05$ . Diferencia Mínima Significativa (DMS). Coeficiente de Variación (CV).

Respecto al pH y Acidez, la variedad más ácida es Mystic y las variedades menos ácidas son Ashey y Legacy con pH de 3.46 y 3.37 respectivamente. Los STD en todas las muestras cumplen con lo requerido en el intervalo de calidad de 10-14 ° Brix, recomendado en la norma de exportación del Código Federal de Regulaciones de los EE.UU. en U.S. No.1. de acuerdo con Spierts et. al. (2002). El contenido de Humedad es similar en todas las variedades.

Cuadro 3. Características químicas del Fruto.

Variedad	pH	Acidez Titulable (%)	Sólidos Totales Disueltos (°Brix)	Humedad (%)
Biloxi	3.223 d	0.52c	11.3 b	86.9 a
Sharpe blue	3.332 c	0.58b	11.6 a	87.4 a
Mystic	3.136 e	0.68a	10.2 c	84.3 b
Legacy	3.375b	0.56b	11.7 a	86.6 a
Ashei (Ojo de Conejo)	3.459a	0.48c	11.8 a	85.7 a
Media	3.305	0.56	11.3	86.18
DMS	0.041	0.012	0.128	0.897
CV (%)	1.383	4.82	0.885	1.23

\*Letras diferentes indican diferencia significativa de Tukey a  $P \leq 0.05$ . Diferencia Mínima Significativa (DMS). Coeficiente de Variación (CV).

## Agradecimiento

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez Puebla, apoyo derivado del Proyecto de Producción e Industrialización de Arándano Financiado por la Secretaría de Desarrollo Rural de Edo de Puebla en 2011.

## Conclusiones

Las variedades de Biloxi, Sharpe blue y Legacy tiene mejores características de rendimiento en fruto respecto a la variedad Ashei (ojo de conejo).

La intercalación de la variedad Ashei (Ojo de conejo) con las variedades Biloxi y Sharpe blue permite realizar la cosecha en una amplitud de meses desde mayo hasta noviembre.

En cuanto a las características físicas asociadas a mayor tamaño de fruto, las variedades Sharpe blue y Biloxi tienen mayor calibre.

Respecto a los STD y la acidez titulable, las variedades Ashei (ojo de Conejo), Sharpe blue y Biloxi se caracterizan como variedades dulces ligeramente ácidas.

## Referencias

AOAC (1995). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

Brooklyn Botanic Garden (2001). Editorial Trillas. Mexico D.F. 117 ppi.

Lyrene, P.M. (1990). Low-chill highbush blueberries. Fruit Varieties Journal 44: 82-86.

SAS Institute (2002). SAS/STAT User's Guide: GLM VARCOMP. 6.04. Fourth edition Cary, NC, USA. pp: 891-996.

SIAP (2015). Base de datos: Cultivos Agrícolas Ciclicos Perennes. Sagarpa, México.

Spiers, J.M., S.J. Stringer, A.D. Draper, and C.L. Gupton (2002). 'Biloxi' southern highbush blueberry. Acta Hort. 574: 153-155.

Sharpe, R.H and W.B. Sherman (1976). 'Sharpe blue' blueberry. HortScience 11: 65.

## Densidad de *Sciurus granatensis* en hábitats intervenidos del Valle de Tenza, Boyacá, Colombia

GONZÁLEZ, Diana\*†, RODRÍGUEZ, Pablo, MONTES, Rubén y CASTILLO, Israel

Universidad Autónoma de Yucatán

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Objetivos, metodología. Se estimó la densidad poblacional de la ardilla común (*Sciurus granatensis*) en diferentes hábitats intervenidos (mosaico de cultivos, pastizales para ganadería, cercas vivas de plantas nativas, frutales, relictos de bosque y lindero del río), en cinco municipios del Valle de Tenza (Garagoa, Pachavita, Tenza, La Capilla y Somondoco), se empleó el método de avistamiento por transecto lineal de ancho fijo para estimar la densidad. Se reporta la media y el intervalo de confianza al 95% en cada uno de los municipios.

**Ardilla común, Estimación poblacional, Transecto lineal, Valle de Tenza.**

### Abstract

Objectives, methodology. It was estimated the population density of the red squirrel (*Sciurus granatensis*) in different intervened habitats (mosaic of crops, livestock pastures, hedgerows of native plants, fruit trees, remnants of forest and edge of river) in five municipalities in Valle de Tenza (Garagoa, Pachavita, Tenza, La Capilla and Somondoco). The lineal transect of fixed-width method was used in order to estimate density. It is reported the average and the 95% confidence interval in each of the municipalities.

**Red squirrel, Population estimates, Lineal Transect, Valle de Tenza.**

**Citación:** GONZÁLEZ, Diana, RODRÍGUEZ, Pablo, MONTES, Rubén y CASTILLO, Israel. Densidad de *Sciurus granatensis* en hábitats intervenidos del Valle de Tenza, Boyacá, Colombia. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:225-237

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: dianitagonzalez40@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El Valle de Tenza se encuentra ubicado sobre la Cordillera Oriental en el departamento de Boyacá. Cuenta con variedad de clima, fauna y flora (INCODER, 2012). Sin embargo el cambio del uso del suelo predominantemente bosque alto andino, para establecer vivienda y diferentes actividades agropecuarias, ha modificado el paisaje y por consecuencia también la estructura funcional del paisaje natural a paisaje modificado; se reporta que “el 98 % de los predios rurales son micro-fundistas (< 1 ha)” (INCODER & CORPOICA, 2005), estos predios se encuentran dispersos, creando parches de bosques y fraccionamiento de los hábitats de la fauna silvestre de la zona, creando así un conflicto entre el hombre y la fauna silvestre. Entre los fragmentos de bosque se han establecido parcelas para cultivo de maíz (*Zea mays*), arveja (*Pisum sativum*), tomate (*Solanum lycopersicum*), pepino (*Cyclanthera pedata*), frutales como mango (*Mangifera indica*), guayaba (*Psidium guajava*), aguacate (*Persea americana*), entre otros más, estos cultivos son recursos alimenticios de mamíferos y aves silvestre que se encuentran en hábitats adyacentes, por tanto estas poblaciones silvestres consumen biomasa de estos cultivos creando así el conflicto, tal como ha sido reportado por Bello & Hidalgo (2010) en México. En el Valle de Tenza las afectaciones de los cultivos ocasionados por *S. granatensis* originó que los campesinos y ganaderos efectuaran control letal de estas poblaciones silvestres.

A través de un estudio por medio de encuestas y entrevistas a campesinos del Valle de Tenza, se han identificado algunas especies de mamíferos y aves causantes de daños sobre las cosechas (Rodríguez, et al., 2014), la principal especie reportada por la comunidad de la zona de estudio causante de estos daños es la ardilla común (*Sciurus granatensis*).

Mencionan: “que los cultivos representan una fuente de alimento de fácil acceso y abundante recurso para la especie, especialmente de *Ze a mays*”.

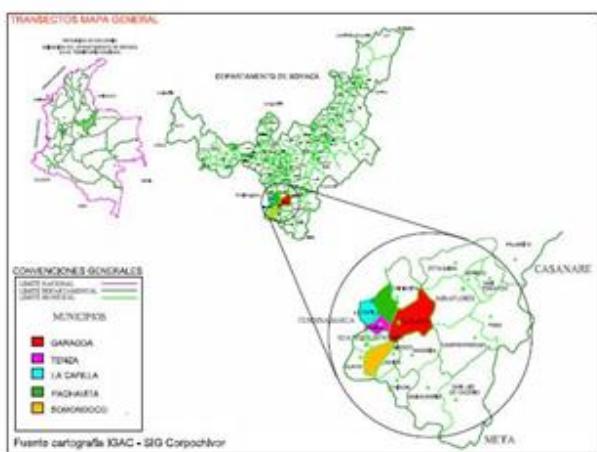
Con base en esta problemática es necesario crear estrategias de control de las poblaciones silvestre para minimizar los daños a los cultivos y permitan un mejor desarrollo de las actividades agrícolas de la región.

El objetivo de esta investigación es realizar la estimación de la densidad poblacional de *S. granatensis* en cinco municipios del Valle de Tenza donde se han identificados daños a los cultivos por esta especie.

## Metodología a desarrollar

El Valle de Tenza es atravesado por la Cordillera Oriental y ocupa una área de 3,117 km<sup>2</sup>, de los cuales 21 % está en zona cálida, el 26.7 % en la zona de clima medio, el 45.4 % en zona de clima frío y el restante 6.9 % en zona de páramo, de tal forma que se cuenta con diversas zonas de vida que constituyen en un potencial de riqueza ecológica (CORPOCHIVOR, n.d.). El conflicto con la especie *S. granatensis* en el Valle de Tenza se presenta en las zonas de clima cálido y clima medio siendo los más aptos para la supervivencia de la especie, ya que se reporta que las poblaciones de ardillas más cercanas a la capital habitan en los cerros Orientales (OPEPA, n.d.).

La selección de los municipios analizados fue a partir de las quejas y peticiones que se encontraron radicadas en la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR) por parte de la comunidad afectada, estos municipios fueron: Garagoa, Pachavita, La Capilla, Tenza y Somondoco (Figura 1).



**Figura 1** Municipios seleccionados del Valle de Tenza para la ejecución del estudio de estimación de densidad poblacional. Fuente: Autor

Teniendo en cuenta un estudio preliminar de diagnóstico por medio de encuestas se identificaron cinco veredas, una por municipio, reportadas por los habitantes con el mayor número de afectaciones en sus cultivos por parte de individuos de *S. granatensis* (Rodríguez, et al., 2014). En la Tabla 1, se muestran los municipios, veredas y geoposiciones donde se aplicó el estudio poblacional.

MUNICIPIO	VEREDA	Geolocalización
Garagoa	Hipaqueira	N 5° 02' 14.7" W 73° 23' 42.5"
Pachavita	Pie de Peña	N 5° 09' 00" W 73° 24' 15"
La Capilla	Chaguatoque	N 5° 05' 40.8" W 73° 26' 36.7"
Tenza	El Volcán	N 5° 05' 15.2" W 73° 24' 44.2"
Somondoco	Cabrera	N 4° 59' 10" W 73° 25' 56"

**Tabla 1** Geolocalización de las Veredas seleccionadas por municipio para estimar la densidad población de ardilla común (*Sciurus granatensis*).

Para la estimación de la densidad poblacional de *Sciurus granatensis*, se ubicaron varios transectos de ancho fijo dependiendo de la topografía de cada una de las veredas seleccionadas, éstos se ubicaron paralelos entre sí y con un ancho fijo de 50 m a cada lado. Los transectos se ubicaron en diferentes coberturas vegetales encontradas en las veredas (mosaico de cultivos, pastizales para ganadería, cercas vivas de plantas nativas, frutales, relictos de bosque y lindero del río), estos fueron georreferenciados con GPS Garmin Etrex 20® y el promedio de la longitud de todos los transectos fue de 471.88 m, cada uno de éstos fue considerado como una unidad muestral, se realizaron 9 recorridos por cada transecto en busca de avistamientos de *S. granatensis*, se seleccionó el recorrido con mayor número de registros de la especie para realizar el análisis de los resultados. Los recorridos se efectuaron durante los meses de junio a septiembre del año 2,014 por una persona movilizándose a pie, con la ayuda de binoculares y con una velocidad media de 1 km/hora; desde las 7:00 am hasta las 17:00 pm aproximadamente, lo anterior de acuerdo a los picos de mayor actividad de la especie (Bonaccorso et al., 1980). En cada registro se documentó tipo de cobertura vegetal y comportamiento del individuo al momento del avistamiento, se utilizó la Ec. (1) para estimar la densidad.

Ec. 1: El modelo aplicado para la estimación poblacional es el siguiente (Abundis, 2006):

$$D = \frac{n}{2wL} \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde: D = Estimación poblacional promedio en animales por hectárea o por km<sup>2</sup>; n= número de individuos avistados (dentro de la franja); 2 w = Ancho predeterminado del transecto en metros y L= Longitud del transecto en metros.

El error estándar de la media poblacional se estimó a partir del modelo Ec. (2):

$$ee = \frac{s}{\sqrt{\eta}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Dónde:  $ee \equiv$  Error estándar;  $s \equiv$

Desviación estándar muestral y  $n =$   
Número de transectos.

A partir del error estándar se estimó el intervalo de confianza al 95 % de la densidad media por vereda.

## Resultados

Se obtuvieron 82 registros de *S. granatensis* de un total de 16,516 m distribuidos en 35 transectos en las cinco localidades, cada uno de estos transectos fue recorrido nueve veces en busca de avistamientos, debido a que cada transecto es considerado una unidad muestral se tomó el recorrido con mayor avistamientos de cada transecto para realizar el análisis, de esta manera se disminuyó la sobreestimación poblacional de *S. granatensis*. Los registros se relacionaron con la cobertura vegetal, especialmente si es nativa, frutales o si conecta con remanentes de bosque y cercanía a cultivos de *Zea mays*, se registró e identificó el número de individuos encontrados en cada tipo de vegetación.

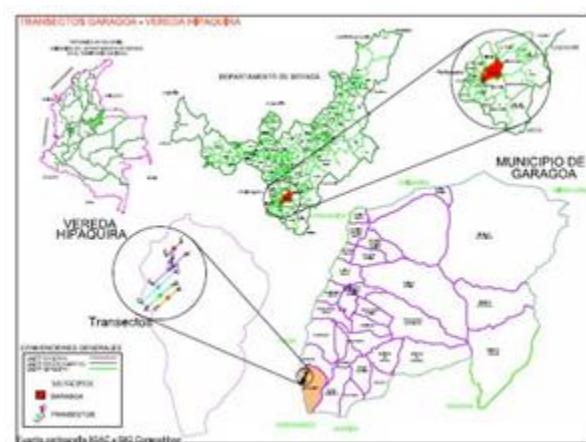
## Garagoa (Hipaquirá)

Se instalaron seis transectos, desde la carretera principal hasta el lindero del río Garagoa (Figura 2), en esta zona dominaban remanentes de bosque nativo, cultivos de *Zea mays*, *Mangifera indica* y *Psidium guajava*. La longitud total de los transectos fue de 2,854 m con un promedio de 475.6 m y un polígono de estudio con una superficie de 30 ha.

En la vereda de Hipaqueira se observaron un total de 42 individuos de *S. granatensis*. La mayoría de los registros fueron mientras se alimentaban de *M. indica* y *P. guajava*, también se observaron dos individuos en un encuentro agresivo que concluyó con el desplazamiento de uno de ellos.

El muestreo se realizó durante la cosecha de frutales de *Mangifera indica*, *Psidium guajava* y *Persea americana*, estos árboles son parte de cercas vivas y fue donde se encontraron la mayor parte de individuos.

Se observaron 13 desplazándose rápidamente sobre las ramas y en algunos casos también se realizaron observaron individuos en el suelo en busca de alimentos o frutos (Figura 3).



**Figura 2** Distribución de los transectos en franja para estimar la densidad poblacional de *S. granatensis* en el municipio Garagoa (Hipaquira)



**Figura 3** Individuo de *S. granatensis* observado en Garagoa, en Remanentes de bosque movilizándose por el sub dosel. Fuente: Autor.

Los resultados de la estimación poblacional con un intervalo de confianza (IC) del 95 % para Garagoa fueron de:

- Densidad: 40.82 *S. granatensis/km<sup>2</sup>* (0.4082 animal/ha)
- Densidad máxima: 57.96 *S. granatensis/km<sup>2</sup>* (0.5796 animal/ha)
- Densidad mínima: 23.68 *S. granatensis/km<sup>2</sup>* (0.2368 animal/ha)

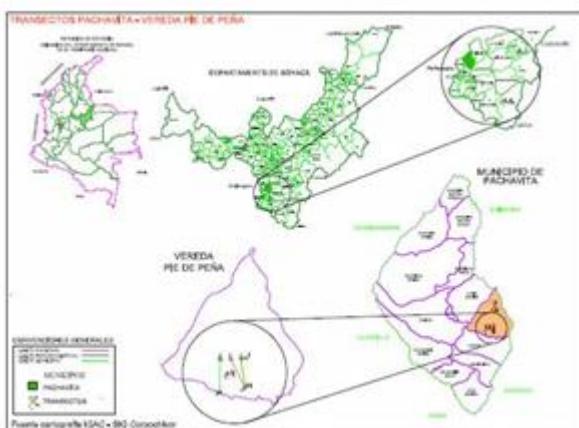
Los registros fueron mayores en zonas conectadas mediante cercas vivas con remanentes de bosque. Las cercas vivas en la zona las constituyen principalmente frutales de *Mangifera indica* y *Psidium guajava* en donde la especie encuentra mayor oferta de alimento. Solo fueron registrados dos individuos mientras se desplazaban por cultivos de *Zea mays* y no se observó ningún individuo consumiendo las mazorcas ni tampoco indicio de daño de fauna silvestre a este cultivo. Sin embargo para la época del estudio, los cultivos de *Zea mays* no se encontraban en cosecha.

La comunidad rural en el Valle de Tenza cultiva con fines de autoconsumo, por lo que las plantaciones no son tecnificadas y depende del clima y las condiciones ambientales adecuadas para su siembra, esto genera que las épocas de cosechar varíen.

### Pachavita (Pie de Peña)

En esta vereda se ubicaron seis transectos (Figura 4) donde se encontraron remanentes de bosque nativo, cercas vivas de frutales principalmente *Psidium guajava* y amplios potreros de explotación ganadera y cultivos de *Zea mays*. En el área se ubican fincas distantes entre sí, lo que da espacio al establecimiento y crecimiento de vegetación nativa. El total de la longitud de los transectos fue de 3,792 m con un promedio de 632 m por transecto, abarcando un polígono de estudio con una de superficie de 40 ha.

En la vereda Pie de Peña se observaron 21 individuos de *S. granatensis*. La mayoría de registros provienen de los transectos que se instalaron paralelos a una cerca viva de *Psidium guajava*, se observaron varios individuos de la especie alimentándose de este recurso (Figura 5). Se obtuvieron menos registros en los transectos ubicados en la parte inferior del área de estudio, ya que esta zona estaba dominada por amplias zonas de praderas.



**Figura 4** Distribución de los transectos en franja para estimar la densidad poblacional de *S. granatensis* en el municipio de Pachavita (Pie de Peña).



**Figura 5** Rastro del daño ocasionado por la especie de *S. granatensis* en fruto de *Psidium guajava*.

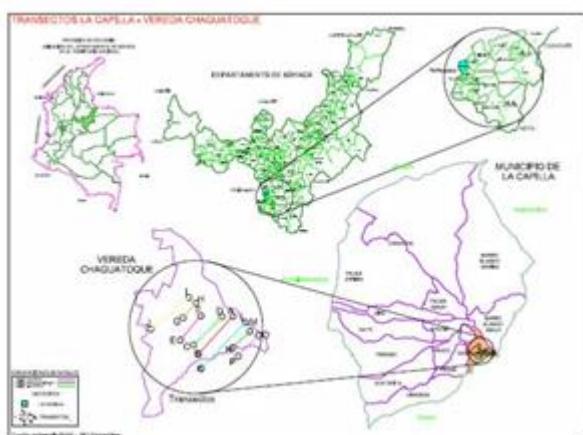
Los resultados de la estimación poblacional con un intervalo de confianza (IC) del 95 % para el municipio fueron:

- Densidad: 18.68 *S. granatensis/km<sup>2</sup>* (0.1868 animal/ha)
- Densidad máxima: 28.37 *S. granatensis/km<sup>2</sup>* (0.2837 animal/ha)
- Densidad mínima: 11.84 *S. granatensis/km<sup>2</sup>* (0.1184 animal/ha)

En el área ocupada por los transectos solo se registró un Cultivo de *Zea mays* en época de pre cosecha, en donde no se observaron individuos de la especie. En las cercas vivas también abundaban frutales de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*. Otra cobertura vegetal identificada fue plantaciones de árboles maderables como pino, en esta cobertura tampoco se observó algún individuo. En los pastizales se observaron individuos de *S. granatensis* intentando cruzar de un remanente de bosque a otro, a través de mangueras de agua ubicadas aéreamente, lo que presume que este tipo de conexiones facilita la movilidad de la especie en la zona.

#### La Capilla (Chaguatoque)

Esta vereda se encuentra en límites con el municipio de Tenza y se caracteriza por estar intervenida con diferentes cultivos de *Zea mays*, *Cyclanthera pedata* e invernaderos de *Solanum lycopersicum*, así como grandes pastizales para ganadería, en este caso no se encontraron cercas vivas de árboles nativos ni frutales, se ubicaron 8 transectos perpendiculares a la vía principal que conduce de Tenza a La Capilla (Figura 6) y el único remanente de bosque se encontró en la zona aledaña a la quebrada la Guaya. La longitud total de los transectos fue de 2,551 m con un promedio de 318.8 m por cada transecto teniendo el polígono de estudio una superficie de 30 ha.



**Figura 6** Distribución de los transectos en franja para estimar la densidad poblacional de *S. granatensis* en el municipio de La Capilla (Chaguatoque).

En el municipio de La Capilla se registró el menor número de individuos, dos en total. El área estudiada presentó el mismo tamaño de los municipios de Garagoa y Tenza; pero a diferencia de lo encontrado en otras localidades, presentó fincas altamente productivas en la ganadería y en el cultivo de *Solanum lycopersicum*.

Los resultados de la estimación poblacional con un intervalo de confianza (IC) del 95 % para este municipio fueron:

- Densidad: 5.38 *S. granatensis/km<sup>2</sup>* (0.0538 animal/ha)
- Densidad máxima: 16.16 *S. granatensis/km<sup>2</sup>* (0.1616 animal/ha)
- Densidad mínima: 0 *S. granatensis/km<sup>2</sup>*

Las cercas vivas y remanentes de Bosque se ubican solamente al inicio de los transectos, pero éstos no abarcaban un área considerable. Los dos registros provienen de la observación de individuos movilizándose a través de un cultivo de *Cyclanthera pedata* con algunas plantas en cosecha de *Zea mays*.

No se observó a los individuos alimentándose del cultivo sin embargo en algunas mazorcas se evidenció el consumo, ya que se encontraban roídas desde la parte superior y de manera muy uniforme hasta la parte media del fruto (Figura 7).

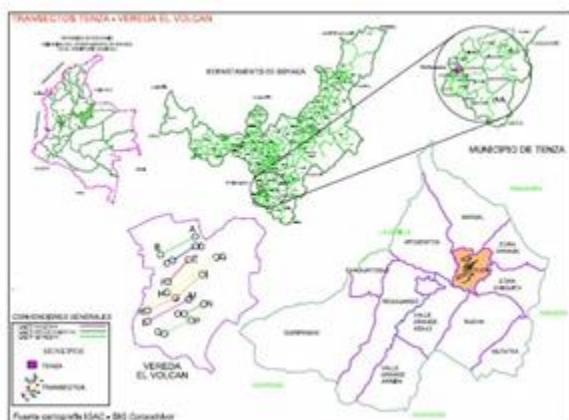


**Figura 7** Fruto de *Zea mays* identificado con marcas ocasionadas por *S. granatensis*.

#### Tenza (El Volcán)

En esta vereda se ubicaron 10 transectos paralelos a la quebrada la Guaya (Figura 8).

Esta vereda presentó vegetación secundaria principalmente con abundantes Pastos. Algunas fincas antes destinadas a cultivos y ganadería se encuentran abandonadas debido a que es una zona inestable y se han presentado deslizamientos de tierra, por lo que el rastrojo alto se encuentra en gran parte del territorio, y dificultó el acceso a la hora de ubicar los transectos. La longitud total de los transectos fue de 3,680 m con promedio por transecto de 368 m abarcando un polígono de estudio con una superficie de 31.5 ha.



**Figura 8** Distribución de los transectos en franja para estimar la densidad poblacional de *S. granatensis* en el municipio de Tenza (El Volcán).

Los resultados de la estimación poblacional con un intervalo de confianza (IC) del 95 % para este municipio fueron:

- Densidad: 33.89 *S. granatensis*/km<sup>2</sup> (0.3389 animal/ha)
- Densidad máxima: 27.09 *S. granatensis*/km<sup>2</sup> (0.2709 animal/ha)
- Densidad mínima: 7.60 *S. granatensis*/km<sup>2</sup> (0.0760 animal/ha)

En esta vereda se identificaron 11 individuos de *S. granatensis*. Cinco de éstos se observaron mientras se alimentaban y cinco registros se obtuvieron gracias al movimiento rápido de los individuos sobre las ramas. Un individuo fue observado a atravesando varios frutales de Guayaba sobre un alambre de púas instalada como límite de predios, lo que facilita la movilidad de la especie en el área de estudio.

Debido a la inestabilidad del terreno se encontró una gran cantidad de fincas abandonadas en el área, ya que eran zonas destinadas al pastoreo y cultivo, han sido invadidas por rastrojo, que al momento de los recorridos estaban crecidos, impidiendo el establecimiento de vegetación natural que pueda brindar algún recurso a la fauna residente.

La densidad de cultivos en el área de estudio es baja, solo un individuo fue observado mientras se movilizaba a través de un cultivo de *Zea Mays* en pre cosecha, sin embargo no se registró que estuviera alimentándose en el área. El 72 % de los registro provienen de individuos de *S. granatensis* movilizándose en cercas vivas como también se observó en Garagoa, ya que esta cobertura vegetal la constituyen frutales con aportes importantes a la dieta de la especie.

### Somondoco (Cabrera)

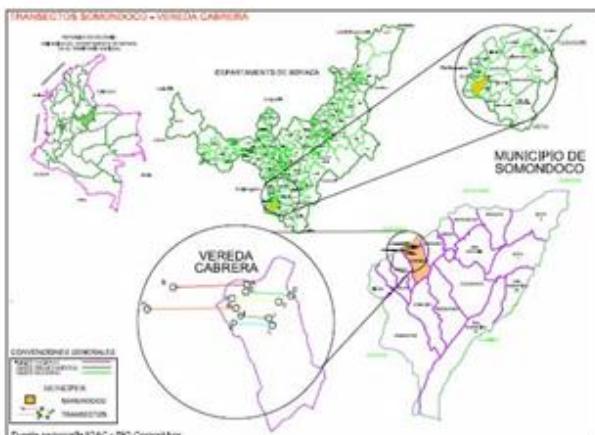
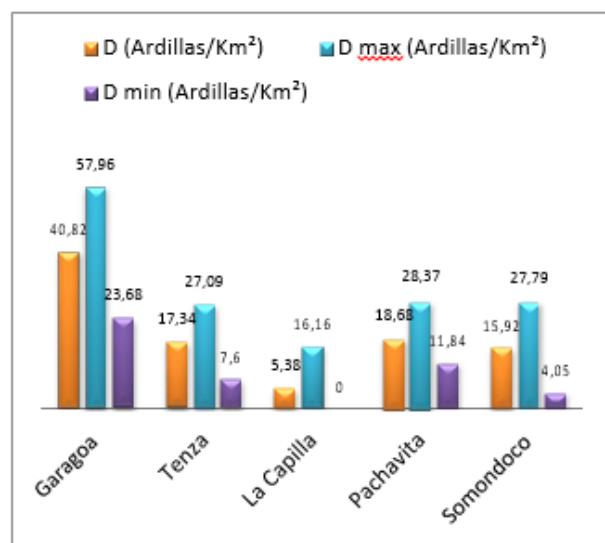
En esta vereda se ubicaron seis transectos (Figura 9), estos fueron establecidos perpendiculares al río Garagoa. En la zona ribereña se observaron algunos relictos de bosque mezclados con zonas de cultivos de *Zea mays*. En el área se observan cercas vivas, sin embargo sin abundantes frutales como en las otras localidades. El total de longitud de los transectos fue de 3,639 m con un promedio por transecto de 606.5 m abarcando un polígono de estudio con una superficie de 34 ha.

El área de estudio se ubicó en cercanías al río Garagoa y se identificaron seis individuos de *S. granatensis*. Se obtuvieron dos registros concentrados principalmente en cercas vivas. La zona presentó abundancia de praderas destinadas a ganadería y escasos lugares con frutales. Se observaron dos individuos alimentándose de *Psidium guajava* y uno de *Persea americana*.

Solo fue observado un individuo en remanente de bosque cuando se desplazaba ágilmente entre las ramas del sub dosel.

Los resultados de la estimación poblacional con un intervalo de confianza (IC) del 95 % para este municipio fueron:

Densidad: 15.92 *S. granatensis*/km<sup>2</sup> (0.1592 animal/ha)  
 Densidad máxima: 27.79 *S. granatensis*/km<sup>2</sup> (0.2779 animal/ha)  
 Densidad mínima: 4.05 *S. granatensis*/km<sup>2</sup> (0.0405 animal/ha)



**Figura 9** Distribución de los transectos en franja para estimar la densidad poblacional de *S. granatensis* en el municipio de Somondoco (Cabrera). Fuente: Autor.

La densidad de cultivos fue baja en comparación con otras localidades, también se encontró gran cantidad de remanentes de bosque rodeando la mayoría de las producciones agropecuarias.

En los cinco municipios se estimaron densidades bajas, existe la duda que *S. granatensis* sea una plaga para la zona (Grafico 1), sin embargo se evidenciaron daños a los diferentes tipos de cultivos y se comprobó el conflicto humano- fauna silvestre que existe.

**Grafico 1** Densidades poblacionales *S. granatensis* encontradas en los cinco municipios seleccionados para el estudio en el Valle de Tenza. Fuente: Autor

## Discusión

La densidad de *S. granatensis* en el Valle de Tenza fue relativamente baja, respecto a las densidades registradas en otros sitios de estudio, la densidad estimada más alta en este reporte fue en el municipio de Garagoa con una variación de 23.68 y 57.96 animales/km<sup>2</sup>. Las densidades estimadas en otros países varía entre 13 y 330 animales/km<sup>2</sup> (Bello & Hidalgo, 2010; Eisenberg, 1980; August, 1981; O'Connell, 1982), el estudio realizado en los Andes Colombianos, donde existen diferentes coberturas vegetales, se encontró que la densidad varió entre 7.9 y 27.6 animales/km<sup>2</sup> (Garcés & Rodríguez, 2013), muy cercana a la obtenida en el municipio de Tenza, donde la estimación de densidad fue entre 7.6 y 27.09 animales/km<sup>2</sup>. La estimación más baja para la especie se encontró en el municipio de La Capilla cuya variación fue de 0 y 16.16 animales/km<sup>2</sup>.

Esto podría deberse a que los hábitats evaluados no son óptimos para la especie, ya sea por diferencias en disponibilidad y distribución de recursos (Haney & Thorington, 1978), en este municipio la mayoría de las producciones agrícolas eran invernaderos de *Solanum lycopersicum* y abundantes praderas para ganadería, lo que puede explicar el bajo número de avistamientos, debido a que no se ha reportado el consumo de pastos por las ardillas (Monge y Hilje, 2006), por tanto éstas no poseen el recurso alimenticio y facilidades para su movilidad. La metodología en las investigaciones aplican métodos diversos, los reportes de densidades no muestran la precisión o exactitud de los resultados, por tanto la comparabilidad es limitada (Guevara, 1999).

Los registros fueron mayores en zonas conectadas mediante cercas vivas con remanentes de bosque. Las cercas vivas en la zona las constituyen principalmente frutales de *Mangifera indica*, *Psidium guajava* y *Persea americana*, en donde las ardillas encuentran mayor oferta de alimento (Buckland et al., 2001). No se observó directamente a ningún animal consumiendo las mazorcas, sin embargo se identificó en los frutos dañados, rastros causados por esta especie. Para la época del estudio, los cultivos no se encontraban en cosecha. Dado el empobrecimiento de los hábitats naturales en zonas perturbadas, los remanentes de bosque y cercas vivas constituyen áreas de refugio en donde la fauna puede encontrar alimento y estar protegida contra potenciales depredadores (Bonaccorso et al., 1980), y para resguardarse de acciones del hombre. En esta localidad se informó acerca de la caza de *S. granatensis* por parte de la comunidad como método de control y mitigación de los daños a los cultivos, lo que podría explicar los pocos registros en zonas de cultivo y cercanos a casas habitadas.

La presencia de frutos consumidos de *Psidium guajava*, *Mangifera indica* y *Persea americana*, y de ejemplares de *S. granatensis* consumiendo frutos de mango y guayaba, indica que esta especie está ligada a la presencia de cultivos de frutales, también la densidad de las ardillas podría relacionarse con la presencia de cercas vivas y remanentes de bosque. La disponibilidad de alimento en épocas del año que no se cosecha *Z. mays* permite suponer que existen múltiples fuentes de recursos alimenticios que sustentan a las poblaciones de *S. granatensis*, y por tanto éstas no dependen exclusivamente de los cultivos de *Z. mays*. En localidades donde las coberturas de cercas vivas y remanentes de bosque están presentes, los registros fueron escasos en las zonas de cultivo.

Es importante iniciar el estudio de la densidad o abundancia de *S. granatensis* en el Valle de Tenza, porque se determina una línea base, para continuar con monitoreos poblacionales en diferentes épocas del año (antes y durante cosechas de *Z. Mays*) en el mediano y largo plazo, la información generada permitiría definir la dinámica poblacional y su interacción con el bioma. El análisis de la tendencia poblacional con relación a los daños causados en los cultivos de *Z. mays* contribuiría a medir el impacto del daño respecto a la pérdida total por otros factores, como el causado por aves, otros mamíferos o cambios climáticos drásticos. Además la dinámica poblacional, se emplea como criterio para la evaluación de la calidad de hábitat, asignación de cuotas de cosecha o temporadas de caza, y seguimiento de planes de manejo (Condarco, 2010; Ojasti, 2000; Fernández, 200, Flores, 1999). También se podría detectar los posibles efectos de la abundancia de ardillas en las interacciones poblacionales con sus depredadores o competidores, y sobre el hábitat, así como la estimación de la capacidad de carga (Condarco, 2010).

Teniendo en cuenta la etología de la especie *S. granatensis* y su agilidad para movilizarse por el sub-dosel, no es fácil realizar el conteo total de los individuos. Sin embargo es posible medir la precisión de la estimación poblacional a través de la aplicación de repeticiones del muestreo (Rangel, 2010), tal como se efectuó en esta investigación, donde se informa la variación de la densidad en términos del IC 95%. Se recomienda realizar más estudios en la zona, utilizando muestreo con dos métodos por distancia, el transecto en línea con distancia perpendicular y en franja, lo que permitiría comparar los resultados para elegir el más preciso, de esta manera se podría recomendar el método adecuado para el estudio poblacional de *S. granatensis* y su dinámica en el sitio de estudio.

### Agradecimiento

Nuestro más profundo agradecimiento para la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR, por la financiación, confianza y acompañamiento a lo largo del desarrollo de la investigación, a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC y al Grupo de Estudios Ornitológicos GEO por la gestión administrativa que logró el convenio entre las dos entidades, también al biólogo Andrés Chinome por la ayuda en el trabajo de campo durante la fase de estimación de la densidad poblacional.

### Conclusiones

Dado los resultados de densidad que se obtuvieron en el periodo de tiempo estudiado, los valores encontrados son normales en condiciones naturales y de intervención (Eisenberg, 1980, August, 1981), también se recomienda que las acciones para disminuir los daños por parte de la especie a los cultivos, deben estar direccionadas a la protección de los cultivos, más que a la población de ardillas.

Además es conveniente probar métodos de control no letal de ardillas, que podrían disminuir los daños por parte de esta especie.

También es necesario plantear alternativas de uso de los hábitats que evite su fragmentación, y por lo contrario mantener y conectar extensas zonas de conservación, pero generando beneficios ambientales y económicos para la población rural tal como lo propuesto por Montes-Pérez y Adame-Erazo (2013).

### Referencias

Abundis A. (2006). Propuesta de protocolo para el monitoreo de la población del pavón (*Oreophasis derbianus*) en la reserva de la biosfera el triunfo, Chiapas. Tesis del Instituto de ecología, A.C. Xalapa. Veracruz: México.

August, P. (1981). Population and community ecology of small mammals in northern Venezuela. Unpubl. Ph.D. dissertation, Boston University: Boston.

Bello, J., y Hidalgo, M. (2010). Estudio que permite el método de control de la ardilla en el cultivo del cocotero avalado por la SEMARNAT. Tabasco. Universidad Juárez de Tabasco División académica de ciencias bilógicas.

Bonaccorso F., Glanz, W., & Sandford, C. (1980). Feeding assemblages of mammals at fruiting *Dipteryx panamensis* (Papilionaceae) trees in Panama: seed predation, dispersal, and parasitism. Revista de Biología Tropical, vol 28, pp. 61-72.

Buckland S., Anderson, K., Burnham, J., Laake, D., Borchers D., & Thomas, L. (2001). Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford. University Press: Oxford.

GONZÁLEZ, Diana, RODRÍGUEZ, Pablo, MONTES, Rubén y CASTILLO, Israel. Densidad de *Sciurus granatensis* en hábitats intervenidos del Valle de Tenza, Boyacá, Colombia. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015

Condarco, M. (2010). Determinación de la abundancia relativa del jochi pintado (*cuniculus paca, linnaeus*) en la zona media de los bosques del valle del sacta en época lluviosa. Tesis, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba: Bolivia.

CORPOCHIVOR. (n. d.). Generalidades de la jurisdicción. Generalidades plangest – CORPOCHIVOR. [Versión online] Garagoa: Cundinamarca. [Citado 25 marzo 2015]. Disponible en la dirección: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/2%20%20generalidades%20plangest%20%20corpochivor%20%286%20pag%20900kb%29.pdf>

Eisenberg, J. (1980). The density and biomass of tropical mammals, Conservation biology: an evolutionary – ecological perspective. Sutherland: Massachusetts.

Fernández, A. (2005). Abundancia relativa de mamíferos silvestres en áreas del parque recreativo y zoológico Piscilago y en límites con el fuerte militar Tolemaida (Vereda La Esmeralda, Nilo, Cundinamarca). Tesis Lic. Bogotá: Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. 108 p.

Flores, B. (1999). Técnicas de Investigación para el manejo de fauna silvestre. Un manual del curso dictado con motivo del III Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Documento Técnico 82/1999. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz. BO. 81 p.

Garcés, M., y Rodríguez, C. (2013). Densidad de ardilla roja (*Sciurus granatensis*) en hábitats con diferentes coberturas vegetales en los Andes de Colombia Mastozoología neotropical. [Versión on-line], vol. 20 no. 2

Cali. [citado 8 de mayo del 2015]. Disponible en la dirección: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0327-93832013000200010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0327-93832013000200010&script=sci_arttext)

Guevara, J. (1999). Conflictos potenciales y reales del hombre con los vertebrados silvestres. Diplomado en manejo de vida silvestre. Conservación y manejo de vertebrados del norte árido y semiárido de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, Dirección general de vida silvestre (SEMARNAT), servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos de América (USFWS), Facultad de Ciencias Forestales (UANL). México.

Haney L., & Thorington, R. (1978). Ecology of Neotropical erd – tailed squirrels. *Sciurus granatensis*, in the Panama Canal Zone. Journal of Mammalogy 59, 846-851.

INCODER. (2012). Área de desarrollo rural del Valle de Tenza (Boyacá) componente físico – biótico. Bogotá. 2012.

INCODER, y CORPOICA. (2005). Zonificación Agroecologica, evaluación economía y organización socioempresarial de sistemas de producción prioritarios en el área de desarrollo rural Valle de Tenza, estrategias de desarrollo rural. [Versión online]. INCODER. Mosquera: Cundinamarca. [Citado 25 marzo 2015]. Disponible en la dirección: [http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR\\_VALLE%20DE%20TENZA/Documentos%20de%20Apoyo/Zonificacion\\_agroecologica\\_Valle\\_de\\_Tenza.pdf](http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR_VALLE%20DE%20TENZA/Documentos%20de%20Apoyo/Zonificacion_agroecologica_Valle_de_Tenza.pdf)

Monge J., Hilje L. (2006). Hábitos alimenticios de la ardilla *Sciurus variegatoides* (Rodentia:Sciuridae) en la península de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 54, 681-686.

Montes-Pérez R. Adame-Erazo S. (2013). Construcción local de proyectos que lleven a la sustentabilidad: una propuesta a desarrollar en Colombia. *Memorias del VIII Encuentro de la Facultad de Ciencias y XVII Jornada de Investigación. Minería, Energía y Hábitat. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja, Boyacá, Colombia.* Pp: 16-20.

O`Connell, M. (1982). Population biology of north and South American grassland rodents. A comparative review mammalian biology in south America.spec. *Publ. Lab. Eco. Univ Pittsburgh.*

Ojasti, J. (2000). Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. *Instituto de Zoología Tropical. Universidad Central de Venezuela: Caracas, VE.*  
290 p.

OPEPA. (n.d.). Ardilla *Sciurus granatensis*, Organización para la educación y protección ambiental OpEPA. [Versión online] Bogotá: Cundinamarca. [Citado 01 abril 2015]. Disponible en la dirección: [http://www.opepa.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=723&Itemid=29](http://www.opepa.org/index.php?option=com_content&task=view&id=723&Itemid=29)

Rangel, I. (2010). Estimación de la densidad absoluta de una población de *Populus mexicana* dimorfa (transecto en franja). *Unidad Guasave, Universidad de Occidente: Sinaloa.*

Rodríguez, P., González, D., y Chinome, A. (2014). Informe primera fase: Control de poblaciones animales en cultivos agrícolas de la jurisdicción de CORPOCHIVOR. Garagoa. Corporación autónoma regional de Chivor.

## Efecto de pretratamientos aplicados a la deshidratación de tomate sobre la cantidad de licopeno

AGUILAR, María\*†, QUEZADA, Teódulo ``, ABRAJÁN, Myrna, OCHOA, Yisa```, VASCO, Nora``

\*Departamento de Tecnología de Alimentos. Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940. Aguascalientes, México. CP. 20131.

``Departamento de Química. Centro de Ciencias Básicas. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940. Aguascalientes, México. CP. 20131.

```Departamento de Clínica Veterinaria. Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940. Aguascalientes, México. CP. 20131.

```Departamento de Fitotecnia. Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940. Aguascalientes, México. CP. 20131.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Se estudiaron los efectos del escaldado, así como de los pretratamientos a base de sal, azúcar, cloruro de calcio y metabisulfito de sodio, aplicados al proceso de deshidratación en tomate Saladette cultivado en condiciones de invernadero, con el objetivo de determinar cuál tratamiento presenta las menores pérdidas de licopeno; para ello se realizó una evaluación fisicoquímica inicial de los tomates muestreados. Posteriormente se llevaron a cabo los pretratamientos y deshidratación, sometiéndolos después a una evaluación fisicoquímica, determinando contenido de agua, actividad de agua, pH, grados Brix (°Bx), color y cantidad de licopeno. Los datos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar, se llevó a cabo un análisis de varianza, para cada una de las variables, se realizaron contrastes ortogonales entre el tratamiento (escaldado), contra los cuatro pretratamientos, utilizando como prueba estadística la diferencia mínima significativa ( $p<0.05$ ). Encontrando que el pretratamiento de escaldado presentó menores pérdidas de licopeno.

**Escaldado, azúcar, sal, metabisulfito de sodio, cloruro de calcio, tomate.**

### Abstract

Scalding effects, as well as salt, sugar, calcium chloride and sodium meta-bi-sulfite used in the dehydration process of greenhouse Rome tomato (Saladette) were studied, in order to determine which treatment had less impact on lycopene reduction. Tomato samples were subject to a physical-chemical analysis before pre-treatment and dehydration. A post-treatment physical-chemical analysis was made to determine water content, water activity, pH, °Bx, color and lycopene activity. Resulting data were analyzed under a randomized design, conducting a variance analysis for each variable, as well as orthogonal contrasting between the treatment (scalding) and the four treatments, using the minimum significant difference ( $p<0.05$ ) statistical test. Test results indicate that scalding has the least impact on lycopene reduction.

**Scalding, sugar, salt, sodium meta-bi-sulfite, calcium chloride, tomato.**

**Citación:** AGUILAR, María, QUEZADA, Teódulo, ABRAJÁN, Myrna, OCHOA, Yisa, VASCO, Nora. Efecto de pretratamientos aplicados a la deshidratación de tomate sobre la cantidad de licopeno. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:238-245

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mmaguila@correo.uaa.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) es una de las hortalizas con mayor demanda y la segunda hortaliza producida en el mundo, considerada como una de las principales fuentes de licopeno; el cual es un pigmento vegetal soluble en grasas, y que posee propiedades antioxidantes. Además de aportar el color rojo característico al tomate, Telis et al. (2004); el contenido de licopeno incrementa con la madurez del fruto y puede presentar variaciones según la variedad, cultivo, tipo de suelo, clima etc; este es un carotenoide, que solo los vegetales y algunos microorganismos sintetizan, tomándose como micronutriente en la alimentación, se encuentra en la sangre y tejido humano, concentrándose principalmente en la próstata; actúa protegiendo a las células del estrés oxidativo producido por la acción de los radicales libres, que son los responsables de enfermedades cardiovasculares, cáncer y envejecimiento (Monsalve y Machado, 2007).

El licopeno es degradado bajo diferentes condiciones, estas pueden ser isomerización y oxidación, lo que impacta en su bioactividad y reduce la funcionalidad para los beneficios en la salud, dichas reacciones de degradación son influenciadas por factores como: temperatura, luz, oxígeno, estado físico y condiciones ambientales (Xianquan et al., 2005). El secado o deshidratación es una de las tecnologías más frecuentes en la agroindustria, lo que se busca es disminuir al máximo la actividad bioquímica interna y la acción de los microorganismos que permita mantener por más tiempo el producto en condiciones de almacenaje. Los productos sometidos a deshidratación son sensibles al calor, provocando pérdidas de color, nutrientes, sabor y textura (Queiroz et al., 2004).

Se han realizado numerosos estudios en relación al mejor método de deshidratación para productos alimenticios, como frutas y hortalizas.

Krokida et al. (1988), reportaron que la cinética de deshidratación de vegetales mediante aire seco, es afectada por la temperatura del aire y las dimensiones del material a secar; estos productos están caracterizados por una baja porosidad y alta densidad. Tradicionalmente los tomates deshidratados reciben un pretratamiento con dióxido de sulfuro, en cámaras de secado (Valley Sun, 2000), otro método para introducir dióxido de sulfuro, es mediante soluciones de matabisulfito de sodio (Pazyr et al., 1996). La sal también puede ser usada cuando no se desea el uso de sulfitos (Latapi y Barret, 2006). El escaldado es uno de los pretratamientos empleados en la deshidratación de frutas y hortalizas, se usa para elevar la calidad del producto final (Latapi y Barret, 2006). Estudios realizados por Lewicki y Michaluk (2004), mostraron que la deshidratación convectiva de los tomates es un proceso largo y su duración depende del pretratamiento aplicado al producto en fresco e indican que el pretratamiento con iones de calcio afecta la cinética de secado y las propiedades de rehidratación del producto seco. Los pretratamientos que afectan la calidad del producto, con mínimas pérdidas de licopeno, son la deshidratación, el cual reduce el contenido de vitamina C, incrementa el 5-hidroximetil-2-furfural y afecta la efectividad de los antioxidantes del tomate, especialmente en su fase hidrofílica. Existen diferentes pretratamientos, Lewicki y Michaluk (2004), indican que el uso de  $\text{CaCl}_2$  al 2%, a  $60^{\circ}\text{C}$ , incrementa la pérdida de carotenoides, disminuyendo el tiempo de secado. En el pretratamiento a base de  $\text{NaCl}$  al 3% entre  $60-95^{\circ}\text{C}$ , no afecta la pérdida de carotenoides, sin disminuir el tiempo de secado; el uso del matabisulfito de sodio al 1 % a temperaturas que oscilaron entre  $60-80^{\circ}\text{C}$  y  $80-110^{\circ}\text{C}$ , disminuyó la pérdida de carotenoides, sin disminuir el tiempo de secado (Latapí y Barrett, 2006).

Shi et al. (1999) encontraron que al utilizar azúcar al 3 % a 60-80 °C incrementó la calidad del producto final, presentando mínimas pérdidas de licopeno. Por lo que el objetivo del presente trabajo, fue determinar el efecto del escaldado, así como de los pretratamientos a base de sal, azúcar, metabisulfito de sodio y cloruro de calcio, sobre la cantidad de licopeno.

## Materiales y Métodos

### Toma de muestras

Se obtuvieron tres muestras al azar de tomates saladette, proveniente de los invernaderos del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, con base a la Norma Mexicana NMX-Z-12, estos fueron trasladados al laboratorio de Ingeniería de alimentos para su análisis.

### Evaluación fisicoquímica inicial

Se determinó el peso utilizando una balanza semianalítica OHAUS®, diámetro ecuatorial y polar; así como el grosor de la pared interna utilizando un vernier digital esto de acuerdo con lo estipulado por la norma NMX-FF-54-1982; para el diámetro polar se tomó como punto de referencia el pedúnculo y el cierre floral, realizando la medición en los dos puntos opuestos del fruto. Se midió la textura de los tomates frescos y deshidratados mediante un texturómetro modelo FT 327, marca QA Supplies®. Para llevar a cabo el conteo de las cavidades loculares, se partió el tomate fresco en su parte ecuatorial y se registró el dato de acuerdo al número de septos que componen la parte carnosa del fruto. Los grados Brix se determinaron en base a el Método Oficial 932.12 de la AOAC (1997) con un refractómetro tipo Abbel, marca Atago®, donde se utilizó el jugo de tomate recién extraído, colocando una gota en el prisma del refractómetro.

Para determinar la concentración existente de iones de hidrógeno en el jugo del fruto, se utilizó la técnica AOAC 943.02 (2000).

### Pretratamiento

Para el pretratamiento y deshidratación, se utilizó la metodología propuesta por Fernández et al. (2007), donde se lavaron con agua potable los tomates maduros y de consistencia firme, se realizó el troceado, para ello se eliminó el pedúnculo, y se hicieron ocho cortes longitudinales por fruto; se realizó el desemillado durante el troceado; las semillas se separaron con un colador y se sacaron. Para el pretratamiento de escaldado, se sumergieron los tomates en agua a 96 °C, por 15 s. Para el pretratamiento con CaCl<sub>2</sub> (2%), se aplicó la metodología propuesta por Lewicki y Michaluk (2004) en donde se sumergen los tomates durante 20 min; para NaCl (3%) y metabisulfito de sodio (1%) se utilizó la técnica de Latapi y Barret (2006), sumergiendo los tomates durante 20 min y para el pretratamiento con azúcar (3%) se utilizó la metodología de Shi et al., (1999), sumergiendo los tomates durante un tiempo de 20 min. Una vez sumergidos durante los tiempos que indican cada una de las metodologías utilizadas estos se escurrieron y se acomodaron 100 g de producto por bandeja de malla metálica para su posterior secado.

### Deshidratación

Se realizó utilizando el equipo de secado, marca PROCIMEX, modelo LQ001®, en donde se controló la temperatura a 60°C y velocidad del aire de 1,5 m/s en todos los tratamientos y la variación de masa se midió en una balanza digital de precisión. Posteriormente los tomates deshidratados fueron sometidos a una evaluación fisicoquímica, a los cuales se les determinó el contenido de agua, mediante el método AOAC 20.013 (AOAC, 1980).

Este método consiste en la determinación de la pérdida de peso del producto en una estufa de vacío a una presión de 80 mm de Hg y temperatura no superior a 63 °C, dejándose secar hasta obtener un peso constante, según la ecuación:

$$X_w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100 \quad (1)$$

Donde:

$X_w$ = Contenido de humedad.

$m_0$ = masa del peso de sustancias.

$m_1$ = masa del peso de sustancias con la muestra.

$m_2$ = masa del peso de sustancias con la muestra seca.

Se determinó la actividad del agua ( $aw$ ) utilizando el equipo AQUA LAB serie 3TE®. Para determinar la concentración existente de iones de hidrógeno en el jugo del fruto, se utilizó la técnica AOAC 943.02 (2000), en donde se homogenizaron las muestras, en un mortero en una porción de 1 g de muestra con 10 mL de agua destilada. Los grados Brix se determinaron en base Método Oficial 932.12 de la AOAC con un refractómetro tipo Abbel, marca Atago®; el color se determinó con un Colorímetro (Minolta, Chroma 300®) en el espacio de color L – a – b. Para la interpretación de los datos se hicieron los diagramas de cromaticidad, los cuales describen la coloración de la epidermis del fruto. Para la extracción del licopeno de las muestras se empleo cloroformo; la cuantificación se llevó a cabo utilizando un HPLC a 420 nm, usando como fase móvil acetonitrilo – metanol (60:40) y un estandar de licopeno marca SIGMA.

### Análisis estadísticos

Los datos fueron analizado bajo un diseño completamente al azar, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANDEVA) para cada una de las variables de calidad (pH, color,  $aw$ , °Bx y concentración de licopeno) se realizaron contrastes ortogonales entre el tratamiento propuesto (escaldado sin uso de aditivos).

Contra los cuatro pretratamientos utilizados ( $CaCl_2$ ,  $NaCl$ , metabisulfito de sodio y azúcar) utilizando como prueba estadística la diferencia mínima significativa ( $p<0.05$ ). Haciendo uso del software S.A.S (1998).

### Resultados y Discusión.

#### Evaluación de tomates frescos

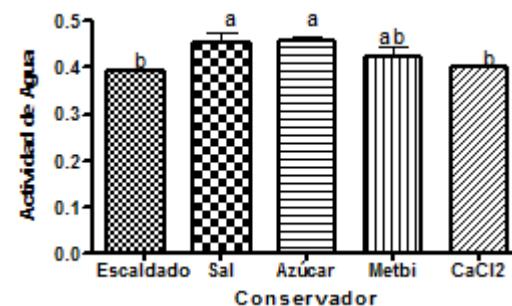
En relación a el diámetro polar la variedad evaluada presentó un valor medio y error estándar de  $5,97 \pm 0,235$  cm ( $p<0,05$ ), por lo que concuerda con lo mencionado por Ormeño et al. (2002) y Villasana et al. (2008) quienes reportan, para la variedad saladette un diámetro polar entre 5,0 – 6,29 cm; respecto al diámetro ecuatorial se presentó un valor medio y error estándar de  $3,645 \pm 0,605$  cm ( $p<0,05$ ), estos datos coinciden con los de Villasana et al. (2009), quienes reportan un diámetro ecuatorial en los tomates saladette entre 2 – 4,2 cm, por lo que los tomates analizados en el presente estudio se encuentran dentro del rango que indican. En lo referente a los grados Brix, Nuez et al. (1995) indican que la mayoría de las variedades se encuentra entre 4,5 y 5,5 grados Brix cuando están completamente maduros. Así mismo De la Cruz et al. (2009), obtuvo valores de grados Brix entre 4,1 y 5 en tomates cultivados en invernaderos; los valores obtenidos en esta investigación arrojan valores de  $4.53 + 0.16$  por lo que concuerdan con los mostrados por De la Cruz et al. (2009). En relación al pH, Thorne y Segura (1982) reportaron que el pH del zumo de tomate se sitúa normalmente entre 4,2 y 4,4, lo que concuerda con los datos obtenidos en este trabajo presentando valores de  $4.458 + 0.028$ .

En relación a la firmeza los tomates, esta fue de  $2,19 + 0,07$  kg ( $p<0,05$ ), respecto a lo anterior, Thorne y Segura (1982) mencionan que la fuerza específica para el aplastamiento del fruto deberá ser al menos de 60-80 g y la resistencia a la punción de al menos 130-150 g, presentando los resultados un valor para la firmeza superior a los que indican estos autores. En relación a el peso, los valores obtenidos fueron de  $92,84 + 9,87$  g ( $p<0,05$ ) encontrándose dicha variable dentro de los valores que reportan Cano y Márquez (2008). En relación al número de lóculos, los tomates evaluados mostraron  $2,00 + 0,00$  lóculos por fruto ( $p<0,05$ ), concuerdan con los de Gómez et al., (2008), realizaron un estudio comparativo entre tomates bola y saladette, donde los segundos presentaron de 2 a 3 lóculos por fruto. Para la variable grosor de la pared interna, se obtuvo una media y error estándar de  $0,62 + 0,11$  cm, en relación a lo anterior Gómez et al., (2008) realizaron un estudio en donde evaluaron el grosor de la pared interna de tomates cultivados en condiciones de invernadero contra tomates cultivados al aire libre, los resultados mostraron que los tomates de invernadero presentaron un grosor de la pared interna de  $0,58 - 0,62$  cm, por lo tanto son similares a los obtenidos en este estudio, debido a que al controlar las condiciones de cultivo se obtienen mayores rendimientos y mayor calidad del fruto. En relación a la cantidad de licopeno se observó que los tomates saladette mostraron una cantidad de licopeno con una media y error estándar de  $6,5 + 0,22$  mg/100 g de tomate fresco (93.33 mg/100 gr. en base seca), de acuerdo a lo anterior, esta información coincide con lo reportado por Bicaninc et al., (2003) quienes afirman que el licopeno es excepcionalmente abundante en tomate fresco (5 mg por 100 g), y en algunas variedades contiene más de 40 mg por 100 g, abarcando hasta el 85% del total de los pigmentos presentes.

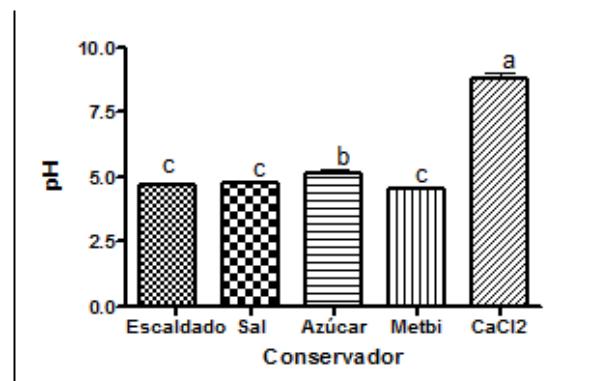
Evaluación de tomates pretratados y deshidratados.

En relación al porcentaje de humedad, no se logró observar diferencia significativa en relación a los tomates que fueron pretratados de diferente manera, debido a que todos fueron deshidratados de igual forma para cuestiones de estudio ( $p>0,05$ ). Praderas (2007) menciona que la humedad de equilibrio para tomates deshidratados es del 12%, porcentaje en el cual los tomates y otros frutos son consumidos habitualmente. Respecto a la variable aw se presentó diferencia significativa, ya que los tomates con mayor contenido de humedad fueron los tratados con azúcar, con valores medio y error estándar de  $0,463 + 0,0057$ , los de menor aw fueron los escaldados que no recibieron tratamiento con aditivo, así como los tratados con CaCl<sub>2</sub>, los cuales tuvieron un valor medio y error estándar de  $0,393 \pm 0,06$ , y  $0,400 + 0,01$  respectivamente ( $p<0,05$ ). Olorunda et al. (1996) menciona que la aw predice la estabilidad de los alimentos con respecto a sus propiedades físicas, la velocidad de las reacciones de deterioro y el crecimiento microbiano, influenciando la vida de anaquel, color, olor, sabor y consistencia de los mismos. El control de la aw es también una forma importante de mantener la estabilidad química de los alimentos; ejerce un fuerte efecto sobre las reacciones de enranciamiento no enzimático y las de oxidación lípidica autocatalítica. Juega un papel importante en la actividad enzimática y vitamínica de los alimentos, así como en propiedades físicas como textura y vida de anaquel. Los resultados obtenidos reflejan que los tomates escaldados tienen una aw menor. En relación al pH se presentó diferencia significativa ya que los tomates tratados con CaCl<sub>2</sub> modifican su pH de una manera considerable, obteniendo una media y error estándar de  $8,793 + 0,22$ , en comparación con los tomates tratados con azúcar los cuales mostraron valores medios y error estándar de  $5,136 + 0,18$ , ( $p<0,05$ ).

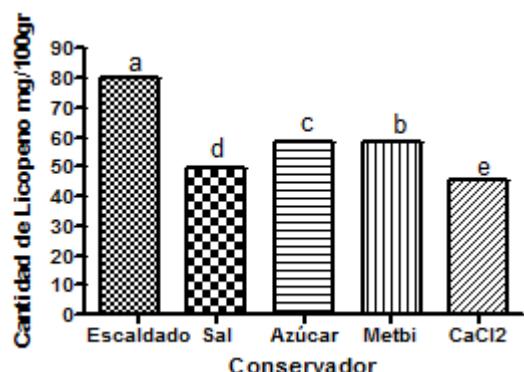
Así mismo los tomates escaldados, como los que fueron tratados con metabisulfito de sodio y sal, no modificaron su valor de pH, estos resultados concuerdan con lo reportado por Guzmán y Cornejo (2008), quienes en un estudio muestran el efecto de pretratamientos sobre tomates deshidratados y concluyeron que los tomates pretratados con sal y metabisulfito, no modifican su valor de pH. En lo referente a la cantidad de licopeno, se encontraron diferencias significativas entre los tomates escaldados y los que recibieron tratamiento químico, los tomates escaldados presentaron un contenido de licopeno de 91,92 mg/100 g de producto seco, seguidos de los tomates tratados con metabisulfito y azúcar, los cuales obtuvieron 66,29 y 66,04 mg /100 g de producto seco, mientras que los tomates pretratados con cloruro de calcio contienen 51,3mg/100 g de producto seco ( $p<0.05$ ). Los resultados obtenidos coinciden con lo publicado por Lewicki y Michaluk, 2004, quienes mencionan que la aplicación de CaCl<sub>2</sub> aumenta la pérdida de licopeno en tomates tratados con este aditivo; Latapí y Barrett, (2006), indican que los tomates tratados con metabisulfito de sodio y NaCl no permiten la pérdida de licopeno, lo cual no se refleja en la presente estudio, así mismo Shi et al., (1999), reportaron que los tomates pretratados con azúcar mejoran las características de calidad y las pérdidas de licopeno son mínimas, sin embargo en este estudio se observó que existen pérdidas de licopeno.



**Figura 1** Prueba de separación de medias que muestra la actividad de agua (aw) en tomates saladette escaldados a 60°C, así como pretratados con sal al 3%, azúcar al 3%, metabisulfito de sodio al 1% y cloruro de calcio al 2%.



**Figura 2** Prueba de separación de medias que muestra el pH en tomates saladette escaldados a 60°C, así como pretratados con sal al 3%, azúcar al 3%, metabisulfito de sodio al 1% y cloruro de calcio al 2%.



**Figura 3** Prueba de separación de medias que muestra la cantidad de licopeno en tomates saladette escaldados a 60°C, así como pretratados con sal al 3%, azúcar al 3%, metabisulfito de sodio al 1% y cloruro de calcio al 2%.

### Agradecimientos

A la Universidad Autóoma de Aguascalientes, por las facilidades brindadas para realizar este proyecto.

### Conclusión

El escaldado fue el pretratamiento que mostró menor degradación de licopeno en tomates saladette cultivados bajo condiciones de invernadero, por lo que es una alternativa viable para producir alimentos que no tengan ningún químico o conservador, y que sean benéficos para la salud.

### Referencias

AOAC.20.013. 1980. Association of official analytical chemist. Official methods of analysis. Washington D.C.

AOAC, 1997. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. AOAC International Gaithersburg, Maryland.

AOAC 943.02. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of official analytical chemists (fifteenth edition). Journal of Cookery Science of Japan. 12 p.

Bicaninc, D.; Luterott,i S.; Dadarlat, D.; Gibkes, J.; Lubbers, M. 2003. Rapid, Accurate, and Direct Determination of Total Lycopene Content in Tomato Paste. Review of Scientific Instruments. 74: 687-690.

Cano, R.P.; Márquez, C. 2008. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. V Congreso Iberico de Ciencias Hortícolas Vol 1(219-224).

De la Cruz, L.; Estrada, M.A.; Robledo, T.V.; Osorio, O.R.; Marquez, H.C.; Sanchez, H. R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Universidad y ciencia (25)1 59-67.

Fernandez, C.; Pitr, A.; Llobregat, M.J.; Rondon Y. 2007. Información tecnológica. Vol 18:31-38.

Gómez, M.; Boicot, F.; Gutiérrez, J. 2008. Rendimiento y tolerancia a la sequía de cuatro variedades cubanas de tomate (*Lycopersicum esculentum*. Mill). Revista Electrónica Granma Ciencia. Vol 12, 1.

Guzmán, V.; Cornejo, F. 2008. Efecto de pretratamientos con Sales Inorgánicas Aplicados Previo al Proceso de Deshidratación. Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Krokida, M.; Tsami, E.; Maroulis, Z. 1988. Kinetics on Color Changes During Drying of Some Fruits and Vegetables. Drying Technology. 10: 1145 – 1155.

- Latapi, G.; Barret, D.M. 2006. Influence of Pre-drying Treatments on Quality and Safety of Sun-dried Tomatoes. Part I: Use Of Steam Blanching, Boiling Brine Blanching And Dips In salt Or Sodium Metabisulfite. *Journal of Food Science*. 71(Suppl.1):S24-31.
- Lewicki, P.; Michaluk, E. 2004. Drying of Tomato Pretreated with Calcium. *Drying Technology*. 22: 1813 – 1827.
- Monsalve, J.; Machado, M. 2007. Evaluación de Dos Métodos de Deshidratación del Tomate Variedad Manzano. *Multiciencias*. 7:256-265.
- NMX-FF-54-1982. Norma Mexicana para Exportación de Tomate.
- NMX-Z-012 - 1997. Muestreo para la inspección de atributos
- Nuez, F.; Rincón, A.R.D.; Tello, J.; Cuartero, T.; Segura, B. 1995. El cultivo de tomate. Ed. Mundi prensa, Madrid, España. 793 p.
- Olorunda, A.; Aworth, O.; Onnuoha C. N. 1996. Upgrading quality Of Dried Tomato: Effects Of Drying Methods, Conditions And Pre-drying Treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 52:447-54.
- Ormeño, L.; Fuentes, F.; Soffia, V. 2002. Tolerancia del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Aplicaciones Post Transplante de Herbicida Halosulfurón-Metil1 Agricultura Técnica: 63(2):125-134
- Pazyr, F.; Yurdagel, U.; Ural, A.; Babalyk, O. 1996. Factors Affecting Sulfur Dioxide Absorption In Tomatoes Prepared For Sun Drying. In: Processing Of Sun-dried Tomatoes. Seminar Notes. Bornova-Izmir, Turkey: Food Engineering Dept., Ege Univ. 46 – 55.
- Praderas, G. 2007 Desarrollo de un Producto de Humedad Intermedia Tipo "Pasapalo o bocadito" a Partir de Frutos de Tomate. *Revista de la Facultad Agronómica de Maracay*. 33:113-127.
- Queiroz, R.; Gabas, A.; Telis, V. 2004. Drying Kinetics of Tomato by Using Electric Resistance and Heat Pump Dryers. *Drying Technology*. 22:1603-1620.
- SAS. Institute Inc. 1998. Guide for personal computers. SAS institute, Cary, N.C.
- Shi, J. X.; Le Manguer, M.; Kakuda, Y.; Liptay, A.; Niekamp, F. 1999. Lycopene Degradation And Isomerization In Tomato Dehydration. *Food Research International*. 32 (Suppl.1): 15 – 21.
- Telis, V.R.N.; Murari, R.C.B.; Yamashita, F. 2004. Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. *Journal of Food Eng.*, (61) 253–259.
- Thorne, S.; Segura-Jauregui, J.S. 1982. The effect of irregular storage temperatures on firmness and surface colour in tomatoes. *Journal Science Food Agricultural*. 33: 671-676.
- Valley Sun 2000. Sun- dried tomato – Valley Sun Difference. Newman, Calif. Available from <http://valleysun.com>. Acceded 2006 Jan 30.
- Villasana, J.; Olivares, R.; Vázquez, C. 2008. Evaluación de Patrones en Plantas Injertadas para la Producción de Tres Variedad de Tomate en Invernadero. Ciclo de Seminarios de Posgrado. Facultad de Agronomía. UANL.
- Xinaquan, S.; Shi, J.; Krakuda ,Y.; Yueming. 2005. Stability of Lycopene During Food Processing and Storage. *Journal of Medicinal Food*. 4: 413-422.

## Síntesis de Materiales Mesoporosos de Sílice Mediante Precursores de Bajo Costo y Su Uso en la Remoción de Cromo (III)

GUTIÉRREZ-VALTIERRA, Moises\*†, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen``, CAUDILLO-GONZÁLEZ, Martín` y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Ma. Mercedes`

<sup>\*</sup>Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología de la Universidad de Guanajuato; Ex Hacienda San Matías S/N, colonia San Javier Guanajuato, Gto. CP 36000.

<sup>``</sup>Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato. Instituto Politécnico Nacional (UPIIG-IPN). Av. Mineral de Valenciana No. 200 Col. Fracc. Industrial Puerto Interior, C.P. 36275 Silao de la Victoria, Guanajuato México.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

En las últimas décadas el uso de materiales híbridos mesoporosos de sílice, para la remoción de metales de efluentes acuosos ha mostrado un gran interés, debido en gran parte, a la alta estabilidad y selectividad que estos materiales suelen presentar.

El presente trabajo muestra la síntesis y caracterización de mesoporosos e híbridos mesoporosos de sílice obtenidos a partir de Si(OH)4. Los materiales, presentan un área superficial de 900 m2g-1, mientras que el material aminofuncionalizado presenta un área de 171 m2g-1, la caracterización del material funcionalizado por RMN de 13C CP-MAS en estado sólido garantiza la presencia del grupo 3-amino propil en la estructura del material, el cual presenta un 33.5 % de modificación determinado por TGA. El uso del material híbrido mesoporoso de sílice, amino funcionalizado como adsorbentes de Cr(III), muestra una capacidad de carga de 22.5 mgg-1, de acuerdo al modelo de Langmuir, así como una adsorción favorable y una cinética de adsorción rápida alcanzándose el equilibrio en 20 minutos.

### Silice, Remoción, Cr (III)

**Citación:** GUTIÉRREZ-VALTIERRA, Moises, SALAZAR-HERNÁNDEZ, Carmen, CAUDILLO-GONZÁLEZ, Martín y SALAZAR-HERNÁNDEZ, Ma. Mercedes. Síntesis de Materiales Mesoporosos de Sílice Mediante Precursores de Bajo Costo y Su Uso en la Remoción de Cromo (III). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:246-254

### Abstract

In recent decades the use of mesoporous silica hybrid materials for the removal of metals from aqueous effluents has shown great interest, due in large part to the high stability and selectivity that these materials are present. This paper presents the synthesis and characterization of mesoporous and hybrid mesoporous silica obtained from Si(OH)4. Superficial mesoporous area has a 900 m2g-1, while the material has an area aminofuncionalizado 171 m2g-1, functionalized material characterization 13C NMR CP-MAS solid state guarantee the presence of the 3-amino propyl in the material structure, which has a 33.5% change determined by TGA. The use of the hybrid material mesoporous silica, amino functionalized as adsorbents of Cr (III) shows a capacity of 22.5 mgg-1, according to set Langmuir model and favorable adsorption kinetics adsorption metal by material is rapid equilibrium is reached in 20 minutes.

**Silica, Remove, Cr (III)**

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: merce@ugto.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

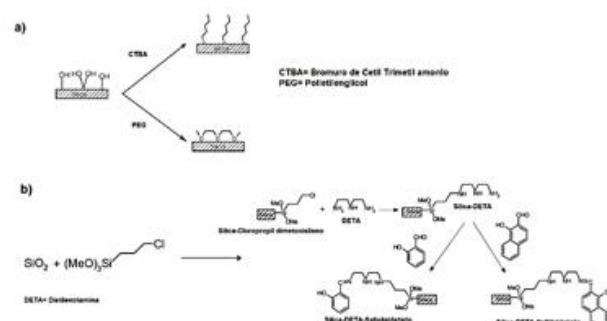
En los últimos años los materiales mesoporosos ordenados en base a sílice han presentado un interés especial, dentro de la ciencia y tecnología de los materiales, en gran parte debido a las numerosas aplicaciones que estos presentan. Estos materiales se han utilizado como soportes catalíticos, soportes cromatográficos, materiales adsorbentes, bioreservorio de fármacos e inmovilizador de enzimas o proteínas, entre otras aplicaciones (Asefa et col., 2012; Barton et col. 1999; Lee et col. 1998; Fie-Yee et col., 2009; Gill et col., 2001, Hartman et col. 2005; Tran et col. 2011). La gran diversidad de aplicaciones que estos materiales presentan, se debe en gran parte a la alta estabilidad química y térmica de la sílice, que permite que esta pueda involucrarse tanto en procesos biológicos como químicos sin intervenir en estos.

La aplicación de estos materiales como adsorbentes o matrices cromatográficas en aplicaciones ambientales ha mostrado un interés especial, en gran parte debido a las altas áreas superficiales (400-900 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>) que suelen presentar este tipo de materiales (MCM-41, SBA-15), así como su estructura porosa ordenada; sin embargo la mayor aplicación en este ámbito, se ha observado con materiales híbridos mesoporosos, en donde la modificación superficial y de los poros de estos materiales se realiza con grupos ácidos o básicos fuertes que funcionan como puntos de interacción con el analito que se desea adsorber o remover (Jal P. K. et col. 2004). Estos materiales suelen ofrecer una alta selectividad química, mecánica y térmica, así como un proceso de sorción rápido y una nula hinchazón. (Jal et col. 2004)

La modificación de estos materiales puede realizarse mediante metodologías de post-síntesis.

Vía reacciones de condensación con los grupos silanoles (Si-OH) de la superficie de la sílice y la matriz orgánica que se desea insertar (Esquema Ia) o bien vía la condensación o inserción de grupos de cross linkend (RnSi(OR)<sub>4-n</sub> o RnSiX<sub>4-n</sub>, donde R representa el grupo orgánico de interés y X =Cl), que permiten la inserción de una matriz orgánica de interés (Esquema Ib) (Jal P.K. et col., 2004).

Dicha matriz orgánica anclada a la sílice, puede permitir la derivatización del grupo funcional a diversos grupos funcionales que se deseen en la matriz inorgánica (Esquema I). Entre los grupos funcionales que frecuentemente se utilizan en la modificación de estas superficies, se encuentran el grupo amino, ácido carboxílico, tiol y alilo entre otros. Se han reportado la inmovilización de grupos quelantes tan complejos como el Cyanex 272 o alamine 336 entre otros (Jal P.K. et col., 2004). La modificación de la sílice con este tipo de grupos funcionales han permitido la separación selectiva de metales tales como el Cd(II), Co(II), Fe(II), Ni(II), Pb(II), Zn(II), Ag(I), Hg(II), Cu(II) entre otros (Jal P.K. et col., 2004).



**Figura 1** Rutas de modificación para la sílice mesoporosa: a) Condensación vía Si-OH y b) Modificación vía la inclusión de grupos de cros-linkend. (Jal P.K. et col., 2004)

Entre las desventajas que presentan este tipo de materiales, se encuentra su alto costo, ya que los precursores de la matriz inorgánica ( $\text{SiO}_2$ ) suelen ser alcóxidos de silicio tales como el tetrametoxisilano (MTEOS) o tetraetoxisilano (TEOS), entre otros, dichos precursores son costosos debido a que su obtención se realiza típicamente a partir de clorosilanos que son obtenidos mediante el proceso directo en el cual, está involucrada la reducción carbo-térmica de la sílice a silicio elemental y su posterior reacción con  $\text{Cl}_2$  o  $\text{RCl}$  ( $\text{R}=\text{alquil, aril, alil}$ ) para la obtención de una mezcla de clorosilanos o alquil, aril silanos (compuestos primarios de silicio, proceso directo) que son separados por destilación fraccionada y utilizados como precursores para la síntesis de los diversos derivados de silicio de interés (alcóxidos, polisilanos, polisiloxanos, etc.)

Siendo el costo la principal desventaja que presentan estos materiales, se ha buscado el uso de precursores de la matriz inorgánica que no involucren el proceso directo, en este tema se ha propuesto la síntesis de alcóxidos de silicio a partir de silica y polioles (Salazar et col. 2009; Chang et col. 2000, Piboonchaist et col., 1999). En estas propuestas se han obtenido alcóxidos de silicio derivados de polioles y algunos de estos derivados se han propuesto como precursores de materiales microporosos, como por ejemplo zeolitas (Piboonchaist et col., 1999). En otros casos, por ejemplo los alcóxidos derivados del etilenglicol y otros polioles se han propuesto como excelentes precursores de meso-porosos y su uso en la adsorción de biomoléculas (Hartman et col. 2005).

Otra ruta sintética para la obtención de meso-porosos, que no involucra precursores de silicio obtenidos a partir del proceso directo es el uso de silicato de sodio o una combinación de este y TEOS.

Recientemente Gutiérrez et col. (Muñoz 2010) reportaron la obtención de mesoporosos utilizando como precursor el  $\text{Si}(\text{OH})_4$  obtenido a partir de silicato de sodio en una columna de intercambio iónico, esta metodología presenta como ventaja el hecho de no contener en el sistema iones metálicos que pueden interferir en la encapsulación o adsorción de los analitos, principalmente biomoléculas, por otro lado el hecho de sintetizar el meso-poroso a partir de una especie hidrolizada de silicio (con alto contenido de grupos  $\text{Si}-\text{OH}$ ) implica la eliminación del uso de un catalizador de hidrólisis, por ejemplo  $\text{HCl}$ , que es el comúnmente utilizado en estos procesos, esta condición favorece la encapsulación de biomoléculas en la matriz, garantizando la protección de sus estructuras terciarias y su capacidad catalítica.

En el presente estudio se muestran los resultados obtenidos en la síntesis de mesoporoso e híbridos mesoporosos a partir del  $\text{Si}(\text{OH})_4$  y su potencial uso como adsorbentes de  $\text{Cr}(\text{III})$ .

## Materiales y Metodologías

Los reactivos utilizados en la síntesis de los materiales fueron grado reactivo, La caracterización de los materiales sintetizados se realizó mediante las siguientes técnicas:

**Caracterización por FTIR:** La caracterización química de los materiales por espectroscopía de infrarrojo se realizó en un equipo Perkin Elmer Spectrum 100. Los espectros reportados fueron el promedio de 32 scans, con resolución de  $4 \text{ cm}^{-1}$  y empleando una ventana espectral de 4000 a  $650\text{cm}^{-1}$ .

**Estudios de Adsorción y Desorción de  $\text{N}_2$ :** La caracterización textural de los materiales se realizó mediante el estudio de las isotermas de adsorción y desorción de  $\text{N}_2$  a 77 K en un equipo Micrometric ASAP-2010.

Las muestras fueron desgasificadas previo a su análisis a 100 °C y 71 mmHg. El área superficial fue determinada bajo el modelo de BET y el análisis de la distribución de poros se determinó mediante el modelo de BJH.

**Caracterización por TGA:** La caracterización del % cerámico en los materiales híbridos sintetizados se realizó por estudios de TGA-DTA, en un rango de temperatura de 25-1000 °C en un equipo Perkin Elmer Instrument SII Diamond TG/DTA Thermogravimetric/Differential Thermal Analyzer.

**Caracterización por RMN 13C-CPMAS:** La caracterización de los materiales híbridos por RMN en sólidos de 13C se realizó en un equipo Varian de 600 MHz AR-Premium COMPACT bajo la secuencia de CP-MAS adquiriendo 120 scans.

**Síntesis de la sílice mesoporosa (SiO<sub>2</sub>-MS):** La síntesis del material mesoporoso de sílice (SiO<sub>2</sub>-MS) fue obtenida a partir de Si(OH)<sub>4</sub>, el cual es generado mediante el paso de una solución de silicato de sodio al 25 % V a través de una columna de intercambio iónico (DOWEX 50WX8-11, malla 20-50) y se recolecta la fracción ácida entre un pH de 2-3 de acuerdo a la metodología reportada por Muñoz (Muñoz, 2010). El mesoporoso es obtenido mediante técnicas hidro-térmicas utilizando Pluronic P123 (PMav= 5800, EO20-PO170-EO20) como surfactante o director de estructura y como precursor de sílice el Si(OH)<sub>4</sub>. Se obtuvieron materiales mesoporosos tipo SBA-15 con un área superficial de 900 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>.

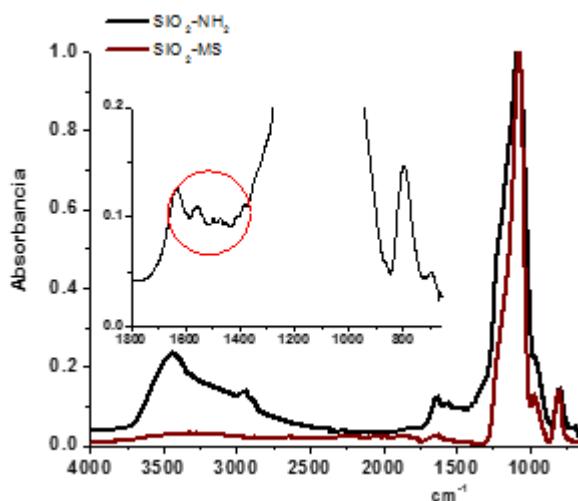
**Síntesis de la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>:** La obtención del híbrido mesoporoso se realizó mediante técnicas de post-síntesis utilizando como precursor de la cadena orgánica el 3-aminopropiltrimetoxisilano, en una proporción del 15 % en mol.

En un matraz bola de 1 boca, se suspenden 0.1 mol de la SiO<sub>2</sub>-MS en 50 mL de etanol grado reactivo y se adicionan bajo agitación constante 0.015 moles de 3-aminopropiltrimetoxisilano y se deja en agitación la mezcla por 15 minutos al término de este tiempo se adicionan 0.5 mL de NH<sub>4</sub>OH al sistema y este es colocado a reflujo por 24 h; posteriormente el sólido resultante es filtrado y lavado con 10 mL de etanol y 5 mL de acetona y secado a 90°C por 12 h.

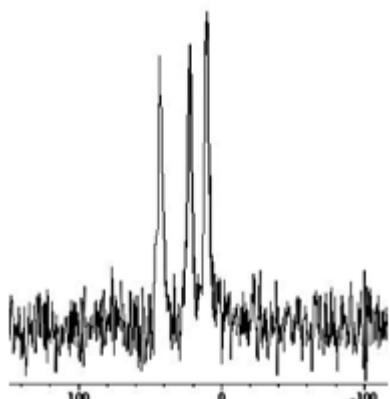
**Estudios de adsorción de Cr(III):** Los estudios de adsorción de Cr(III) se realizaron en lote, siguiendo la concentración residual del cromo en la solución por absorción atómica. Se utilizó una solución sintética de Cr(III) obtenida a partir de CuOHSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O.

## Resultados y Discusión

La Figura 1, muestra la caracterización por FTIR de la SiO<sub>2</sub>-MS y la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>, en donde se observan las vibraciones de □Si-O-Si, □Si-OH, □Si-O-Si de la sílice a 1067, 967 y 802 cm<sup>-1</sup> respectivamente, la presencia de la materia orgánica en la estructura del material se muestra con las vibraciones de □N-H, □C-H y □C-H a 3500, 2941-2867 y 1492-1377.7 cm<sup>-1</sup> (Figura 1). La confirmación de la materia orgánica en el material se realizó mediante estudios de RMN de 13C en sólidos, en donde se observan los 3 carbonos alifáticos correspondientes al grupo 3-aminopropil anclado a la superficie de la sílice a 11.7, 23.3 y 43.3 ppm (Figura 2).

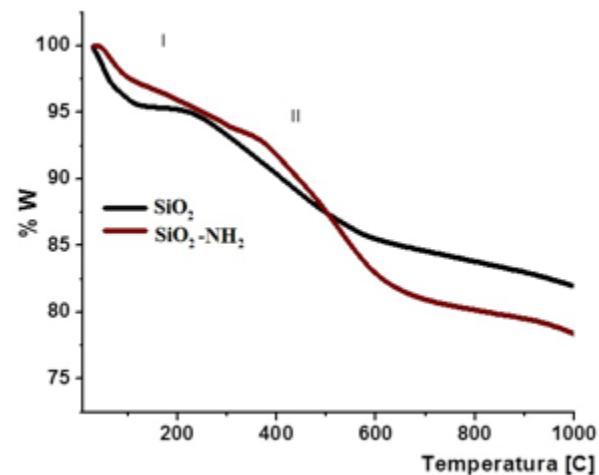


**Figura 2** Espectros de FTIR de la SiO<sub>2</sub>-MS y de la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>.



**Figura 3** Espectro de RMN de <sup>13</sup>C CP-MAS de la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>.

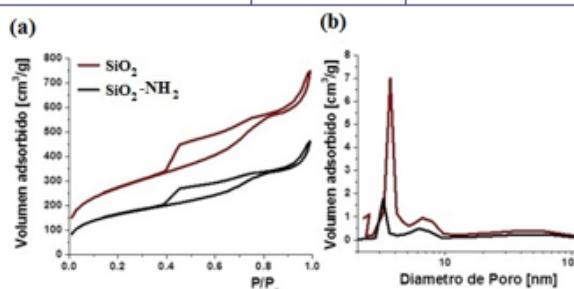
Los estudios por TGA-DTA de la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>, mostraron dos perdida de peso en los rangos de temperatura de 70-100°C que corresponde a la pérdida de agua fisisorbida (Pico I, Figura 3) y de 300-700°C (Pico II, Figura 3), que corresponden a la pérdida de la materia orgánica presente en el material y que corresponde a un 33.5 % de modificación (Figura 3).



**Figura 4** TGA de la SiO<sub>2</sub>-MS y SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>.

La caracterización de las propiedades texturales de los materiales, se realizó mediante estudios de adsorción y desorción de N<sub>2</sub>. La Figura 4, muestra las isotermas de adsorción y desorción de N<sub>2</sub> de la sílice mesoporosa (SiO<sub>2</sub>-MS) y de la sílice modificada (SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>), mostrando ambos materiales una isoterma tipo IV y un lazo de histéresis tipo H<sub>2</sub> de acuerdo a la IPAC (Figura 4a), característicos para materiales mesoporosos. El análisis de la distribución del tamaño del poro mediante el modelo de BJH, se muestra en la Figura 4b, en donde pude observarse para ambos casos una distribución bimodal con poros mayoritarios a 2.9 nm y a 7 nm. La Tabla 1, resume las propiedades texturales de los materiales, observándose una disminución de prácticamente el 82.5% del área superficial del material al ser modificado, mientras que el volumen de poro promedio solo presenta una disminución del 66.4 % al anclarse los grupos aminos en la superficie del mineral.

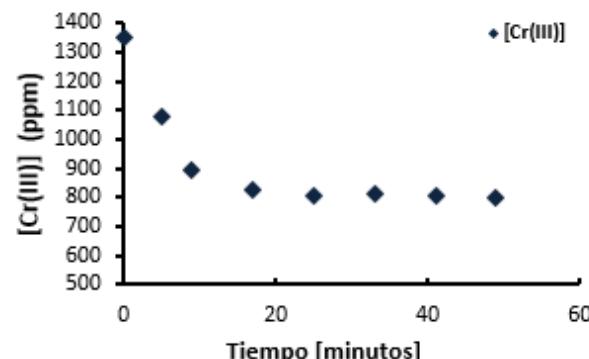
|  | SiO <sub>2</sub> -MS | SiO <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub> |
|--|----------------------|-----------------------------------|
| A <sub>BET</sub> [m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ]         | 977.6                | 171.0                             |
| V <sub>poro</sub> [cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> ]       | 1.1                  | 0.37                              |
| D <sub>poropromedio</sub> [nm]                             | 4.6                  | 8.6                               |
| *A <sub>microporo</sub> [m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ]  | 94.8                 | -                                 |
| *V <sub>microporo</sub> [cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> ] | 0.0377               | -                                 |



**Figura 5** (a) Isotermas de adsorción-desorción de N<sub>2</sub> de la SiO<sub>2</sub>-MS y la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>; (b) Análisis de la distribución del tamaño de poro por el método de BJH.

### Estudios de Adsorción de Cr (III)

Los estudios de adsorción de cromo, se realizaron con sulfato de cromo monobásico, que es la especie de cromo que se utiliza en el proceso de curtido de pieles, la determinación de la capacidad de adsorción de la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>, se evalúo inicialmente con la concentración promedio de cromo que presentan los efluentes de salida del proceso de curtido, el cual es de 1348 ppm. La Figura 5, muestra la caída de la concentración del cromo residual en la solución con respecto al tiempo de contacto, en donde puede observarse que el equilibrio de la adsorción se lleva a cabo a los 20 minutos de contacto, mostrando el material una remoción del 66.7% del cromo presente en la solución, estos resultados muestran la factibilidad del uso de este material en la remoción de Cr (III) de efluentes acuosos.



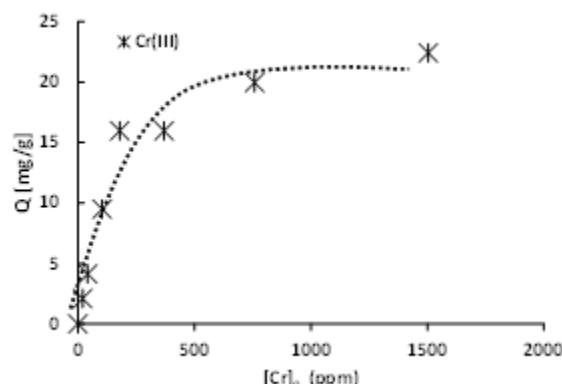
**Figura 6** Cinética de la adsorción de Cr (III) con la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>.

El estudio de la capacidad de adsorción de cromo, se evaluo determinando las isotermas de adsorción a temperatura ambiente (Figura 6). La capacidad de carga máxima del material se determino de acuerdo al modelo de adsorción de Langmuir (Ec.1).

$$q_e = \frac{Q_0 K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad \text{Ec. 1}$$

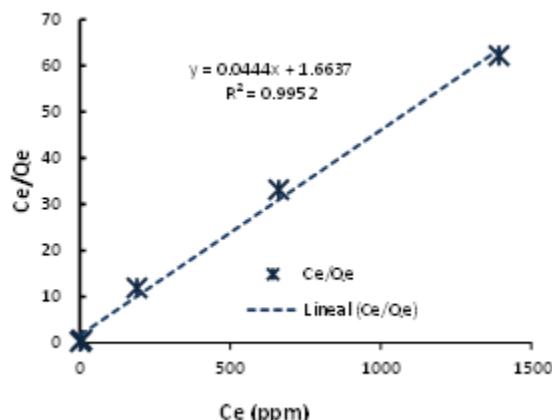
Donde:

$q_e$  es la carga al equilibrio en el sistema [mgL<sup>-1</sup>]  
 $Q_0$  es la carga máxima del sistema [mgg<sup>-1</sup>]  
 $K_L$  es la constante de Langmuir [Lg<sup>-1</sup>]  
 $C_e$  es la concentración del sorbato al equilibrio en la solución [mgL<sup>-1</sup>]



**Figura 7** Estudios de la capacidad de adsorción de Cr (III) con la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>.

La Figura 7, muestra el ajuste lineal de los datos experimentales al modelo de Langmuir, estos resultados mostraron una carga máxima de 22.5 mgg<sup>-1</sup> y una  $K_L$  de 0.0267 Lg<sup>-1</sup> (Figura 7).

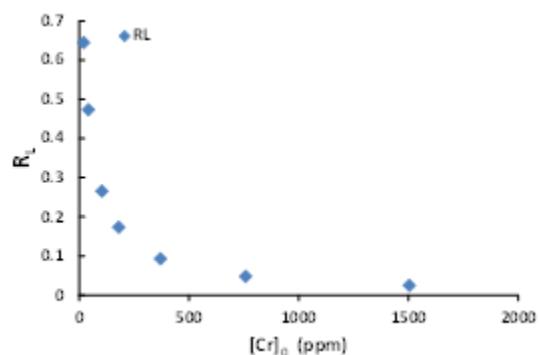


**Figura 8** Ajuste de los datos experimentales de adsorción de Cr(III) con la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub> al modelo de Langmuir.

La naturaleza del tipo de adsorción de acuerdo al modelo de Langmuir, es determinado a partir del factor de reparto (RL) de acuerdo a la Ec. 2; en donde  $C_0$  se refiere a la concentración inicial del cromo en la solución y  $K_L$  a la constante de Langmuir determinada a partir del ajuste de los datos experimentales a dicho modelo (Foo K. Y et col., 2010; Li M. et col. 2014, Hu Z. et col. 2012). Procesos cuyo valor de  $RL > 1$ , implican procesos de adsorción desfavorables, mientras que procesos con  $RL = 1$  indican procesos de adsorción lineal, valores en el intervalo de  $0 < RL < 1$  implican procesos de adsorción favorables y valores de  $RL = 0$  implican procesos de adsorción irreversibles (Foo K. Y et col., 2010; Li M. et col. 2014, Hu Z. et col. 2012).

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad \text{Ec. 2}$$

Los valores del factor de reparto, para la adsorción de Cr (III) con la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>, mostraron un intervalo de valores entre 0.64 – 0.02 en función de la concentración inicial del cromo en la solución, mostrándose una adsorción favorable tendiente a la quimiadsorción a medida que la concentración del cromo inicial aumenta en el sistema (Figura 8).



**Figura 9** Evaluación del RL, en la adsorción de Cr (III) con la SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>.

## Conclusiones

El Si (OH)<sub>4</sub>, como precursor de sílice permite mediante procesos hidrotérmicos y utilizando el P-123 como director de estructura, la obtención de sílices mesoporosas con áreas altas de 900 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>, dichos mesoporosos pueden fácilmente ser modificados con grupos quelantes como es el 3-aminopropil, mediante técnicas de postsíntesis. La capacidad de adsorción de cromo para la sílice modificada (SiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>), fue de 22.5 mgg<sup>-1</sup>, mostrando una adsorción favorable.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Gerardo González García del Cinvestav-Mérida por su apoyo en la adquisición de los espectros de RMN de <sup>13</sup>C en estado sólido.

Así mismo se desea agradecer a la Universidad de Guanajuato y la DAIP por su apoyo económico en la elaboración de este trabajo (Proyecto 427/2014).

## Referencias

- Asefa Tewodros, Tao Zhimin (2012). Biocompatibility of Mesoporous Silica Nanoparticles, *Chem. Res. Toxicol.* 25, 2265-2284
- Barton Thomas J., Bull Lucy M., Klemperer Walter G., Loy Douglas A., McEnaney Brian, Misono Makoto, Monson Peter A., Pez Guido, Scherer George W., Vartuli James C., Yaghi Omar M. (1999). Tailored Porous Materials, *Chem. Mater.* 11, 2633-2656.
- Chang H., Tamaki R., Laine R. M., Babonneau F., Chujo Y., Treadwell D. R. (2000) Neutral alkoxy silanes from silica, *J. Am. Chem. Soc* 122, 10063-10072.
- Fei-Yee Yeoh, Akihiko Matsumoto, Toshihide Baba (2009). Facile synthesis of sulfo-functionalized mesoporous silica with strong acidity by temperature-controlled calcination, *J Porous Mater* 16, 283-289.
- Foo K Y, Hameed B H (2010). Insights into the modeling of adsorption isotherm systems, *Chemical Engineering Journal* 156, 2-10.
- Gill Iqbal (2001). Bio-doped Nanocomposite Polymers: Sol-Gel Bioencapsulates, *Chem. Mater.* 13, 3404-3421
- Hartmann Martin (2005). Ordered Mesoporous Materials for Bioadsorption and Biocatalysis, *Chem. Mater.* 17, 4577-4593
- Hartmann S., Brandhuber D., Hüsing Nicola (2007). Glycol-Modified Silanes: Novel Possibilities for the Synthesis of Hierarchically Organized (Hybrid) Porous Materials, *Acc. Chem. Res.* 40, 885-894.
- Hu Z, Zhang X, Zhang D, Wang J-X (2012). Adsorption of Cu<sup>2+</sup> on amine-functionalized mesoporous silica brackets, *Water Air Soil Pollut* 223: 2743-2749.
- Iler R. K. "The Chemical of Silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties and Biochemistry of Silica" Edit. Wiley: 1979.
- Kruk Michal, JaroniecMietek (2001). Gas Adsorption Characterization of Ordered Organic-Inorganic Nanocomposite Materials, *Chem. Mater.* 13, 3169-3183.
- Lee J. S., Deorkar N. V., Tavlarides L. L. (1998). Adsorption of Copper Cyanide on Chemically Active Adsorbents, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37, 2812-2820
- Li M, Li M-Y, Feng Ch-G, Zeng Q-X "Preparation and Characterization of multi-carboxyl-functionalized silica gel for removal of Cu(II), Cd(II), Ni(II) and Zn(II) from aqueous solution" *Applied Surface Science* (2014) 314: 1063-1069
- Muñoz Hurtado Joaquín. "Síntesis de Ácido Silícico in situ y efecto de la dietanolamina como agente de moldeado en el proceso sol-gel". Tesis de licenciatura en Químico. Universidad de Guanajuato. (Diciembre de 2010).
- Jal P.K., Patel S., Mishra B.K. (2004). Chemical modification of silica surface by immobilization of functional groups for extractive concentration of metal ions, *Talanta* 62, 1005-1028.

Piboonchaisit Pensri, Wongkasemjit Sujitra, Laine R. M. (1999). A Novel Route to Tris(silatranyloxy-propyl)amine Directly from Silica and Triisopropanolamine, Part I, *Science Asia* 25, 113-119.

Salazar-Hernández Ma. Mercedes, Leyva-Ramírez Marco Antonio, Gutiérrez J. Alfredo (2009). Neutral alkoxy silanes from silica gel and N-phenyldiethanolamine, *Polyhedron* 28, 4044-4050.

Tran Daniel N., Kenneth Balkus J. Jr. (2011). Perspective of Recent Progress in Immobilization of Enzymes, *ACS Catal.* 1, 956-968.

## Establecimiento de un sistema in vitro para evaluar el efecto tóxico del Cadmio en la arquitectura radicular de plantas

ROLÓN-CÁRDENAS, Gisela Adelina\*†, HERNÁNDEZ-MORALES, Alejandro, CARRANZA-ÁLVAREZ, Candy y MALDONADO-MIRANDA, Juan José

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca. Romualdo del Campo 501, Fraccionamiento Rafael Curiel C.P. 79060 Ciudad Valles, S.L.P.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Se determinó el efecto del cadmio en la arquitectura radicular de plántulas de *Cucumis sativus* L. Se monitoreo la longitud de la raíz primaria y la densidad de raíces laterales plántulas de *C. sativus* L. expuestas a concentraciones de 10, 20, 30, 50 y 100 ppm de Cd<sup>2+</sup>. Los resultados muestran que a mayor concentración de Cd ocurre menor crecimiento de la longitud de la raíz primaria, siendo 50 y 100 ppm de Cd las concentraciones que inhiben la elongación de la raíz primaria. Por otro lado la densidad de raíces laterales formadas aumenta con la concentración de Cd<sup>2+</sup> a la que se exponen las plántulas. En el tratamiento de 100 ppm se observó la mayor densidad de RL (19.2) casi cinco veces superior a la del tratamiento sin metal (4.0). La arquitectura radicular de *C. sativus* L. es mayormente afectada a 50 y 100 ppm de Cd<sup>2+</sup>, ya que a estas concentraciones se manifestó la completa inhibición de la raíz primaria y la mayor densidad de raíces laterales posiblemente como un mecanismo de adaptación al estrés metálico que le permita una mayor absorción de nutrientes y agua.

### Toxicidad, Raíz, *Cucumis sativus*

**Citación:** ROLÓN-CÁRDENAS, Gisela Adelina, HERNÁNDEZ-MORALES, Alejandro, CARRANZA-ÁLVAREZ, Candy y MALDONADO-MIRANDA, Juan José. Establecimiento de un sistema in vitro para evaluar el efecto tóxico del Cadmio en la arquitectura radicular de plantas. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:255-262

### Abstract

The effect of cadmium in the root architecture of *Cucumis sativus* L. seedlings was determined. Primary root length and lateral root density of *C. sativus* L. seedlings exposed to 10, 20, 30, 50 and 100 ppm concentrations of Cd<sup>2+</sup> was monitoring. The results show that at high concentrations of Cd occurs a lower growth in primary root length, where 50 and 100 ppm of Cd concentrations inhibit the primary root elongation. On the other hand, lateral root density formed increase when seedlings were exposed to higher concentrations of Cd<sup>2+</sup>. In 100 ppm treatment was observed the highest lateral root density (19.2) almost five times higher than control (4.0). The *C. sativus* L. root architecture is most affected at 50 and 100 ppm of Cd<sup>2+</sup>, due to that in these concentrations was manifested the complete inhibition of primary root and highest lateral root density possibly as a mechanism of adaptation to metallic stress that allows better absorption of nutrients and water.

**Toxicity, root, *Cucumis sativus***

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: giselarolon@outlook.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El cadmio (Cd) es un metal pesado miembro del grupo IIb de la tabla periódica (Pani, 2010), se encuentra presente en la corteza terrestre a concentraciones de 0.08-0.1 ppm (Cullen et al., 2013). Sin embargo su uso en diversos procesos industriales, en la fabricación de pigmentos, pilas, plaguicidas y cosméticos ha aumentado considerablemente su concentración en el ambiente, causando impacto en los ecosistemas (Manahan, 2007; Bernhoft, 2013). El efecto tóxico del Cd en las plantas incluye clorosis y marchitamiento de las hojas (Rodríguez-Serrano et al., 2008), así como inhibición y anomalías del crecimiento general y de la raíz (Tran y Popova, 2013).

El sistema radicular es uno de los más importantes para el desarrollo de la planta (Cervantes-García et al., 2011), consiste en una raíz primaria de la cual emergen raíces secundarias o laterales (Roberts, 2007), cuyas funciones son la toma de agua y nutrientes. La raíz es el órgano que interactúa con el suelo, sensa los cambios físico-químicos que influyen en el desarrollo de la planta, desde los cambios en la estructura hasta la presencia de sustancias tóxicas en el suelo.

La exposición a metales pesados durante la germinación y el crecimiento de las plantas modifica la arquitectura radicular (Lequeux et al., 2010). Estudios previos han demostrado que la exposición de *Cucumis sativus* L. al Cd durante la germinación y crecimiento en condiciones de hidroponia, afecta la elongación de la raíz principal (Abu-Muriefah, 2008), disminuye la longitud y área de las hojas, el peso fresco y en general el índice de crecimiento. El cultivo en hidroponía es una técnica excelente para la germinación, crecimiento y mantenimiento en la mayoría de las hortalizas.

Es útil para monitorear la fisiología de la planta, cuando está en contacto con factores bióticos y abióticos que influyen en su desarrollo. Se ha sugerido que cultivos hidropónicos son una excelente herramienta para el estudio de plantas de *Arabidopsis thaliana*, *Nicotiana tabacum*, *Solanum lycopersicum* y *Setaria viridis* (Alatorre-Cobos et al., 2014). Por otra parte, existen medios de cultivo específicos que favorecen la germinación de semillas, y permiten el análisis detallado de la arquitectura radicular (Vargas-Palominos et al., 2007). Sin embargo la formulación es costosa, e implica procesos que garanticen la esterilidad de los materiales y reactivos, así como un proceso de desinfección de las semillas, el cual implica el uso de químicos que en ocasiones dañan al embrión, disminuyendo el porcentaje de germinación.

En estudios para determinar el efecto de los metales en la germinación y arquitectura radicular se ha utilizado el sistema *in vitro* utilizando medio Murashige Skoog, donde se evalúa el desarrollo de *A. thaliana* en presencia de metales pesados (Vargas-Palomino et al., 2007). En otros sistemas el uso de papel filtro. Sin embargo, el primero es costoso y en el segundo, los metales se adsorben al papel filtro, enmascarando el metal realmente metal biodisponible. Por lo que es necesario desarrollar un sistema sencillo, rápido, económico y reproducible para evaluar el efecto de diferentes metales en la germinación de semillas y la arquitectura radicular. El sistema debe permitir la germinación y el monitoreo de la longitud de raíz primaria y número de raíces secundarias, en condiciones normales y en presencia de tóxicos. En esta investigación se utilizaron semillas de *C. sativus* como modelo para determinar el efecto del Cd (II) en la arquitectura radicular.

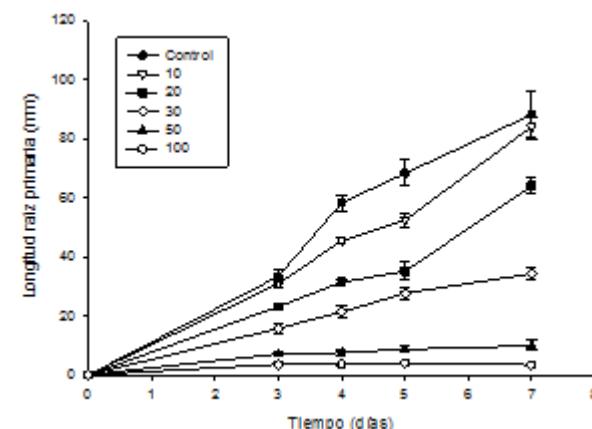
## Metodología

Semillas de *Cucumis sativus* L. (Pepino americano) se lavaron con agua destilada estéril. Las semillas fueron colocadas sobre placas de petri con agar bacteriológico suplementado con 10, 20, 30, 50 y 100 ppm de Cd<sup>2+</sup> en forma de CdCl<sub>2</sub>. Las cajas se incubaron en posición vertical en una cámara ambiental durante 7 días con ciclos de 16/8 h luz/oscuridad y una temperatura controlada de 28±1°C. Para cada tratamiento se utilizaron 5 semillas de Pepino (MINA, 14447006337). Se realizaron tres repeticiones por tratamiento y para el control no se adicionó el metal. Para estimar el efecto del Cd en las plántulas de pepino se contabilizó el número de las raíces laterales, se midió la longitud del hipocotilo y de los cotiledones, además de la longitud de la raíz primaria (RP) de cada plántula por tratamiento. A partir de la longitud de la raíz primaria y el número de raíces secundarias se calculó la densidad de las raíces laterales (RL) (1).

$$\text{Densidad RL} = \frac{\text{Número de RL}}{\text{Longitud de la RP}}$$

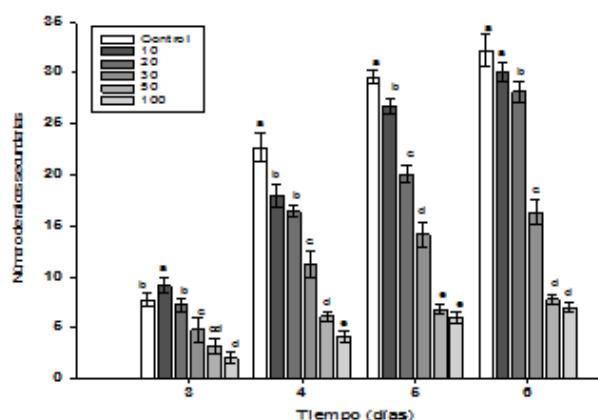
La longitud de la raíz primaria además del número y la densidad de RL se monitorearon diariamente y se utilizaron como parámetros para determinar la respuesta de *C. sativus* a diferentes concentraciones de Cd<sup>2+</sup>. A concentraciones de 10 y 20 ppm de Cd<sup>2+</sup> se observó la disminución en la longitud de la raíz primaria con respecto al control. En lo que respecta a la concentración de 30 ppm Cd<sup>2+</sup>, la longitud de la raíz disminuyó en un 50% respecto al control. Por otro lado a concentraciones de 50 y 100 ppm de Cd<sup>2+</sup>, se observó la inhibición del crecimiento de la raíz primaria. En estos tratamientos, la raíz primaria tuvo un desarrollo del 1%, manteniéndose durante los 6 días del ensayo.

Los resultados obtenidos muestran que a mayor concentración de Cd se observa menor longitud de la raíz primaria de las plántulas de pepino (Figura 1). Sugiriendo que la respuesta de las plántulas dependen de la concentración del Cd<sup>2+</sup>.



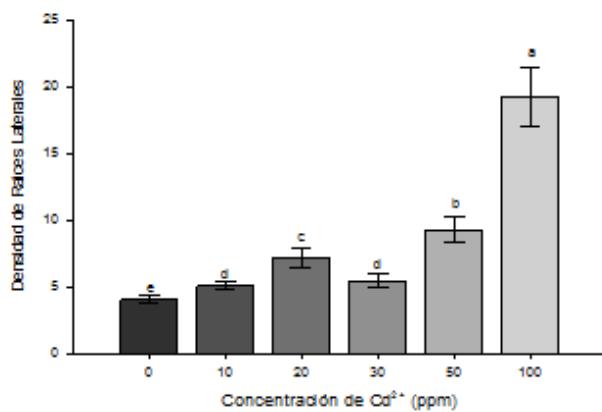
**Figura 1** Efecto del cadmio sobre el crecimiento de la raíz primaria de *Cucumis sativus*. Las concentraciones del metal se indican en ppm y los datos mostrados representan la media ± el error estándar.

La emergencia de RL también fue influenciada por la presencia del Cd<sup>2+</sup> (Figura 2). En el tratamiento de 100 ppm de Cd<sup>2+</sup> el número de RL fue del 26, 18, 20 y 22% a los 3, 4, 5 y 6 días de crecimiento respectivamente, con respecto al control sin metal. El tratamiento de 50 ppm de Cd tuvo un comportamiento similar al de 100 ppm en casi todos los días evaluados con excepción del día 4 en donde el crecimiento e RL fue del 27% con respecto al control.



**Figura 2** Efecto del cadmio sobre el número de raíces laterales de *C. sativus* L. Las concentraciones del metal se indican en ppm y los datos mostrados representan la media  $\pm$  el error estándar.

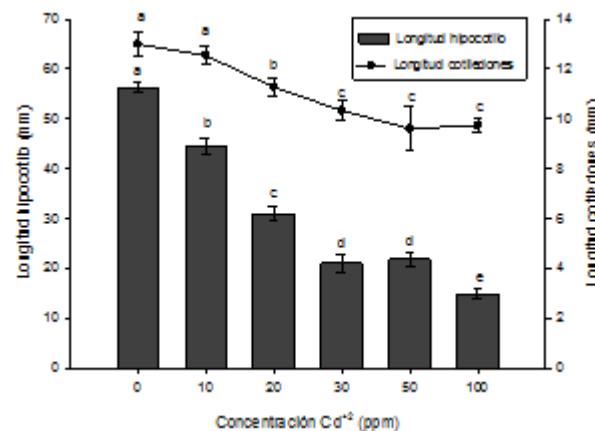
Para determinar la densidad de las RL de las plántulas de 6 días de crecimiento, se dividió el número de RL entre la longitud de la RP. En el tratamiento de 100 ppm se observó la mayor densidad de RL (19.2) casi cinco veces superior a la del tratamiento sin metal (4.0) (Figura 3)



**Figura 3** Densidad de raíces laterales en plantas de *C. sativus* L. de 6 días de incubación expuestas a diferentes concentraciones de Cd<sup>2+</sup>. Las concentraciones del metal se indican en ppm y los datos mostrados representan la media  $\pm$  el error estándar.

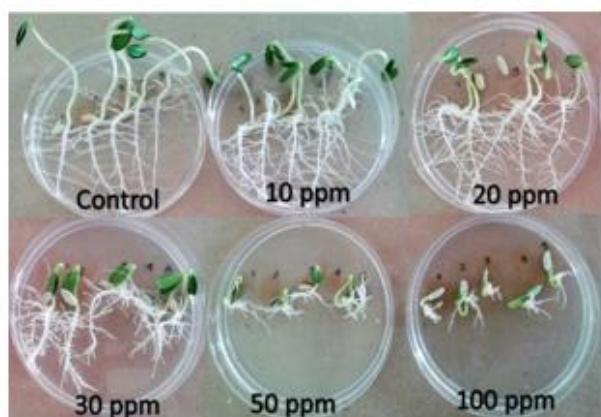
Los resultados obtenidos muestran que la exposición de las semillas de pepino a altas concentraciones de cadmio también afecta el desarrollo del hipocotilo y de los cotiledones (Figura 4).

La longitud el hipocotilo disminuyó gradualmente a partir de 10 ppm de Cd<sup>2+</sup>, observándose el menor desarrollo a 100 ppm con respecto al control. Por otro lado, el efecto del cadmio sobre la longitud de los cotiledones se observó a partir del tratamiento de 20 ppm ya que el tratamiento de 10 ppm tuvo un efecto similar al control sin el metal. En los tratamientos de 30, 40 y 100 ppm de Cd se observó el menor desarrollo al disminuir un 25% en comparación con el tratamiento sin metal.



**Figura 4** Longitud del hipocotilo y cotiledones en plantas de *C. sativus* L. de 7 días de incubación expuestas a diferentes concentraciones de Cd<sup>2+</sup>. Los datos mostrados representan la media  $\pm$  el error estándar.

La arquitectura radicular y el crecimiento de las plántulas de *C. sativus* de siete días de crecimiento expuestas a diferentes concentraciones de Cd<sup>2+</sup> se muestran en la Figura 4. Se observa como el cadmio afecta el desarrollo de la radícula, el hipocotilo y los cotiledones en las plantas expuestas a este metal observándose el mayor efecto en los tratamientos de 50 y 100 ppm.



**Figura 5** Efecto del cadmio sobre el crecimiento general de las plantas. Se presentan las plántulas de siete días de crecimiento.

## Discusión

En las plantas, el sistema radicular se origina de la primera raíz formada después de la emergencia de la radícula, la cual dará origen a la raíz principal y a las raíces secundarias, que en conjunto forman el sistema radicular (Taiz y Zeiger, 2010). Para la germinación de las semillas, son necesarios diferentes nutrientes, entre los cuales el agua desempeña el papel más importante, debido a que las semillas contienen material de reserva que da soporte a la plántula postgerminación. Bajo este supuesto las semillas de *C. sativus* L. se germinaron únicamente en agar agua, obteniendo el 100 % de germinación, sin necesidad de agregar otros nutrientes para la germinación de las semillas. Esto permitió monitorear diariamente el sistema radicular, obteniendo resultados reproducibles. Además, al no haber nutrientes fácilmente asimilables por los microorganismos, no se observó contaminación bacteriana o fúngica. Por otro lado, se ajustó el pH a 6.0 garantizando la biodisponibilidad del Cd, evitando la precipitación del metal en los ensayos realizados para evaluar el efecto en el sistema radicular de *C. sativus* L.

Cuando existen cambios en la arquitectura de la raíz, estos afectan la capacidad de las plantas para tomar nutrientes y agua y por lo tanto restringen el crecimiento en suelos donde su disponibilidad es limitada (López-Bucio et al., 2003). Cuando las semillas son puestas a germinar en ambientes con altos niveles de cadmio, las actividades de  $\alpha$  y  $\beta$  amilasas son reducidas, comprometiendo la respiración y provocando la inhibición del crecimiento embrionario y de la radícula (Guimarães et al., 2008). Además, la exposición de plantas a condiciones de estrés conduce a una modificación en la arquitectura radicular normal que se caracteriza por una inhibición en el crecimiento de la RP y la estimulación simultánea de la formación de las RLs (Lequeux et al., 2010).

En este estudio se observó que el crecimiento de la raíz primaria es inversamente proporcional a la concentración de Cd usada. El efecto del Cd en la elongación de la raíz primaria ha sido reportado en semillas de *Medicago sativa* (alfalfa) (Peralta et al. 2001) y en *Zea mays* (maíz) (Siroka et al., 2004). Peralta et al. observaron que a dosis de 5 ppm de Cd<sup>2+</sup> se reduce la elongación de la raíz de alfalfa en un 17% comparado con el control sin metal, por su parte Siroka et al. demostraron que en maíz, una concentración de 1 ppm de Cd<sup>2+</sup> es suficiente para reducir el crecimiento de las raíces hasta en un 30%.

La inhibición del crecimiento de la raíz resulta de numerosos desordenes metabólicos y estructurales producidos por el Cd (Ivanov et al., (2003). El cadmio es capaz de inhibir la actividad enzimática al sustituir a los iones metálicos que son requeridos como cofactores (Guimarães et al., 2008) y provocar su desnaturalización al destruir puentes disulfuros por su unión a grupos SH (Ivanov et al., 2003).

Entre las enzimas afectadas por el Cd se encuentran la catalasa y las superóxido dismutasas (SODs) importantes en el sistema antioxidante de la planta (Guimarães et al., 2008), provocando un aumento de las especies reactivas de oxígeno (EROs) en la célula que puede producir apoptosis, daño al ADN, peroxidación lipídica y daños oxidativos a proteínas (Romero-Puertas et al., 2002; Xiong et al., 2009). El Cd también tiene un efecto negativo en la división celular del meristemo de la raíz primaria, provocando la inhibición de la mitosis (Bahmani et al., 2012) y en la elongación de las células de la raíz al inhibir de manera irreversible la bomba de protones responsable de la proceso (John et al., 2008) y al interferir en el transporte, catabolismo y conjugación de auxinas (Martínez-Trujillo et al., 2013).

Uno de los cambios que sufre la arquitectura de la raíz sometida a estrés es la generación de raíces laterales a partir de la raíz primaria la cual es una estrategia para adaptarse mejor a las condiciones adversas. La baja disponibilidad de nutrientes como el fosfato (López-Bucio et al., 2003) incrementa la formación de RL. Un efecto similar a este se ha observado en plantas de *A. thaliana* y *Z. mays* expuestas a estrés metálico. En plantas de *Z. mays* 50  $\mu$ M de aluminio estimula la formación de raíces laterales a su vez que inhibe la elongación de la raíz primaria (Doncheva et al., 2005), en plantas de *A. thaliana* 200 mM de cromo inhiben la elongación de la raíz primaria y aumenta hasta tres veces la densidad de RL (Ortiz-Castro et al., 2007) mientras que 10  $\mu$ M de Cobre (II) aumenta la densidad de RL a un 35% sin inhibir la elongación de la RP (Lequeux et al., 2010). La formación de RLs modifica la arquitectura radicular y le permite a las plantas aumentar su superficie del sistema radical y sobrellevar la presencia de los metales mediante una mejor absorción de nutrientes (Martínez-Trujillo et al., 2013).

## Conclusiones

*C. sativus* L. es una planta sensible al cadmio cuya arquitectura radicular es afectada por la exposición a este metal. La arquitectura radicular es mayormente afectada a 50 y 100 ppm de Cd<sup>2+</sup>, ya que son a estas concentraciones donde se manifestó la inhibición de la raíz primaria y la mayor densidad de raíces laterales posiblemente como un mecanismo de adaptación al estrés metálico que le permita una mayor absorción de nutrientes. El sistema de germinación en agar bacteriológico es eficiente, rápido y de bajo costo; y permite el monitoreo de la arquitectura radicular de plantas de pepino. Este sistema puede ser utilizado para analizar el efecto de otros metales o agentes tóxicos.

## Agradecimientos

Al Programa PRODEP, Apoyo a la Incorporación de NPTC DSA/103.5/14/7437. CONACYT Convenio 000205822 INFR-2013-01.

## Referencias

Abu-Muriefah, S.S. (2008). Growth parameters and elemental status of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings in response to cadmium accumulation. *Int J Agr Biol* 10: p. 261–266.

Alatorre-Cobos, F. et al. (2014). An improved, low-cost, hydroponic system for growing *Arabidopsis* and other plant species under aseptic conditions. *BMC Plant Biology*. 14: p. 69.

Bahmani, R., et al. (2012). Effect of cadmium chloride on growth parameters of different bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agric. & Biol Sci.* 7(1): p. 35-40.

Bernhoft, R.A. (2013). Cadmium toxicity and treatment. *ScientificWorldJournal*. 1(7).

Cervantes-García, J.G., Solis-Guzmán, M.G., Martínez-Trujillo, M. (2011). Análisis del crecimiento de raíces primarias y raíces laterales de *Nicotiana tabacum* L. en condiciones de estrés generado por Cr (VI). *Biológicas*. 13(1): p. 65-69.

Cullen, J., Maldonado, M. (2013). Biogeochemistry of cadmium and its release to the environment. *Met Ions Life Sci*. 11: p. 31-62.

Doncheva, S., Amenós, M., Poschenrieder, C., Barceló, J. (2005). Root cell patterning: a primary target for aluminum toxicity in maize. *J. Exp. Bot.* . 56: p. 1213-1220.

Guimarães, M.A., et al. (2008). Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas. *Revista Trópica Ciências Agrárias e Biológicas*. 2(2): p. 58-68.

Ivanov, V.B., Bystrova, E.I., Seregin, I.V. (2003). Comparative Impacts of Heavy Metals on Root Growth as Related to Their Specificity and Selectivity. *Russian Journal of Plant Physiology*. 50(3): p. 398-406.

John, R., Ahmad, P., Gadgil, K. (2008). Effect of cadmium and lead on growth, biochemical parameters and uptake in *Lemna polyrrhiza* L. *Plant Soil Environ*. 54(6): p. 262-270.

Lequeux, H., Hermans, C., Lutts, S., Verbruggen, N. (2010). Response to copper excess in *Arabidopsis thaliana*: Impact on the root system architecture, hormone distribution, lignin accumulation and mineral profile. *Plant Physiol. Biochem*. 48: p. 673-682.

López-Bucio, J., Cruz-Ramírez, A., Herrera-Estrella, L. (2003). The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6: p. 280-287.

Manahan, S.E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental* México, D. F.: Reverté UNAM.

Martínez-Trujillo, M., et al. (2013). Respuestas morfogénicas de las raíces de *Arabidopsis thaliana* (Magnoliophyta: Brassicales) al estrés de Cr (VI). *Revista Chilena de Historia Natural*. 86: p. 207-219.

Ortiz-Castro, R., Martínez-Trujillo, M., López-Bucio, J., Cervantes, C. (2007). Effects of dichromate on growth and root system architecture of *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Plant Science* 171: p. 684-691.

Pani, B. (2010). *Textbook of toxicology*. New Delhi: IK International Pvt Ltd.

Peralta, J., et al. (2001). Uptake and Effects of Five Heavy Metals on Seed Germination and Plant Growth in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* . 66: p. 727-734.

Roberts, K. (2007). *Handbook of plant science*. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.

Rodríguez-Serrano, M. et al. (2008). Toxicidad del cadmio en plantas. *Ecosistemas*. 17(3): p. 139-146.

Romero-Puertas, M.C., et al. (2002). Cadmium causes the oxidative modification of proteins in pea plants. *Plant Cell Environ*. 25: p. 677-686.

Siroka, B., et al. (2004). Effect of cadmium on hydrolytic enzymes in maize root and coleoptile. *Biología*. 59(513-517).

Taiz, L., Zeiger, E. (2010). Plant Physiology. Sunderland M. A.: Sinauer Associates.

Tran, T.A., Popova, L.P. (2013). Functions and toxicity of cadmium in plants: recent advances and future prospects. Turk J Bot 37: p. 1-13.

Vargas-Palominos, L., Martínez-Trujillo, L. M., Ortiz-Castro, R., López-Bucio, J. (2007). Efecto de metales pesados sobre el crecimiento de la raíz primaria de *Arabidopsis thaliana* L. Ciencia Nicolaita. 49: p. 101-112.

Xiong, J., et al. (2009). Cadmium decreases crown root number by decreasing endogenous nitric oxide, which is indispensable for crown root primordia initiation in rice seedlings. *Planta*. 230: p. 599-610.

## Estabilidad en detergentes, solventes polares y sales de proteasas alcalinas extraídas de desechos de procesamiento de sierra (*Scomberomorus sierra*)

SALAZAR, Jesús\*†, CORREA, Lizet, RODRÍGUEZ, Víctor y OSUNA, Idalia

*Universidad Politécnica de Sinaloa. Unidad Académica de Ingeniería en Biotecnología. Carretera Mazatlán Higueras, Km 3. Colonia Genaro Estrada C.P. 82199. Mazatlán, Sinaloa; México.*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

El objetivo de este estudio, fue determinar el efecto de la presencia de detergentes comerciales, solventes polares y sales sobre la estabilidad catalítica de un extracto crudo de proteasas alcálinas obtenido del intestino de sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*). Las proteasas alcálinas de sierra fueron capaces de mantener su actividad proteolítica por arriba del 80% al incubarlas con diferentes detergentes por 1 hora a 40°C. Además se observó que solventes tales como el metanol causaron un incremento significativo ( $P < 0.05$ ) en la actividad proteolítica total del extracto. En lo referente a la estabilidad en NaCl, las proteasas alcálinas mantuvieron su actividad a altas concentraciones de sal (20-25% p/v) después de un periodo de incubación de 8 horas. Los resultados obtenidos indican que las proteasas alcálinas de sierra podrían ser aplicadas en diversas áreas de la industria biotecnológica.

**Proteasas alcálinas; estabilidad; detergentes; solventes polares.**

### Abstract

The aim of this study was to explore the effect of laundry detergents, polar solvents and salts over the catalytic stability of crude proteases extracted from Pacific sierra (*Scomberomorus sierra*) intestine. The alkaline proteases from sierra retain more than 80% of its proteolytic activity after incubation for 1 hour at 40°C with commercial detergents. Moreover it was observed that solvents such as methanol, cause an increment ( $P < 0.05$ ) on the proteolytic activity of the enzyme extract. Also alkaline proteases retain enzyme activity at high salt concentrations (20-25% w/v) after incubation for 8 hours. According to the obtained results, alkaline proteases from sierra could be applied as an aid in several areas of biotechnology industry.

**Alkaline proteases; stability; laundry detergents; polar solvents.**

**Citación:** SALAZAR, Jesús, CORREA, Lizet, RODRÍGUEZ, Víctor y OSUNA, Idalia. Estabilidad en detergentes, solventes polares y sales de proteasas alcálinas extraídas de desechos de procesamiento de sierra (*Scomberomorus sierra*). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:263-271

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jsalazar@upsin.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Las proteasas son enzimas que poseen gran relevancia, ya que se aplican en diversas áreas de la industria tales como la de detergentes, alimentos, agroquímicos y farmacéutica. Por tal motivo, las proteasas representan alrededor del 60% de las ventas de enzimas a nivel mundial (Gupta et al., 2002). Aunque las proteasas de origen microbiano son las más aplicadas en diversos procesos industriales, su utilización se puede ver limitada debido principalmente al alto costo en las operaciones de producción de estas enzimas (Samal et al., 1990). Debido a lo anterior ha surgido la necesidad de explorar nuevas fuentes de proteasas. Las vísceras de peces constituyen aproximadamente el 20% de la biomasa marina, y son una rica fuente de proteasas digestivas. En caso de no ser utilizada, esta biomasa puede ser descartada ya sea como desecho o subproducto de la pesca (Bougatef, 2013). De ahí que la recuperación de proteasas a partir de subproductos de la pesca representa una alternativa para su aprovechamiento ayudando por un lado, a disminuir los problemas ecológicos que causa el manejo incorrecto de estos subproductos y por otro lado surge la posibilidad de producir sistemas biocatalíticos de bajo costo que pudieran ser utilizados como herramienta biotecnológica en algún proceso de interés industrial (Haard, 1992).

La sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*) es una de las especies más capturadas a lo largo de la costa del Pacífico Mexicano (Aguirre-Villaseñor et al., 2006). En el año 2013, en México se capturaron 15,799 toneladas de sierra, y esta especie de escama es una de las más importantes desde el punto de vista económico, debido a que el total de su captura es destinada a consumo humano directo (CONAPESCA, 2014). Al igual que sucede con otras especies de pescado, cuando la sierra es procesada para su venta se generan una gran cantidad de subproductos.

Los cuales se componen principalmente de vísceras. En este contexto, diversos estudios indican que las vísceras de sierra representan una fuente adecuada de proteasas alcálinas, las cuales muestran alta estabilidad en el rango de pH de 8 a 10, además de mantener su actividad enzimática por arriba del 60% después de 2 horas de incubación (Olivas-Burrola et al., 2001; Valdez-Melchor et al., 2013). Las características catalíticas antes mencionadas dejan ver que las proteasas digestivas extraídas de vísceras de sierra poseen potencial de aplicación en procesos donde se requieran pH's alcálinos y temperaturas entre 40 y 50°C. En virtud de lo anterior, el objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto de la presencia de detergentes comerciales, solventes polares y sales sobre la estabilidad catalítica de un extracto crudo de proteasas alcálinas obtenido del intestino de sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*).

## Materiales y Métodos

### Reactivos

Las sustancias azocaseína, fenil-metil-sulfonil-fluor (PMSF por sus siglas en inglés), Pepstatin A, inhibidor de tripsina de soya (SBTI por sus siglas en inglés), ácido etilen-diamino-tetraacético (EDTA por sus siglas en inglés), acrilamida, azul de comassie (G y R) y duodecil sulfato de sodio (SDS por sus siglas en inglés) fueron adquiridas de la compañía Sigma (St. Louis MO). Los marcadores de peso molecular se adquirieron de la compañía Bio-Rad (Hercules, CA). El resto de las sustancias químicas utilizadas fueron grado reactivo.

### Organismos

Se obtuvieron 15 ejemplares de sierra (*Scomberomorus sierra*) en un mercado local, en Mazatlán Sinaloa.

Los organismos que tenían aproximadamente 8 horas de haber sido capturados, se colocaron en hielo y fueron transportados al laboratorio, para ser inmediatamente eviscerados. Se separaron los intestinos del paquete visceral y estos fueron colocados en bolsas de cierre hermético y se almacenaron a -20 °C hasta el momento de su utilización.

### Obtención del extracto crudo de proteasas alcalinas

El extracto enzimático se obtuvo homogenizando los intestinos de sierra con buffer fosfatos (0.05 M, pH 7.5) con KCl 0.08 M frío, en una relación del 20% (p/v). El homogenizado así obtenido se centrifugó (centrifuga Sorvall RC6 +, Thermo Scientific, Waltham, MA) a 20,000 × g durante 20 minutos a 4°C. El sobrenadante resultante de la centrifugación se consideró como el extracto crudo de proteasas alcalinas (Murado et al., 2009).

### Medición de actividad proteolítica total

La actividad proteolítica total se determinó de acuerdo al método establecido por Sarath et al., (1989) con ligeras modificaciones. Se mezclaron 20 µL del extracto enzimático con 500 µL de buffer Tris-HCl 0.1M, pH 8. La reacción enzimática se inició agregando 500 µL de azocaseína al 2% p/v. La mezcla de reacción se incubó durante 30 minutos a temperatura ambiente, para después detener la reacción agregando 500 µL de ácido tricloroacético (TCA por sus siglas en inglés) al 20 % p/v. Una vez detenida la reacción la mezcla fue refrigerada por 20 minutos, para posteriormente centrifugarla a 14,000 rpm por 30 minutos. El sobrenadante obtenido se mezcló en una proporción 1:1 con NaOH 1M, y se registró la absorbancia a 440 nm. Simultáneamente se corrió un control, en el cual se detuvo la reacción agregando TCA antes que el sustrato.

### Caracterización parcial del extracto crudo de proteasas alcalinas

Con la finalidad de elucidar el tipo de actividad proteolítica presente en el extracto crudo, este fue incubado con diferentes inhibidores específicos de proteasas, tales como Pepstatin A (inhibidor de proteasas aspárticas), SBTI (inhibidor de tripsina de soya), EDTA (desactivador de metaloproteasas) y PMSF (inhibidor de serina-proteasas) a concentraciones de 1.5 mM, 5 µM, 1 mM y 5 mM respectivamente. Se mezclaron 10 µL del extracto enzimático con 10 µL del inhibidor correspondiente y dicha mezcla fue incubada durante 60 minutos a 25°C, para posteriormente determinar la actividad enzimática residual utilizando azocaseína al 2% como sustrato. El porcentaje de inhibición, se calculó considerando que el 100 % de actividad enzimática corresponde al extracto crudo incubado en ausencia de los inhibidores de proteasas (García-Carreño y Haard, 1993; Castillo-Yáñez et al., 2005).

Adicionalmente, con la finalidad de determinar el peso molecular de las proteínas presentes en el extracto crudo se llevó a cabo una electroforésis en geles de poliacrilamida y duodecil sulfato de sodio (SDS-PAGE, por sus siglas en inglés) al 10% bajo condiciones no reductoras (Laemmli, 1970).

### Estabilidad del extracto crudo en detergentes comerciales y solventes polares

Se determinó la estabilidad del extracto crudo de proteasas alcalinas utilizando los siguientes detergentes sólidos comerciales: Ariel® (Procter and Gamble, Switzerland) Persil® (Henkle, Germany) y Tergazyme® (Alconox, USA). Se utilizó la metodología descrita por Haddar et al., (2010), con ligeras modificaciones.

Previo al ensayo, los detergentes antes mencionados se disolvieron en agua corriente a una concentración de 7 mg/mL, para posteriormente ser calentados a 70°C por 1 hora con la finalidad de inactivar a las enzimas presentes en el detergente. Posteriormente, se incubó el extracto crudo con los detergentes comerciales, en una relación 1:1 (v/v) durante 1 hora a 40°C. Después de la incubación, se determinó la actividad enzimática residual utilizando el ensayo descrito en el apartado 2.4., y el resultado obtenido se comparó con la actividad del control (extracto crudo diluido en una proporción 1:1 en agua corriente, en ausencia de detergente). La actividad enzimática del control fue considerada como el 100%.

La estabilidad del extracto crudo de proteasas al incubarse con distintos solventes polares, fue determinada realizando ligeras modificaciones al protocolo establecido por Rahman, et al.,(2006). El extracto crudo se incubó con el solvente polar en una relación 1:3 (v/v) durante 1 hora a 25°C. Después de la incubación, se determinó la actividad enzimática residual utilizando el ensayo estándar de actividad proteolítica total, descrito en el apartado 2.4. Se utilizó un control, el cual se incubó bajo las condiciones antes descritas pero en ausencia de solvente (extracto crudo diluido 1:3 en buffer tris-HCl, pH 8, 0.1 M). La actividad proteolítica obtenida en el control fue considerada como el 100%. Los solventes polares utilizados fueron metanol, etanol, propanol y acetona, a concentraciones de 10, 20, 40 y 80% v/v.

### **Efecto de la concentración de NaCl sobre la actividad proteolítica del extracto crudo**

Con la finalidad de determinar la estabilidad del extracto crudo a sales, se incubaron 20 µL del extracto crudo con 500 µL de NaCl a diferentes concentraciones (5%,10%,15%,20%,25%,30% p/v) durante 8 horas a 25°C.

Al terminar el periodo de incubación la actividad enzimática residual fue determinada utilizando el ensayo estándar antes descrito. Se utilizó un control en este ensayo, el cual estuvo compuesto por el extracto enzimático en ausencia de NaCl, y la actividad proteolítica del control fue considerada como el 100%.

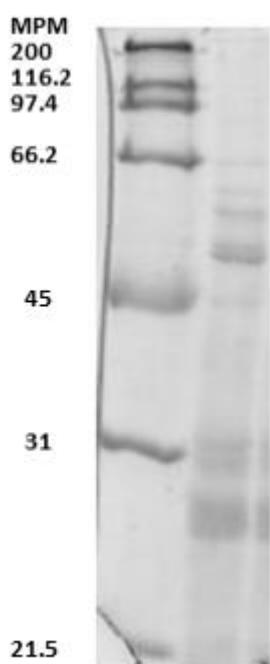
### **Análisis estadístico**

Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Para determinar el efecto de los detergentes comerciales, solventes polares, y presencia de sales sobre la actividad enzimática del extracto crudo de proteasas alcalinas, se realizó un análisis de varianza de una sola vía. Las diferencias significativas entre medias se establecieron con una  $P < 0.05$  y se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey-Kramer. Todos los análisis estadísticos antes descritos se realizaron con el software NCSS 2007 (Kaysville, USA).

### **Resultados y discusión**

#### **Caracterización parcial del extracto crudo de proteasas**

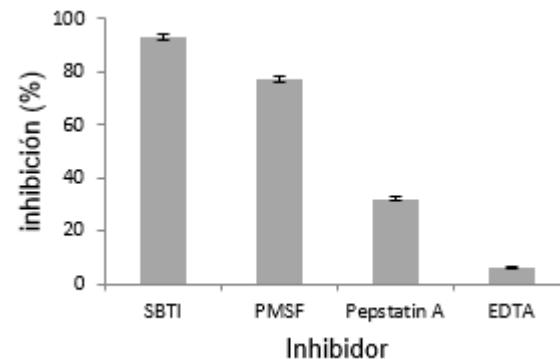
La composición proteica del extracto enzimático de sierra fue evaluada a través de electroforésis SDS-PAGE (Figura 1).



**Figura 1** Gel de poliacrilamida y duodecil sulfato de sodio. Carril 1: Marcador de peso molecular (MPM). Carril 2: Extracto crudo de proteasas de sierra (*Scomberomorus sierra*).

Se observaron varias bandas de diversos pesos moleculares, encontrándose una mayor presencia de bandas de proteína entre los 66 y 23 kDa. En la Figura 1, se pueden observar algunas bandas distribuidas en el rango de peso molecular entre 23 y 31 kDa, las cuales podrían estar relacionadas con la presencia de la enzima tripsina, de la cual se sabe es una de las proteasas alcalinas de mayor abundancia en el tractodigestivo de peces. En este respecto, Valdez-Melchor, et al., (2013) reportaron que el peso molecular de la tripsina purificada del intestino de sierra (*Scomberomorus sierra*) fue de 25.4 kDa. Por otro lado, Olivas-Burrola, et al., (2001) encontraron la presencia de bandas de proteína distribuidas en una mayor concentración en los rangos de peso molecular antes mencionados, al trabajar con un extracto crudo de sierra tropical (*Scomberomorus concolor*).

El tipo de actividad proteolítica predominante en el extracto crudo fue elucidado a través del uso de inhibidores específicos de proteasas. En la Figura 2, se puede observar que el inhibidor de tripsina de soya (SBTI) fue el que causó un mayor porcentaje de inhibición en la actividad proteolítica total (93%), seguido del inhibidor PMSF, el cual inhibió el 77% de la actividad enzimática. Estos resultados confirman la presencia de proteasas alcalinas del tipo tripsina y quimotripsina en el extracto crudo de sierra, y concuerdan con lo encontrado en otros estudios realizados con extractos enzimáticos obtenidos del intestino de diversas especies de peces tropicales (Espósito et al., 2009; Villalba-Villalba et al., 2011).

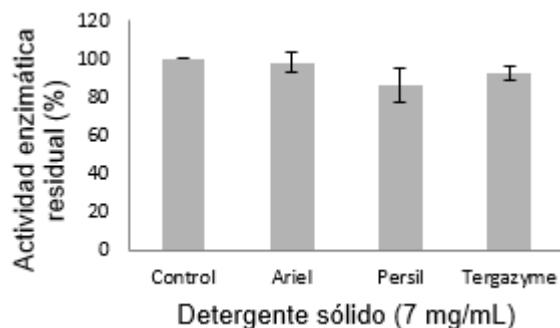


**Figura 2** Efecto de inhibidores específicos sobre la actividad proteolítica total del extracto crudo de sierra.

Adicionalmente, los menores porcentajes de inhibición observados con el inhibidor de proteasas aspárticas (Pepstatin A) y metaloproteasas (EDTA), indican que este tipo de enzimas proteolíticas no representan la actividad enzimática predominante en el extracto enzimático de sierra (Figura 2).

### Estabilidad del extracto crudo en detergentes comerciales y solventes polares

Las proteasas alcalinas de sierra fueron capaces de mantener su actividad proteolítica por arriba del 80% al incubarlas con los diferentes detergentes por 1 hora a 40°C. La mayor estabilidad se observó en el detergente Ariel, donde la actividad enzimática se mantuvo cerca del 100%, respecto al control (Figura 3).

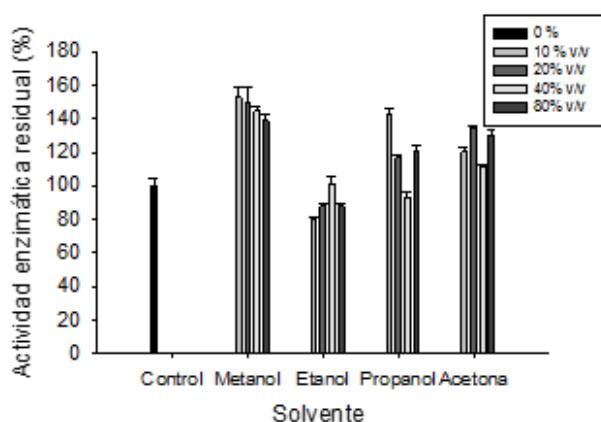


**Figura 3** Estabilidad del extracto crudo de proteasas alcalinas de sierra en presencia de distintos detergentes comerciales.

No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre el control y los tres detergentes evaluados. La estabilidad a los detergentes presentada por las proteasas alcalinas de sierra, es similar a la reportada para un extracto crudo de proteasas de tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) (Kudre y Thongraung, 2014) y superior a la encontrada en un extracto semipurificado de proteasas alcalinas de intestino de tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Espósito et al., 2009). Este resultado es relevante, ya que desde el punto de vista de aplicación de enzimas en la industria de los detergentes, se busca que los biocatalizadores utilizados sean estables a la temperatura de lavado por un periodo prolongado de tiempo (Banik y Prakash, 2004). En este estudio también se evaluó el efecto de diversos sistemas de solventes polares sobre la actividad de las proteasas alcálinas de sierra.

En la Figura 4, es posible observar que para el caso del metanol, la actividad enzimática del extracto crudo se vió incrementada significativamente ( $P < 0.05$ ) respecto al control en todas las concentraciones evaluadas. Este resultado es similar a lo reportado por Harpaz et al., (1994) en cuyo estudio observaron que la actividad proteolítica total de una tripsina aislada de lubina europea (*Dicentrarchus labrax*) aumentaba de forma significativa al incubarse con 1-propanol. Estos autores atribuyen que el incremento en la actividad enzimática de la tripsina, puede estar relacionada con un cambio conformacional de la enzima debido al aumento en la hidrofobicidad del medio de reacción. En otro estudio donde se evaluó el efecto de diversos solventes polares sobre la actividad proteolítica total de un extracto crudo de fluido gástrico de un cangrejo marino (*Cancer pagurus*) se encontró que los solventes polares metanol, etanol, propanol y acetona a una concentración del 10% v/v causaron un aumento en la actividad enzimática del extracto, pero los mismos solventes a una concentración del 80% causaron una disminución de alrededor del 75% en la actividad enzimática del fluido gástrico (Saborowski et al., 2004).

Para el caso del etanol se encontró que este causó una disminución en la actividad enzimática de las proteasas de sierra en relación al control, para la mayoría de las concentraciones evaluadas. En lo que respecta al propanol y la acetona, se puede observar que la actividad enzimática del extracto se mantuvo estable, y en algunos casos fue mayor ( $P < 0.05$ ) a la presentada por el control. (Figura 4).



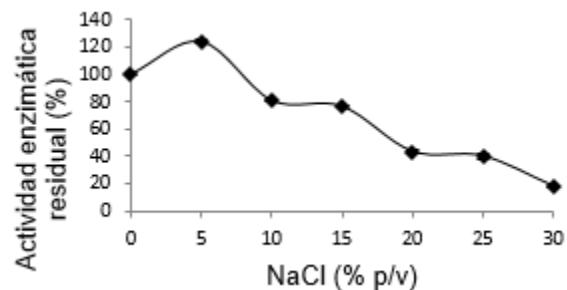
**Figura 4** Efecto de diversos solventes polares sobre la estabilidad catalítica del extracto crudo de sierra.

La estabilidad presentada a solventes polares por las proteasas alcalinas de sierra, resulta muy interesante, ya que esta característica es deseable en diversos bioprocesos industriales; ejemplo de ello son las reacciones de esterificación y transesterificación. Además se ha demostrado que el uso de solventes polares en biocatálisis puede incrementar la solubilidad de sustratos no polares, así como también causa un incremento en la estabilidad térmica de algunas enzimas y puede ser útil en la eliminación de contaminación microbiana del medio de reacción (Saborowskiet al., 2004). Además es importante mencionar que la información relacionada al efecto de solventes polares sobre la actividad de proteasas de peces tropicales es realmente limitada.

#### Efecto de la concentración de NaCl sobre la actividad proteolítica del extracto crudo

En la Figura 5 se muestra el efecto de la incubación del extracto de proteasas de sierra en NaCl sobre su actividad enzimática. Se puede observar que al aumentar la concentración de NaCl desde 5 hasta 30% p/v, la actividad enzimática disminuye.

Este comportamiento puede estar relacionado con la desnaturalización de las proteasas del extracto debido al fenómeno de salting-out (Villalba-Villalbaet al., 2011). Sin embargo, tomando en cuenta que el periodo de incubación de las proteasas en NaCl fue de 8 horas, se puede afirmar que las proteasas de sierra son estables a condiciones de hipersalinidad, ya que a concentraciones altas de NaCl (ejemplo: 20-25%) mantienen hasta el 40% de la actividad enzimática (Figura 5).



**Figura 5** Efecto de la incubación en NaCl sobre la actividad proteolítica total del extracto crudo de sierra.

#### Conclusiones

Se logró obtener y caracterizar un extracto crudo de proteasas alcalinas de sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*). La actividad enzimática del extracto fue fuertemente inhibida por los inhibidores PMSF y SBTI, confirmando así la presencia de proteasas alcalinas del tipo tripsina y quimotripsina en el extracto. Las proteasas de sierra presentaron una gran estabilidad y compatibilidad a la formulación de los diferentes detergentes evaluados. Además el extracto crudo exhibió una buena estabilidad en diversos solventes polares. En lo referente a la estabilidad en NaCl, las proteasas de sierra mantuvieron su actividad por arriba del 40% a altas concentraciones de sal, después de un largo periodo de incubación (8 horas).

Las propiedades de estabilidad antes mencionadas, indican que las proteasas alcalinas de sierra podrían ser utilizadas como herramienta biotecnológica en diversas áreas de la industria, tales como la de detergentes, alimentos y farmacéutica.

### Agradecimientos

A la Universidad Politécnica de Sinaloa, por el financiamiento brindado para la realización de esta investigación. Al M.C. Jesús Martín Hernández Moreno, por el apoyo técnico brindado.

### Referencias

- Aguirre-Villaseñor, H. Morales-Bojórquez, E. Morán-Angulo, R. Madrid-Vera, J. y Valdez-Pineda, M. 2006. Indicadores biológicos de la pesquería de sierra (*Scomberomorus sierra*) al sur del Golfo de California, México. Biological indicators for the Pacific sierra (*Scomberomorus sierra*) fishery in the southern Gulf of California, Mexico. Ciencias Marinas. 32: 471-484.
- Banik, R. M. y Prakash, M. 2004. Laundry detergent compatibility of the alkaline protease from *Bacillus cereus*. Microbiological research. 159: 135-140.
- Bougatef, A. 2013. Trypsins from fish processing waste: characteristics and biotechnological applications – comprehensive review. Journal of Cleaner Production. 57: 257-265.
- Castillo-Yáñez, F. J. Pacheco-Aguilar, R. García-Carreño, F. L. y Navarrete-del Toro, M. A. 2005. Isolation and characterization of trypsin from pyloric caeca of Monterey sardine *Sardinops sagax caerulea*. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. 140: 91-98.
- CONAPESCA, 2014. La pesca y Acuacultura en Cifras. [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/la\\_pesca\\_y\\_acuacultura\\_en\\_cifras\\_2013](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/la_pesca_y_acuacultura_en_cifras_2013)
- Espósito, T. S. Amaral, I. P. Buarque, D. S. Oliveira, G. B. Carvalho, L. B. y Bezerra, R. S. 2009. Fish processing waste as a source of alkaline proteases for laundry detergent. Food Chemistry. 112: 125-130.
- García-Carreño, F. L. y Haard, N. F. 1993. Characterization of proteinase classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacifastacus astacus*) extracts. Journal of food biochemistry. 17: 97-113.
- Gupta, R. Beg, Q. y Lorenz, P. 2002. Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial applications. Applied Microbiology and Biotechnology. 59: 15-32.
- Haard, N. F. 1992. A review of proteolytic enzymes from marine organisms and their application in the food industry. Journal of Aquatic Food Product Technology. 1: 17-35.
- Haddar, A. Sellami-Kamoun, A. Fakhfakh-Zouari, N. Hmidet, N. y Nasri, M. 2010. Characterization of detergent stable and feather degrading serine proteases from *Bacillus mojavensis* A21. Biochemical Engineering Journal. 51: 53-63.
- Harpaz, S. Eshel, A. y Lindner, P. 1994. Effect of 1-propanol on the activity of intestinal proteolytic enzymes of the European sea bass *Dicentrarchus labrax*. Journal of agricultural and food chemistry. 42: 49-52.
- Kudre, T. y Thongraung, C. 2014. Organic Solvent and Laundry Detergent Stable Crude Protease from Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Viscera. Journal of Aquatic Food Product Technology. 23: 87-100.

Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *nature*. 227: 680-685.

Murado, M. A. González, M. d. P. y Vázquez, J. A. 2009. Recovery of proteolytic and collagenolytic activities from viscera by-products of rayfish (*Raja clavata*). *Marine drugs*. 7: 803-815.

Olivas-Burrola, H. Ezquerra-Brauer, J. M. Rouzaud-Sandez, O. y Pacheco-Aguilar, R. 2001. Protease activity and partial characterization of the trypsin-like enzyme in the digestive tract of the tropical sierra *Scomberomorus concolor*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 10: 51-64.

Rahman, R. N. Z. R. A. Geok, L. P. Basri, M. y Salleh, A. B. 2006. An organic solvent-stable alkaline protease from *Pseudomonas aeruginosa* strain K: Enzyme purification and characterization. *Enzyme and microbial technology*. 39: 1484-1491.

Saborowski, R. Sahling, G. del Toro, M. N. Walter, I. y García-Carreno, F. 2004. Stability and effects of organic solvents on endopeptidases from the gastric fluid of the marine crab *Cancer pagurus*. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. 30: 109-118.

Samal, B. B. Karan, B. y Stabinsky, Y. 1990. Stability of two novel serine proteinases in commercial laundry detergent formulations. *Biotechnology and Bioengineering*. 35: 650-652.

Sarath, G. De La Motte, R. y Wagner, F. 1989. Protease assay methods. *Proteolytic enzymes: a practical approach*. 3: 25-55.

Valdez-Melchor, R. Ezquerra-Brauer, J. Cinco-Moroyoqui, F. Castillo-Yáñez, F. y Cárdenas-López, J. 2013. Purification and partial characterization of trypsin from the viscera of tropical sierra (*Scomberomorus sierra*) from the Gulf of California. *Journal of Food Biochemistry*. 37: 694-701.

Villalba-Villalba, A. G. Pacheco-Aguilar, R. Ramírez-Suárez, J. C. Valenzuela-Soto, E. M. Castillo-Yáñez, F. J. y Márquez-Ríos, E. 2011. Partial characterization of alkaline proteases from viscera of vermiculated sailfin catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* Weber, 1991. *Fisheries Science*. 77: 697-705.

## Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de *Justicia spicigera* en ratas tratadas por vía oral durante 30 días

LEÓN, Angel \*†, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y BALDERAS, Sheila

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

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

En México, de acuerdo con datos de la ENSANUT, 2012, 6.4 millones de mexicanos fueron diagnosticados con diabetes. Actualmente, existen diversos reportes en la literatura científica que avalan el uso de las plantas para el tratamiento de la DMT2. *Justicia spicigera* (JS) está ampliamente distribuida en la Huasteca Potosina y recientemente ha sido demostrado que el extracto etanólico de JS tiene un efecto hipoglucemiante en modelos de ratas normoglicémicas y diabetizadas; sin embargo sólo se ha evaluado la toxicidad aguda por lo que es necesario evaluar la toxicidad por tiempos prolongados. La toxicidad oral se evaluó ratas machos Wistar administradas diariamente por vía oral con el EEJS durante 30 días. Los resultados mostraron que la administración del EEJS indujo efectos adversos leves, sobre todo relacionados con anormalidades en el comportamiento. Estudios adicionales se están desarrollando para determinar su toxicidad por períodos prolongados.

**Toxicidad, justicia spicigera, Diabetes Mellitus tipo 2.**

### Abstract

In Mexico, according to data from the ENSANUT, 2012, 6.4 million of Mexicans were diagnosed with diabetes mellitus (DM). Currently, there are several reports in the scientific literature supporting the use of plants for the treatment of T2DM. *Justicia spicigera* (JS) is widely distributed in Huasteca Potosina and its ethanolic extract (EEJS) has recently been shown that has a hypoglycemic effect in normoglycemic rats and streptozotocin-induced DM model; however only its acute toxicity has been evaluated. therefore, it is necessary to evaluate the toxicity for prolonged periods. Oral toxicity was evaluated by repeated dose administration model for 30 days. The results showed that administration of EEJS induced mild adverse effects, particularly related to behavioral abnormalities. Additional experiments are currently being carried out in our laboratory to evaluate its chronic toxicity.

**Toxicity, justicia spicigera, Diabetes Mellitus tipo 2**

**Citación:** BALDERAS, Sheila, DEL TORO, Juan, ALVARADO, Brenda y LEÓN, Angel. Estudio de la toxicidad del extracto etanólico de *Justicia spicigera* en ratas tratadas por vía oral durante 30 días. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:272-278

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad crónica degenerativa (ECD) que describe un desorden metabólico de múltiples etiologías y que está caracterizado por la presencia de una hiperglucemia crónica con alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas como resultados de los efectos de la secreción de la insulina, la acción de esta o de ambas (WHO, 1999). En México, de acuerdo con datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT, 2012), 6.4 millones de mexicanos fueron diagnosticados con diabetes.

Actualmente, existen diversos reportes en la literatura científica que avalan el uso de las plantas, sus extractos o sus compuestos activos con propiedades antibacterianas, antimicóticas, antiprotozoarias, relajantes y sedativas o bien contra diversas enfermedades como la hipertensión, el cáncer, y la DM2 (Jorge et al., 2013; Mata et al., 2013; Ortega-Ramírez et al., 2013; Alonso-Castro A et al., 2012; Alonso-Castro A et al., 2011; Jacobo-Salcedo et al., 2011; Alanís-Gárra et al., 2007; Argáez-López, 2003).

Justicia spicigera (JS), “Muicle o Muite” está ampliamente distribuida en la Península de Yucatán y la Huasteca Potosina. Existen reportes en la literatura sobre el uso en la medicina tradicional Mexicana de la infusión de hojas, así como la decocción de las partes aéreas para el tratamiento empírico de la DM2 (Graham, 1990; Braz et al, 2002; Arellano-Rodríguez et al, 2003; Meckes et al., 2004; Vega-Avila et al, 2009; Andrade-Cetto y Heinrich, 2005; Johnson et al, 2006). Recientemente, Ortiz-Andrade et al, 2012, demostraron que el EEJS presentó un efecto hipoglucemiante en ratas normoglicémicas. Efectos similares fueron observados en ratas diabetizadas con estreptozotocina.

Estudios toxicológicos del EEJS en modelos *in vivo* han sido realizados previamente. Alonso-Castro et al, 2012, evaluaron la toxicidad aguda del EEJS mostró que la dosis letal 50 (DL50) para la administración oral e intraperitoneal fue >5000 mg/kg. En dosis >1600 mg/kg se observaron alteraciones neurológicas (inmovilidad, mareo y sedación) en los ratones, sólo durante las primeras 4 h posteriores al tratamiento. Sin embargo, no existen reportes en la literatura sobre el estudio de la toxicidad del EEJS que permitan determinar su seguridad durante su uso a largo plazo en dosis repetidas. Por lo tanto, en el presente trabajo se llevará a cabo la evaluación de la toxicidad oral del extracto etanólico de Justicia spicigera en ratas Wistar tratadas por vía oral durante 30 días.

## Metodología

La recolección del material vegetal se realizó en la comunidad de Tanchanaco perteneciente al municipio de Aquismón, S.L.P., (21° 40' 7" N, 99° 2' 4" W) en el mes de julio de 2014 en temporada pluvial. El secado se llevó a cabo a temperatura ambiente (TA) y a la sombra durante 7 días. La pulverización se realizó empleando un molino analítico (Oster). La obtención del extracto se hizo por el método clásico de maceración. Brevemente, 100 g de la planta pulverizada se colocaron en 900 mL de etanol absoluto (proporción 1:10, masa/volumen) y se mantuvo cubierto de la luz durante 7 días a temperatura ambiente.

Al término del proceso de maceración, la mezcla se filtró con papel filtro Whatman No. 2 y se concentró en rotavapor RII (BÜCHI Labortechnik) hasta eliminar el solvente. El extracto obtenido se mantuvo en refrigeración a 4 °C hasta la evaluación toxicológica.

Para la evaluación de la toxicidad oral se emplearon 36 ratas machos de la cepa Wistar, con peso corporal de  $100 \pm 20$  g, procedentes de Harlan laboratories.

Antes de iniciar la evaluación, los animales fueron aclimatados durante 5 días bajo condiciones controladas de temperatura ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ), humedad ( $70 \pm 5\%$ ) y ciclos de luz-oscuridad (12/12 horas). La alimentación consistió de una dieta standard a base de alimento Rodent Lab Chow 5001 y agua a libre demanda. Todos los ensayos fueron realizados en apego a la NOM-062-ZOO-2008.

El estudio de la toxicidad oral de dosis repetidas durante 30 días se llevó a cabo de acuerdo a los términos establecidos en la guía para la evaluación de químicos No. 407 de la OECD, 2008. Los animales fueron divididos en 6 grupos con 6 animales cada uno: Control (DMSO al 1% en solución fisiológica), Grupo 1 - 10 mg/Kg/día, Grupo 2 - 25 mg/Kg/día, Grupo 3 - 50 mg/Kg/día, y Grupo 4 - 100 mg/Kg/día. La administración del extracto se realizó diariamente por vía oral durante 30 días. Antes y al final del estudio se determinaron los valores basales hematológicos (RBC, HGB Y HTC) y glucemia. Adicionalmente, se llevó el registro del alimento consumido semanalmente, así mismo, los animales fueron pesados semanalmente y se determinó la ganancia de peso semanal y al finalizar el estudio. Durante todo el estudio, se mantuvo una estricta vigilancia del estado general de los animales registrando cualquier alteración en la apariencia macroscópica de los mismos, las condiciones de la piel y mucosas, mortalidad, alteraciones neurológicas (inmovilidad y/o sedación), y anormalidades en el comportamiento (agresividad, irritación, pasividad). Al finalizar los 30 días de tratamiento, los animales fueron sacrificados por anestesia con cloroformo.

Los resultados obtenidos en cada experimento fueron analizados mediante el programa estadístico SigmaStat versión 12.1 (Jandel Scientific, San Rafael, CA) y Statistica 8. Las diferencias estadísticas fueron determinadas mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA ONE-WAY) seguido por un prueba post hoc de Tukey. Un valor de  $p \leq 0.05$  se consideró como estadísticamente significativo.

## Resultados

En las Tablas 1, 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos del conteo de RBC y los niveles de HGB y HCT durante todo el periodo de estudio. Se puede observar que en el conteo de RBC el grupo al cual se administró 10 mg/Kg del EEJS mostró diferencias estadísticamente significativas respecto a la comparación entre periodos de estudio, basal ( $25\%$ ,  $p < 0.05$ ) y en comparación con el grupo CTL a los 30 días ( $24\%$ ,  $p < 0.05$ ); además se aprecia que los niveles de HTC (Tabla 3) para los grupos tratados con 10 mg/Kg ( $20.9\%$ ,  $p < 0.05$ ) y 25 mg/Kg ( $18.99\%$ ,  $p < 0.05$ ) mostraron diferencias en comparación con el resultado del periodo de evaluación basal. En cuanto al análisis de HGB, en la Tabla 2 se muestra que no existió diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los grupos de estudio en el periodo basal y a los 30 días.

Los resultados del análisis de glicemia en las ratas Wistar se muestran en la Tabla 4. Los niveles de glucosa en sangre analizados en los grupos de estudio en el periodo basal y a 30 días se mantuvieron estables sin mostrar diferencias estadísticamente significativas con excepción del grupo de 100 mg/Kg en el cual se observó un aumento del 28% ( $p < 0.05$ ) con respecto al CTL a los 30 días y en el mismo grupo en los resultados basales.

| RBC-10x6 (/uL)   |              |                  |
|------------------|--------------|------------------|
| Grupo de estudio | Basal        | 30 días          |
| CTL              | 7.78 ± 0.659 | 8.29 ± 0.350     |
| 10 mg/Kg         | 8.33 ± 0.788 | 6.32 ± 1.931 * # |
| 25 mg/Kg         | 8.91 ± 0.635 | 8.02 ± 0.220     |
| 50 mg/Kg         | 8.32 ± 0.698 | 8.19 ± 0.625     |
| 100 mg/Kg        | 7.96 ± 0.683 | 8.19 ± 0.125     |

**Tabla 1** Conteo de RBC en sangre periférica de ratas Wistar al finalizar el tratamiento con el EEJS y datos basales.

| HGB (g/dL)       |               |               |
|------------------|---------------|---------------|
| Grupo de estudio | Basal         | 30 días       |
| CTL              | 15.93 ± 1.855 | 15.88 ± 0.766 |
| 10 mg/Kg         | 17.93 ± 1.817 | 14.30 ± 2.828 |
| 25 mg/Kg         | 17.60 ± 1.460 | 14.83 ± 0.499 |
| 50 mg/Kg         | 16.92 ± 1.507 | 15.38 ± 1.175 |
| 100 mg/Kg        | 16.27 ± 1.301 | 15.90 ± 0.264 |

**Tabla 2** Niveles de HGB en sangre periférica de ratas Wistar al finalizar el tratamiento con el EEJS y datos basales.

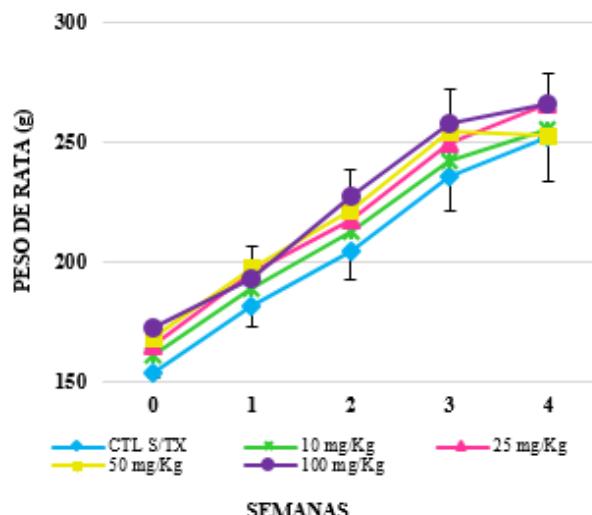
| HCT (%)          |               |                |
|------------------|---------------|----------------|
| Grupo de estudio | Basal         | 30 días        |
| CTL              | 47.13 ± 5.050 | 46.60 ± 1.926  |
| 10 mg/Kg         | 51.72 ± 3.761 | 40.90 ± 8.343* |
| 25 mg/Kg         | 53.43 ± 4.016 | 43.28 ± 0.665* |
| 50 mg/Kg         | 50.75 ± 3.844 | 45.02 ± 3.454  |
| 100 mg/Kg        | 48.38 ± 3.385 | 46.57 ± 0.750  |

**Tabla 3** Niveles de HCT en sangre periférica de ratas Wistar al finalizar el tratamiento con el EEJS y datos basales.

| GLU (g/dL)       |                 |                    |
|------------------|-----------------|--------------------|
| Grupo de estudio | Basal           | 30 días            |
| CTL              | 144.68 ± 10.878 | 129.35 ± 11.286    |
| 10 mg/Kg         | 119.46 ± 18.537 | 134.31 ± 11.733    |
| 25 mg/Kg         | 129.33 ± 10.133 | 144.16 ± 9.625     |
| 50 mg/Kg         | 114.88 ± 4.904  | 142.10 ± 17.203    |
| 100 mg/Kg        | 125.46 ± 15.032 | 160.73 ± 23.954**# |

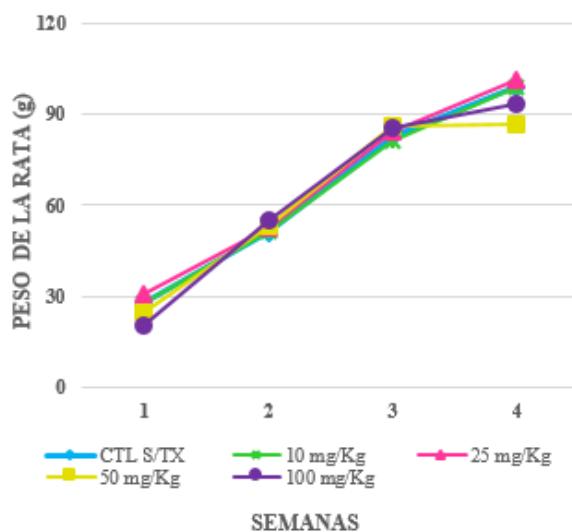
**Tabla 4** Niveles de GLU en sangre periférica de ratas Wistar al finalizar el tratamiento con el EEJS y datos basales.

En la Figura 1 se observan los promedios de los pesos registrados de cada grupo de estudio durante el periodo de evaluación. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos de estudio.



**Figura 1** Control de peso corporal de los animales tratados con el EEJS durante 30 días.

La ganancia de peso obtenida en cada grupo de estudio muestra en la Figura 2. Los resultados obtenidos muestran que la ganancia de peso de los grupos tratados con el EEJS no mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo CTL, ( $p < 0.05$ ).



**Figura 2** Control de la ganancia de peso de los grupos de estudio de ratas Wistar al inicio y durante el periodo de tratamiento con el EEJS.

El análisis estadístico de los promedios del pesaje del alimento ingerido en cada grupo, semanalmente y al finalizar el estudio, mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos que recibieron el EEJS comparados con el grupo CTL, después de 30 días de tratamiento. (No se muestra la figura).

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos del monitoreo del estado general de las ratas Wistar durante todo el estudio. Se observa que no se presentó mortalidad en ninguno de los grupos culminando la evaluación con todos los animales asignados desde el inicio del estudio. Respecto a las alteraciones neurológicas se observa que no ocurrieron cambios en cuanto a la inmovilidad y sedación; sin embargo, los grupos tratados con 50 mg/Kg y 100 mg/Kg presentaron agresividad e irritabilidad. Los cambios en las condiciones de piel se presentaron en los grupos de 25 mg/Kg, 50 mg/Kg y 100 mg/Kg.

| Estado general de las ratas Wistar | grupos de estudio |     |     |     |      |
|------------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|------|
|                                    | CTL               | 10* | 25* | 50* | 100* |
| mortalidad                         | 0/6               | 0/6 | 0/6 | 0/6 | 0/6  |
| alteraciones neurológicas          | sc                | sc  | sc  | sc  | sc   |
| anormalidades del comportamiento   | sc                | sc  | sc  | +   | ++   |
| condiciones de piel y mucosas *    | sc                | sc  | sc  | sc  | sc   |
| inmovilidad                        | sc                | sc  | sc  | sc  | sc   |
| sedación                           | sc                | sc  | sc  | sc  | sc   |
| agresividad                        | sc                | sc  | sc  | +   | ++   |
| irritabilidad                      | sc                | sc  | sc  | +   | ++   |
| pasividad                          | sc                | sc  | sc  | sc  | sc   |
| piel                               | sc                | sc  | +   | +   | ++   |

**Tabla 5** Estado general de las ratas Wistar el periodo de estudio de 30 días.

## Conclusión

La administración diaria por vía oral del EEJS durante 30 días en un modelo in vivo demostró la presencia de efectos adversos leves, sobre todo relacionados con anormalidades en el comportamiento; sin embargo, es importante continuar con la evaluación del EEJS durante un periodo de tiempo prolongado para determinar su toxicidad crónica.

## Agradecimientos

Al personal de apoyo técnico del Laboratorio de Investigación Biomédica. Un agradecimiento al Fondo de Inmersión a la Ciencia por el apoyo económico otorgado través del convenio C15-PIFI-06-01.01.

## Referencias

Alanís-Garza BA, González-González GM, Salazar-Aranda R, Waksman de Torres N, Rivas-Galindo VM. (2007). Screening of antifungal activity of plants from the northeast of Mexico. *J Ethnopharmacol*, 114(3):468-71.

Alonso-Castro AJ, Villarreal ML, Salazar-Olivo LA, Gomez-Sanchez M, Dominguez F, Garcia-Carranca A. (2011). Mexican medicinal plants used for cancer treatment: pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. *J Ethnopharmacol*, 133(3):945-72.

Alonso-Castro JA, Maldonado-Miranda JJ, Zarate-Martinez A, Jacobo-Salcedo M del R, Fernández-Galicia C, Alejandro Figueroa-Zuñiga L, Abel Rios-Reyes N, Angel de León-Rubio M, Andrés Medellín-Castillo N, Reyes-Munguia A, Méndez-Martínez R, Carranza-Alvarez C. (2012). Medicinal plants used in the Huasteca Potosina, México. *J Ethnopharmacol*, 143(1):292-8.

Andrade-Cetto A, Heinrich M. (2005). Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. *J Ethnopharmacol*, 93,248-325.

Arellano-Rodríguez JA, Flores Guido JS, Tun J, Garrido MM, Cruz Bojórquez. (2003). Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense*, 20,5-6.

Argáez-López N, Wacher NH, Kumate-Rodríguez J, Cruz M, Talavera J, Rivera-Arce E, Lozoya X. DIMSS Study Group, 2003. (2003). The use of complementary and alternative medicine therapies in type 2 diabetic patients in Mexico. *Diabetes Care*, 26(8):2470-1.

Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT2012). Disponible en <http://ensanut.insp.mx/>. Consultada 21.01.14.

Graham, VA. Delimitation and infra-generic classification of *Justicia* (Acanthaceae). (1990). *Kew Bulletin*, 43,551-624.

Jacobo-Salcedo MdR, Alonso-Castro AJ, Salazar-Olivo LA, Carranza-Álvarez C, Gonzalez-Espindola LA, Dominguez F, Maciel-Torres SP, Garcia-Lujan C, Gonzalez-Martinez MdR, Gomez-Sanchez M, Estrada-Castillon E, Zapata-Bustos R, Medellin-Milan P, Garcia-Carranca A. (2011). Antimicrobial and cytotoxic effects of Mexican medicinal plants. *Nat Prod Commun*, 6(12),1925-8.

Johnson L, Strich H, Taylor A, Timmermann B, Malone D, Teufel-Shone N, Drummond R, Woosley R, Pereira E, Martinez A. (2006). Use of herbal remedies by diabetic Hispanic women in the southwestern United States. *Phytother Res*, 20,250-5.

Jorge VG, Ángel JR, Adrián TS, Francisco AC, Anuar SG, Samuel ES, Ángel SO, Emmanuel HN. (2013). Vasorelaxant activity of extracts obtained from *Apium graveolens*: possible source for vasorelaxant molecules isolation with potential antihypertensive effect. *Asian Pac J Trop Biomed*, 3(10):776-9.

Mata R, Cristians S, Escandón-Rivera S, Juárez-Reyes K, Rivero-Cruz I. (2013). Mexican antidiabetic herbs: valuable sources of inhibitors of  $\alpha$ -glucosidases. *J Nat Prod*, 76(3):468-83.

Meckes M, David-Rivera AD, Nava-Aguilar V, Jimenez A. (2004). Activity of some Mexican medicinal plant extracts on carrageenan-induced rat paw edema. *Phytomedicine*, 11,446-51.

OECD. Guideline for the testing of chemicals No. 407. Repeated Dose 90-day study oral toxicity study in rodents. 2008.

Ortega-Ramirez LA, Rodriguez-Garcia I, Leyva JM, Cruz-Valenzuela MR, Silva-Espinoza BA, Gonzalez-Aguilar GA, Siddiqui MW, Ayala-Zavala JF. (2013). Potential of Medicinal Plants as Antimicrobial and Antioxidant Agents in Food Industry: A Hypothesis. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 10(3):397-404.

Ortiz-Andrade R, Cabañas-Wuan A, Arana-Argáez VE, Alonso-Castro AJ, Zapata-Bustos R, Salazar-Olivo LA, Domínguez F, Chávez M, Carranza-Álvarez C, García-Carrancá A. (2012). Antidiabetic effects of *Justicia spicigera* Schltl (Acanthaceae). *J Ethnopharmacol*, 143(2):455-62.

Vega-Avila E, Espejo-Serna A, Alarcon-Aguilar F, Velazco-Lesama R. (2009). Cytotoxic activity of four Mexican medicinal plants. *P W Pharmacol Soc*, 52, 78–82.

World Health Organization. Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications. Report of a WHO Consultation. Geneva: World Health Organization, 1999.

## Incidencia de Maloclusiones dentales en niños con Síndrome de Down del CRIVER

CAPETILLO-HERNÁNDEZ, Guadalupe\*†, HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, Griselda†, TORRES-CAPETILLO, Evelyn y TIBURCIO-MORTEO, Leticia

*Universidad Veracruzana. Facultad de Odontología, Región Veracruz*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Las maloclusiones dentarias, son un problema de salud pública que se presenta en todos los niveles sociales, sin importar condición económica, cultural ni rango de edades. Según la OMS ocupa el 3º lugar en problemas de salud bucal, y son de gran relevancia pues generan desequilibrios en el sistema Estomatognártico. Debido a las condiciones dentales de los pacientes con síndrome de Down existe una mayor predisposición a padecerlas. La incidencia en México de niños con síndrome de Down es de uno por 700 a uno por cada 1.000 nacidos.

### Síndrome de Down, maloclusiones

### Abstract

Dental malocclusions are a public health problem that occurs in all social levels regardless of age, economic or cultural condition. According to WHO, it occupies 3rd place in oral health problems and are very relevant because they create an imbalance in the Stomatognathic system. Because of the dental conditions in patients with Down syndrome there is a greater predisposition to allergies. In Mexico incidences in children with Down syndrome are one in 700 to one in 1,000 births.

### Down Syndrome, malocclusions

**Citación:** CAPETILLO-HERNÁNDEZ, Guadalupe, HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, Griselda, TORRES-CAPETILLO, Evelyn y TIBURCIO-MORTEO, Leticia. Incidencia de Maloclusiones dentales en niños con Síndrome de Down del CRIVER. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:279-284

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gcapetillo@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El síndrome de Down (SD), descrito por primera vez por el medico inglés John Langdon Down en 1887, representa la anomalía congénita autosómica más frecuente, así como la causa más común de retraso mental. El 95% de los casos de síndrome de Down es debido a una trisomía en el cromosoma 21, el resto, son causados por un mosaicismo o una translocación (Ahlbom B,1996; Forrester M, 1986; Amirfeyz R, 2006; Silvestre F, 2004)

La prevalencia de síndrome de Down es uno por cada 700 nacidos vivos, constituyendo una alta frecuencia en la población. Igualmente el síndrome de Down representa el 10% de todos los casos de retraso mental. Los pacientes con síndrome de Down presentan un sinfín de problemas médicos como patologías cardiacas, alteraciones endocrinas, gastrointestinales, musculo esqueléticas, oftalmológicas, así como diferencias considerables a nivel cráneo facial y odontológico respecto al resto. Puesche, 1996; Ravaglia, 1999

Los maxilares en estos pacientes tienden a ser hipoplásicos, con la consecuente disminución en el desarrollo del paladar, el cual suele ser profundo. El maxilar superior por lo general es más pequeño que el inferior, el cual se encuentra en una posición relativamente más avanzada con respecto a la base del cráneo en sentido anteroposterior, como lo ha demostrado el estudio cefalométrico de Menéndez niñez y cols. (1992), lo que origina un aspecto pseudoprogognático, igualmente suelen presentar una macroglosia absoluta o relativa, debido al tamaño disminuido del maxilar.

El 96% de los pacientes tienen una respiración bucal que favorece la vestibularización de los incisivos superiores y sequedad de mucosa y labio, originando queilitis angular. Jiménez, J., 1998

Respecto a la dentición existen alteraciones en la morfología de las coronas, en cuanto a la erupción, presenta por lo general un retraso de 1 a 2 años, con una secuencia también alterada. El retraso en la erupción de los dientes permanentes hace que los dientes temporales se mantengan en boca por más tiempo e incluso los permanentes erupcionan fuera de la línea adecuada, coexistiendo de esta forma ambas denticiones de forma simultánea. Todas estas características hacen que los pacientes con síndrome de Down sean más propensos a desarrollar maloclusiones dentales y tomando en consideración la mayor prevalencia que actualmente presenta este síndrome y el considerable aumento en la expectativa de vida de estos niños. Se hace necesario conocer todas las alteraciones y las posibilidades alternativas de manejo y tratamiento temprano para mejorar de esta manera la calidad de vida del niño con síndrome de Down.

## Clasificación de angle

- Clase I Neutroclusión
- Clase II Distoclusión
- Clase III Mesioclusión

### Maloclusion Clase I neutroclusión

La relación anteroposterior de los molares superiores e inferiores es correcta, con la cúspide mesiovestibular del primer molar superior ocluyendo en el surco mesiovestibular del primer molar inferior

El primer molar inferior, se encuentra en relación anteroposterior normal con la arcada dentaria superior. Las bases óseas de soporte superior e inferior se encuentran en relación normal.

Dentro de esta clasificación se agrupan las giroversiones, malposición de dientes individuales, falta de dientes y discrepancia en el tamaño de los dientes, apiñamientos, espaciamientos, mordidas cruzadas anteriores y posteriores, mordidas abiertas, caninos elevados.

### **Maloclusion Clase II distoclusion**

Se llaman también distoclusiones, ya que la posición de máxima intercuspidación, el primer molar permanente inferior ocluye en relación distal del superior, o sea está más retrasado. La arcada dental inferior se encuentra en relación distal o posterior a la arcada dental superior, relación tomada por los primeros molares permanentes, esta maloclusión afecta principalmente al esqueleto óseo.

El surco mesiovestibular del primer molar inferior hace contacto con la cúspide distovestibular del primer molar superior o puede encontrarse aún más distal.

### **Existen dos divisiones de la maloclusión de clase II.**

#### **Clase II División 1**

La relación de los molares se encuentra en Distoclusión existen además otras características relacionadas. Con frecuencia, el segmento anterior suele exhibir supraversión o sobreerupción de los dientes incisivos estando típicamente en labioversión externa, así como tendencia al apiñamiento y algunas otras irregularidades. La forma de la arcada se asemeja a la de una "V". Con el aumento de la sobremordida horizontal el labio inferior amortigua el aspecto lingual de los dientes. Los incisivos superiores descansan sobre el labio inferior.

#### **Clase II división 2**

El arco inferior generalmente presenta una curva de Spee exagerada y el segmento anterior inferior suele ser más irregular, con supraversión de los incisivos inferiores. La arcada superior pocas veces es angosta, siendo por lo general más amplia que lo normal en la zona intercanina. Una característica relativamente constante es la inclinación lingual excesiva de los incisivos centrales superiores con inclinación labial excesiva de los incisivos laterales superiores.

Moyers y Gurkeerat mencionan que en esta división se puede incluir una subdivisión, la cual ocurre cuando la Distoclusión se presenta solamente en un lado del arco dentario solamente.

### **Maloclusion Clase III mesioclusión**

La Mesioclusión se denomina así ya que hay una relación "mesial" del maxilar inferior respecto al superior. El surco mesial del primer molar permanente inferior, articula por delante de la cúspide mesiobucal del primer molar permanente superior.

La sobremordida horizontal es excesiva, los incisivos inferiores suelen encontrarse en mordida cruzada total, en sentido labial a los incisivos superiores. En la mayor parte de las maloclusiones clase III los incisivos inferiores se encuentran inclinados excesivamente hacia el aspecto lingual, a pesar de la mordida cruzada.

El espacio destinado a la lengua parece ser mayor, y esta se encuentra adosada al piso de la boca la mayor parte del tiempo. La arcada superior es estrecha, la lengua no se

Aproxima al paladar como suele hacerlo normalmente.

## Objetivo general

Determinar la incidencia de maloclusiones en los niños con síndrome de Down de 6 a 10 años en el centro de rehabilitación infantil de Veracruz según la clasificación de Angle.  
Objetivos específicos

Conocer en que sexo son más frecuentes las maloclusiones en niños con síndrome de Down de 6 a 10 años en el centro de rehabilitación infantil de Veracruz.

Identificar cuál de las clases de Angle es más frecuente en los niños con síndrome de Down de 6 a 10 años en el centro de rehabilitación infantil de Veracruz.

## Materiales y métodos

La información del instrumento de recolección de datos se recopilo mediante un examen clínico que se le realizo a los 100 niños con síndrome de Down de 6 a 10 años y se recopilaron en una base de datos .utilizando un formato de recolección de datos vaciando toda la información durante la inspección bucal Y mediante un cuestionario a los padres de familia o tutores que consto de 6 ítems tomando, si tienen algún hábito de higiene, hábito alimenticio y algún hábito bucal.

## Tipo de estudio

Investigación: exploratorio, observacional, transversal y cuali – cuantitativo.

## Tamaño de la muestra

Para el siguiente estudio se seleccionó un grupo de 100 niños con síndrome de Down de 6 a 10 años de sexo femenino y masculino del centro de rehabilitación infantil de Veracruz (CIVER).

## Criterios de inclusión

Niños con síndrome de Down del centro de rehabilitación infantil de Veracruz.  
Ambos sexos .Autorización de carta de consentimiento informado. Niños con síndrome de Down de 6 a 10 años.

## Criterios de exclusión

Niños con síndrome de Down menores de 6 años y mayores a 10 años del centro de rehabilitación infantil de Veracruz

Padres que no autorizaron su carta de consentimiento informado.

Niños con síndrome de Down que no pertenesieron al centro de rehabilitación infantil

## Infraestructura

Centro de rehabilitación infantil en Veracruz (CIVER)

## Periodo de estudio

El presente estudio se realizó del mes de ABRIL del 2013 –ENERO del 2014.

## Resultados

El total de la población estudiada fue de 100 Niños pacientes del centro de rehabilitación infantil de Veracruz CIVER, de los cuales 45( 45%) fueron del sexo femenino y 55( 55%) fueron del sexo masculino .Con un rango de edad de 6 años a 10 años.

En relación a la incidencia de las maloclusiones los resultados obtenidos de la Observación clínica de la cavidad bucal respecto a clase molar de angle de acuerdo al sexo se encontró:

Con relación al sexo, 9(%) de los pacientes del sexo femenino presentaron Clasificación I de Angle, El 9(%) presentaron Clase II, y el 4(%) clase II división I. El 23(%) presento Clasificación III de Angle

De los pacientes del sexo masculino 10(%) presentaron Clase I de Angle, 11(%) Clase II, 5(%) subdivisión 1 de la Clase II y 29(%) Clase III de Angle

En relación a las edades de los pacientes del estudio se determinó que:

El 40(%) de 6 años a 7 años, presentando el 5(%) Clase I de Angle, el 8(%) Clase II de Angle, 7(%) Clase II subdivisión 1. Y el 12(%) Clase III de Angle.

El 40 (%) de 7 años a 9 años presentaron el 5 (%) clase I de angle, El 4 (%) Clase II de Angle, 3 (%) clase II subdivisión 1.el 16 (%) clase III de Angle

El 20(%) de 9 a 10 años, de los cuales 3(%) presentaron Clase I de Angle, 7(%) presentaron Clase II, El 3(%) clase II subdivisión 1 y El 27(%) de ellos presentó Clase III. Grafica 4, Tabla IV. Teniendo como resultado que el 55% de 6 a 10 años presentaron clase III de Angle.

## Discusión

El presente estudio demuestra que las maloclusiones dentales de acuerdo a la clasificación de Anlge fue la clase III con mayor porcentaje seguido de la clase II división I, y con un mínimo porcentaje de la clase I. Y cabe destacar que se manifestó con mayor incidencia en el género masculino.

Podemos comparar los resultados de esta investigación con los obtenidos por:

Dr. Armando Santiso Cepero, Dr. Ricardo José Díaz Brito y Dra. Adriana González Pérez de Venezuela, con el nombre de prevención y niños con síndrome de Down publicado en el año 2006, quienes obtuvieron un porcentaje similar en donde la maloclusion clase III de Angle tuvo un mayor porcentaje seguido , de clase II , y la clase I de Angle con un mínimo porcentaje.

Mientras que los resultados obtenidos por grupo de trabajo AEpap/PAPPS semFYC autor: Francisco Javier soriano faura en abril del 2003 en Perú en los que resaltan tienen alta tendencia a maloclusiones dentarias, debido en parte a la macroglosia y alta frecuencia de mordida cruzada y mordida abierta.

En el presente trabajo el diagnostico dental de maloclusiones fue identificar en los pacientes tanto los malos hábitos, la edad y el desarrollo de la dentición de cada niño con síndrome de Down.

Como resultados se obtuvo que el mayor porcentaje fueron las maloclusiones clase III, mordida cruzada seguido de la clase II, mordida abierta y todo ello prevaleció en los niños de 6 a 10 años de edad.

## Conclusiones

Diagnosticar maloclusiones correctamente para proporcionar un diagnóstico y así un tratamiento correctivo es de gran importancia para devolver armonía al sistema estomatognátrico.

## Referencias

Ahlbom B, Goetz P, Korenberg J, Petterson U, Seemanova E, Wadelius C y col. Molecular Analysis of Chromosome 21 in a Patient with a Phenotype of Down Síndrome and Apparently Normal Karyotype. Am J Med Genet 1996; 63: 566-72.

CAPETILLO-HERNÁNDEZ, Guadalupe, HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, Griselda, TORRES-CAPETILLO, Evelyn y TIBURCIO-MORTEO, Leticia. Incidencia de Maloclusiones dentales en niños con Síndrome de Down del CRIVER. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015

Forrester M, Merz R: Epidemiology of Down Syndrome (Trisomy 21), Hawaii, 1986 97. *Teratology*.2002; 65: 207-212.

Amirfeyz R, Aspros D, Gargan M. Down Syndrome. *CurrenOrthopaedics*.2006; 01. 003

Silvestre, F. Javier (2004). Odontología en Pacientes Discapacitados. Laboratorios Kin, S.A. Valencia.

Pueschel, S.M. Young people with Down Syndrome: Transition from childhood to adulthood. *MRDD Research Reviews*.1996; 2:90-95.

Ravaglia, C. Odontología en niños discapacitados. Metodología para su atención. Fundación Severo Vaccaro para las Ciencias y el Arte. Buenos Aires. 1999.

Jiménez, J., Gimenez, M.J., Gallifa, E. Características OdontoEstomatológicas del niño con Síndrome de Down. *RevEur de Odontoestomatol* 1998; 2: 103-10

López, J., Boj, J.R., Jiménez, M.J., Bratos, M. Estudio epidemiológico de la maloclusión dental en el síndrome de down. *Ortodoncia Española* 1997; 37/1: 30-7

Jiménez, J., Gimenez, M.J., Gallifa, E. Características OdontoEstomatológicas del niño con Síndrome de Down. *RevEur de Odontoestomatol* 1998; 2: 103-10.

López, J., Boj, J.R., Jiménez, M.J., Bratos, M. Estudio epidemiológico de la maloclusión dental en el síndrome de down. *Ortodoncia Española* 1997; 37/1: 30-7.

Bell. E., Townsend. G., Wilson. D., Kieser, J., Hugues, T. Effect of Down Syndrome on the Dimensions of Dental Crowns and Tissues. *American Journal of Human Biology*. 2001. 13: 690-698

Glasson, E.J., Sullivan, S.G., Hussain, R., Petterson, B.A., Mohtgomery, P.D., Bittles, A.H. The changing survival profile of people with Down's syndrome, implications for genetic counseling. *Clin Genet* 2002; 62: 190-393.

Dr. T. M. Graber *Ortodoncia Teoría y Práctica* 1974 Interamericana

T. M. Graber *Ortodoncia Teoría y Práctica* Tomo 2 Mc Graw Hill

O RamfJord, S. 1983, *Oclusión* Trad. Héctor Plantas. Editorial México Interamericana, 2º Edición.

T. M. Graber *Ortodoncia Teoría y Práctica* Tomo 2 Mc Graw Hill

## **Cobre y Níquel, microelementos esenciales en la nutrición vegetal**

VILLEGRAS-TORRES, Oscar Gabriel\*†, DOMÍNGUEZ-PATIÑO, Martha Lilia, MARTÍNEZ-JAIMES, Patricia y AGUILAR-CORTES, Miguel

*Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, Celaya, C.P. 38060, Campus Irapuato-Salamca, Irapuato, Gto.*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### **Resumen**

En la Tierra existe un centenar de elementos químicos naturales, pero los seres vivos que la habitan usan tan solo una veintena. Conforman este grupo numerosos metales, muchos de ellos esenciales para que los organismos puedan completar su ciclo de vida. Sin embargo, mientras algunos son imprescindibles para la supervivencia, el exceso o la presencia de otros pueden resultar tóxicos o aun letales. Las plantas han desarrollado mecanismos específicos para absorber y acumular nutrientes, no obstante, algunos metales y metaloides son absorbidos y acumulados en la planta debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos. La absorción del cobre y níquel por las plantas es el primer paso de entrada en la cadena alimentaria, de carácter metabólico debido a la capacidad de acumular metales en sus tejidos. El objetivo del ensayo fue conocer los resultados de investigaciones recientes encaminadas a dilucidar la función del cobre y níquel en la nutrición de las plantas.

### **Nutrición vegetal, Cobre, Níquel**

**Citación:** VILLEGRAS-TORRES, Oscar Gabriel, DOMÍNGUEZ-PATIÑO, Martha Lilia, MARTÍNEZ-JAIMES, Patricia y AGUILAR-CORTES, Miguel. Cobre y Níquel, microelementos esenciales en la nutrición vegetal. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:285-295

### **Abstract**

On Earth there are a hundred natural chemical elements, but living beings that inhabit use only twenty. Numerous metals make up this group, many of them essential for agencies to complete their life cycle. However, while some are essential for survival, excess or the presence of others can be toxic or even lethal. The plants have developed specific mechanisms to absorb and accumulate nutrients, however, some metals and metalloids are absorbed and accumulated in the plant because they exhibit an electrochemical behavior similar to the required nutrients. Absorption of Copper and Nickel by plants is the first step of entering the food chain, metabolic character due to the ability to accumulate metals in their tissues. The test objective was to know the results of recent research to elucidate the function of copper and nickel in plant nutrition.

**Plant nutrition, Copper, Nickel**

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [voscar66@yahoo.com.mx](mailto:voscar66@yahoo.com.mx))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La concentración de cobre en la corteza terrestre es de 20-30 mg kg<sup>-1</sup>, pero en algunos suelos de diferentes partes del mundo se eleva a más de 50 mg kg<sup>-1</sup>, debido a la actividad minera, la industria petrolera, el uso de aguas residuales sin tratamiento para el riego de suelos agrícolas y al uso de fungicidas en la agricultura (León y Sepúlveda, 2012).

El cobre es un metal esencial para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. El contenido en sus tejidos es de 10 µg·g<sup>-1</sup>, este elemento participa en los procesos bioquímicos tales como la fotosíntesis, respiración, respuesta al estrés oxidativo, metabolismo de la pared celular y señalización de hormonas, cofactor de varias enzimas como la superóxido dismutasa, citocromo oxidasa, amino oxidasa, lacasa, plastocianina y polifenol oxidasa, además juega un papel esencial de señalización de transcripción y tráfico de proteínas (Yruela, 2005).

El níquel es el vigésimo segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, se encuentra en las rocas ígneas como metal libre o junto con el hierro (Chen et al., 2009). El níquel es considerado un micronutriente esencial para las plantas ya que es un constituyente de la ureasa, una metal enzima empleada en la hidrólisis de la urea y pequeñas cantidades de este elemento (0.01 a 5 µg g<sup>-1</sup> peso seco) son esenciales para las plantas (Seregin y Kozhevnikova, 2006). Además, el metabolismo del níquel es decisivo para el mantenimiento celular redox, para las actividades de ciertas enzimas y otras respuestas bioquímicas, fisiológicas y de crecimiento de las plantas (Yusuf et al., 2011). Sin embargo, el impacto de la toxicidad de níquel sobre la fisiología de las plantas tiene efectos negativos en la salud humana y la agricultura (Ma et al., 2009).

## El cobre

El cobre es absorbido por las plantas como ion divalente en suelos aereados y como ion monovalente en suelos húmedos con bajas concentraciones de oxígeno. La absorción de iones comienza en la epidermis de la raíz y el movimiento de la epidermis a la endodermis es por difusión apoplástica y la translocación de cobre de la raíz a las hojas, a través del xilema, esto se lleva a cabo de forma pasiva por la corriente de la transpiración (León y Sepúlveda, 2012).

El transporte de cobre a través de la membrana plasmática es por medio de canales o transportadores que es la única vía para pasar a través de la endodermis y llegar al tejido vascular; al respecto se han identificado una familia de proteínas transportadoras llamadas COPT (Copper transporters), se ha identificado seis miembros de esta familia COPT1-6 en *Arabidopsis thaliana* (Jun et al., 2012).

## Toxicidad de cobre en las plantas

Los niveles tóxicos de cobre ocurren naturalmente en algunos suelos que contienen altos niveles de este elemento como resultado de la actividad antropogénica en el ambiente. Se conoce que los metales de transición como el cobre catalizan la formación de radicales hidroxilo, de hecho el exceso de cobre causa estrés oxidativo en las plantas y consecuentemente incrementa la respuesta de antioxidantes debido al incremento de la producción de radicales libres de oxígeno altamente tóxicos (Yruela, 2005).

En un estudio con niveles altos de cobre (2.0-4.0 mmol kg<sup>-1</sup>) en el suelo disminuyó considerablemente la biomasa de planta de amaranto causó efectos graves sobre el crecimiento.

El contenido de pigmentos fotosintéticos y elementos minerales como el Fe, K y Mg disminuyeron en las hojas de las plantas. Además el contenido de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) y las actividades de las enzimas superóxido dismutasa (SOD) y la guayacol per oxidasa (GPOD) así como la per oxidación lipídica y la fuga de electrolitos aumentaron pero la catalasa (CAT) y la ascorbato peroxidasa (APX) disminuyeron (Shi-Sheng, 2007).

En un estudio evaluaron el efecto del cobre sobre la crecimiento y la fotosíntesis en plantas de pepino (*Cucumis sativus*). En el tratamiento con la dosis más alta (10 µg) se observó disminución en el área foliar en hojas jóvenes mientras que en las hojas viejas se observó disminución en la fotosíntesis. La sacarosa y el contenido de almidón aumentaron en ambos tipos de hoja. La tasa de crecimiento y la superficie de área foliar de las plantas estresadas con la aplicación alta de cobre estuvieron significativamente por debajo del control. Los autores concluyen que la respuesta de las hojas de pepino (*Cucumis sativus*) al stress inducido por el cobre depende del estado de crecimiento de la planta y que la inhibición de la fotosíntesis en las hojas maduras estresadas con cobre pudo ser causada por otro factor (Vinit-Dunant et al., 2002). Se sugiere que la reducción en el contenido de clorofila en las hojas de plantas con alta concentración de cobre se debe a que hay mayor susceptibilidad a la foto inhibición como consecuencia de una deficiencia de fierro inducida por el cobre (Yruela, 2005).

En China se investigaron los efectos de diferentes concentraciones de cobre añadido a los suelos sobre el crecimiento del maíz y la acumulación de este metal en las partes aéreas de las plantas de maíz en condiciones de campo.

Los resultados mostraron que la biomasa de la paja y los granos disminuyó a medida que aumentaron las concentraciones de cobre, además se observaron síntomas de toxicidad visibles, retardo en el crecimiento, clorosis y reducción en el peso seco de granos, respecto a la acumulación del metal en las partes aéreas de las plantas. Las concentraciones de cobre en la planta ocurrieron en el orden siguiente: hojas>tallos>granos. Los resultados también mostraron que las cantidades de cobre en la solución son predictores de toxicidad y las concentraciones críticas de cobre en plantas de maíz fueron dependientes de tipo de suelo (Guo et al., 2010).

Se evaluó la influencia de una alta concentración de sulfato de cobre sobre el crecimiento, acumulación de cobre, per oxidación lipídica, contenido de compuestos fenólicos totales en las raíces de dos cultivares de lenteja. Las plantas fueron sometidas a 0.5 mM de cobre de 3 a 5 días en oscuridad total. Los resultados mostraron que la alta concentración de cobre causó inhibición en el crecimiento en los dos cultivares de lenteja. Este metal induce daño oxidativo y en un cultivar se produjo disminución de compuestos fenólicos e incremento en la peroxidación lipídica, lo cual puede indicar que el nivel del estrés oxidativo generado por la presencia de la excesiva concentración de cobre fue más alto que la capacidad del sistema antioxidativo (Janas et al., 2009)

Los mecanismos desarrollados en la adquisición de los metales pesados como micronutrientes esenciales no han sido claramente definidos; no obstante, un gran número de genes han sido identificados, los cuales codifican para transportadores potenciales.

Se ha observado que el exceso de cobre activa la proteína mitogénica quinasa y se sugiere que esta proteína participa en la señalización de la transducción inducida por metales pesados y en la fosforilación de proteínas (Yruela, 2005). Se ha estudiado la participación de la quinasa en la señalización y su relación con el estado redox celular en raíces y hojas de plantas de *Arabidopsis thaliana* sometidas a estrés por metales y se ha concluido que la quinasa juega un importante papel en la señalización celular durante la toxicidad inducida por cobre en las raíces de *Arabidopsis thaliana* (Smeets et al., 2013).

La hormona vegetal etileno es un importante señalizador en situaciones de estrés abiótico pero también en interacciones de planta-patógeno (Yruela, 2005). En plantas de chile estresadas con cobre mostraron menos síntomas después de la inoculación con *Verticillium dahliae* y se evaluó si tal protección se acompañó de una respuesta de defensa inducida por estrés por cobre evaluando la actividad de la per oxidasa y quinasa. En los resultados, la actividad de la per oxidasa pero no la de la quinasa se incrementó en las raíces, tallos y hojas de las plantas estresadas. En conclusión, el cobre induce una reacción de defensa frente a los metales pesados y también contra patógeno que atacan a la planta y dicha respuesta podría ser regulada por hormonas vegetales como el etileno. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para desentrañar esta regulación (Chmielowska et al., 2010).

### Mecanismos de protección al cobre

El éxito de la fitoextracción depende de varios factores como la disponibilidad del metal para su absorción por la raíz (biodisponibilidad) y la capacidad de la planta para absorber, transportar y acumular los metales en los brotes.

La biodisponibilidad es altamente modulada por microorganismos catalizando las reacciones redox y movilizando los metales en el suelo para su absorción por las raíces, además las plantas exudan ácidos orgánicos y otros componentes que pueden quelatar los metales o servir como nutrientes para los microorganismos y esto indirectamente afecta las propiedades del suelo y la movilidad del metal (Ducic et al., 2005).

Existen mecanismos externos de protección al cobre en las plantas como es la interacción de las raíces con hongos micorrílicos. Dos clones de plantas de álamo inoculadas con micorrizas arbusculares se cultivaron en suelos contaminados con cobre y sin cobre. Se evaluaron los efectos de este metal en el crecimiento de las plantas así como el papel que tienen los hongos micorrílicos para aliviar el estrés. Se determinó el contenido de poliamida (un metabolito secundario en la defensa antioxidante al estrés), del cobre y del fósforo, además de varios parámetros morfológicos y la colonización microfísica. Los dos clones mostraron diferencias en relación con la contaminación del cobre y la simbiosis con micorrizas, lo que confirma la precisa selección de plantas para fines de fitorremediación, además la gran acumulación de cobre en las raíces de álamo sugiere que la estrategia de fitoestabilización es adecuada para suelos contaminados con cobre (Todeschini et al., 2007).

### El níquel

El níquel es considerado como un micronutriente esencial ya que las plantas no pueden completar su ciclo de vida en ausencia de éste y no puede ser sustituido por otro elemento, sin embargo, su concentración en la mayoría de las plantas es muy bajo, de 0.5-10 mg kg<sup>-1</sup> de peso seco (Chen et al., 2009).

El níquel ha sido identificado como componente de un número de enzimas incluyendo gioxalasas (familia I), metil-CoM reductadas, ureasas y unas pocas superóxido dismutasas. Además, el níquel juega un papel importante en los procesos metabólicos incluyendo la ureolisis, metabolismo del hidrógeno, biogénesis del metano y la citogénesis (Chen et al., 2009). El níquel es un importante componente de varias enzimas como la ureasa, responsable de la hidrólisis de la urea. El amonio liberado por ésta hidrólisis participa en varios procesos anabólicos, particularmente en la síntesis de la glutamina, una reacción crucial para la asimilación del amonio (Seregin y Kozhevnikova, 2006). Una serie de experimentos con varias plantas han demostrado que el níquel y la ureasa son esenciales para las funciones vitales de las plantas y la deficiencia del contenido de níquel y la baja actividad de la ureasa dan como resultado un desorden en el metabolismo del nitrógeno y la acumulación a un nivel tóxico de urea en los brotes causando con esto síntomas que se manifiestan como necrosis en las puntas de las hojas jóvenes o clorosis en hojas viejas (Yusuf et al., 2011).

En algunas leguminosas, pequeñas cantidades de níquel son esenciales para el crecimiento de nódulos en la raíces y para la activación de la hidrogenasa. La eficiencia de la fijación de nitrógeno depende de la actividad de la hidrogenase porque la oxidación del hidrógeno proporciona ATP necesario para la reducción de N<sub>2</sub> a amoniaco. Además, bajas concentraciones de níquel han mostrado ser promotores en la germinación de semillas de algunas plantas (Seregin y Kozhevnikova, 2006).

### Absorción, transporte y distribución de níquel en las plantas

La absorción global del níquel por las plantas depende de la concentración del ion Ni<sup>2+</sup>, del metabolismo de la planta, acidez del suelo o solución, presencia de otros metales y la composición de la materia orgánica. Generalmente, la absorción de níquel disminuye a pH altos. La absorción de níquel en las plantas se realiza principalmente a través de raíces por difusión pasiva y transporte activo (Seregin y Kozhevnikova, 2006). Se plantea la posibilidad de que el níquel compite con otros iones metales esenciales cuando se absorbe por la raíz. En algunos estudios se ha reportado que el níquel se absorbe en las raíces por la vía de absorción de hierro a través de un transportador primario del Fe (At1RT1) el cual funciona como mediador en la acumulación de níquel en *Arabidopsis thaliana* (Nishida et al., 2011). El calcio disminuye la absorción de níquel en *Arabidopsis bertoloni*, una planta endémica de suelos ricos en metales. En adición a la absorción por raíces, el níquel puede ingresar a las plantas por las hojas (Seregin y Kozhevnikova, 2006).

El níquel es transportado de las raíces a los brotes y hojas a través de la transpiración vía xilema. Este elemento esencial es suministrado a las partes meristemáticas de las plantas por retranslocación de las hojas viejas a las hojas jóvenes y a las yemas, frutos y semillas por la vía del floema. Este transporte está regulado por ligandos y proteínas específicas tales como nicotianamina, histidina y ácidos orgánicos como el ácido cítrico y málico que pueden actuar como quelatores intracelulares (Chen et al., 2009).

Más del 50 % del níquel absorbido por las plantas es retenido en las raíces y, de esta cantidad, cerca del 80 % está presente en el cilindro vascular mientras que menos del 20 % se encuentra en la corteza.

Esta distribución sugiere una alta movilidad de níquel en el xilema y floema. Posteriormente, el níquel es translocado a los tejidos y llega a las partes aéreas de las plantas (Yusuf et al., 2011).

En *Alyssum lesbiacum*, *A. bertoloni* y *Thlaspi goesingense* el níquel se ha localizado en las células epidérmicas y en vacuolas. Esta capacidad de acumular níquel en vacuolas determina la tolerancia de las plantas a altos niveles de este elemento en el ambiente (Seregin y Kozhevnikova, 2006).

Se ha estudiado la acumulación y biodisponibilidad de níquel en plantas de trigo en suelos altamente contaminados con metales pesados en China. Los resultados mostraron que la concentración de níquel en las diferentes partes de la planta siguieron la secuencia siguiente: raíces>hojas>vainas>granos. Además reportan que la biodisponibilidad del níquel no solo depende de la concentración de metales pesados en el suelo, sino de sus características, de la relación suelo-planta y otros factores ambientales que afectan el crecimiento (Wang et al., 2009).

### Toxicidad de níquel en las plantas

El exceso de concentraciones del níquel es tóxico para la mayoría de las especies de plantas. Los síntomas más comunes de toxicidad de níquel en las plantas son la inhibición del desarrollo, clorosis, necrosis y marchitamientos y se ha atribuido su efecto negativo sobre la fotosíntesis, nutrición mineral, transporte de azúcares y relación con el agua (Gajewska et al., 2006).

Reportes indican que el exceso o deficiencia de níquel afecta la germinación de semillas de algunas plantas (Chen et al., 2009).

Sin embargo, otros autores mencionan que la germinación de semillas es la fase más resistente a los metales pesados (Seregin y Kozhevnikova, 2006).

La inhibición del crecimiento de plantas por níquel resulta de un desorden metabólico general. La exposición de plántulas de trigo a 100 mM causó rápido incremento del contenido de este metal en las hojas. Se detectó la acumulación de níquel en el tejido foliar después de tres días de la aplicación, hubo una disminución en longitud y peso fresco de las hojas después del tratamiento, la reducción en la elongación puede estar asociada con la intensificación del fortalecimiento de lignificación de la pared celular. La disminución del peso fresco puede ser debida a la reducción del contenido de agua inducida por el metal. Además de la restricción del crecimiento, la aplicación de níquel condujo la aparición de clorosis y necrosis en las hojas de trigo y esto indica que este elemento se acumula en las hojas viejas que pueden funcionar como lavadero del metal y así proteger a las hojas más jóvenes del efecto tóxico del níquel (Gajewska et al., 2007).

Otro reportes demuestran que la acumulación del níquel afectan seriamente la producción de las plantas, el total de materia seca, la acumulación en raíces, brotes y la masa total pueden disminuir cuando las plantas son estresadas por níquel (Chen et al., 2009).

La influencia del níquel sobre la fotosíntesis es importante y ocurre en los cloroplastos aislados o en la planta completa. La disminución de la fotosíntesis está relacionada a la disrupción de la estructura de los cloroplastos, el bloqueo de la síntesis de clorofila, desorden en el transporte de electrones, inhibición de las actividades de las enzimas del ciclo de Calvin y por el déficit de CO<sub>2</sub> causado por el cierre estomático (Seregin y Kozhevnikova, 2006).

En plántulas de trigo el exceso de níquel (200 mM) disminuyó el contenido de clorofila y agua (Gajewska et al., 2006).

La sobreproducción de ROS es una respuesta de las plantas a diferentes factores de estrés. Para mantener las funciones metabólicas de la célula bajo condiciones de estrés se requiere de un balance entre la generación y degradación de ROS. Se ha reportado a los metales pesados como inductores de sobreproducción de ROS en los tejidos de las plantas. La toxicidad de níquel en plantas está asociada con el estrés oxidativo y un exceso de este elemento incrementa significativamente la concentración de radicales hidroxilo, aniones superóxido, óxido nítrico y peróxido de hidrógeno (ROS) en los tejidos de las plantas. Se investigaron la influencia de bajas y altas concentraciones de níquel en la actividad de enzimas antioxidativas, superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), guayacol peroxidasa (GPOD) y ascorbato peroxidasa (APX), los resultados mostraron que la exposición de 100 mM en plántulas de trigo condujo a la acumulación de O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en el tejido de la hoja. El incremento del contenido de estas ROS fue acompañado por la inhibición de las actividades de la CAT y la SOD. El valor más alto de APX en el sexto día coincidió con la disminución del contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> lo que sugiere que la APX podría desempeñar un papel importante en la eliminación de estas ROS. Se considera que la función principal de la GPOD en condiciones de estrés es en la participación de la biosíntesis de lignina y consecuentemente en la disminución de la plasticidad de las paredes celulares. Es posible que el aumento en la actividad de GPOD puede ser responsable de la reducción de crecimiento de las hojas de trigo (Gajewska et al., 2007). El glutatión es el mayor antioxidante celular y puede formar complejos con varios metales además de que es el precursor de las fitoquelatinas.

Se ha observado el incremento de glutatión en plantas como *Thlaspi* como protección contra el daño oxidativo debido a las altas concentraciones de níquel (Verbruggen et al., 2008).

La importancia de los ligandos de alta afinidad a los metales es cada vez más clara por el papel que juegan en la homeostasis de estos metales. Se han identificado moléculas orgánicas que actúan como quelatantes (unión de cobre a otras moléculas) en la tolerancia a los metales y para la movilización y translocación en la planta y para garantizar la eficacia de almacenamiento en los frutos y semillas. En investigaciones recientes se han identificado una serie de ligandos, transportadores de los metales y se han caracterizado algunos candidatos potenciales que tiene una importante función en el transporte de la membrana celular. Entre los ligandos se encuentran el ácido mugineico y la nicotianamina, ácidos orgánicos como citrato, málico, oxálico, algunos aminoácidos como la histidina y fitato (Haydon et al., 2007). Sin embargo, la influencia del níquel sobre las reacciones bioquímicas de las plantas incluyendo las respuestas antioxidativas aún siguen siendo poco conocidas (Gajewska et al., 2007).

### Plantas hiperacumuladoras de níquel y la fitorremediación

Las plantas hiperacumuladoras de metales han desarrollado mecanismos biológicos que les permiten vivir en suelos ricos en metales ya sea naturales (suelos serpentínicos o ultramáficos) como antropogénicos (Kidd et al., 2007) y pueden acumular altas concentraciones de níquel (1000 µg kg<sup>-1</sup> de peso seco) sin impactar su crecimiento y desarrollo. Actualmente se han descrito cerca de 300 especies y las familias más comunes son:

Asteraceae, Brassicaceae, Buxaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Flacourtiaceae y Violaceae. Se sugiere que las elevadas concentraciones de metales pesados en los tejidos epidérmicos podrían prevenir la penetración y propagación de microorganismos patógenos como hongos (Seregin y Kozhevnikova, 2006.)

Existen estudios genéticos que han confirmado la importancia de transporte de metales y procesos de detoxificación en la hiperacumulación y se ha considerado a la histidina como el más importante aminoácido involucrado en la hiperacumulación ya que forma complejos estables con el níquel, zinc y cadmio y se incrementa en la savia del xilema de la planta *Alysum lesbiacum* (Verbruggen et al., 2008).

La actividad antropogénica ha ocasionado el incremento de metales pesados en el suelo, lo cual se está convirtiendo en un grave problema ambiental con efectos negativos en la agricultura porque disminuyen la fertilidad del suelo, la actividad microbiana y pérdidas en la producción y para la salud humana a través de las cadenas alimentarias (Ma et al., 2009). Se ha demostrado que la acumulación del níquel inhibe el proceso de la nitrificación, mineralización del carbono y las actividades de las fosfatases y arilsulfatas en el suelo (Zaidi et al., 2005).

Las técnicas convencionales para la limpieza del suelo implican extracción e inmovilización de metales, sin embargo, son técnicas costosas y de negativo impacto en el ecosistema ya que en el proceso de eliminación de metales se emplean agentes físico-químicos que afectan la fertilidad del suelo (Zaidi et al., 2005).

Las plantas hiperacumuladoras constituyen un material biológico excepcional para la comprensión de la regulación de metales en las plantas así como sus mecanismos de adaptación a los ambientes extremos metálicos y tienen un uso potencial en la fitorremediación (Verbruggen et al., 2008).

La fitorremediación es el uso de plantas hiperacumuladoras que crecen en sitios contaminados y remueven o destruyen elementos dañinos para el suelo y es un método promisorio para contrarrestar la contaminación en suelo por metales pesados (Madhaiyan et al., 2007). En ese sentido, la aplicación de microorganismos en el suelo representa una alternativa viable porque implica la asociación con las raíces y forman comunidades únicas con un gran potencial como promotores de crecimiento para las plantas y destoxicificación de metales en el suelo (Ma et al., 2009).

Los biosensores se consideran herramientas para caracterizar suelos contaminados y darle seguimiento al proceso de fitorremediación. Una cepa de la bacteria *Ralstonia eutropha* ha sido utilizada como biosensor microbial para predecir la biodisponibilidad de níquel en suelo y su transferencia a las plantas (Tibarzawa et al., 2001).

Se ha caracterizado una cepa de *Bacillus subtilis* capaz de facilitar la acumulación de níquel en la planta de mostaza (*Brassica juncea*) y así utilizarla como una alternativa en la fitorremediación combinada con rizobacterias de alta disponibilidad del metal. Se sugiere que la cepa de *Bacillus subtilis* debido a sus capacidades intrínsecas de promoción y crecimiento de las plantas y la atenuación de níquel del suelo por absorción y bioacumulación podría ser utilizada como bacterias fitoacumuladoras de este metal en zonas contaminadas (Zaidi et al., 2005).

En un estudio en Korea han utilizado a dos bacterias *Methylobacterium oryzae* y *Burkholderia* sp. para promover el crecimiento de las plantas de *Lycopersicum esculentum* y protegen contra la toxicidad de metales pesados como el níquel porque se reduce su captación y traslocación a los brotes de las plantas (Madhaiyan et al., 2007).

En Portugal, se caracterizaron bacterias asociadas a la rizósfera de *Alyssum serpyfolium* y *Pleum phleoides* creciendo en suelo serpentinos y seleccionaron cinco cepas de bacterias promotoras de crecimiento de plantas porque son capaces de utilizar 1-aminociclopropano -1- carboxilato como fuente de nitrógeno, además resultaron positivas para la producción del ácido indolacético y solubilización del fosfato y mostraron niveles significativos en la producción de sideróforos. La inoculación de bacterias aumentó la concentración de nitrógeno disponible y mejoraron la disponibilidad del níquel en los suelos (Ma et al., 2009)

## Conclusiones

La actividad antropogénica está modificando las características naturales de los suelo y los metales pesados como el cobre y níquel se están incrementando, consecuentemente se generan desórdenes fisiológicos en las plantas debido a que de micronutrientes esenciales pasan a ser tóxicos.

La fitorremediación, a través de las plantas acumuladoras de metales representan una alternativa viable y se incrementa aún más con la aplicación de microorganismos que tiene dos funciones: promotores de crecimiento de las plantas y alta disponibilidad por los metales para su propio metabolismo.

## Referencias

- Chen, C., Huang, D., Liu, J. 2009. Functions and Toxicity of Nickel in Plants: Recent Advances and Future Prospects Clean 2009, 37 (4-5), 304 – 313
- Chmielowska, J., Veloso, J., Gutiérrez, J., Silvar, C., Díaz, J. 2010. Cross-protection of pepper plants stressed by copper against a vascular pathogen is accompanied by the induction of a defence response. Plant Science 178 (2010) 176–182.
- Ducic, T. and Polle, A. 2005. Transport and detoxification of manganese and cooper in plants. Braz. J. Plant Physiol. 17 (1): 103-112. 2005.
- Gajewska, Skłodowska, M. Słaba, and Mazur, J. 2006. Effect of nickel on antioxidative enzyme activities, proline and chlorophyll contents in wheat shoots. Biologia Plantarum 50 (4): 653-659.
- Gajewska, E. and Skłodowska M. 2007. Effect of nickel on ROS content and antioxidative enzyme activities in wheat leaves. BioMetals (2007) 20:27–36.
- Guo, X.Y., Zuo, Y.B., Wang, B. R., Li, J.M. and Ma, Y.B. 2010. Toxicity and accumulation of copper and nickel in maize plants cropped on calcareous and acidic field soils Plant Soil (2010) 333:365–373
- Haydon, M. J. and Cobbett, C. S. 2007. Transporters of ligands for essential metal ions in plants. New Phytologist (2007) doi: 10.1111/j.1469-8137.2007.02051.x
- VILLEGAS-TORRES, Oscar Gabriel, DOMÍNGUEZ-PATIÑO, Martha Lilia, MARTÍNEZ-JAIMES, Patricia y AGUILAR-CORTES, Miguel. Cobre y Níquel, microelementos esenciales en la nutrición vegetal. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015

Janas, K.M., Amarowicz, R., Zielinska-Tomaszewska, J., Kosinska, A., Posmyk, M.M. 2009. Induction of phenolic compounds in two dark-grown lentil cultivars with different tolerance to copper ions. *Acta Physiol Plant* (2009) 31:587–595.

Kidd, P.S., Becerra C.C., García L. M., Monterroso C. 2007. Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género *Alyssum* L. *Ecosistemas* 16 (2): 26-43. Mayo 2007.

León, M. J.M. y Sepúlveda, J.G. 2012. El daño por oxidación causado por cobre y la respuesta antioxidante de las plantas. *Interciencia*. Noviembre 2012, Vol. 37 No. 11.

Ma, Y, Rajkumar, M. and Freitas, H. 2009. Improvement of plant growth and nickel uptake by nickel resistant-plant-growth promoting bacteria. *J. Hazard. Mater.* (2009) doi:10.1016/j.hazmat.2008.12.018.

Nishida, S., Tsuzuki C., Kato, A., Aisu, A., Yoshida, J. and Mizuno, T. 2011. AtIRT1, the Primary Iron Uptake Transporter in the Root, Mediates Excess Nickel Accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.* 52(8): 1433–1442 (2011).

Seregin, I. V. and Kozhevnikova, A. D. 2006. Physiological Role of Nickel and Its Toxic Effects on Higher Plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2006, Vol. 53, No. 2, pp. 257–27

Shi-Sheng K. 2007. Effects of Cooper on the Photosynthesis and Oxidative Metabolism of *Amaranthus tricolor* Seedlings. *Agricultural in Science in China*. 2007, 6 (10): 1182-1192.

Smeet, K., Opdenakker K, Remans T., Forzani, C., Hirt, H., Vangronsveld, J., and Cuypers, A. 2013. The role of the kinase OXI1 in cadmium-andcopper-induced molecular responses in *Arabidopsis thaliana* Plant, Cell and Environment (2013) 36, 1228–1238.

Tibazarwa, C., Cobisier, P., Mench, M., Bossus, A., Solda, P., Mergeay, M., Wyns, L., Van der Lelie, D. 2001. A microbial biosensor to predict available nickel in soil and its transfer to plants. *Environmental Pollution*. 113 (2001) 19-23.

Todeschini, V., Franchin, C, Castiglione S., Burlando, B., Biondi, S, Torrigiani, P., Berta, G. and Lingua, G. 2007. Responses to copper of two registered poplar clones inoculated or not with arbuscular mycorrhizal fungi. *Caryologia* Vol. 60, no. 1: 146-155, 2007.

Verbruggen, N., Hermans C. and Schat. H. 2009. Molecular mechanisms of metal hyperaccumulation in plants. *New Phytologist* (2009) 181: 759–776.

Vinit-Dunand, F., Epron, D., Alaoui-Sosse, B., Badot, P.M. 2002. Effects of copper on growth and on photosynthesis of mature and expanding leaves in cucumber plants *Plant Science* 163 (2002) 53-58.

Wang, S., Nan, Z., Liu, X., Li, Y., Qin, S. and Ding H. 2009. Accumulation and bioavailability of copper and nickel in wheat plants grown in contaminated soils from the oasis, northwest China. *Geoderma* 152 (2009) 290–295.

Yruela, I. 2005. Copper in plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 17 (1): 145-156, 2005.

Yusuf, M., Fariduddin, Q. Hayat, S. and Ahmad, A. 2011. Nickel: An Overview of Uptake, Essentiality and Toxicity in Plants *Bull Environ Contam Toxicol* (2011) 86:1–17

Madhaiyan, M. Poonguzhali, S. and Sa, T. 2007. Metal tolerating methylotrophic bacteria reduces nickel and cadmium toxicity and promotes plant growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) *Chemosphere* 69 (2007) 220–22.

Zaidi, S., Usmani, S., Singh B. and Musarrat J. 2006. Significance of *Bacillus subtilis* strain SJ-101 as a bioinoculant for concurrent plant growth promotion and nickel accumulation in *Brassica juncea*. *Chemosphere* 64 (2006) 991–997.

## Estudio de los desayunos escolares consumidos con mayor frecuencia en una escuela pública en la Ciudad de Puebla

NAVARRO-CRUZ, Addí\*†, OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique, VERA-LÓPEZ, Obdulia y ÁVILA-SOSA, Raúl

Departamento Bioquímica-Alimentos, Facultad Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 Sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, 72420 Puebla, Pue., Mexico.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

En los últimos años se ha observado que los niños, aún los de menores recursos, consumen alimentos con alto valor calórico, pues disponen de dinero para comprarlos, esto, aunado a la oferta ilimitada de productos de alta densidad energética y a fuertes campañas de mercadeo desarrolladas por las compañías que comercializan dichos productos junto a regalos colecciónables, potencian su consumo en las escuelas, por ello el objetivo del presente trabajo fue evaluar los desayunos escolares consumidos con mayor frecuencia por niños en edad escolar en una escuela pública de la Ciudad de Puebla. Se evaluaron 151 niños entre 11 y 13 años de edad, presentando una talla promedio de  $150.17 \pm 7.33$  cm y  $45.56 \pm 10.5$  kg de peso, el índice de masa corporal (IMC) promedio fue de  $20.06 \pm 3.77$  kg/m<sup>2</sup>. El desayuno consumido con mayor frecuencia es la torta compuesta (salchicha o jamón), acompañada de yogur o agua simple. El aporte energético promedio de estos desayunos fue de 297 Kcal, cubriendo casi 15% de la IDR de kilocalorías, lo cual cumple la recomendación del Acuerdo Nacional para la Seguridad Alimentaria de que el desayuno aporte entre 263 y 290 Kcal. A pesar de ello, los desayunos resultan desequilibrados ya que aportan un exceso de lípidos, principalmente grasas saturadas, con deficiencia de carbohidratos, especialmente complejos.

### Desayuno escolar, sobrepeso, obesidad.

### Abstract

In recent years it has been observed that children, even those with fewer resources, consume foods with high caloric value, as they have money to buy. This, coupled with the unlimited supply of high energy density and strong marketing campaigns developed by the companies that market those products with collectable gifts, boost consumption in schools, so the aim of this study was to evaluate school lunches consumed most often by school children in a public school of Puebla city. 151 children were assessed between 11 and 13 years of age, having a mean size of  $150.17 \pm 7.33$  cm and  $45.56 \pm 10.5$  kg in weight, body mass index (BMI) was  $20.06 \pm 3.77$  kg / m<sup>2</sup>. The lunch consumed most often is the composite sandwich (sausage or ham), accompanied by yogurt or plain water. The average of these lunch energy intake was 297 Kcal, covering almost 15% of the RDI of kilocalories, which meets the recommendation of the National Agreement for Food Security of the input lunch between 263 and 290 Kcal. However, the lunches are unbalanced because they provide an excess of lipids, mainly saturated fat, carbohydrate-deficient, particularly complex.

**Scholar lunch, overweight, obesity.**

**Citación:** NAVARRO-CRUZ, Addí, OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique, VERA-LÓPEZ, Obdulia y ÁVILA-SOSA, Raúl. Estudio de los desayunos escolares consumidos con mayor frecuencia en una escuela pública en la Ciudad de Puebla. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:296-303

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: addi.navarro@correo.buap.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Hoy día, se vive en un mundo en el que la normalidad es tener prisa, por tanto es frecuente que la alimentación se vea afectada y en general los hábitos de vida; lo anterior conlleva a la aparición de una gran cantidad de enfermedades pero en especial el sobrepeso y la obesidad (Aranceta-Batrina y col., 2002; Moreno y col., 2000; Ortiz y Col, 2006; Sánchez y col., 2004)

En México el sobrepeso, la obesidad y sus complicaciones se encuentran entre los problemas de Salud Pública más importantes (Olaiz-Fernández y col., 2006). La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT) reporta que el 12.7% de niños menores de 5 años presentan desnutrición crónica (baja talla y bajo peso). En el otro extremo, la ENSANUT alerta sobre el riesgo en el que se encuentran más de 4 millones de niños de entre los 5 y los 11 años, pues la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad se presenta en uno de cada cuatro niños (26%), mientras que uno de cada tres adolescentes la padecen (31%) (Olaiz-Fernández y col., 2006), revelando también que el sobrepeso y la obesidad han seguido aumentando en todas las edades, regiones y grupos socioeconómicos, lo que ha llevado a México a ocupar el segundo lugar en el mundo en obesidad en adultos (González y col., 2007; Ramírez y col., 2005; Rivera y col., 2008).

Si bien la obesidad y el sobrepeso son problemas multifactoriales, es decir, tienen diversas causas; la alimentación es un factor determinante en el desarrollo de estas enfermedades, aunado al sedentarismo propio de la sociedad actual (Arora y col., 2012; Casanueva y col., 2001; Duperly y col., 2000; Feldman, 2008; Ortega y col., 1998; Requejo y Ortega, 2000).

Una dieta hipercalórica, con consumo elevado de grasas, especialmente saturadas y de azúcares, propician la aparición de problemas relacionados con una masa corporal grasa inadecuada. En un estudio sobre alimentos industrializados en la dieta de los preescolares mexicanos (González y col., 2007) se observó que el aporte de alimentos industrializados con respecto al total de la dieta fue muy alto: grasa saturada 69%, grasa total 56% y carbohidratos 44%; con bajos aportes de proteína total 39%, proteína vegetal 20%, y fibra (9%), lo que da una idea de la magnitud del problema actual.

Por otro lado, el tiempo dedicado a realizar actividades sedentarias como jugar en la computadora, videojuegos y la televisión cada vez es mayor, principalmente en las zonas urbanas, agravando aún más el problema (Arora y col., 2012; Dubois y col., 2006).

En estudios realizados por el Instituto Nacional de Salud Pública en planteles de educación primaria se indica que los escolares tienen hasta 5 oportunidades de comer en 4 ½ horas de escuela, en el cual la ingesta durante el horario escolar llega a ser alrededor de la mitad del requerimiento de todo el día (840 a 1259 kcal) (Ramírez y col., 2005).

El gobierno de México preocupado por la salud infantil creó en el 2010 los “Lineamientos generales para el expendio o distribución de alimentos y bebidas en los establecimientos de consumo escolar de los planteles de educación básica” los cuales comenzaron a aplicarse en el 2011. Bajo esta perspectiva, surge la necesidad de estudios que evalúen los desayunos escolares consumidos con mayor frecuencia por los niños en las escuelas.

## Material y métodos

El estudio fue de tipo prospectivo, transversal, descriptivo y observacional.

NAVARRO-CRUZ, Addí, OCHOA-VELASCO, Carlos Enrique, VERA-LÓPEZ, Obdulia y ÁVILA-SOSA, Raúl. Estudio de los desayunos escolares consumidos con mayor frecuencia en una escuela pública en la Ciudad de Puebla. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015

La muestra estuvo constituida por 151 niños de entre 11 y 13 años que cursaban la escolaridad primaria en el colegio seleccionado. Los criterios de inclusión fueron que los niños asistieran a la escuela en los días que se llevó a cabo el estudio, que cumplieran con la edad requerida y que accedieran tanto ellos como sus padres a realizar el estudio mediante la firma de un consentimiento informado.

Para evaluar el contenido energético y de nutrientes del desayuno consumido en la escuela se llevó a cabo una pesada precisa de todas las raciones de alimentos y bebidas ingeridos por los niños. A continuación se procedió a transformar los platillos en alimentos de acuerdo a la preparación culinaria y se determinó la composición energética y nutricional de los diferentes alimentos utilizando el software R-sigma Babel 2000 adaptado con la composición de alimentos obtenida de las “Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo Miriam Muñoz” (Chávez y col., 2014). Finalmente, utilizando el mismo software se comparó con las ingestas diarias recomendadas de energía y nutrientes de acuerdo a la edad de los escolares.

Las medidas antropométricas que se realizaron en el estudio fueron peso (balanza, SM, Mod. 420, Serie 27669) y talla (tallímetro Bame Mod. DGN 2412), con ellos se calculó el índice de masa corporal y el Z-score para el índice de masa corporal (IMC).

Una vez que se obtuvieron las medidas antropométricas de los niños, se procedió a evaluar los desayunos que los niños llevaban desde su casa y los desayunos adquiridos en la cooperativa o tienda escolar

Todos los datos del estudio fueron codificados y procesados con el paquete estadístico Rsigma-Babel 2000, se calculó la media aritmética, desviación típica, percentiles y tipo de distribución de la muestra.

Para calcular las diferencias entre las medias se aplicó la prueba de la "t" de Student y el análisis de varianza de una vía, en los casos en los que la distribución de la población no fue homogénea, se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas como el test de Mann-Whitney. Se consideraron significativas las diferencias superiores al 10% ( $p < 0.01$ ).

## Resultados y discusión

Las características generales de la población se muestran en la tabla 1.

|                          | Total       | Varones    | Mujeres     |
|--------------------------|-------------|------------|-------------|
| Número                   | 151         | 72         | 79          |
| Edad (años)              | 11.25±0.70  | 11.25±0.71 | 11.25±0.71  |
| Peso (Kg)                | 45.56±10.5  | 46.96±9.63 | 44.28±11.14 |
| Talla (cm)               | 150.17±7.33 | 150.5±6.62 | 149.86±7.95 |
| IMC (Kg/m <sup>2</sup> ) | 20.06±3.77  | 20.66±3.59 | 19.52±3.87  |

**Tabla 1.** Características de la población en función del sexo (X±DS)

Con relación al IMC, inicialmente se usó para clasificar la sobrenutrición y obesidad en escolares y adolescentes y actualmente ya están establecidos los límites de subnutrición (WHO, 2006), pero como varía con la edad, debe interpretarse mediante percentiles o calculando la puntuación Z. Es importante tener en cuenta que cuando está elevado indica “sobrepeso” que puede ser debido a exceso de masa grasa (obesidad) o a exceso de masa magra (constitución atlética), y en este sentido, aunque no se presentaron diferencias significativas con respecto al sexo, la población femenina presentó un IMC normal ( $\geq -1$  a  $+1$  SD, IMC 15.6–20.2), mientras que la población masculina presentó un IMC correspondiente a sobrepeso ( $\geq +1$  a  $+2$  SD, IMC 19.5–22.9).

Sin embargo deberá tenerse en cuenta que esta diferencia bien podría deberse a que en la edad estudiada los niños empiezan a formar más masa muscular que las niñas, de cualquier modo, la sugerencia sería que para diferenciarlo se utilizara la medición del perímetro del brazo y el pliegue tricipital (Milimet y col., 2011).

Se observó que el 42.38% de los escolares que traían el desayuno desde sus casas consumían principalmente tortas, las cuales podían ser de jamón o salchicha con mayonesa y frijoles principalmente y en ocasiones acompañada de algún tipo de queso, seguido de la torta se encuentra el sandwich con un consumo de 19.21%, con una preparación similar a la torta. Algunos niños acompañan su desayuno con yogur 15.89% y la mayoría ingiere agua simple (68.87%).

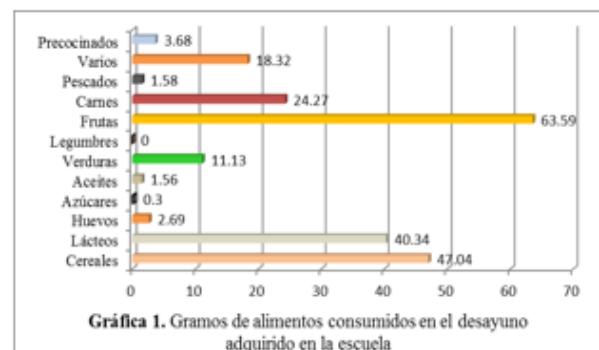
Para el caso de los alimentos adquiridos en la escuela, la venta es muy variable y se consumen alimentos como tortas preparadas, pan de dulce o galletas y pastelillos, leches saborizadas, jugos industriales, tortillas de harina con jamón y queso y esporádicamente frutas.

Para los desayunos preparados en casa se encontró una ingesta media de  $297.03 \pm 191.17$  Kcal/día y aunque los desayunos ingeridos por niños y niñas eran diferentes, energéticamente no se presentaron diferencias significativas, teniendo una contribución al gasto teórico en promedio de  $14.73 \pm 11.85\%$ , sin embargo se recomienda que la energía aportada por el desayuno sea del 25-30% de IDR (Schusdziarra y col., 2011; Vega e Iñarritu, 200) y sólo el 15.23% de los desayunos cumple con esto del cual 10.6% corresponden a desayunos de niñas.

En el caso de que los niños no hagan desayuno en casa, el Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria.

En los lineamientos generales para el expendio o distribución de alimentos y bebidas en los establecimientos de consumo escolar de los planteles de educación básica señala que éste deberá tener un aporte entre 263 a 290 kcal, con un promedio de 276 kcal en los desayunos escolares (Hernández y col., 2011), lo cual se cumple en los desayunos estudiados, tanto en los preparados en casa como en los adquiridos en la escuela.

En la gráfica 1, se muestra el grupo de alimentos que se consume con mayor frecuencia en los desayunos preparados en casa, que son las frutas con 63.59g, seguido de los cereales con 40.34 g y a continuación los lácteos con 40.34 g, con esto se cumpliría con la triada recomendada para el desayuno la cual indica que éste debe contener un alimento perteneciente a cada uno de estos tres grupos, sin embargo, a pesar de que se incluyen, la cantidad no se corresponde con una ración de cada uno de estos grupos.



Una ventaja del desayuno preparado en casa es que el consumo de azúcar añadida es bajo, 0.3g en promedio, en contraste con la mayoría de los productos industrializados que más frecuentemente pueden adquirirse en la escuela, y que en ocasiones puede llegar a presentar cantidades muy altas de azúcar.

Es importante hacer notar que de acuerdo con la OMS (2011), el consumo de azúcares se ha multiplicado por cincuenta en los países industrializados y hasta un 15% de la ingesta de energéticos se recibe del azúcar refinado. La mayor parte de este azúcar está oculto en alimentos y bebidas procesados y no es agregado a la comida por el propio consumidor.

En cuanto al consumo de carne, en este grupo se registró básicamente consumo de embutidos cárnicos (jamón o salchicha), y se destaca que los desayunos preparados en casa no incluyen legumbres.

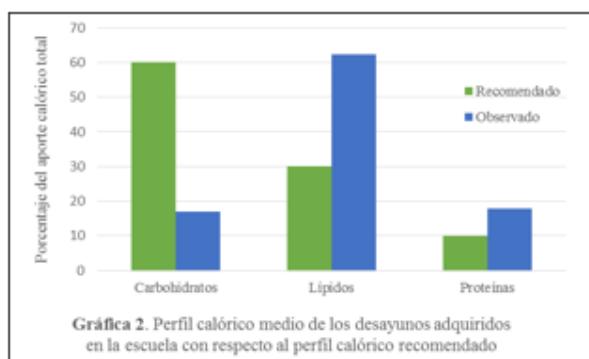
En los desayunos adquiridos en la escuela, no se encontraron diferencias significativas con respecto al consumo de cereales y carne, pero sí en el consumo de lácteos y frutas ( $p<0.01$ ) (12.5g y 55g respectivamente), además de consumir alimentos industrializados, y de presentar un consumo de agua significativamente menor al de los niños que traen su desayuno desde casa.

La contribución media del desayuno escolar a la cobertura de las ingestas recomendadas como se observa en la gráfica 2 resultó en promedio baja para la mayoría de los nutrientes ya que no cubre el 25% de la IDR, excepto para el ácido ascórbico, los folatos, la niacina y las proteínas, tal como se puede observar en la tabla 2.

|                 | <b>Total</b> | <b>Hombres</b> | <b>Mujeres</b> |
|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| Tiamina         | 24.5         | 9.27           | 15.23          |
| Riboflavina     | 13.25        | 5.96           | 7.28           |
| Niacina         | 48.34        | 22.52          | 25.83          |
| Ácido Fólico    | 47.68        | 21.19          | 26.49          |
| Cobalamina      | 24.5         | 10.6           | 13.91          |
| Piridoxina      | 17.88        | 7.95           | 9.93           |
| Ácido ascórbico | 35.76        | 16.56          | 19.21          |
| Vitamina A      | 12.58        | 3.31           | 9.27           |
| Vitamina D      | 4.64         | 2.65           | 1.99           |
| Vitamina E      | 24.5         | 12.58          | 11.92          |
| Calcio          | 11.26        | 5.3            | 5.96           |
| Hierro          | 4.6          | 3.31           | 1.32           |
| Yodo            | 18.54        | 8.6            | 9.93           |
| Zinc            | 1.99         | 0.66           | 1.32           |
| Magnesio        | 7.28         | 1.99           | 5.3            |

**Tabla 2.** Porcentaje de desayunos escolares que cubren por lo menos el 25% de la IDR de los diferentes nutrientes

El perfil calórico de los desayunos tanto si se preparan en casa como si se adquieren en la escuela, como se muestra en la gráfica 2 resultó muy desequilibrado. El contenido de carbohidratos es casi 50% de la IDR para el desayuno y demasiado alto en lípidos, siendo el consumo de lípidos mucho mayor ( $p<0.01$ ) cuando se consume el desayuno de la tienda escolar (44.04% contra 62.41%), con predominio de grasas saturadas, por lo que se tiene que tener especial cuidado en los alimentos que se van a consumir en el resto del día para tratar de equilibrar el perfil y que al evaluarse la dieta de todo el día ésta sea apropiada para los escolares (Arora y col., 2012).



## Conclusiones

Del presente estudio se concluye que el aporte energético de los desayunos escolares (tanto los traídos desde casa como los adquiridos en la escuela) es apropiado conforme al Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria, sin embargo, casi un 10% de los niños presenta un consumo de más del 30% de la energía diaria recomendada, lo cual podría ser un condicionante de obesidad en un futuro.

A pesar de que se incluyen alimentos de los tres grupos recomendados para el desayuno (lácteos, cereales y frutas), éstos no se consumen en las cantidades recomendadas.

De manera general podría considerarse que los desayunos son más apropiados cuando se traen desde el hogar que cuando son adquiridos en la cooperativa escolar.

Estos resultados hacen reflexionar en que la promoción de una alimentación saludable y la prevención de la obesidad requieren de un abordaje global, multidisciplinario y multisectorial, y como no hay una única causa, la solución pasa por intervenciones en distintos ámbitos que sumadas, puedan provocar cambios en la alimentación y derivar en una práctica regular de actividad física.

Se requiere la implementación de talleres de educación nutricional dirigidos tanto a los padres de familia como a los encargados de las tiendas escolares, ya que aunque no se desprende de lo realizado en este trabajo, como se mencionó con anterioridad, la obesidad infantil es un problema que debe abordarse desde muy diversos ángulos.

Como futuras líneas de investigación se propone continuar realizando este tipo de estudios ya que podrían generar un panorama más amplio que permitiera comprender un poco mejor el problema de la obesidad infantil en México.

## Referencias

Aranceta-Batrina, J., Serra-Majem, J.L. Pérez-Rodrigo, C., Ribas-Barba, L. y Delgado-Rubio, A. (2002). Alimentación infantil y juvenil: recomendaciones para una alimentación saludable. En *Alimentación infantil y juvenil. Estudio enKid (69-80)*. Barcelona, España: Masson.

Arora, M., Nazar, G., Gupta, V., Perry, Ch., Reddy, K. S. y Stigler, M.. (2012). Association of lunch intake with obesity, dietary and physical activity behavior among urban school-aged adolescents in Delhi, India: results of a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 12, 881-893.

Casanueva, E., Kaufer-Horwitz, M., Pérez-Lizaur, A. B. y Arroyo, P. (2001). Nutrición del preescolar y el escolar. En *Nutriología Médica (58-86)*. México: Editorial Médica Panamericana.

Chávez, A., Ledesma, J.A., Mendoza, E., Calvo, C., Castro, M.I., Avila, A., Sánchez, C.P., Pérez-Gil, F. (2014). *Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo*. Miriam Muñoz. México. McGraw-Hill Interamericana

Dubois, L., Girard, M., y Potvin Kent, M. (2006). Lunch eating and overweight in a preschool population: is there a link? *Public Health Nutr*, 9, 436-442.

Duperly, J., Carvajal, C., Gempeler, J., Kattah, W., Llano, M. y Zundel, N. (2000). *Obesidad un Enfoque Integral*. Argentina: Centro Editorial Universidad del Rosario.

Feldman, R. (2008). *Desarrollo en la infancia*. México: Pearson.

González, C. D., González, C. T., Barquera, S. y Rivera, J. A. (2007). Alimentos industrializados en la dieta de los preescolares mexicanos. *Salud Pública de México*, 49, 345-356.

Hernández-Ávila, M. y Martínez-Montañez, Hernández-Avila, M y Martínez-Montañez, O. G. (2011). Lineamientos generales para el expendio o distribución de alimentos y bebidas en los establecimientos de consumo escolar en los planteles de educación básica. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 68, 1-6.

Milimet, D., Tchernis, R. y Husain, M. (2009). School Nutrition Programs and the Incidence of Childhood Obesity. *The Journal of Human Resources*, 45, 640-654.

Moreno, E. B., Monereo, M. S. y Hernández, A. J. (2000). *La Obesidad: Epidemia del Siglo XXI*. Madrid, España: Diaz de Santos.

Olaiz-Fernández, G., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Rojas, R., Villalpando-Hernández, S., Hernández-Avila, M. y Sepúlveda-Amor, J. (2006). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.

OMS. (2011). Primera conferencia ministerial mundial sobre modos de vida sanos y lucha contra las enfermedades no transmisibles. Moscú, Rusia.

Ortega, R. M., Requejo, A.M., Navia, B., López-Sobaler, A. M., Quintas, M. E., Andrés, P., Redondo, M. R., López-Bonilla, D. y Rivas, T. (1998). The relationship between the consumption of an inadequate lunch and energy profile imbalance in preschool children. *Nutr Research*, 18, 703-712.

Ortiz, H. L., Delgado, S. G. y Hernández, B. A. (2006). Cambios en factores relacionados con la transición alimentaria y nutricional en México. *Gaceta Médica de México*, 142, 181-193.

Ramírez, L. E., Grijalva, H. M. I., Valencia, M. E., Ponce, J. A. y Artalejo, E. (2005). Impacto de un programa de desayunos escolares en la prevalencia de obesidad y factores de riesgo cardiovascular en niños sonorenses. *Salud Pública de México*, 47, 126-133.

Requejo, A.M. y Ortega, R.M. (2000). *Nutrición en la infancia*, en: *Nutriguía: manual de nutrición clínica en atención primaria* (27-36). Madrid, España: Editorial complutense.

Rivera, J. A., Muñoz, H. O., Rosas, P. M., Aguilar, S. C. A., Popkin, B. M. y Willett, W. C. (2008). Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana. *Salud Pública de México*, 50, 208-237.

Sánchez, C. C. P., Pichardo, O. E. y López R. P. (2004). *Epidemiología de la obesidad*. *Gaceta Médica de México*, 140, S3-S20.

Schusdziarra, V., Hausmann, M., Wittke, C., Mittermeier, J., Kellner, M., Naumann, A., Wagenpfeil, S. y Erdmann, J.. (2011). Impact of lunch on daily energy intake - an analysis of absolute versus relative lunch calories. *Nutrition Journal*, 10, 5-13.

Utter J, Scragg R, Mhurchu CN, Schaaf D (2007) At-home lunch consumption among New Zealand children: associations with body mass index and related nutrition behaviors. *J Am Diet Assoc* 107: 570–576.

Vega, L. e Iñarritu, M. C. (2000). Importancia del desayuno en la nutrición y el rendimiento del niño escolar. *Bol. Med. Hosp. Infant.*, 57, 1-18.

WHO MULTICENTRE GROWTH REFERENCE STUDY GROUP. (2006). WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatrica*, Suppl 450, 76-85.

## Differential cholinergic system regulation of mRNA expression of estrogen receptors in the hypothalamus of the female rat.

ARTEAGA-LOPEZ, Paola\*†, HANDAL-SILVA, Anabella`` y MORÁN-PERALES, José Luis``

<sup>1</sup>*Biology of Reproduction Department, UAM-Iztapalapa, México City, ``Toxicology and Biology of Reproduction Department, ICUAP- BUAP, Puebla, Pue. Adress: Edif. 103-E Ciudad Universitaria, Colonia San Manuel C.P. 72570 Puebla, Puebla México.*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Un estudio previo en nuestro laboratorio ha demostrado que el ARNm del receptor de estrógenos alfa y beta en preóptica y anterior área hipotalámica varió durante el ciclo estral, y la expresión máxima se presenta en día estro y diestro-2. Además, en otro estudio se demuestra que el bloqueo del sistema colinérgico con inyecciones de sulfato de atropina dado en diferentes días en celo afecta a las funciones reproductivas. Por eso, el objetivo del presente estudio fue determinar si el sistema colinérgico participa en la regulación de mRNA ex-presión de los receptores de estrógenos alfa y beta isoformas en la zona-hypotha LAMIC preóptica y anterior. Para lograr este objetivo, se analizaron los efectos de inyección sulfato de atropina hecho en estro y diestro-1, sobre la expresión de mRNA máxima de isoformas del receptor de estrógeno. La inyección sulfato de atropina dio lugar a una regulación diferencial sobre la expresión mRNA de receptor beta de estrógenos en ambos lados de la anterior preóptica y el área hipotalámica anterior. En cambio, el receptor de estrógeno alfa expresión mRNA fue bloqueada por la inyección AT-ropine. Estas observaciones sugieren que el estrógeno alfa de ARNm del receptor expresión es estimulada por el sistema colinérgico, mientras que la regulación de la beta de estrógeno receptor may depende de los sistemas de otros neurotransmisores.

**Sistema colinérgico, atropina, ER alfa, ER beta, hipotálamo, ciclo estral, la expresión del ARNm**

### Abstract

A previous study in our laboratory has shown that the mRNA of estrogen receptor alpha and beta in preoptic and anterior hypothalamic area varied during the estrous cycle, and the maximal expression was presented in estrus and diestrus-2 days. Also, in another study we demonstrate that the blockage of cholinergic system with atropine sulfate injections given at different estrous days affects the reproductive functions. That is why the aim of the present study was to determine if the cholinergic system participates in the regulation of mRNA expression of estrogen receptor alpha and beta isoforms in the preoptic and anterior hypothalamic area. To accomplish this objective, we analyzed the effects of atropine sulfate injection made on estrus and diestrus-1, over the maximal mRNA expression of estrogen receptor isoforms. The atropine sulfate injection resulted in a differential regulation over the mRNA expression of beta estrogen receptor in both sides of the preoptic anterior and hypothalamic anterior area. Instead the estrogen receptor alpha mRNA expression was blocked by the atropine injection. These observations suggest that the alpha estrogen receptor mRNA expression is stimulated by the cholinergic system, while the regulation of beta estrogen receptor may depend of others neurotransmitters systems.

**Cholinergic system, atropine, ER alpha, ER beta, hypothalamus, estrous cycle, mRNA expression**

**Citación:** ARTEAGA-LOPEZ, Paola, HANDAL-SILVA, Anabella y MORÁN-PERALES, José Luis. Differential cholinergic system regulation of mRNA expression of estrogen receptors in the hypothalamus of the female rat. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:304-310

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: parteaga\_lopez@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Estrogen (E2) is involved in the regulation of several functions of the central nervous system. This regulation is mediated by two estrogen receptor alpha and beta isoforms (ER-a and ER-b). (Kuiper G Et al; 1997). One of the most important actions of E2 is the regulation of reproductive functions, like the GnRH and gonadotropine secretion (Freeman ME. 1994). In turn, the activity of GnRH neurones is modulated by several neurotransmitters (Kordon, C. Et al. 1994).

By the use of agonists or antagonists drugs, blocking or stimulating the cholinergic receptors, it has been demonstrated that the cholinergic system plays a stimulatory role in the gonadotropine and GnRH secretion regulation (Everett, 1994). The effect on ovulation depends of the day of the estrous cycle and the side of hypothalamus where the agonist or antagonist drug was injected or implanted (Dominguez et al, 1982; Cruz ME,) The subcutaneous atropine sulphate injection (muscarinic antagonist) blocks the ovulation, and the minimal necessary dose to block it has to be injected in diestrus-1 day, while the maximal necessary dose in estrous day (Dominguez et al, 1982). Also, the atropine implants made in the right or left sides of POA-AHA blocked the ovulation and this effect depend of the estrous cycle day and the side of POA-AHA were the implant was made. (Hrabosvsky et. al. ,2001; Kallo I, et. al, 2001; Gerendai I and Béla Halász, 1997; Cruz ME et. al, 1989).

We have previously shown that the mRNA expression of, ER-a, ER-b in POA-AHA varies along the each day of estrous cycle (Nance DM and Moger WH., 1982).

Based on previous results from our laboratory (Nance DM and Moger WH.,1982) and on the evidence that the cholinergic system seems to regulate the GnRH, gonadotropin secretion and ovulation.

We decide to analyze if the atropine sulfate maximal (300 mg-kg in estrus at 13:00 h) and mini-mal (150 mg-kg in diestrus-1 at 13:00) ER-b (diestrus-2 at 13:00) and for ER-a (estrus at 17:00 h and an other small peak in diestrus-2 day), in POA-AHA. The implication of cholinergic functions over mRNA expression of ER-a, and ER-b (Arteaga-López, et. al, 2003), are then discussed.

## Materials and Methods

### Animals

Virgin adult female rats CIIZ-V strain from our own stock, 195–225 g body weight, were used. Animals were kept under controlled lighting conditions (lights on from 0500 to 1900 h), with free access to food (Purina S.A., Mexico) and tap water. Estrus cycles were monitored by daily vaginal smears. Only those rats showing at least two consecutive 4-day cycles were used in the experiment.

Experiment 1: Effect of subcutaneous atropine sulphate injection at 13:00h of estrus day on ER-a, ER-b mRNA expression in POA-AHA.

At 13:00 h of estrus day, groups of 6 rats were injected with atropine sulfate (300 mg/kg body weight, subcutaneous) the maximal doses necessary to block ovulation. Groups of 6 rats were injected with water as control animals, each experimental group consisted of 3 repetitions. The atropine sulfate doses were calculated based on Domínguez et al (1982) results.

Animals were sacrificed by decapitation at the day and hour of the estrous cycle were the maximal mRNA expression for the studied genes were detected. For ER-a, the animals were decapitated at 17:00 h of estrus day, for ER-b and GnRH at 13:00 h of diestrus-2 day.

Based on these results, the animals treated in estrus were sacrificed 4 or 20 hours after atropine sulfate treatment. While animals treated in diestrus 1 were killed 20 or 24 hours after treatment.

**Experiment 2: Effect of subcutaneous atropine injection at 13:00h of diestrus-1 day on ER-b mRNA expression in POA-AHA.**

At 13:00 h of diestrus-1 day, groups of 6 rats were injected with atropine sulfate (100 mg/kg body weight, subcutaneous) the minimal doses necessary to block ovulation. Groups of 6 rats were injected with water as control animals, each experimental group consisted of 3 repetitions. The atropine sulfate doses were calculated based on Domínguez et al (1982) results.

Animals were sacrificed by decapitation at the day and hour of the estrous cycle were the maximal mRNA expression for the studied genes were detected. For ER-a the maximal mRNA expression was presented in estrous day at 17:00 h and the minimal doses of atropine sulphate necessary to block ovulation need to be injected in diestrus-1 day at 13:00 h (almost one day after maximal expression), that is why we decide to consider one small peak of ER-a mRNA expression presented in diestrus-2 day at 13:00 h and evaluate the effects of atropine injection. For ER-b at 13:00 h of diestrus-2 day. Based on these results, treated in diestrus 1 were sacrificed 20 hours after treatment.

Total RNA isolation and reverse transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR).

After decapitation, the brain was quickly removed and placed on a dry ice-cooled plate. A slice (1.4 mm) was cut and the POA-AHA region was punched out with a needle (0.4 mm inner diameter).

Following the parameters (A-7020 to A-5660) of the König and Klippel () rat's stereotaxic atlas. POA-AHA were separated.

Total RNA from POA-AHA was extracted separately by a single step method based on guanidine isothiocyanate-phenol-chloroform extraction using TRIzol reagent (Gibco-BRL). RNA concentration was determined by absorbance at 260 nm and its integrity was verified by electrophoresis on 1.2 % denaturing agarose gels in the presence of 2.2 M formaldehyde. A 2- $\mu$ g amount of total RNA was reverse transcribed to synthesize single stranded cDNA. Subsequently, 10  $\mu$ l of the reverse transcriptase reaction was subjected to PCR in order to co-amplify a fragment of ER-a and ER-b and 18s genes.

The PCR reaction was done in an Eppendorf gradient thermocycler. The 50  $\mu$ l PCR reaction included: 10  $\mu$ l of previously synthesized cDNA, 20 mM Tris-HCl (pH 8.3), 50 mM KCl, 1mM MgCl<sub>2</sub>, 0.2 mM of each the 4 dNTPs, 0.5uM of each primer, and 2.5 units of TAQ DNA polymerase. Negative controls without RNA and with non-transcribed RNA were included in all experiments.

Initial standard conditions were established for ER-a, ER-b and 18s amplification. The cycle number was performed within the exponential phase of the amplification process. All PCR products were always studied and analyzed together throughout the experiments. In all samples a single product of 337 bp corresponding to ER-a and another of 301 bp, corresponding to ER-b were obtained. Primers selected for the amplification of ER-a, and ER-b had the following sequences:

CGG GG, ER-a sense: TTC ACA CCA AAG CCT CGG G, ER-a antisense: TGC AGC AGC ATC AGC GGA, ER-b sense: TCC CGG CAG CAC CAG TAA C, ER-b antisense: CCC AGA TGC ATA ATC GCT GC.

For semi-quantitative analysis of mRNA from ER-a and ER-b, RT-PCR amplification of mRNA corresponding to 18s was carried out routinely in parallel as an internal control of messenger quality and quantity.

After the PCR, amplified products were resolved on 2% agarose gel stained with ethidium bromide, and photographed under an UV transiluminator. The image was captured with the Kodak EDAS 206 system. To determine changes in the expression of ER-a and ER-b mRNA, the density and area of each band of the ER-a and ER-b PCR products were analyzed with the Scion Image program and values were normalized to densitometric values of corresponding 18s PCR products.

## Reagents

Chemical reagents were purchased from Sigma Chemical Corp. (St. Louis, MO) and Gibco-BRL, Inc. (Gaithersburg, MD). TAQ DNA polymerase was purchased from Perkin-Elmer (Branchburg, New Jersey).

## Statistic analysis

To find if there was statistical significative differences between experimental groups, especially between experimental groups of different sides, multivariate analysis of variance (MANOVA) was used, taking as variables the side, day and hour, independently, and in nested combinations of the three variables. Significative results were only obtained when side was used as the variable and when day and hour were nested under the side.

The F-ratio was calculated and a corresponding probability of  $p<0.05$  was considered as statistical significant between at least two experimental groups. To find which groups had the statistical differences, pair wise Tukey test was performed between pairs of experimental groups where  $p<0.05$  was accepted as significative. To find if there was statistical significative differences between experimental groups, especially between experimental groups of different sides, multivariate analysis of variance (MANOVA) was used, taking as variables the side, day and hour, independently, and in nested combinations of the three variables. Significative results were only obtained when side was used as the variable and when day and hour were nested under the side. The F-ratio was calculated and a corresponding probability of  $p<0.05$  was considered as statistical significant between at least two experimental groups. To find which groups had the statistical differences, pair wise Tukey test was performed between pairs of experimental groups where  $p<0.05$  was accepted as significative.

## Results

Experiment 1: Effect of subcutaneous atropine sulphate injection at 13:00h of estrus day on ER-a, ER-b mRNA expression in POA-AHA.

The atropine sulphate injection at 13:00 h of estrus day blocked the maximal ER-a mRNA expression in POA-AHA (estrous day at 17:00 h). Such differences were not observed in control ani-mals treated with vehicle (water) and sacrificed at 17:00 of estrus day (Table 1).

The ER-b mRNA maximal expression (diestrous-2 day at 13:00 h) in POA-AHA was not affected by the atropine sulfate injection on the estrus day.

Experiment 2: Effect of subcutaneous atropine injection at 13:00h of diestrus-1 day on ER-b mRNA expression in the left and right sides of POA-AHA.

Because the maximal ER-a mRNA expression is presented in estrous day at 17:00 h and the minimal doses of atropine sulphate necessary to block ovulation need to be injected in diestrus-1 day at 13:00 h (almost one day after maximal expression), but we want to know what happens with this doses, we consider the small peak presented in diestrus-2 day at 13:00 h and evaluate the effects of atropine injection over the ER-a mRNA expression. The results are then described, the injection of atropine sulfate blocked the mRNA expression in POA-AHA. Such differences were not observed in control animals injected with vehicle (water). (Table 1)

The injection of atropine sulfate resulted in a diminution in the maximal ER-b mRNA expression (diestrus-2 day at 13:00 h) in the POA-AHA.

## Discussion

All the results show that the atropine sulfate injection affects, in a different way mRNA expression of each gene studied. These results suggest the cholinergic system participation is important for the reproductive axis function.

The ER-a mRNA expression (estrus or diestrus-2) is blocked by the atropine sulfate injected in estrous or diestrous-1 day, this results suggest that the cholinergic system, mediated by muscarinic receptors, it could be possible that participates in a stimulatory way on pre-transcriptional mechanisms.

Also, for GnRH the atropine sulfate injection do not blocked the mRNA expression just diminished it in both sides of POA-AHA, while its participation in the regulation of ER-b mRNA expression depends of the day were injected and on the side of POA-AHA where is analyzed.

Leubner et al and Nordeen EJ, Yahr P. (1982), have shown that ER affinity is diminished by atropine injection in the brain of rats. The inhibition of ER-a mRNA expression by atropine sulfate injection but not for ER-b could be explained as a sign that the muscarinic receptors are linked to second messengers that elicit different functions, such as the gene stimulation (Rissman EF, et al, 1997; Wersinger SK, et al, 1997; Wersinger et al, 1999)

ER-a mRNA expression could depend, directly, on the stimulation of muscarinic receptors, while ER-b mRNA expression does not seem to completely depend on them. Male and female ERaKO mice are infertile, while ERbKO female mice have a lower number of shed ova (Krege JW, et al, 1998; Lubahn DB, et al 1993; Rissman EF, et al, 1997; Wersinger SK, et al, 1997; Wersinger et al, 1999)

Thus, we suggest that ER-a is involved in the control of either tonic gonadotropin secretion and/or the negative feedback exerted by estrogens on gonadotropin secretion. ER-b, on the other hand, may play a role in the regulation of the phasic secretion of gonadotropins.

Present results suggest that the cholinergic system partially regulates GnRH mRNA expression in a stimulatory way; and such regulation is different for the right and left side of POA-AHA, and varies along the estrous cycle.

Such results support the idea of asymmetry in the mechanisms regulating GnRH and gonadotropin secretion (Cruz et al.). Furthermore, the higher sensitivity to the effects of atropine sulfate injection on diestrus-1 day of than on the day of estrus (Domínguez et al. 1982) further supports this idea. In an other hand we know that in the central nervous system in diestrus 2 day when we blocked cholinergic system by neural microinjection, we have the same results over ER-a mRNA expression.(data not shown)

The effects of the cholinergic system blocking ovulation could be mediated by ER-a since injecting agonist or antagonist cholinergic drugs, increases or decreases the number of cytosolic hypo-thalamic estradiol binding sites in female rats (Lauber AH, Whalen RE.1988a, 1988b, 1988c). Also, anatomical data suggest that ER-a and ER-b are present in cholinergic neurons, being ER-b predominantly (Shugrue et al,2000). In an other hand we know that the glia cells have a direct influence over cholinergic system, because ER a and b and participates directly in the GnRH regulation, having a specific role in the reproductive functions and may be this could be a better explanation to the fact that cholinergic system regulate the ER mRNA expression. (Conn, PM., 1994; Freeman ME., 1994) So, that is why we have to consider this results for a whole interpretation, because in the literature we do not have evidences that the cholinergic system affects ER, but we have ones that demonstrate the steroids hormones participate in the regulation of the cholinergic system.

Taken together, the overall results show that the atropine injection affects in a different way the mRNA expression of each gene studied. First the ER-a mRNA expression is inhibited by the atro-pine injection but for the ER-b mRNA expression the atropine injection only diminished it.

This could be explained by the fact that the atropine blocks the muscarinic receptors, thus are linked to second messengers that have differents functions, like gene expression stimulation (Krishmanov, 1998). Then the ER-a mRNA expression could depend directly of muscarinic receptors, while the ER-b mRNA expression is affected, but not depend completely of them. These previous observations indicate that the ER-a expression is stimulated by the cholinergic system, while the ER-b expression may depends of an other neurotransmitter system.

In conclusion, the mechanisms triggered by the cholinergic system in the regulation of reproductive functions, could be mediated by its interaction with ER-a, but not with ER-b.

## References

- Kuiper G., G.J.M., Carlsson, B. Grandien K., Esmark E., Hagglag J., Nilsson S., and Gustafson J.A., (1997) *Endocrinology* 138:863-870.
- Freeman ME. (1994) In: *The physiology of reproduction*. E.Knobil and J. Neill, (eds.) New York: Ra-ven Press.
- Kordon, C.; Drouva, S. V.; Martinez de la Escalera, G.; Weiner, I. R. In: Knobil, E.; Neill, J., eds. *The physiology of reproduction*, 2nd ed. New York: Raven Press; 1994:1621–1682.
- Everett, J. W.; Sawyer, Ch.; Markee, J. E. *Endocrinology* 44:234 –250; 1949
- Domínguez, R.; Riboni, L.; Zipitria, D.; Revilla, R. J. *Endocrinol*. 95:175–180; 1982
- Cruz ME, Jaramillo LP, Domínguez R. (1989) *J. Endocrinol*. 123:437-439.

Hrabosvsky E, Steinhauser A, Barabas K, Shugrue PJ, Petersen SL, Merchantaler I,

Liposits Z. 2001 Endocrinology. Jul; 142(7): 3261-4.

Kallo I, Butler JA, Barkovics-Kalo M, Goubillon ML, Coen CW (2001) J Neuroendocrinol. 13 (9):741-8.

Gerendai I and Béla Halász. (1997) Front in Neuroendocrinology 18: 354-381

Gerendai I., Rotsztjen W., Marchetti B., Kordon C., Scapagnini U. (1978) Neurosci Lett 9:333-336.

Gerendai I., Rotsztjen W., Marchetti B., Scapagnini U. (1979) In: Neuroendocrinology: Biological and Clinical Aspects. Polleri A. and MacLeod RM, (eds.) New York-London: Academic Press.

Cruz ME, Jaramillo LP, Domínguez R. 1989 J. Endocrinol. 123:437-439.

Moran JL, Cruz ME, Domínguez R. (1994) Brain Res. Bull. 33:663-668.

Nance DM, Moger WH. (1982) Brain. Res. Bull. 8:299-302.

Paola R. Arteaga-López, Roberto Domínguez, Marco A. Cerbón, Carmen A. Mendoza-Rodríguez, María Esther Cruz Endocrine August 2003, Volume 21, Issue 3, pp 251-260

König JFR and Klipper RA. (1963) Williams and Wilkins, (eds.) Baltimore: Williams and Wilkins Co.

Nordeen EJ, Yahr P. (1982) Science 218:391-393.

Rissman EF, Early AE, Taylor JA, Korach KS, Lubahn D. (1997) Endocrinology 138:507-510.

Wersinger SK, Sannen K, Villalba C, Lubahn DJ, Rissman EF (1997) Horm. Behav. 32:176-183.

Wersinger SK, Hasienleder DJ, Lubahn DJ; Rissman EF (1999) Endocrine 11:137-143.

Krege JW, Hodgin JB, Couse JF, Enmark E, Warner M, Mahler JF, Korach KS, Gustafsson J-A, Smithies O. (1998) Proc. Nat. Acad. Sci. 95:15671-15682

Lubahn DB, Mayer JS, Golding TS, Couse JF, Korach KS, Smithies O. (1993) Proc. Nat. Acad. Sci. 90:11162-11166.

Krsmanovic LZ, Mores N, Navarro CE, Saeed SA, Arora KK, Catt KJ. Endocrinology. 1998 Oct;139(10):4037-43.

Shugrue PJ, Scrimo PJ, Merchantaler I. (2000) Neuroscience. 96(1):41-9.

Conn, PM. 1994 In: E. Knobil and J. Neill, eds. The physiology of reproduction. Cap.32, New York: Raven Press. 1349-1377.

## Vinculación del Cuerpo Académico CACYTAI con empresas de producción y aplicación de la grana cochinilla, algunos resultados técnicos

ARROYO-FIGUEROA, Gabriela\*†, RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, Jesús Rubén, VARGAS-RODRÍGUEZ, Lorena y HERRERA-MÉNDEZ, Carlos Hernán

*Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Privada de Arteaga s/n, Salvatierra, Gto.*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Cada vez más existe la necesidad de la vinculación de instituciones de investigación con empresas. Con la finalidad de que el conocimiento trascienda, y sea llevado a su aplicación en las empresas para el desarrollo de las mismas. Esta vinculación tendría un alto impacto en el sector productivo. El objetivo del siguiente trabajo es dar a conocer algunos resultados técnicos logrados de la vinculación del Cuerpo Académico de Ciencia y Tecnología Agroindustrial (CACYTAI), con algunas empresas, en lo que se refiere a la producción y aplicación de la grana cochinilla. Se presentan algunos de los trabajos realizados en conjunto con las empresas vinculadas, así como proyectos logrados a través de la vinculación. Además se muestran algunos de los resultados más sobresalientes. Con lo que se resalta la importancia que tiene la vinculación de instituciones de investigación con el sector productivo en sus diferentes áreas.

### Vinculacion, empresas, Cuerpos académicos

**Citación:** ARROYO-FIGUEROA, Gabriela, RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, Jesús Rubén, VARGAS-RODRÍGUEZ, Lorena y HERRERA-MÉNDEZ, Carlos Hernán. Vinculación del Cuerpo Académico CACYTAI con empresas de producción y aplicación de la grana cochinilla, algunos resultados técnicos. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:311-318

### Abstract

Increasingly there is a need intitutions linking research companies. In order that transcends knowledge, and be led to its application in companies to develop them. This linkage would have a high impact on the productive sector. The aim of this study is to present some technical results achieved by linking the Academicians of Science and Agroindustrial Technology (CACYTAI), with some companies, in relation to the production and application of the cochineal. Are some of the work done in conjunction with related companies and projects achieved through bonding. In addition some of the most outstanding results are shown. So the importance of linking research institutions and the productive sector in different areas is highlighted.

**Bonding, businesses, academics Bodies**

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El Cuerpo académico de Ciencia y tecnología Agroindustrial (CACYTAI), ha venido trabajando en conjunto con empresas del sector productivo, en lo que respecta a la producción y aplicación de la grana cochinilla.

El insecto grana cochinilla vive en el nopal y de él se extrae el ácido carmínico empleado como colorante natural. Este fue uno de los principales aportes de México al mundo (Del Río, 2006; Sahagún, 1992). A este insecto se le conoce también como grana carmín, grana fina o grana cultivada, su nombre científico es *Dactylopius coccus* Costa (Vigueras y Portillo, 2001). Es uno de los pocos colorantes aprobados por instituciones mundiales de salud (Vigueras y Portillo, 2001). Presenta algunas propiedades como su estabilidad a la luz, a los tratamiento térmicos y a la oxidación (Gibaja, 1998), excelente coloración y cambios de color con soluciones ácidas y alcalinas, además de su fácil manejo (Vigueras y Portillo, 2001). Actualmente muchas industrias buscan utilizar los colorantes naturales debido a que no son nocivos para el ser humano y no contaminan el medio ambiente (Nagia y EL-Mohamedy, 2007; Del Río, 2006; Vigueras y Portillo, 2001), principalmente aquellas que elaboran productos cosméticos naturales.

## Algunas experiencias de vinculación

### Área de cosméticos

En los años 2012 y 2013 se participó en los veranos de investigación de empresas organizados por la Universidad de Guanajuato, en donde se presentaron respectivamente, en el año 2012 el trabajo denominado: "Aplicación del insecto grana cochinilla en productos cosméticos", cuyo objetivo fue emplear el extracto hidrosoluble de la grana cochinilla, para dar coloración a un cosmético. (Martínez y Arroyo, 2012).

Y en el año 2013 el trabajo titulado: "Evaluación de un champú elaborado con el colorante extraído del insecto grana carmín", con el que busco encontrar la mínima concentración de ácido carmínico en extracto acuoso de grana, necesario para aplicar en un champú color rojo que elabora la empresa Tasha Nicole de Celaya, Gto., observar si existen diferencias en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas entre el champú base coloreado con el extracto acuoso de grana carmín y el champú comercial de la empresa elaborado con colorante sintético (Gantes y Arroyo, 2013). Trabajos realizados en conjunto con la empresa Tasha Nicole. Además se sometió para su financiamiento el proyecto denominado "Estudio de la aplicación de subproductos hidrosolubles del insecto grana carmín en la elaboración de champú", a la Dirección de Apoyo a la investigación y al posgrado de la Universidad de Guanajuato (DAIP). Proyecto aprobado para su financiamiento en el año 2012-2013. Con esto se logró realizar pruebas para la aplicación del colorante natural en un champú con extracto de jitomate. Lo que permitió dar una coloración rojiza natural al champú. Hay que recordar que en pH ácidos el color de la disolución de la grana es rojizo y en pH alcalinos la coloración es morada.

En nuestro país existen distintas empresas dedicadas a la elaboración de estos productos, como lo es la empresa Tasha Nicole, ubicada en la ciudad de Celaya Guanajuato, con 25 años de experiencia. Esta empresa inicialmente comenzó con la elaboración de crema corporal de sábila y champú, posteriormente fue ampliando el número de productos cosméticos gracias a la participación de la gente que adquiría los productos, ya que ellos fueron aportando ideas y sus conocimientos sobre los beneficios del uso de algunas plantas.

Actualmente la empresa Tasha Nicole fabrica cremas corporales elaboradas a base de diferentes plantas, las cuales humectan y protegen la piel, seda para el cabello la cual ayuda a su reestructuración, acondicionadores, además del champú, el cual es una preparación destinada a promover la higiene tanto del cuero cabelludo como de los cabellos a través de su acción tensoactiva (Valdés, 2012).

## Área de producción

También en el año 2013 se participó en el verano de investigación de empresa con el trabajo denominado: "Implementación del sistema de producción de grana carmín en el nopal grana santa maría SPR. de RL, en san juan de sabinas en el estado de Coahuila.", (Saavedra y Arroyo, 2013). En donde se realizó un estudio de adaptabilidad del insecto en el ejido Santa María, con un análisis de temperaturas de la zona para el establecimiento de un plan de producción. Se midió la temperatura en los sitios 1 y 2, dentro y fuera del invernadero para conocer las diferencias de temperatura y el comportamiento de la grana. Se analizaron las temperaturas promedio mensuales del 2009 al 2012, de una estación climatológicas del INIFAP. Este trabajo se realizó en conjunto con la empresa de producción de grana cochinilla llama da Santa María SPR de RL.

El Gobierno Federal a través del Fondo Nacional de Apoyos para Empresas en Solidaridad (FONAES), ofrece opciones productivas integrales que den respuesta al creciente empobrecimiento de los campesinos mexicanos. Una de estas opciones se ha identificado al "Modelo de producción intensiva de grana cochinilla", como una alternativa económicamente viable con el potencial, para mejorar las condiciones de vida de la población de bajos recursos.

En el ejido Santa María de San Juan de Sabinas, Coahuila, se encuentra la Sociedad de Producción Rural Grana Santa María, quienes han sido apoyados por FONAES en el ejercicio 2012, para el establecimiento del "Modelo de producción intensiva de grana cochinilla". Cuentan con una superficie de 5 has en el ejido, donde se encuentra construido un invernadero de 25.5X52 m y se cuenta con 3 hectáreas del cultivo de nopal *Opuntia Ficcus Índica* variedad Villanueva, con un total de 60,030 plantas de nopal.

Se retomó nuevamente el trabajo con el sector productivo, dentro del verano de investigación 2014 de la Universidad de Guanajuato, pero esta vez con la empresa Mujeres exitosas de San José Pintores SPR de RL, en donde se llevaron a cabo dos trabajos el primero denominado: "Análisis de control de calidad en la producción de grana cochinilla". Con la finalidad de determinar el porcentaje de ácido carmínico (Ac) contenido en la grana cochinilla, ya que es un factor importante para catalogar su calidad, por lo que es de gran utilidad determinar este parámetro mediante técnicas sencillas y rentables (Alejo., et al 2014). El segundo trabajo fue titulado: "Control de calidad por parámetros climáticos en la producción de grana cochinilla", en donde se realizó un estudio del efecto de la temperatura y humedad relativa en la producción de grana, en el invernadero de la misma empresa (Torres y Vargas, 2014). También se hizo un proyecto de vinculación con la empresa mujeres exitosas, denominado: "Calidad en la producción de grana cochinilla de la empresa mujeres exitosas de San José pintores SPR de RL y estudio de subproductos para su comercialización". Este fue sometido a la convocatoria de Fundación Educación Superior Empres (FESE), mismo que fue aprobado para su financiamiento. Los objetivos generales para este proyecto fueron: Evaluar los factores abióticos que afectan la calidad de la grana cochinilla dentro de la empresa.

Así como analizar la calidad de los lotes obtenidos de grana cochinilla por la empresa y establecer un método que permita la medición indirecta del porcentaje de ácido carmínico, como factor de calidad en la grana cochinilla.

Además de estudiar algunos subproductos de la grana cochinilla que puedan comercializarse. Este proyecto actualmente se encuentra activo.

## Resultados

Los resultados más importantes de los trabajos realizados en la vinculación con las empresas mencionadas se presentan a continuación.

## Área de cosméticos

| Pruebas fisicoquímicas        | Champú estándar                            | Champú prueba                         |
|-------------------------------|--|---------------------------------------|
| Aspecto                       | Líquido viscoso                            | Líquido viscoso                       |
| Olor                          | Perfume                                    | Detergente                            |
| Textura                       | Viscoso                                    | Viscoso                               |
| Color                         | L* 17.5±0.2<br>a* 11.1±0.1<br>b* (4.7)±0.1 | 16.69±0.7<br>11.84±0.8<br>(-3.35)±0.1 |
| pH                            | 4.1±0.06                                   | 4.47±0.03                             |
| Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) | 1031.40±0.6                                | 1037.74±0.2                           |
| % Humedad                     | 11.8±0.1                                   | 10.7±0.4                              |
| % Volátiles                   | 2.6±0.1                                    | 2.0±0.2                               |
| % Cenizas                     | 0.22±0.04                                  | 0.22±0.17                             |
| Centrifugado                  | Sin separación, Sin sedimentación          | Sin separación, Sin sedimentación     |

**Tabla 1** Análisis fisicoquímico del champú prueba y del champú estándar. (Martínez y Arroyo, 2012).

En la tabla 1 se muestran los resultados de las pruebas fisicoquímicas analizadas en el champú donde se usó el colorante natural (Champú prueba), en comparación con el champú donde se usó un colorante sintético (Champú estándar). En ambos casos el aspecto del champú, fue de líquido viscoso. En el champú estándar se apreció un ligero olor a perfume, en cambio en el champú prueba se detectó un olor a detergente.

Se recomienda añadir al champú prueba el mismo perfume empleado en el estándar para asemejarlo más a éste. El champú prueba presentó una textura más viscosa que el estándar, para la elaboración general del champú se requiere adicionar un espesante. En los valores observados en la Tabla 1, con lo que respecta al color tomado por el colorímetro, considerando las coordenadas (L\*, a\* y b\*), existió muy poca diferencia en cuanto a la coloración de ambos champús. El valor del champú prueba resultó ser menos ácido con respecto al estándar, esto debido a que la coloración del extracto hidrosoluble de la grana cochinilla se va modificando conforme se disminuye el valor del pH. Para esta prueba se observa que es mayor el valor de la humedad en el champú estándar con respecto al de prueba, esto posiblemente a que la diferencia, además del colorante, entre ambos champús fue que el estándar tenía esencia, para proporcionarle aroma, y el de prueba no lo tenía (Martínez y Arroyo, 2012).

| Prueba         | % Ácido carminico | Densidad (g/ml) | % Humedad | % Cenizas |
|----------------|-------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Champú base    | -                 | 1.021           | 87.49     | 3.383     |
| Champú I       | 0.76              | 1.018           | 90.46     | 3.680     |
| Champú II      | 0.76              | 1.019           | 90.48     | 3.707     |
| Champú I       | 0.32              | 1.017           | 90.07     | 3.887     |
| Champú II      | 0.32              | 1.019           | 90.13     | 3.737     |
| Champú I       | 0.22              | 1.021           | 90.19     | 3.750     |
| Champú II      | 0.22              | 1.019           | 90.01     | 3.650     |
| Champú empresa | -                 | 1.014           | 91.30     | 1.740     |

I. Champú con extracto de grana sin esterilizar, II. Champú con extracto de grana esteril

**Tabla 2** Comportamiento de algunas pruebas en el champú usando diferentes concentraciones de ácido carmínico para el extracto de grana esteril y no esteril (Gantes y Arroyo, 2013).

En la tabla 2 se observan los valores de los parámetros de densidad, porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas para el champú, usando concentraciones de ácido carmínico de 0.76%, 0.32% y 0.22%, para el champú con extracto de grana esteril (II) y no esteril (I).

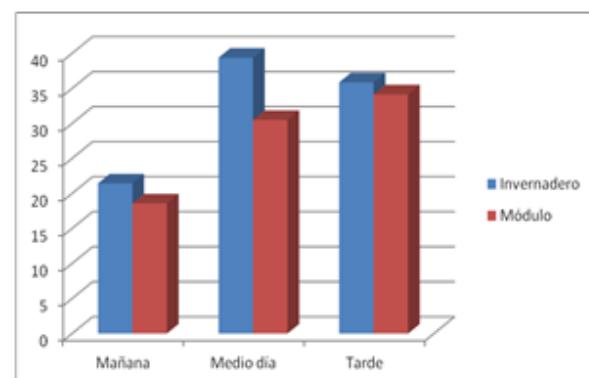
Se observaron diferencias significativas entre los resultados en la densidad relativa de las muestras de champú coloreadas con extracto de grana (Entre 1.017g/ml y 1.020g/ml) y el valor del champú estándar de la empresa (1.014g/ml), con una  $P<0.05$ . Esta diferencia se atribuye principalmente a que el champú base tuvo una densidad inicial de 1.021g/ml, valor que fue disminuyendo conforme se agregaron los extractos ( jitomate y grana). Aún así la densidad del champú estándar de la empresa mostró un valor por debajo del resto de las muestras, esto puede deberse a la presencia de perfume en el champú estándar. Entre las muestras coloreadas con el extracto de grana a diferentes concentraciones de ácido carmínico también se observaron diferencias significativas ( $P=0.011$ ). No se encontraron diferencias significativas entre las muestras de champú que contenían disolución de ácido carmínico al 0.76% estéril (1.0180g/ml) y no estéril (1.0187g/ml) con una  $P=0.647$  (Gantes y Arroyo, 2013).

Para el porcentaje de humedad se observaron diferencias significativas entre las muestras coloreadas con extracto de grana, entre 90.01% y 90.19% de humedad, y el estándar de la empresa: 91.30% de humedad ( $P<0.05$ ), el porcentaje diferencial entre las muestras y el estándar puede deberse al perfume que contiene el estándar. No se observaron diferencias significativas entre las muestras coloreadas con el extracto de grana ( $P=0.111$ ), lo que indica que pueden manejarse concentraciones diferentes de grana en el extracto adicionado siempre y cuando se conserve la proporción en el volumen agregado al champú. Todas las muestras coloreadas con el extracto de grana tuvieron diferencia significativa respecto al champú base empleado (87.50% de humedad), debido a la adición de extracto de grana y de jitomate (Gantes y Arroyo, 2013).

Para el porcentaje de cenizas, se encontró diferencias significativas entre las muestras de champú coloreado con extracto de grana carmín entre 3.65% y 3.89% de cenizas, y el champú estándar de la empresa (1.74% de cenizas), con un valor de  $P<0.05$ ; estas diferencias se atribuyen a las diferentes formulaciones del champú base que se empleó para colorear con el extracto de grana y el champú de la empresa. No se encontraron diferencias significativas entre las muestras coloreadas con el extracto de grana ( $P=0.756$ ) ni con el champú base (3.83% de cenizas), con una  $P=0.711$ , lo que confirma el hecho de que la principal diferencia entre éstos y el champú estándar se debe a la diferencia entre formulaciones. La cantidad de colorante presente es despreciable para ocasionar diferencias en el contenido de cenizas (Gantes y Arroyo, 2013).

### Área de producción

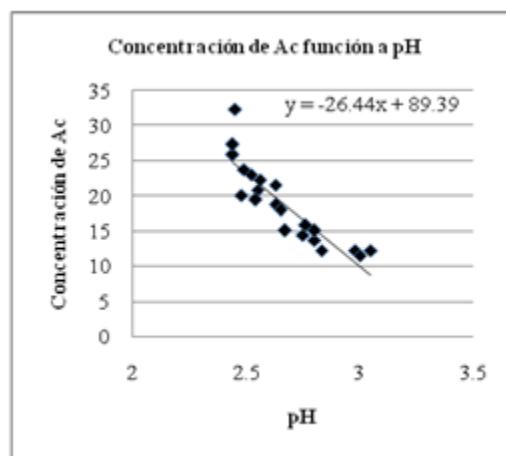
Para el monitoreo de la temperatura de los dos sitios (1 y 2), en el área de producción de la empresa Santa María en Coahuila, se muestra la figura 1.



**Figura 1** Temperaturas registradas en los sitios 1 y 2, en el invernadero y módulo del área de producción de la empresa Santa María en Coahuila (Saavedra y Arroyo, 2013).

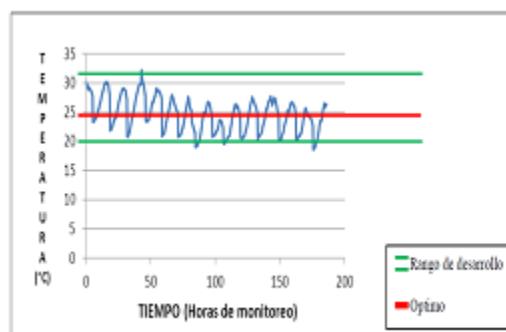
Con el registro de las temperaturas dentro y fuera del invernadero, se identificó una tendencia de incremento en la temperatura de hasta 5 grados en promedio en el sitio 1, respecto a la temperatura en el sitio 2 registrada alrededor de las 17:00 hrs. A excepción de las mañanas y noches, registrándose la misma temperatura en ambos sitios. La temperatura promedio más alta en el sitio 1, fue de 39°C mientras que el sitio 2, fue de 34°C. En el sitio 1, bajo estas condiciones a 21 días de la infestación de la grana se obtuvo una fijación mínima de las ninfas, sin llegar a sobrevivir ninguna de ellas sobre el hospedero. En el sitio 2, el desarrollo del insecto fue normal alcanzando la primera muda en el ciclo (Saavedra y Arroyo, 2013).

Uno de los resultados principales en cuanto al área de producción en la empresa de San José Pintores en Abasolo, en relación a la determinación del control de calidad de la grana cochinilla en función al pH, se muestra en la figura 2. no se encontraron diferencias significativas entre cada una de las mediciones de la concentración de ácido carmínico, en función a cada uno de los parámetros: Porcentaje de Ac resultado del método de Marmión, comparado con el valor obtenido de la gráfica del reactivo estándar ( $P=1$ ,  $p>0.05$ ); porcentaje en función a la absorbancia de la gráfica del reactivo estándar, comparado con el valor en función a pH ( $P=0.995$ ,  $p>0.05$ ); al parámetro L ( $P=0.992$ ,  $p>0.05$ ); al parámetro a ( $P=1$ ,  $p>0.05$ ); al parámetro b ( $P=0.999$ ,  $p>0.05$ ) y al parámetro CE ( $P=0.990$ ,  $p>0.05$ ). Tampoco se encontró diferencia significativa en el análisis estadístico realizado de la concentración de Ac, para todos los parámetros en conjunto ( $P=1$ ,  $p>0.05$ ), por lo que es posible medir la concentración de Ac con cualquiera de los parámetros analizados (Alejo et al. 2014).



**Figura 2** Grafica base de la concentración de ácido carmínico (AC) con respecto al pH, como ejemplo de parámetro analizado (Alejo et al. 2014).

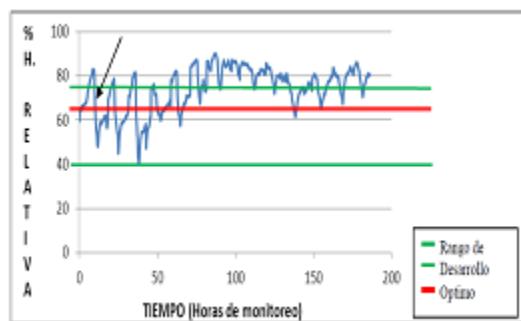
En la figura 3 se observan los resultados de la temperatura monitoreada durante el verano de investigación 2014, en la empresa Mujeres exitosas de San José Pintores. Donde se pudo observar que solo el 4.12% del tiempo estudiado esta fuera del rango del desarrollo del insecto, siendo el ranngo del desarrollo de 22 a 32°C.



**Figura 3** Monitoreo de temperatura dentro del invernadero de la empresa Mujeres Exitosas de San José Pintores (Torres y Vargas, 2014).

En la figura 4 se observan los resultados del porcentaje de la humedad relativa durante la producción de grana cochinilla en el invernadero de la misma empresa de mujeres exitosas. se observa como al incio de cada día se obtuvieron valores máximos de humedad relativa, tambien se observa como se vio afectado con la apertura de los ventanales de 12:00 a 14:00 horas.

Lo que permite que descienda el valor de la humedad relativa dentro del invernadero (Torres y vargas, 2014).



**Figura 4** Monitoreo del porcentaje de humedad relativa dentro del invernadero de la empresa Mujeres Exitosas de San José Pintores (Torres y Vargas, 2014).

## Conclusiones

Es importante la vinculación con las empresas ya que permite que las investigaciones realizadas sean aplicadas. Además de apoyar a las empresas en diferentes problemáticas que se les vayan presentando, permitiendo lograr una producción óptima y por lo tanto un mayor desarrollo empresarial en el País. Algunas conclusiones referentes a los trabajos que pudieron ser aprovechadas por las empresas mencionadas son las siguientes:

El emplear el extracto hidrosoluble de grana cochinilla en un champú aportó buenas características organolépticas. En especial para el caso del color, le agregó un tono mucho más vivo y vibrante en comparación al que emplea comercialmente la empresa Tasha Nicole. La concentración de ácido carmínico, en disolución agregada al 4%, en el champú base que proporcionó un color muy similar al champú estándar con colorante sintético de la empresa, fue de un 0.22% (0.75% de grana en disolución acuosa), en su presentación estéril y no estéril. Comparando con la concentración que usa la empresa 4%, se ve una gran ventaja en el empleo del colorante natural contra el sintético, por requerirse una cantidad menor.

Para la producción de grana carmín en la empresa Santa María en Coahuila, se recomienda iniciar la infestación en el mes de junio, con la finalidad de que se logre la fijación de las ninfas, antes de que comience el incremento pronunciado de temperatura y verificar si las condiciones permiten que se realicen todas las fases del ciclo de vida de la grana. Para el caso de la empresa de San José Pintores en Abasolo, se obtuvieron datos preliminares de parámetros climatológicos de mayor incidencia en el ciclo biológico del insecto grana cochinilla, en un invernadero con producción macro a nivel nacional. Se seguirá trabajando en la medición de los parámetros en horarios nocturnos y su correlación con el desarrollo de la grana cochinilla. Para el caso de las empresas en las que se requiera un control en la calidad de la grana cochinilla seca, mediante la determinación del ácido carmínico. En las cuales muchas veces es muy costoso la adquisición de un equipo como lo es un espectrofotómetro, pueden adquirir un equipo de menor costo, siendo probable la determinación de ácido carmínico en la grana cochinilla seca, con la medición de conductividad eléctrica, pH y el color, esto debido a los resultados obtenidos en las tendencias de las graficas. Aunque se sigue realizando pruebas con los lotes de grana para comprobar lo anterior.

## Referencias

Alejo Karmona A. K, Arroyo Figueroa G. y Alfaro Arrieta A. (2014). Análisis de ácido carmínico en la producción de grana cochinilla. Memorias de verano de investigación científica UG 2014. P.p.53-57.

Del Río-y Dueñas I., (2006). Grana cochinilla fina, regalo de México para el mundo, en Instituto Estatal de Ecología de Oaxaca, Oaxaca, México, pp. 11-53.

Gantes Alcantar M. y Arroyo Figueroa G. (2013). Evaluación de un champú con el colorante extraido del insecto grana carmín. Memorias de verano de Investigación científica UG 2013. Pp. 150-155.

Gibaja S. (1998). Pigmentos Naturales Quinónicos, Primera edición, Centro de producción Universidad Nacional Mayor de San Marcos, pp. 14-188.

Marmion D. (1984). Handbook of U.S. Colorants for foods, drugs, and cosmetics", segunda edición, John Wiley & Sons (Eds), New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. Pp. 10-427.

Martínez Pérez B. I., Arroyo Figueroa G. (2012). Memorias veranos de investigación científica UG 2012. Pp. 1-6.

Nagia F. A., EL-Mohamedy R. S. R., (2007). Dyeing of wool with natural anthraquinone dyes from *Fusarium oxysporum*, en Dyes and pigments, Vol. 75. Pp. 550-555.

Rodríguez-Jiménez R., Arroyo-Figueroa G. (2008). Plan de inspección de la materia prima y del proceso para la elaboración de un lápiz labial natural, en Memorias del 14º Verano de la investigación científica UG.

Saavedra Medina L. F. y Arroyo Figueroa G. (2013). Implementación del sistema de producción de grana carmín en el nopal grana santa maría SPRL de RL, en San Juan de Sabinas en el estado de Coahuila. Memorias en empresas de verano de Investigación científica UG 2013. Pp. 1-5.

Sahagún B. (1992). Historia General de la de las cosas de la Nueva España. Edición digital a partir de la edición de Juan Carlos Temprano, Madrid, Historia.

Soria-Brito V. (2008). Incorporación de laca del carmín en la elaboración de un cosmético natural, en tesis de licenciatura, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Guanajuato, México, Pp. 94.

Torres Anaya T y Vargas Rodríguez L. (2014). Control de calidad por parámetros climáticos en la producción de grana cochinilla. Memorias de veranos de investigación científica UG 2014. P.p. 43-47.

Vigueras A. L., Portillo L., Ayón M. (2001). Manual de teñido con grana cochinilla y otros tintes naturales", Departamento de Botánica y Zoología, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. Pp.23.

Valdés S, Shampoo (2012) [en línea] <[http://www.cneq.unam.mx/cursos\\_diplomados/cursos/anteriores/medio\\_superior/dgapa\\_tere/material/04\\_cosmeto/archivos/Shampoo%20-%20ENP.pdf](http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/cursos/anteriores/medio_superior/dgapa_tere/material/04_cosmeto/archivos/Shampoo%20-%20ENP.pdf)> [Consulta: 01 julio 2012].

## Parametros de Calidad en la Producción de Piloncillo en Sabanas Huatusco, Veracruz

JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena\*†, GARCÍA-CASTILLO, Luz Ariana, MARTÍNEZ-AGUILAR, María y LÓPEZ-SERRANO, Moises

*Instituto Tecnológico Superior de Huatusco 20 Poniente no. 100 col. Reserva territorial C.P. 94100 Huatusco, Veracruz, México.*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

La elaboración de la panela o piloncillo en México, se realiza en pequeñas fábricas comúnmente denominadas trapiches o agroindustrias rurales. Su proceso es generalmente artesanal, no cuenta con medidas de control de calidad como buenas prácticas de manufactura (BPM) y medición de parámetros fisicoquímicos que puedan ser monitoreados por los productores, para asegurar la calidad e inocuidad del producto. De ahí la importancia de evaluar dichos parámetros y contribuir así a una mejora continua del proceso para obtener un producto competitivo en el mercado. El objetivo del presente trabajo fue determinar los parámetros de calidad en cada una de las etapas de elaboración del piloncillo y el producto final, mediante la caracterización, monitoreo, control y análisis físico químico de las diferentes muestras obtenidas durante el proceso. Los resultados obtenidos sobre los parámetros fisicoquímicos, como Humedad, PH, Color Icumsa, °Brix, Pol, Pureza, en las etapas de molienda o extracción del jugo de caña, concentración del jugo o meladura y producto final, muestran que estos se ven afectados por el grado de madurez y las variedad de caña utilizada, así como del tiempo expuesto a las elevadas temperaturas de concentración de la meladura y de un adecuado proceso de filtración y clarificación.

### Azúcar de caña, Piloncillo, Parámetros fisicoquímicos

**Citación:** JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena, GARCÍA-CASTILLO, Luz Ariana, MARTÍNEZ-AGUILAR, María y LÓPEZ-SERRANO, Moises. Parámetros de Calidad en la Producción de Piloncillo en Sabanas Huatusco, Veracruz. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:319-329

### Abstract

The development of panela or brown sugar in México takes place in small factories or mills commonly called rural agribusinesses. The process is usually handmade, it does not have quality control measures such as good manufacturing practices (GMP) and measurement of physicochemical parameters that can be monitored by the producers to ensure the quality and safety of the product. The importance to evaluate these parameters to contribute to a continuous improvement process to obtain a competitive product in the market.

The aim of this study was to determine the quality parameters in each stages of preparation of brown sugar and the final product, by characterizing, monitoring, control and physicochemical analysis of different samples obtained during the process. The results obtained on physicochemical parameters such as humidity, PH, Color Icumsa, ° Brix, Pol, Purity, in the stages of milling or cane juice extraction, concentration of juice or cane syrup and final product, show that they are affected by the degree of maturity and variety of cane used, and the time exposed to high temperature, meladura (cane honey) concentration and adequate filtration process and clarification.

**Brown sugar, piloncillo, physicochemical parameters**

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: magdajh01@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los principales usos de la caña de azúcar son la producción de azúcar en cristales, piloncillo o panela y obtención de forraje. En México la caña de azúcar se produce en diversos, climas, suelos y condiciones culturales.

El azúcar en México tiene una considerable magnitud de mercado, su consumo es generalizado en el ámbito doméstico y tiene una importante demanda en el sector industrial. México se ubica entre los primeros diez países productores y consumidores de azúcar del mundo. Una pequeña parte de la producción de caña de azúcar tiene fines de producción de piloncillo (en el centro y norte del país) también conocido como panela (en el sur), que se obtiene de la concentración y evaporación libre del jugo de la caña. La superficie sembrada con caña de azúcar en México se distribuye principalmente en el estado de Veracruz, donde se cultiva en promedio anual, 253 miles de hectáreas lo que representa el 36.7% del total nacional. Constituye el principal cultivo perenne en el estado y se encuentra establecida en 90 municipios de la entidad en donde se localizan alrededor de 380 trapiches en los diferentes municipios de la zona centro del estado, como son: Huatusco, Comapa, Fortín, Sochiapa, Totutla, Zentla, Atzacan y Paso del Macho. Sin embargo, se obtienen muy bajos rendimientos económicos debido a las deficientes y precarias condiciones de procesamiento, dado que se utilizan prácticas tradicionales y artesanales. (Chávez, 2011; Cortez, 2013; Leano 2013)

## Revisión de Literatura

El cultivo de la caña de azúcar dio origen a un sistema agroindustrial que ocupa un lugar preponderante y trascendente en la actividad económica y social de México.

Esta actividad la iniciaron los conquistadores españoles y actualmente se ha creado toda una tradición productiva donde se cultiva y se procesa la caña en 61 ingenios ubicados en Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz. (<http://www.veracruz.gob.mx>)

La agroindustria cañera es de suma importancia para la economía mexicana, a pesar de la crisis que se ha presentado en los últimos años en nuestro país, la caña de azúcar ha sido una fuente importante de empleo directo e indirecto en las diferentes regiones cañeras del país.

Se estima que la producción de piloncillo en México participa con el 2.3% de la producción nacional de endulzantes provenientes de la caña de azúcar, con un promedio de 115 mil toneladas, si se toma como base, casi 5 millones de toneladas de azúcar producidas al año. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, (<http://teca.fao.org>), reporta un promedio de 36 mil toneladas de producción para el período 1999-2001. La producción nacional de caña se realiza en 683,008 hectáreas que generan 48, 363,316 toneladas de materia prima que abastecen a 58 ingenios o fábricas azucareras localizadas en 15 estados cañeros con productividad de la gramínea donde vive el 13% de la población nacional. Las zonas de abasto abarcan 227 municipios, en los cuales habitan más de 12 millones de personas. Así mismo los coproductos y subproductos de la agroindustria azucarera como son: sacarosa, melazas, bagazo, cachazas y vinazas sirven como insumo para las industrias que fabrican refrescos y bebidas, jugos, néctares, galletas, repostería, licores, papel y cartón, tableros aglomerados, alimentos pecuarios, farmacéutica y la industria alcoholera entre otros.

Que contribuyen de manera importante al desarrollo industrial del país. (Zafranet, 2008; <http://www.siap.gob.mx>)

En los ingenios azucareros, la mano de obra es empleada para la ejecución de las labores de cosecha, transporte y siembra. Influye a su vez en las actividades propias del sector terciario (servicios), proporciona ingresos a la población que formaparte en la economía de esas regiones agroindustriales durante los cinco meses en que se establece la zafra. La agroindustria azucarera veracruzana se compone de 22 ingenios que representan al 36 por ciento de la planta azucarera nacional, los cuales se abastecen de una superficie industrializable de 233 mil 11 hectáreas de caña de azúcar y dan ocupación directa e indirecta a 145 mil personas en campo y 22 mil en fábrica, lo que genera un total de 167 mil empleos. En Veracruz, una población de un millón de personas depende de esta actividad económica (COVECA, 2008). La producción de piloncillo es una fuente de ingreso importante en la región de Huatusco-Fortín, Veracruz, ya que durante todo el año presenta una notable derrama económica para las familias que habitan en esta zona y representa una gran aportación al gasto familiar presentándose la mayor producción de piloncillo en los meses de enero a junio. El número de trabajadores promedio por trapiche es de 12 empleados para un total regional de 2,550 empleos generados, considerando un promedio de cuatro integrantes por familia, aunado a las 213 familias de los propietarios de trapiches, se puede considerar que 11,052 habitantes de la región dependen económicamente de la producción de piloncillo. (Córtez 2013)

Sin embargo, diversos factores amenazan la competitividad de la agroindustria azucarera como actividad económica, como es la baja productividad del campo y la industria, así como los precios internacionales del azúcar.

La sustitución de la sacarosa por jarabes de maíz de alta fructuosa y de edulcorantes sintéticos, la inestabilidad en los precios del petróleo, entre otros.

La estrategia de diversificación debe tener en cuenta el uso eficiente del potencial de la caña de azúcar con el objetivo de incrementar el valor añadido, a partir de tecnologías de vanguardia y la aplicación de la biotecnología, como un complemento de la producción de azúcar. De la cosecha de caña de azúcar y el procesamiento es posible obtener ocho productos y subproductos (sacarosa, etanol, residuos de cosecha, bagazo, melazas, cachaza, vinazas y cenizas de calderas). Sin embargo, la producción industrial de derivados de la caña de azúcar y subproductos no ha mostrado un desarrollo constante y en la industria azucarera mexicana no ha habido un cambio significativo en el patrón de diversificación en las últimas décadas. El problema reside en la ausencia de un modelo nacional de diversificación, la falta de conocimiento y la información factores que constituyen el principal obstáculo para una agricultura de caña de azúcar (sector agrícola), biofábrica (sector industrial) con producción eficiente y sostenible. (Aguilar, 2012)

### Proceso de producción de Piloncillo

Se observó La fabricación del piloncillo en tres trapiches ubicados en la localidad de Sabanas municipio de Huatusco perteneciente a la zona centro de Veracruz, en los cuales el procedimiento de elaboración es artesanal y se realiza de forma empírica. El promedio de producción es de 1300 a 1500 kg por día; la variedad de caña utilizada como materia prima corresponde a CP-290 (Canal Point), CP-2086, pata de fierro, 1210 Y RD. (Chavez 2011)

## Corte

El proceso inicia con el corte y almacenamiento de la caña. Los productores de caña de la zona, tienen como tradición cultural el corte por entresaque. No tienen controles técnicos de medida para determinar en qué época del año se debe cosechar la caña. El corte lo realizan observación de acuerdo a la madurez de la caña azucarera o por la necesidad económica, que los obliga a procesarla antes de tiempo; regularmente el corte se realiza en los meses de Octubre a Mayo. (Chavez 2011)

## Hato y Transporte

Una vez cortada la caña se arrolla, se alza y se transporta en camiones de carga al trapiche, en algunas ocasiones, la caña debe almacenarse en el lugar de corte antes de transportarse. Cuando llega, se prepara en el área de recepción de la materia prima; en algunos casos es almacenada por tiempos prolongados. (Chavez 2011)

## Molienda

En los trapiches la extracción de jugo de caña se realiza mediante compresión física por un molino de masa o rodillo el cual es operado por una persona (molinero), quien se encarga de introducir los rollos de caña de forma manual. También se obtiene un residuo sólido llamado bagazo, el cual aun contiene un alto porcentaje de humedad y sacarosa, es por ello que es llevado por una persona (bagacero verde) junto al área de molienda donde se almacena para su secado de forma natural. Una vez que el bagazo está seco, es llevado por otra persona (bagacero seco) junto a la hornilla y es utilizado como combustible en el mismo proceso de producción.

## Prelimpieza

En esta etapa del proceso se observan diferentes métodos de prelimpieza del jugo crudo uno de ellos es la utilización de mallas de vivero para filtrar y retirar de forma manual todos los residuos sólidos y de mayor tamaño. Otro de los métodos observados es la utilización de tanques a desnivel los cuales sedimentan los lodos y partículas grandes del jugo extraído. Esta separación evita que las sustancias precursoras del color se liberen por efecto del calor y disminuya la cantidad de incrustaciones sólidas de las pailas, aumentando su vida útil y la tasa de transferencia de calor.

El jugo proveniente del prelimpiador pasa al tanque de almacenamiento en donde se sedimentan los lodos que son extraídos por medio de un orificio hacia tanques de lámina negra o acero inoxidable grado alimenticio. (Chavez 2011)

## Clarificación

La siguiente etapa es la clarificación de los jugos que se realiza con el fin de eliminar impurezas en suspensión, las sustancias coloidales y algunos compuestos de color inicialmente por medio de coagulación y posteriormente por floculación, mediante la adición de Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y lechada de cal ( $\text{CaO}$ ). En esta etapa es donde inicia el trabajo de los operarios (Tachero, Pailero y Trapichero). Una vez que se recibe el jugo en el primer tanque este comienza a calentarse y en base a la experiencia del operario, se agrega la cantidad necesaria de Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y la lechada de Cal. Esto para iniciar la separación de impurezas (cachazas) que aun contiene el jugo, las cuales se retiran de forma manual por el operario y se depositan en el tanque de recuperación. (Chavez 2011)

## Concentración y evaporación

En esta etapa del proceso inicia la concentración de jugo la cual se efectúa con la ayuda del horno (constantemente alimentado por bagazo) hasta alcanzar la temperatura necesaria de acuerdo a la experiencia del pailero. Se cuenta con tres pailas donde el jugo empieza a evaporarse hasta obtener una consistencia viscosa (meladura o mieles)

En algunos trapiches agregan complementos para ayudar a dar la consistencia a la meladura como es la adición de panela, azúcar y agua. Durante esta etapa se han alcanzado altas temperaturas aproximadamente 120 a 128 °C y una concentración de 65 a 70 °Brix , razón por la cual operario mantiene en constante movimiento la meladura para evitar que se adhiera en el fondo de la paila y si esto sucede debe agregarse la cantidad necesaria de grasa de origen animal (cebo). (Chavez 2011; Mosquera 2007)

## Enfriamiento

En uno de los trapiches la meladura se vacía de forma manual por dos personas a una paila, la cual se acciona con aspas giratorias, permitiendo su enfriamiento dejándola lista para el moldeo. Esta operación la realizan de acuerdo a la experiencia pues no tienen definido el tiempo que debe permanecer en la paila giratoria. En otros trapiches el vaciado de la meladura se realiza por medio de gravedad y mediante un canal de acero inoxidable se vierte hacia la batidora. Una vez que el pailero le da el punto correcto a la meladura según su experiencia, se procede al llenado de los moldes de madera los cuales han sido previamente lavados con agua para evitar que se adhiera la meladura que formara el piloncillo.

El llenado de los moldes se realiza de forma manual por parte de los operarios, (Banquero) Estos son colocados en anaqueles rústicos durante aproximadamente 15 minutos para que solidifiquen y posteriormente se desmoldan en planchas de cemento.

## Empaque y almacenamiento

Cuando la panela se ha secado y enfriado, se procede a empacar en cajas de cartón por uno o dos operarios dependiendo de la producción obtenida. Una vez empacada la se pesa el producto final y posteriormente se almacena en la bodega. (Chavez 2011)

## Metodología

En el presente trabajo se estableció una metodología en la medición de los distintos parámetros fisicoquímicos, como Humedad, PH, Color Icumsa, °Brix, Pol, Pureza, etc., que contribuyan a asegurar la calidad del piloncillo producido en la zona centro del estado de Veracruz.

## Toma de muestras para análisis

Las muestras se tomaron de tres trapiches ubicados en la localidad de Sabanas municipio de Huatusco, Veracruz. Para su identificación se denominaron como Trapiche 1, 2 y 3.Trapiche 1. Ubicado en la Manzana el Cantillo. Trapiche 2. Ubicado en la Manzana Tejerías.Trapiche 3. Ubicado en la Manzana la Esperanza. Se obtuvieron muestras por triplicado de diferentes puntos que son claves en el proceso de elaboración de piloncillo. Las muestras de jugo fueron tomadas en la etapa de extracción (molinos), la meladura del área de concentración y las muestras de piloncillo del área de producto terminado.

El jugo se depositó en frascos de plástico limpio y seco y se refrigeró a 4°C para evitar que se degradara y perdiera propiedades importantes para su posterior análisis. Se tomó una muestra de 4 litros de jugo de la etapa de concentración, el cual se enfrió a “baño María” para ser envasado en frascos nuevos de plástico. Se tomaron muestras de 1 kg de piloncillo una vez enfriado y desmoldado y se colocaron en bolsas de plástico esterilizadas hasta completar 3 muestras.

### Análisis de parámetros fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos de cada muestra se realizaron de acuerdo a los métodos indicados en las normas oficiales mexicanas que se mencionan a continuación:

NMX-F-275(1992) Determinacion de grados Brix en muestras de jugo de especies vegetales productoras de azúcar - sólidos y peso específico (metodohidrométrico) - metodo de prueba.

NMX-F-271(1991) Determinacion de pol (sacarosa aparente) en muestras de jugos de especies vegetales productoras de azúcar - metodo del peso normal.

NMX-F-266(2012) Determinación del pH en muestras de jugos de caña de azúcar, meladura y mieles.

NMX-F-235-1991 Determinación de pol (sacarosa aparente), en muestras de meladura, masa cocida, mieles, lavados y miel final.

NMX-F-079(2012) Determinación de la polarización a 20 °C

NMX-F-526(2012) Determinación de color por absorbancia en azúcares.

NMX-F-294 (2011) Determinación de humedad en muestras de azúcares cristalizados.

### Determinación de ° Brix en jugo de caña

Se utilizaron Hidrómetros Brix certificados, con escalas de 0 a 10, 10 a 20 y de 20 a 30° Brix y Termómetros certificados, con escala en grados Celsius.

### Determinación de Pol en jugo de caña

Para la determinación de Pol en jugo de caña se utilizó un sacarímetro electrónico digital (Autopol), con escala en grados S. Se pesaron 26 g de muestra, previamente homogeneizada. Posteriormente la muestra se coloca en la capsula y se Transfirió cuantitativamente a un matraz Kohlrausch de 100 ml y se aforo con agua destilada manteniendo el contenido a 20 °C. Se agregó subacetato de plomo a la muestra. Se colocó la muestra en vaso de precipitado de 250 ml desecharlo los primeros 25 ml del filtrado. Se enjuagó dos o tres veces con la solución filtrada el tubo polarimétrico de 200 mm, y posteriormente se llenó con la solución restante para efectuar la lectura.

### Determinación de ° Brix en Meladura

Se llenó una probeta de 100 cm<sup>3</sup> con la muestra eliminando la espuma y se dejó en reposo durante 20 minutos hasta la eliminación total de las burbujas de aire ocluido. Se Introdujo cuidadosamente el hidrómetro Brix, de tal manera que el vástago se sumerjó un centímetro de la posición en que debe permanecer estable, flotando libremente. Se Tomó la temperatura de la muestra. Se Corrigió por temperatura la lectura observada, empleando para el efecto la tabla “Correcciones por temperatura a lecturas de hidrómetro °Brix”.

### Determinación de pH en Meladura

Se virtieron 150 ml de una muestra homogénea de la meladura en vaso de precipitado y se midió el pH con potenciómetro con ajuste automático de temperatura.

### Determinación de Pol a 20 °C en Piloncillo

Se tomaron 26 g de muestra de azúcar en una cápsula y se transfirió a un matraz Kohlrausch de 100 ml enjuagando con agua destilada hasta un volumen aproximado de 80 ml. La muestra se agitó hasta la disolución total a una temperatura de 20 °C, para lo cual se colocó en baño de agua. Posteriormente la muestra se aforo a un volumen de 100 ml con agua destilada y se agitó hasta la formación completa del precipitado, se filtró y se desecharon los primeros 25 ml del filtrado. El tubo del polarímetro se enjuagó con la solución de azúcar en las dos terceras partes de su capacidad, aproximadamente; luego se llenó con esta solución a 20 °C evitando la presencia de burbujas de aire. El tubo se colocó en el polarímetro, se realizaron tres determinaciones a 20 °C y se registró la lectura.

### Determinación de Color por Absorbancia en Azúcares (Piloncillo)

Se preparó una solución con 50 g de la muestra de piloncillo y 50 g de agua destilada, disolviendo y agitando a temperatura ambiente.

La solución se filtró al vacío utilizando una membrana filtrante de 0.45µm; la solución filtrada se desairó durante una hora a temperatura ambiente en un baño ultrasónico durante un minuto.

Posteriormente las muestras se leyeron en espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm.

### Determinación de Humedad en muestras de Azúcares Cristalizados (piloncillo).

Para determinar el contenido de humedad superficial en muestras de azúcares cristalizados se colocaron 10 g de cada una en cápsulas previamente secadas en horno a 105°C y a peso constante.

Posteriormente las muestras colocadas en las cápsulas se pesaron en balanza analítica y se colocaron en la estufa durante 3 horas para secarlas. Nuevamente se pesaron para determinar la pérdida de peso durante el secado. La pérdida de peso expresó como por ciento de la masa original de las muestras.

### Resultados

Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos realizados en las diferentes muestras de jugo crudo de caña, meladura y piloncillo, se muestran en las siguientes tablas.

| DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS<br>EN JUGO DE CAÑA |             |       |        |
|---|-------------|-------|--------|
|   | PARAMETROS  |       |        |
|   | GRADOS BRIX | % POL | PUREZA |
| <b>TRAPICHE 1</b>                                 |             |       |        |
| MUESTRA NO. 1                                     | 17.64       | 13.72 | 77.778 |
| MUESTRA NO. 2                                     | 17.75       | 13.98 | 78.761 |
| MUESTRA NO. 3                                     | 17.98       | 13.97 | 77.697 |
| <b>TRAPICHE 2</b>                                 |             |       |        |
| MUESTRA NO. 1                                     | 18.84       | 16.47 | 87.420 |
| MUESTRA NO. 2                                     | 18.96       | 16.44 | 86.709 |
| MUESTRA NO. 3                                     | 18.86       | 17.14 | 90.880 |
| <b>TRAPICHE 3</b>                                 |             |       |        |
| MUESTRA NO. 1                                     | 18.06       | 15.91 | 88.095 |
| MUESTRA NO. 2                                     | 18.34       | 15.57 | 84.896 |
| MUESTRA NO. 3                                     | 17.58       | 16.39 | 93.231 |

**Tabla 1** Determinaciones fisicoquímicas en jugo de caña

| DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS EN MELADURA |             |       |        |      |               |
|--|-------------|-------|--------|------|---------------|
|  | PARAMETROS  |       |        |      |               |
|  | GRADOS BRIX | % POL | PUREZA | PH   | % EVAPORACION |
| <b>TRAPICHE 1</b>                          |             |       |        |      |               |
| MUESTRA NO. 1                              | 73.78       | 55.81 | 75.644 | 5.06 | 76.09         |
| MUESTRA NO. 2                              | 72.1        | 54.32 | 75.340 | 5.07 | 75.38         |
| MUESTRA NO. 3                              | 71.1        | 55.96 | 78.706 | 5.09 | 74.71         |
| <b>TRAPICHE 2</b>                          |             |       |        |      |               |
| MUESTRA NO. 1                              | 75.54       | 55.69 | 73.723 | 5.48 | 75.06         |
| MUESTRA NO. 2                              | 75.24       | 55.99 | 74.415 | 5.51 | 74.80         |
| MUESTRA NO. 3                              | 75.28       | 55.17 | 73.286 | 5.50 | 74.95         |
| <b>TRAPICHE 3</b>                          |             |       |        |      |               |
| MUESTRA NO. 1                              | 74.6        | 59.23 | 79.397 | 5.40 | 75.79         |
| MUESTRA NO. 2                              | 74.74       | 58.69 | 78.526 | 5.41 | 75.46         |
| MUESTRA NO. 3                              | 74.82       | 58.56 | 78.268 | 5.41 | 76.50         |

Tabla 2 Determinaciones fisicoquímicas en meladura

| DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS EN PILONCILLO |            |       |         |
|--|------------|-------|---------|
|  | PARAMETROS |       |         |
|  | % POL      | COLOR | HUMEDAD |
| <b>TRAPICHE 1</b>                            |            |       |         |
| MUESTRA NO. 1                                | 70.96      | 13834 | 1.449   |
| MUESTRA NO. 2                                | 71.00      | 14466 | 2.231   |
| MUESTRA NO. 3                                | 70.2       | 14690 | 2.050   |
| <b>TRAPICHE 2</b>                            |            |       |         |
| MUESTRA NO. 1                                | 67.98      | 32032 | 0.637   |
| MUESTRA NO. 2                                | 68.78      | 37727 | 0.917   |
| MUESTRA NO. 3                                | 69.07      | 32165 | 0.784   |
| <b>TRAPICHE 3</b>                            |            |       |         |
| MUESTRA NO. 1                                | 71.9       | 12061 | 1.043   |
| MUESTRA NO. 2                                | 71.22      | 12759 | 1.354   |
| MUESTRA NO. 3                                | 71.94      | 12841 | 1.189   |

Tabla 3 Determinaciones fisicoquímicas en piloncillo

Como puede observarse en la tabla no.1, los valores obtenidos para las muestras de jugo de caña del trapiche 1 son inferiores en los parámetros analizados, grados Brix, % de polarización y grado de pureza, respecto a los valores obtenidos en las muestras de los trapiches 2 y 3, lo cual es debido a la variedad y calidad de caña utilizada (CP caña point, RD y pata de fierro). Además de no contar con la madurez fisiológica requerida para realizar el corte y procesarla.

Las muestras del trapiche 2 presentan un mayor % de polaridad y de pureza, lo cual puede atribuirse a la calidad y la madurez fisiológica de la caña de azúcar utilizada, además de no exponer a temperatura ambiente por largos períodos la materia prima en el área de recepción. En relación a los valores de pH obtenidos en las muestras del trapiche 1 son inferiores a los que se observan para los otros dos trapiches y que de acuerdo a los datos reportados se ha determinado que el pH óptimo del jugo de caña para obtener panela de calidad debe estar entre 5.6 y 5.8 evitando así la formación de azúcares reductores, favorecer la clarificación, y facilitar la descachazada (Mosquera, 2007).

Respecto a los valores de los parámetros analizados en las muestras de meladura, reportados en la tabla 2, se observa en los resultados obtenidos en el análisis de °Brix en meladura (jugo concentrado que fue evaporado entre el 75 al 80 % del contenido de agua) en el cual el trapiche 1 tiene menos °Brix en comparación con el trapiche 2 y 3. Al comparar los resultados con el parámetro que establece la norma NMX-F-266-SCF-2012 donde la meladura tiene un valor de 55 a 65 °Brix, se considera que la meladura utilizada para panela presenta una mayor concentración en azúcares, por ser un producto en estado más puro obteniendo un parámetro de 70 a 76 °Brix. Los resultados en Pol del trapiche 3 son más altos en comparación con el trapiche 1 y 2. Se observa que en el trapiche 2 existe menor pureza debido a que durante el proceso de concentración se agregó agua y panela (en estado deteriorado), lo cual también se refleja en los % de Polaridad con respecto a las muestras del trapiche 3 y repercute en la calidad del producto final (color). Siendo las muestras del trapiche 3 las que presentaron valores más altos en cuanto al % de Polaridad y Pureza.

En relación al pH considerando como referencia un parámetro ya establecido en un proceso azucarero presenta valores de 5.8 – 6.3, los resultados obtenidos son similares, a diferencia del trapiche 1, que presenta valores de pH bajos, lo cual depende de factores como la temperatura y el tiempo que se utiliza para obtener la concentración y clarificación de meladura, etapa del proceso en que se agrega CaO (lechada de cal), así como de la madurez fisiológica de la materia prima.

En otros estudios se ha observado que clarificar el jugo a una temperatura aproximada de 60°C favorece que el clarificante actúe eficientemente, lo cual permite que se acelere la velocidad de movimiento de las partículas presentes en el jugo facilitando la eliminación de impurezas. Se ha reportado en algunos casos la necesidad de realizar una segunda adición de clarificante a una temperatura entre 75 y 85 °C (Ortega, 2004).

Las determinaciones realizadas en muestras de piloncillo en la tabla no. 3, muestran los resultados del % de Polaridad y se observa que los valores del trapiche 2 son menores respecto a los valores de los trapiches 1 y 3, debido a la concentración de azúcares que está influida por los factores temperatura y tiempo en el proceso de concentración y clarificación de la meladura. En relación a los valores obtenidos en el color del piloncillo. Se observa que las muestras del trapiche 2 en promedio corresponden a 32.165 UI y difieren de los valores obtenidos en los trapiches 1 y 3 los cuales presentan en promedio valores de 14466 y 12,061 UI respectivamente. Lo cual indica que la panela del trapiche 2 presenta un color oscuro y es considerada en el mercado como un producto de tercera calidad. El piloncillo de los trapiches 1 y 3 presentan un color claro y se considera de primera calidad. De manera que el atributo de color es un factor importante que determina su precio en el mercado.

En cuanto a los valores de humedad de las diferentes muestras, se observa que el piloncillo del trapiche 1 presenta una humedad de 2.231 % y el trapiche 3 de 1.189 % siendo el piloncillo del trapiche 3 el de mayor humedad al compararla con el trapiche 2 que es de 0.637% lo cual es debido a las altas temperaturas y al tiempo de cocción a que es procesada la meladura, aunado al hecho de que se agrego una cantidad variable de agua y panela almacenada, en el mismo proceso. Este parámetro es importante para el productor debido a que es uno de los índices de calidad más apreciado en el mercado.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que las características fisicoquímicas del jugo de caña, como son: °Brix, Pol y Pureza, dependen de la madurez y variedades utilizadas como materia prima en los trapiches mediante lo cual es posible determinar los rendimientos del producto final. En cuanto a la Meladura las características fisicoquímicas °Brix, Pol, Pureza y pH están determinados por el tiempo de proceso y las elevadas temperaturas de concentración. En cuanto a las características fisicoquímicas del Piloncillo como son Color, Humedad y Pol depende de un adecuado proceso de filtración y clarificación.

Por otra parte, la falta de control y de equipos para realizar el monitoreo en cada una de las etapas del proceso en los trapiches, dan como resultado que el producto final no cuente con los estándares de calidad e inocuidad requeridos para lograr productos competitivos en el mercado de piloncillo.

Los resultados obtenidos en este trabajo aplicando técnicas analíticas para evaluar la calidad del piloncillo, meladura y jugo de caña, servirán como referencia y contribuirán a que los productores consideren realizar los análisis necesarios en cada etapa del proceso.

Logrando estandarizar las condiciones de operación y obtener productos de calidad,

En el área de recepción de materia prima se recomienda disminuir el tiempo de estadía de la caña en las instalaciones de los trapiches antes de la molienda, puesto que el sol deshidrata el tallo generando acidificación de los jugos y aceleración de inversión de la sacarosa en azúcares reductores. Esto afecta en el rendimiento para °Brix en jugo y Pol en caña pues la sacarosa (Pol) suele ser menor a los resultados esperados,

Para mejorar la extracción de los jugos de caña se recomienda calibrar los molinos, esto ayudara a obtener mejor eficiencia en su molienda y disminuir la perdida de jugo y un menor contenido de humedad en bagazo.

El jugo de la caña obtenido del molino debe permanecer el menor tiempo posible en el tanque de almacenamiento para evitar que los jugos se acidifiquen y se degrade la sacarosa, y evitar que se utilice una mayor cantidad de cal para su neutralización.

Para garantizar un proceso eficiente de eliminación de impurezas del jugo, se debe adecuar un prelimpiador que garantice una buena separación de impurezas, como puede ser el uso de mallas de diferentes tamaños y tanques de sedimentación a desnivel, pues estas impurezas son precursoras del color en jugo y permanecen en el producto final

Cuando se presenten jugos con pH bajos se debe adicionar lechada de cal grado alimenticio o cal, preparando soluciones acuosas en concentraciones adecuadas.

En la evaporación y concentración de los jugos se debe realizar en un corto lapso. De esta manera, se disminuye el desdoblamiento de azúcares reductores en esta etapa.

Promoviendo así la inversión de azúcares por las altas temperaturas (mayores a 100°C), lo cual afecta al producto final en la consistencia, Humedad, Color y Polaridad.

## Referencias

Aguilar-Rivera Noé (2012) Paradigma de la Diversificación de la Agroindustria Azucarera de México UAEM (59), 187-213

Bravo Ortega, Yoldi Sugey (2004) Determinación y Análisis de las Variables que Afectan la Calidad de la Panela en el Trapiche Comunitario El Porvenir Perteneciente a la Asociación de Productores y Comercializadores de Santander de Quilichao, para Presentar Alternativas de Solución. Santander de Quilichao, Cauca, Colombia. 85 p.

Chavez Campos A. Cristina (2011) Caracterización Fisicoquímica del Producto Final en el Proceso de Producción de Piloncillo, 83 P. Trabajo de Grado (Ingeniero Químico) Facultad de Ciencias Químicas Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz.

Cortes Bazan Daniela 2013 Tipología de Trapiches y Propuesta de Innovación en el Proceso de Elaboración de Piloncillo en la Región Huatusco-Fortín, Veracruz. 155 p. Trabajo de grado (Ingeniero en Industrias Alimentarias). Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

COVECA (2008) Recuperado el 18 de abril de 2013  
<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/page/covecainicio/imag>

Leano Baizabal Miguel Angel (2013) Cadena Agroalimentaria de la Caña de Azúcar en el Estado de Veracruz. 70 p. Trabajo de Grado (Licenciado en Agronegocios Internacionales) Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Veracruzana.

Mosquera, Silvio A., Carrera, Jorge E. y Villada, Héctor S. (2007) Variables que afectan la Calidad de la Panela procesada en el Departamento del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. Vol. 1 (1) 27

NMX-F-079-SCFI-2012 Industria Azucarera y Alcoholera - Determinación de la polarización a 20 °C. Sugar and alcohol industry - determination of the Polarization to 20 °C.

NMX-F-235-SCFI-2012 Industria Azucarera y Alcoholera - Determinación de pol (sacarosa aparente), en Muestras de meladura, masa cocida, mieles, Lavados y miel final. (CANCELADA LA NMX-F-235-1991) Sugar and alcohol industry - pol's determination (apparent sucrose), in samples of syrup, cooked Mass, honeys, washes and final honey.

NMX-F-266-SCFI-2012 Industria Azucarera y Alcoholera - determinación del ph en muestras de jugos de caña de azúcar, meladura y mieles. Sugar and alcohol industry - determination of ph On samples from sugar cane juices, syrup and Molasses.

NMX-F-271-1991 Industria Azucarera - Determinación de pol (sacarosa aparente) en muestras de jugos de especies vegetales productoras de azúcar - método del peso normal. Sugar industry - determination of pol (apparent saccharose) in juice samples of vegetal species which produce sugar - standard weight method.

NMX-F-275-1992 Industria Azucarera - Determinación de grados Brix en muestras de jugo de especies vegetales productoras de azúcar - sólidos y peso específico (metodohidrométrico) - método de prueba. Sugar industry - determination of brix grades in samples of vegetables species producers of juice sugar - solids and specific gravity (hidrometric) - method of test.

NMX-F-294-SCFI-2011 Industria Azucarera y Alcoholera - Determinación de humedad en muestras de Azúcares cristalizados. Sugar and alcohol industry - determination of Dampness in samples of crystallized sugar.

NMX-F-526-SCFI-2012 Industria Azucarera y Alcoholera - determinación de color por absorbancia en azúcares (cancela a la nmx-526-1992). Sugar and alcohol industry - determination of color by absorbance sugar.

ZAFRANET. (2008) Recuperado el 4 de Marzo de 2013, de ZAFRANET: [www.zafranet.com](http://www.zafranet.com)

<http://www.origendelpiloncillo.blogspot.com.R> recuperado el 14 de Noviembre de 2014

[http://teca.fao.org/sites/default/files/technology\\_files/T1639.pdf](http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/T1639.pdf). Recuperado el 23 de Octubre de 2014

<http://www.veracruz.gob.mx/monografia-piloncillo> Recuperado el 25 de Noviembre de 2014

<http://www.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/caña/Descripcion2008.pdf> Recuperado el 15 de Enero de 2015

## Propiedades ópticas de un mucílago

RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos\*†, GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela, HERRERA-DÍAZ, Israel Enrique y VELOZ-GARCÍA, Rafael Alejandro

Departamento de Ing. Agroindustrial, DCSI, Universidad de Guanajuato. Río Lerma S/N C.P. 38060, Celaya, México.

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

El nopal es una cactácea ampliamente conocida por sus propiedades nutricionales. Sin embargo, esta noble planta posee otros beneficios que pueden ser aprovechados en aplicaciones no-convencionales. El objetivo de este trabajo es investigar las propiedades ópticas del mucílago de nopal para obtener un conocimiento más profundo y detallado acerca de las posibles aplicaciones no-alimentarias de este material orgánico. En este trabajo fueron investigadas propiedades ópticas tales como la absorbancia y la reflectancia del mucílago en polvo en las longitudes de onda de 200 a 1300 nm. Adicionalmente, varias muestras de filtros solares comerciales fueron analizadas en la misma banda con la intención de comparar sus propiedades con las del mucílago. También discutimos la factibilidad de emplear el mucílago como ingrediente activo único en filtros solares orgánicos debido a sus características ópticas. Finalmente, comentamos acerca de la limitada utilidad del factor de protección solar como medida de la eficacia de los filtros solares.

### Material Orgánico, Mucílago, Propiedades Ópticas

**Citación:** RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, GÓMEZ-LUNA, Blanca Estela, HERRERA-DÍAZ, Israel Enrique y VELOZ-GARCÍA, Rafael Alejandro. Propiedades ópticas de un mucílago. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:330-335

### Abstract

Opuntia is a cactaceae widely known because of its nutritional properties. However, this distinguished plant have other benefits that may be used in non-conventional applications.

The aim of this work is to research the optical properties of a mucilage to obtain a deeper and more detailed knowledge about possible non-alimentary applications of this organic material. In this work, we investigate some optical properties such as the absorbance and reflectance of a powdered mucilage in wavelengths ranging from 200 to 1300 nm. In addition, samples of commercial sunscreens were analyzed in the same band to compare their optical properties with those of the mucilage. We also discuss about the feasibility of employing this mucilage as a unique active ingredient in organic sunscreens because of its optical characteristics. Finally, we comment on the limited usefulness of the sun protection factor as a measure of sunscreen's efficacy.

**Organic material, Mucilage, Optical properties**

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jcramirez@ugto.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad, cada vez más personas están preocupadas por los daños a la salud y el medio ambiente causados por el uso excesivo de productos químicos. Ahora existe una marcada tendencia hacia el consumo de productos orgánicos que son elaborados de manera sustentable para uso alimenticio y no-alimenticio. El consumo de productos orgánicos en parte busca minimizar los efectos dañinos de los productos químicos que son usados en la fabricación de artículos de uso diario.

Por otra parte, los dermatólogos recomiendan la aplicación regular de filtros solares en la piel para evitar daños tales como el envejecimiento prematuro, manchas, eritemas y cáncer, entre otros (1,2). Sin embargo, el uso continuo y prolongado de filtros solares de origen químico (como la mayoría de los filtros solares comerciales) puede traer consigo efectos secundarios debido a que la piel puede absorber compuestos químicos que podrían producir una lenta pero progresiva intoxicación del organismo humano (3).

Aquí buscamos un material orgánico que pueda ser utilizado en la fabricación de filtros solares más saludables y más amigables con el medio ambiente. El material de origen natural que seleccionamos para este estudio es el mucílago de nopal debido a su inocuidad, alta disponibilidad, bajo costo de producción y sencillez de extracción.

El nopal es una cactácea que se caracteriza por cladodios planos y ovalados que generalmente están cubiertos por espinas o grupos de gloquidios. El nopal tiene un alto contenido de humedad que varía del 90.0 al 92.5%. Su contenido mineral incluye principalmente calcio y potasio, en adición al óxido de silicio, sodio y cantidades marginales de hierro, aluminio y magnesio (4).

Esta noble planta tiene una gran capacidad de adaptación debido a que ha desarrollado características fenológicas, fisiológicas y estructurales que le permiten sobrevivir en condiciones adversas. Debido a lo anterior, el nopal no requiere de condiciones ambientales muy específicas, ni de cuidados minuciosos ya que es muy tolerante a las sequías, temperaturas extremas, suelos con bajo contenido de nutrientes y materia orgánica, plagas, fertilización deficiente y a métodos de riego inadecuados.

En años recientes, el nopal y sus derivados han sido sugeridos como remedios o auxiliares en el tratamiento de enfermedades como la arterioesclerosis, infecciones, úlceras gástricas, diabetes mellitus Tipo II y para controlar los niveles de colesterol y triglicéridos. Además, se ha incrementado el uso del nopal en la elaboración de cosméticos debido a que su mucílago es un hidrocoloide capaz de retener humedad (4).

En este trabajo presentamos hallazgos derivados del estudio de las propiedades ópticas de un mucílago y proponemos una aplicación no-convencional para este material de origen orgánico. Con este propósito, determinamos la absorbancia y la reflectancia de este mucílago en las regiones ultravioleta (UV), visible e infrarroja (IR) cercana del espectro electromagnético. Adicionalmente, la absorbancia y la reflectancia de este mucílago son comparadas con las de varios filtros solares comerciales. También discutimos la factibilidad de usar este mucílago como ingrediente activo único en filtros solares de tipo orgánico debido a su espectro de absorción. Finalmente, comentamos acerca de la utilidad del factor de protección solar (FPS) como parámetro de referencia para comparar la eficacia de los filtros solares para la piel.

## Métodos y materiales

Para realizar la extracción del mucílago a partir del nopal seguimos un procedimiento previamente reportado en la literatura (5). A través de este procedimiento obtuvimos un mucílago en la forma de un polvo seco y fino de color blanco como el mostrado en la Fig. 1.



Figura 1 Polvo de Mucílago de Nopal.

Después, determinamos algunas de las características ópticas del polvo de mucílago. Esta caracterización consistió en la medición de la absorbancia y la reflectancia del mucílago en las regiones UV, visible e IR cercano. El análisis fue realizado con un espectrómetro Perkin Elmer® Lambda 900 que incorpora una esfera integradora de 60 mm. Este espectrómetro de doble haz es sensible a longitudes de onda (nm) de 185 a 3300 nm en incrementos de 1 nm y tiempo de integración de 0.12 s. La Fig. 2 muestra la configuración de este espectrómetro.

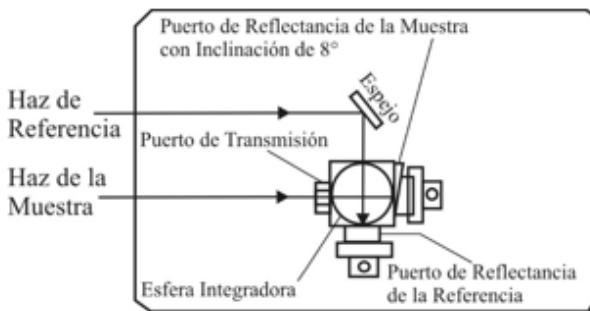


Figura 2 Configuración del espectrómetro.

Previo a la medición, realizamos una corrección de fondo con el espectrómetro. Para esto, colocamos un estándar de reflexión difusa en el puerto de reflectancia de referencia del espectrómetro, mientras que un estándar de reflectancia difusa calibrado fue colocado en el puerto de reflectancia de la muestra. Una inclinación de 8° fue usada en la montura de la muestra para incluir la reflexión especular. Luego, realizamos un barrido de 200 a 1300 nm para obtener una línea-base (B) adimensional. En cada  $\square$  la línea-base está definida como:

$$B = \frac{E_s R_s}{E_r R_r}, \quad (1)$$

Donde  $E_s$  y  $E_r$  son las energías de los haces de la muestra y de la referencia, mientras que  $R_s$  y  $R_r$  son los factores de reflectancia del estándar calibrado y del no-calibrado, respectivamente. Luego, llenamos un recipiente de cuarzo con el mucílago y lo colocamos en el puerto de la reflectancia de la muestra. Realizamos el escaneo de la muestra en el mismo intervalo que la línea-base. Después, calculamos el cociente S como:

$$S = \frac{E_s R_u}{E_r R_r}, \quad (2)$$

Donde  $R_u$  es el factor de reflectancia de la muestra. La reflectancia medida de la muestra  $R_m$  está definida como la razón de S a B,

$$R_m = \frac{S}{B} = \frac{R_u}{R_r}. \quad (3)$$

Entonces, en cada longitud de onda el factor de reflectancia  $R_u$  del mucílago es calculado como el producto de la reflectancia medida y la reflectancia del estándar calibrado,

$$R_u = R_m R_r. \quad (4)$$

Por lo tanto  $R_u$  es la reflectancia corregida de la muestra de mucílago.

Para las mediciones de absorción empleamos el espectrómetro en modo de absorción. Medimos la intensidad ( $I_0$ ) del haz de referencia y la intensidad ( $I$ ) del haz transmitido a través del mucílago en cada  $\square$ . La absorbancia ( $A$ ) es calculada como con  $A$  en unidades de absorbancia (u.a.).

$$A = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right), \quad (5)$$

Adicionalmente, varias muestras de filtros solares comerciales fueron analizadas para comparar sus características ópticas con las del mucílago. Estos filtros solares son cremas de tipo químico comercializadas por las marcas Nivea®, Hawaiian Tropic® y Cicatricure® con FPS de 60, 80 y 110, respectivamente. Llenamos recipientes de cuarzo con muestras de los filtros solares y los colocamos en el puerto de la esfera integradora para su análisis.

## Análisis de resultados

Medimos la absorbancia y la reflectancia del mucílago de nopal y de algunos filtros solares comerciales en las regiones UV, visible e IR cercana del espectro electromagnético.

En la Fig. 3(a), el mucílago presenta una fuerte banda de absorbancia con valor pico en 250 nm. El ancho completo a la mitad del máximo de esta banda va al menos de los 200 a los 460 nm. Esta banda cubre las regiones UVC (200–290 nm), UVB (290–320 nm), y UVA (320–400 nm), además de una porción de luz violeta que también puede causar daños en la piel. Por esta razón, este mucílago puede ser clasificado como un material de amplio espectro de absorción. Esta característica del mucílago puede eliminar la necesidad de combinar varios ingredientes activos en un filtro solar para cubrir un amplio espectro.

Más aun, se minimizan los riesgos de sufrir efectos colaterales debidos a la absorción corporal de sustancias tóxicas contenidas en filtros solares de tipo químico.

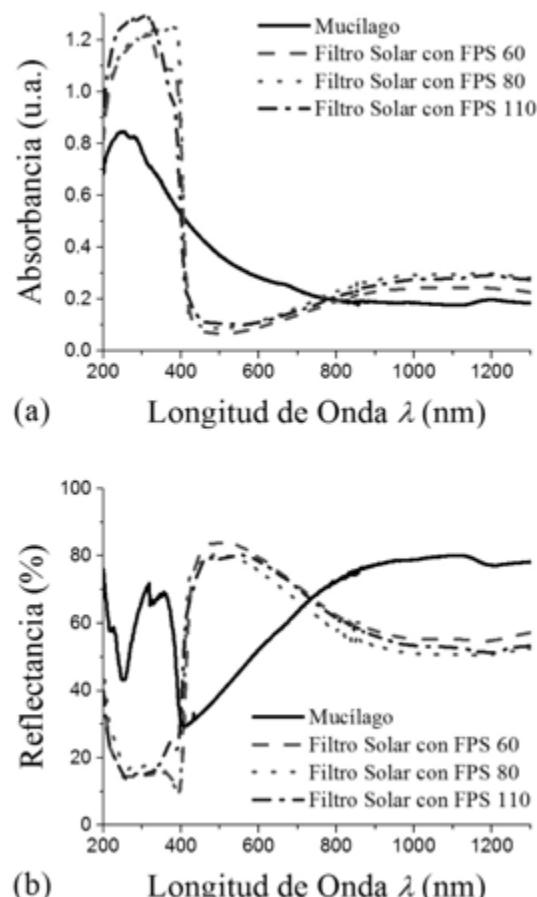


Figura 3 Espectros de absorbancia (a) y de reflectancia (b) del mucílago y de filtros solares con factores de protección solar (FPS) de 60, 80 y 110.

En la Fig. 3(b), el espectro de reflectancia del mucílago tiene un valle local en 250 nm que coincide con el pico de absorbancia. Además, encontramos otro mínimo local de reflectancia en 400 nm. De acuerdo a este espectro de reflectancia, se puede decir que este mucílago posee reflexión parcial de radiación UVB, UVA e IR cercana; esta última entre 780 y 1300 nm. Además, observamos que la reflectancia del mucílago se incrementa con la longitud de onda en la región visible del espectro.

La Fig. 3(a) también muestra los espectros de absorbancia de los filtros solares. Una de las características más interesantes de estos espectros es su notable similitud, aun cuando los filtros solares fueron elaborados por diferentes compañías y con distintos FPS. Otra característica de los espectros mostrados en la Fig. 3(a) es que la absorbancia del mucílago es ligeramente menor que la de los filtros solares en la banda de 200 a 400 nm. Sin embargo, en la Fig. 3(b) se muestra que la reflectancia del mucílago es mayor que la de los filtros solares en la misma banda, proporcionando una protección adicional en contra de la radiación UV. Esto significa que la menor absorbancia del mucílago en el UV puede ser compensada por su mayor reflectancia.

## Discusión

Las propiedades ópticas del mucílago de nopal indican que sería factible elaborar filtros solares con este material orgánico como ingrediente activo único debido a su amplio espectro de absorción en la región UV, reflexión parcial de radiación UVB, UVA e IR cercana; habilidad para retener humedad, e inocuidad. Se requiere más investigación respecto a la substantividad y aspectos cosméticos del mucílago para determinar su desempeño como ingrediente activo en filtros solares para la piel.

También es importante mencionar que recientemente la normatividad Europea fue revisada y modificada para indicar que el máximo FPS permitido en las etiquetas de los filtros solares comercializados en esa región es 50+ (6). En EE.UU. también fue modificada la normatividad en beneficio de los consumidores. Esa normatividad especifica que si un producto es etiquetado con un , entonces se debe incluir una advertencia que diga que no existe evidencia concluyente que indique que estos productos proporcionan mayor protección contra la radiación UV que los filtros solares con (7).

Creemos que esta falta de evidencia está íntimamente relacionada con la ausencia de mejores características ópticas en los ingredientes activos de los filtros solares con, justo como en los filtros solares aquí analizados que tienen prácticamente los mismos espectros de absorbancia y reflectancia, a pesar de sus diferencias en FPS y marca.

Nuestros resultados apoyan el argumento que establece que los filtros solares con no necesariamente proporcionan mayor protección contra la radiación UV en comparación con los filtros solares con dado que el FPS no está directamente asociado a la absorbancia y reflectancia de los ingredientes activos del filtro solar. Por lo tanto, la utilidad del FPS como medida de la eficacia de distintos filtros solares es limitada. Un parámetro más confiable y comprensible para los consumidores debería ser empleado para este propósito.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato y su DAIP, al Centro de Investigaciones en Óptica y al Conacyt por su apoyo a través del proyecto 252-2013.

## Referencias

- Diffey, B. L. (2011). The impact of topical photoprotectants intended for daily use on lifetime ultraviolet exposure. *J Cosmet Dermatol*, 10, 245–250.
- DeFabo, E. C., Noonan, F. B., Fears, T., & Merlino, G. (2004). Ultraviolet B but not ultraviolet A radiation initiates melanoma. *Cancer Res*, 64, 6372–6376.
- Latha, M. S., Martis, J., Shobha, V., et al. (2013). Sunscreening agents: A Review. *J Clin Aesthet Dermatol*, 6, 16–26.

Saenz, C., Berger, H., Corrales-Garcia, J., et al. (2006). Uso Agroindustrial del Nopal. Roma: FAO.

Dominguez-Canales, V. S. I., Zegbe-Dominguez, J. A., Alvarado-Navar, M. D., & Mena-Covarrubias, J. (2011). Extracción y Purificación del Mucílago de Nopal. Zacatecas: INIFAP.

European Commission. (2006). Commission Recommendation of 22 September 2006 on the Efficacy of Sunscreen Products and the Claims Made Relating Thereto. Official J Eur Union L265, 49, 39–43.

Food and Drug Administration. (2011). Sunscreen Drug Products for Over-the-Counter Human Use; Final Rules and Proposed Rules. Federal Register Part IV 21 CFR Parts 201, 310, and 352, 76, 1–47.

## Dinámicas de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante diferentes momentos de recuperación de la fatiga después de ejercicios de tipo anaeróbico y aeróbico

HERNÁNDEZ-CRUZ, Germán\*†, QUEZADA-CHACÓN, José Trinidad, RANGEL-COLMENERO, Blanca Rocío y LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo

Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León avenida universidad s/n, Cd. universitaria San Nicolás de los Garza C.P 66451

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

El Propósito del este estudio fue examinar las dinámicas de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en diferentes tiempos de recuperación en atletas de alto rendimiento posterior a un entrenamiento de alta intensidad. Participaron 18 atletas universitarios de pruebas aeróbicas y pruebas anaeróbicas. La recuperación se analizó a través de la variabilidad de la frecuencia cardiaca con la variable de dominio de tiempo durante 15 minutos en posición supina utilizando el Polar Team2, los registros fueron: antes del entrenamiento, inmediatamente después de terminado el entrenamiento, una hora después, dos horas después y 24 horas posteriores terminado el entrenamiento. Dentro de los resultados se muestran diferencias significativas en el grupo de los anaeróbicos en la MRR ( $p<0.05$ ) en la toma final con respecto a la toma inicial y con la toma de las 48 horas, la rMSSD ( $p<0.05$ ) en la toma final con respecto a la toma en reposo, el pNN50 ( $p<0.05$ ) entre la toma final y la de las 48 horas posterior al entrenamiento. El grupo aeróbico no muestran diferencias significativas entre las tomas en ninguna de las variables. Comparando al grupo aeróbico y al grupo anaeróbico se muestran diferencias significativas en la MRR ( $p<.01$ ) tanto en los atletas aeróbicos como en los anaeróbicos, en la rMSSD hay una diferencia significativa en atletas aeróbicos ( $p<.05$ ) y en los anaeróbicos una diferencia significativa ( $p<.01$ ), en el pNN50 encontramos diferencia significativa ( $p<.01$ ) para ambos grupos. En concordancia con los resultados obtenidos se muestra que los atletas entrenados con metabolismo aeróbico presentan mejor recuperación posterior a una sesión de entrenamiento de alta intensidad.

### Deporte, evaluación, sistema nervioso autónomo

### Abstract

The purpose of this study was to examine the dynamics of heart rate variability at different times of recovery in high performance athletes after a high intensity workout. Involved 18 college athletes with aerobic and anaerobic training. The recovery was analyzed through heart rate variability with variable time domain for 15 minutes in supine position using the Polar Team2, records were before training (rest), immediately after the training (final), an hour later, two hours later and 24 hours after the training. Within results we show significant differences in the group of anaerobic in MRR ( $p < 0.05$ ) in the final measure with respect to the initial measure and 48 hours after, the rMSSD ( $p < 0.05$ ) in final measure with respect to the rest measure, the pNN50 ( $p < 0.05$ ) between the final measure and 48 hours after training. The aerobic group not showed significant difference between any of the variables. Comparing aerobic and anaerobic group we found significant difference in group MRR ( $p < 0.01$ ) in both aerobic and anaerobic athletes, rMSSD shown significant difference in aerobic athletes ( $p < .05$ ) and in the Anaerobic a significant difference ( $p < .01$ ) in the pNN50 we found significant difference ( $p < .01$ ) for both groups. Consistent with the results found, the aerobic metabolism in trained athletes have better recovery after a workout high intensity.

**Sport, assessment, autonomic nervous system**

**Citación:** HERNÁNDEZ-CRUZ, Germán, QUEZADA-CHACÓN, José Trinidad, RANGEL-COLMENERO, Blanca Rocío y LÓPEZ-GARCÍA, Ricardo. Dinámicas de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante diferentes momentos de recuperación de la fatiga después de ejercicios de tipo anaeróbico y aeróbico. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:336-344

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: german.hernandezcrz@uanl.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En deportes como el voleibol, básquetbol y el balonmano los jugadores deben de repetir secuencias de ejecuciones cortas a máxima potencia, como son movimientos cortos (menores de 5 a 25m) con frecuentes cambios de dirección seguidos de movimientos de salto a máxima potencia (Buchheit, 2010). Una de las razones por las que los entrenadores incluyen el entrenamiento aeróbico en deportes como el voleibol es el rango de mejora en la recuperación entre los ejercicios del juego o entre los días de competición (Elliott et. al., 2007).

Los beneficios potenciales de la capacidad aeróbica para el rendimiento deportivo del equipo son numerosos. Aunque los jugadores de deportes de equipo parecen pasar la mayor parte de su tiempo a participar en actividades de baja a moderada intensidad, el éxito defensivo y/o ofensivo a menudo depende de las actividades de intensidad menos frecuentes pero más altas, que involucran combinaciones de carreras cortas de velocidad y saltos.

Estas actividades de alta intensidad plantean exigencias extremas en el sistema energético anaeróbico intermitente durante toda la duración de un juego (Stone & Kilding 2009), estas exigencias se ven reflejadas en las dinámicas de trabajo del sistema nervioso autónomo (SNA). La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) encuentra sus mecanismos de regulación en el SNA (Bricout et. al., 2010), determinado por las variaciones latido a latido de la frecuencia cardiaca, es el resultado de un control dinámico del sistema cardiovascular regulado por la actividad de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático (Biotechnology et. al., 2011).

En los últimos años el interés por el estudio de la VFC ha tomado una importancia relevante para los entrenadores y fisiólogos deportivos como un indicador del rendimiento deportivo. La VFC es un método no invasivo que puede ser utilizado como herramienta para reflejar la actividad del sistema nervioso autónomo (Biotechnology et. al., 2011; Borresen & Lambert, 2008; Boullosa et. al., 2012; Chen et. al., 2011; Makivić et. al., 2013; Plews et. al., 2013b; Sluiter et. al., 2009) y su balance entre el sistema simpático y parasimpático (Bailón et al, 2012). El estatus del sistema nervioso autónomo juega un rol importante en la respuesta al entrenamiento (Kiviniemi et. al., 2007). Las dinámicas de la VFC durante los primeros momentos de la recuperación después del ejercicio se mantienen no del todo claras, probablemente a la utilización de las evaluaciones metodológicas (Kaikkonen et. al., 2007).

Las variaciones en el comportamiento de la VFC se dan a partir del funcionamiento de las dos ramas del sistema nervioso autónomo que son el sistema nervioso parasimpático (SNP) y el sistema nervioso simpático (SNS). Durante la práctica del ejercicio la actividad de SNS se proyecta desplazando el balance del SNA reduciendo la actividad vagal del SNP (Hautala et. al., 2009). Durante la recuperación después del ejercicio el regreso a niveles normales es primeramente por la reactivación del SNP (Williford et. al., 2010).

Recientemente la VFC se ha utilizado para reflejar los cambios en el SNA y se ha sugerido como una herramienta para medir la adaptación al entrenamiento y la fatiga (Slattery & Coutts, 2014). Un análisis de una única serie de entrenamiento mostraron un efecto combinado negativo (fatiga) y positivo (adaptación) en el rendimiento con una predominancia inicial de la fatiga.

Disminuyendo el rendimiento seguido después por un incremento en la adaptación incrementando el rendimiento deportivo (Chalencon et. al., 2015).

Se entiende como fatiga la pérdida de fuerza máxima disponible (Missenard et. al., 2008) en el individuo para seguir realizando las contracciones necesarias dependiendo de la actividad que esté realizando, es un término muy utilizado para describir la disminución en el rendimiento físico asociado con la dificultad real y/o percibida de una tarea o ejercicio (Axel & Anthony, 2011), durante la actividad física se presenta como una incapacidad para mantener el nivel requerido de fuerza.

Programas de entrenamiento de atletas de élite típicamente consisten en períodos de altas cargas de entrenamiento con descanso y recuperación limitados (Plews et. al., 2012). La fatiga es un fenómeno complejo y multifacético que tiene una variedad de posibles mecanismos. Puede ser influenciada por tipo de estímulos, tipo de contracción, duración, frecuencia e intensidad del ejercicio (Halson, 2014). Una respuesta más rápida a la fatiga es reportada en individuos con una incrementada capacidad aeróbica (Vicente-Campos et. al., 2014). La VFC ha sido utilizada para mostrar rasgos de fatiga aguda y también para hacer recomendaciones para una adecuada periodización del entrenamiento (Buchheit et. al., 2013) y de esta manera disminuir los riesgos de baja en el rendimiento deportivo.

Un enfoque de la VFC muestra el potencial para cuantificar el estrés homeostático de una sesión de entrenamiento para medir la recuperación dinámica hacia la homeostasis de descanso al cese del ejercicio (Mann et. al., 2014). Colocándola como un método promisorio para monitorear la adaptación individual al entrenamiento a través de la medición del descanso o su recuperación después del ejercicio (Plews et. al., 2013a).

En la recuperación después de ejercicios con alto nivel de intensidad la VFC cuantifica indirectamente la influencia del SNS y el SNP en el funcionamiento cardiaco, también puede ser una importante herramienta de ayuda en el diagnóstico del estrés y condición cardiovascular en atletas (Mazon et. al., 2013).

La información obtenida a través de la VFC adquiere una metodología fiable sobre las adaptaciones al entrenamiento (Plews, 2013). En deportes como el soccer se ha utilizado para monitorear las sesiones de entrenamiento (Rave, 2010), Bricout (2014) realizó mediciones a través de los métodos de dominio de tiempo y de frecuencia de la VFC en reposo, posterior a un entrenamiento y después de un juego siendo los parámetros de dominio de tiempo los que reflejan cambios en sus valores posterior al estímulo de esfuerzo como lo es el entrenamiento y la competencia. En jugadores de voleibol se monitoreo durante doce semanas de entrenamiento previo a la competición sin encontrar diferencias significativas en los parámetros analizados (Mazon, 2014). Edmonds (2014) monitoreo a un grupo de jugadores de rugby previo a una competencia y posterior a la competencia, evidenciando cambios significativos terminados la competencia comparada con los registros previos a la competencia. Sartor (2013) utilizó la VFC como para medir el nivel de entrenamiento y estado fisiológico de un grupo de gimnastas durante 10 semanas reflejando ser una metodología fiable para medir el nivel de entrenamiento y fisiológico en atletas.

El propósito del estudio fue examinar las dinámicas de la variabilidad de la frecuencia cardiaca a través de las variables de dominio de tiempo en diferentes tiempos de recuperación en atletas representativos de la Universidad Autónoma de Nuevo León posterior a un entrenamiento de alta intensidad.

## Metodología

Se analizaron 18 atletas masculinos (edad  $20.5 \pm 2.54$ ) del equipo representativo TIGRES de la universidad Autónoma de Nuevo León con experticia en competencias nacionales, el primer grupo de 9 atletas correspondía a la disciplina de resistencia y el segundo grupo de 9 atletas eran de la disciplina de velocidad. En relación al propósito del estudio se le pidió al entrenador realizar un entrenamiento de alta intensidad correspondiente al nivel del equipo. Las tomas de VFC se realizaron antes del entrenamiento (reposo), al finalizar el entrenamiento (final), a la hora, dos horas finalizado el entrenamiento y 48 horas posterior del entrenamiento. Se les solicitó a los atletas que realizaran trabajo regenerativo durante las 48 horas posterior a la sesión de entrenamiento para monitorear su recuperación. Todos los sujetos firmaron el consentimiento informado. La VFC se registró durante 15 minutos utilizando el Polar Team 2 en posición supina siguiendo las recomendaciones de la Task Force (1996) quien rige el uso e interpretación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Se utilizó estadística no paramétrica para muestras relacionadas (Friedman) y para muestras independientes (Kruskal Wallis).

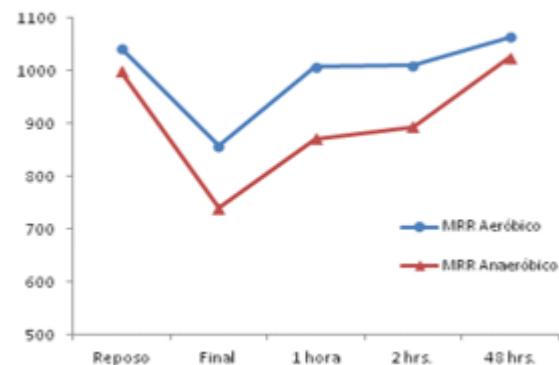
## Resultados

Se presentan los datos descriptivos de los atletas en la tabla 1. En el primer análisis que se realizó fue entre las tomas de cada grupo, para ver si existían diferencias entre las tomas realizadas.

|             | Aeróbicos         | Anaeróbicos      |
|-------------|-------------------|------------------|
| Edad (años) | $21.6 \pm 2.37$   | $20 \pm 2.21$    |
| Peso (Kg)   | $62.63 \pm 4.44$  | $69.48 \pm 6.17$ |
| Talla (cm)  | $169.95 \pm 2.56$ | $175.7 \pm 4.69$ |
| IMC         | $21.71 \pm 1.7$   | $22.48 \pm 1.32$ |
| VO2 máx.    | $63.13 \pm 7.22$  | $60.67 \pm 6.96$ |
| FC máx.     | $187.7 \pm 8.38$  | $194.8 \pm 8.92$ |

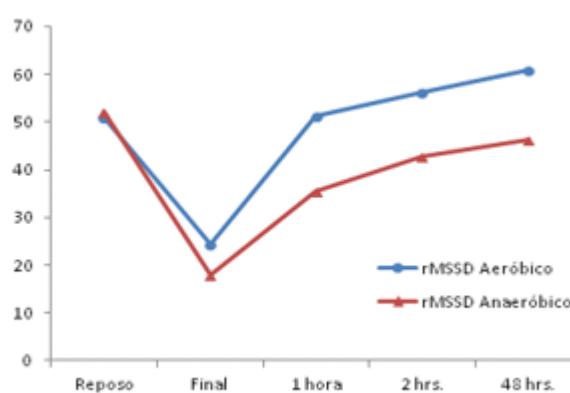
**Tabla 1** Datos descriptivos de los atletas por disciplina.

La dinámica del comportamiento de la MRR del grupo aeróbico (figura 1) no muestra diferencias significativas entre las tomas, sólo en el grupo anaeróbico en la toma final con respecto a la toma inicial ( $p < 0.05$ ) y con la toma de las 48 horas posterior al entrenamiento ( $p < 0.01$ ).



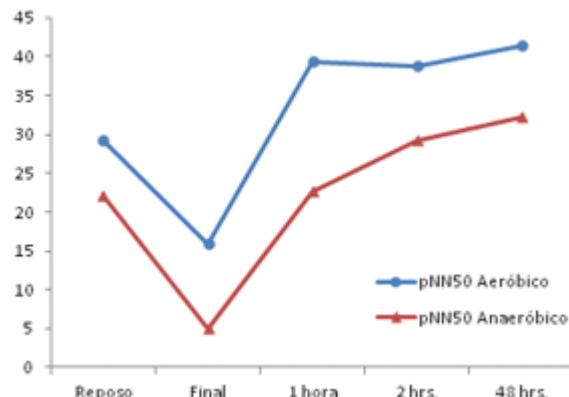
**Figura 1** Dinámica de la MRR del grupo aeróbico y anaeróbico.

El comportamiento de la rMSSD en ambos grupos es presentado en la figura 2, el grupo de los atletas aeróbicos no muestra diferencias significativas entre las tomas, sin embargo el grupo de atletas anaeróbicos muestran diferencias significativas en la toma realizada después del entrenamiento con respecto a la toma en reposo ( $p < 0.05$ ).



**Figura 2** Dinámica de la rMSSD del grupo aeróbico y anaeróbico.

Con respecto a la variable pNN50 solo encontramos diferencia significativa en el grupo de los anaeróbicos entre la toma final y la de las 48 horas posterior al entrenamiento ( $p < 0.05$ ), en el grupo de atletas aeróbicos no se encontraron diferencias entre las tomas.



**Figura 3** Dinámica del pNN50 del grupo aeróbico y anaeróbico.

Posteriormente se realizó un segundo análisis comparando al grupo aeróbico con el grupo anaeróbico en las variables de dominio de tiempo de la VFC, encontrando diferencia significativa en la MRR ( $p < 0.01$ ) tanto en los atletas aeróbicos como en los anaeróbicos, en la variable rMSSD encontramos una diferencia significativa en atletas aeróbicos ( $p < 0.05$ ) y en los anaeróbicos una diferencia significativa ( $p < 0.01$ ), en la variable pNN50 encontramos diferencia significativa ( $p < 0.01$ ) para ambos grupos.

Después del entrenamiento las variables analizadas descienden drásticamente mostrando una recuperación a las dos horas y mejor aún a las 48 horas.

## Discusión

El objetivo principal de este estudio consistía en evaluar las dinámicas de la VFC después de un entrenamiento de alta intensidad en atletas con predominancia de entrenamiento metabólico aeróbica y anaeróbica. Del cual observamos una recuperación más rápida en el grupo de los aeróbicos en comparación con los atletas del grupo anaeróbicos, ya que requieren de más horas para alcanzar valores basales o iniciales de recuperación, un comportamiento similar en otras investigaciones se puede observar por efecto de competencias o entrenamientos (Bricout, 2010).

La falla en el mantenimiento de este equilibrio puede conducir rápidamente a consecuencias no deseadas o en la disminución de la capacidad de rendimiento y recuperación (Buchheit & Parouty, 2010) observándose estos procesos a partir del comportamiento de las dinámicas de recuperación de la VFC. La fatiga posterior a un entrenamiento intenso o una competencia se determina por una combinación de factores centrales y perimetrales. El descenso del rendimiento se observa hacia el final de un entrenamiento o competencia surgiendo a partir de la combinación de varios componentes que implican mecanismos del SNC para la producción de energía de la propia célula muscular (McCall et. al., 2012) y de la regulación de la VFC a partir de mecanismos del SNA.

Seiler et. al., (2007) menciona que atletas altamente entrenados en resistencia mejoran en la recuperación posteriores a 5 minutos a terminado el ejercicio intenso mostrando una tendencia hacia el incremento de la recuperación del SNA.

Merati et. al., (2014) utilizaron las variables pNN50 y la rMSSD como indicadores del comportamiento de la actividad parasimpática, con la finalidad de analizar las diferencias antes del entrenamiento y después del entrenamiento, resultando estos indicadores significativamente altos después del entrenamiento comparado con el valor basal o antes del entrenamiento.

Nunan (2010) comparó los valores de la rMSSD en 33 sujetos saludables en ejercicios aeróbicos buscando los cambios en la frecuencia cardiaca a partir de reposo, 1 minuto y 3 minutos, haciendo una diferencia entre la inicial vagal o reposo hasta la de 3 minutos, encontrando una correlación negativa entre estas situaciones. Diferencias significativas entre las mediciones de la rMSSD entre los grupos que se estudiaron por una predominancia crontípica de la respuesta de la frecuencia cardiaca que es regulada también por la rama parasimpática del SNA (Donovan et. al., 2010).

El comportamiento de la VFC en nuestros resultados corresponden a los mostrados en diversas investigación, así como en distintas situaciones de estudio tales como lo muestra Garrido (2009) ante un esfuerzo extenuante como lo es la competición al provocar una disminución en los valores de pNN50 y SDNN en un jugador de bádminton durante cuatro partidos evidenciando un predominio simpático durante la actividad física y posterior a ella. En deportes de conjunto podemos mencionar el de Shuchun et. al., (2010) en futbol soccer con dos grupos registrando la VFC posterior a una serie de juegos de los cuales reporta diferencias significativas en SDNN y rMSSD posterior a los partidos. Por otro parte Háp et. al., (2011) reporta cambios en la actividad simpática y parasimpática en relación a las cargas de entrenamiento en jugadores de voleibol en los cuales se analizó durante una semana de entrenamiento.

## Conclusiones

La medición VFC se ha propuesto como indicador de funcionamiento cardiovascular predecible de la actividad simpática y parasimpática de la actividad del sistema nervioso autónomo. En el ámbito de la medicina y la fisiología del deporte, el análisis de la VFC ha resultado un instrumento muy prometedor para realizar un seguimiento de los deportistas sencillo y de bajo costo, permitiendo evaluar la buena o la mala adaptación a las cargas de entrenamiento deportivo, posibilitando el control del equilibrio entre salud, entrenamiento y rendimiento deportivo de sus atletas.

En relación al comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en relación al tipo de entrenamiento podemos indicar que el trabajo aeróbico mejora la recuperación posterior a sesiones de entrenamiento intenso o de las competencias a diferencia del trabajo anaeróbico el cual requiere de mayor tiempo para su recuperación. Estos resultados brindan información a entrenadores sobre la influencia del ejercicio de acuerdo al tipo de entrenamiento aeróbico o anaeróbico sobre la fatiga provocada y tiempo de recuperación requerido, permitiendo ordenar las cargas de entrenamiento dentro de la planificación deportiva.

## Referencias

Axel, J., & Anthony, R. H. (2011). INTERACTIVE PROCESSES LINK THE MULTIPLE SYMPTOMS OF (Vol. 41).

Bailón, R., Mainardi, L., Orini, M., Sörnmo, L., & Laguna, P. (2010). Analysis of heart rate variability during exercise stress testing using respiratory information. *Biomedical Signal Processing And Control*, 4(4), 299–310. doi:10.1016/j.bspc.2010.05.005

Biotechnology, N., Science, R., Medicine, P., Veterans, T., & Hospital, G. (2011). *P n a m r s w p a t*, 0(0), 1–7.

Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Autonomic Control of Heart Rate during and after Exercise Training Status, 38(8), 633–646.

Boullosa, D. A., Abreu, L., Tuimil, J. L., & Leicht, A. S. (2012). Impact of a soccer match on the cardiac autonomic control of referees. European Journal of Applied Physiology, 112(6), 2233–42. doi:10.1007/s00421-011-2202-y

Bricout, V. a., DeChenaud, S., & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical, 154(1-2), 112–116. doi:10.1016/j.autneu.2009.12.001

Buchheit, M. (2010). Performance and physiological responses to repeated-sprint and jump sequences, 1007–1018. doi:10.1007/s00421-010-1587-3

Buchheit, M., & Parouty, A. C. J. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function, 1153–1167. doi:10.1007/s00421-009-1317-x

Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., ... Coutts, a J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia, 16(6), 550–5. doi:10.1016/j.jsams.2012.12.003

Chalencon, S., Pichot, V., Roche, F., René, J., Martin, L., Philippe, G., ... Thierry, B. (2015). Modeling of performance and ANS activity for predicting future responses to training, 589–596. doi:10.1007/s00421-014-3035-2

Chen, J. Y., Lee, Y. L., Tsai, W. C., Lee, C. H., Chen, P. S., Li, Y. H., ... Lin, L. J. (2011). Cardiac autonomic functions derived from short-term heart rate variability recordings associated with heart rate recovery after treadmill exercise test in young individuals. Heart and Vessels, 26, 282–288. doi:10.1007/s00380-010-0048-6

Donovan, G., Singleton, L. D., Sandercock, G. R. H., & Brodie, D. A. (2010). Resting autonomic modulations and the heart rate response to exercise, 213–221. doi:10.1007/s10286-010-0073-7

Edmonds, R., Leicht, A., McKean, M., & Burkett, B. (2014). Daily heart rate variability of Paralympic gold medallist swimmers: A 17-week investigation. Journal of Sport and Health Science. doi:10.1016/j.jshs.2014.08.002

Elliott, M. C. C. W., Wagner, P. P., & Chiu, L. (2007). Power athletes and distance training: physiological and biomechanical rationale for change. Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 37(1), 47–57. doi:10.2165/00007256-200737010-00004

Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes, 44. doi:10.1007/s40279-014-0253-z

Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., & Tulppo, M. P. (2009). Individual responses to aerobic exercise: the role of the autonomic nervous system. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 33(2), 107–15. doi:10.1016/j.neubiorev.2008.04.009

Kaikkonen, P., Nummela, Å. A., & Rusko, Å. H. (2007). Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises, 35, 79–86. doi:10.1007/s00421-007-0559-8

Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 743–51. doi:10.1007/s00421-007-0552-2

Lee, C. M., & Mendoza, A. (2012). Dissociation of heart rate variability and heart rate recovery in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 112(7), 2757–66. doi:10.1007/s00421-011-2258-8

Makivić, B., Nikić, M. D., & Willis, M. S. (2013). Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities. *Journal of Exercise Physiology*, 16(3), 103–131.

Mann, T. N., Webster, C., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2014). Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 114(12), 1809–1820. doi:10.1007/s00421-014-2907-9

Mazon, J., Gastaldi, A., Di Sacco, T., Cozza, I., Dutra, S., & Souza, H. (2013). Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(1), 114–120. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01357.x

McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012). Recovery in Soccer, 42(12), 997–1015. doi:10.1007/s40279-012-0002-0

Merati, G., Anna, M., Luigi, P., Claudio, I., Agnello, L., Veicsteinas, A., & Castiglioni, P. (2014). Autonomic modulations of heart rate variability and performances in short distance elite swimmers. doi:10.1007/s00421-014-3064-x

Missenard, O., Mottet, D., & Perrey, S. (2008). The role of cocontraction in the impairment of movement accuracy with fatigue. *Experimental Brain Research*, 185(1), 151–6. doi:10.1007/s00221-007-1264-x

Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training A case comparison. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3729–3741. doi:10.1007/s00421-012-2354-4

Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013a). Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes : Opening the Door to Effective Monitoring, 773–781. doi:10.1007/s40279-013-0071-8

Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013b). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine* (Auckland, N.Z.), 43(9), 773–81. doi:10.1007/s40279-013-0071-8

Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1366–73. doi:10.1249/mss.0b013e318060f17d

Slattery, L. K. W. K. M., & Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses, 11–20. doi:10.1007/s00421-013-2745-1

Sluiter, J. K., Guijt, A. M., & Frings-dresen, M. H. (2009). Reproducibility and validity of heart rate variability and respiration rate measurements in participants with prolonged fatigue complaints, 623–630. doi:10.1007/s00420-008-0391-4

Stone, N. M., & Kilding, A. E. (2009). Aerobic Conditioning for Team Sport Athletes. Sports Medicine, 39(8), 615–642. doi:10.2165/00007256-200939080-00002

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use in: Circulation. European Heart Journal; 17: 354-81.

Vicente-Campos, D., López, A. M., Nuñez, M. J., & Chicharro, J. L. (2014). Heart rate recovery normality data recorded in response to a maximal exercise test in physically active men. European Journal of Applied Physiology, 114, 1123–1128. doi:10.1007/s00421-014-2847-4

Williford, H. N., Blessing, A. E. D. L., Shannon, D., & Grandjean, A. E. P. (2010). The relationship between resting heart rate variability and heart rate recovery, 33–38. doi:10.1007/s10286-009-0033-2

## Caracterización socio técnica del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas

LOPEZ, Rosa\*†, HERNÁNDEZ-MONTES, Arturo, VILLEGRAS-DE GANTE, Abraham y SANTOS-MORENO, Armando

*Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5, Carretera México-Texcoco, Universidad Autónoma de Chapingo, 56227 Texcoco de Mora, Méx.*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Se estudió el sistema agroindustrial (SAI) del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas, las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche, los parámetros de fabricación del queso y sus características fisicoquímicas y microbiológicas. El trabajo se desarrolló en cuatro queserías de Ocosingo en dos épocas del año, la temporada de lluvias del año 2012 y la temporada de secas del año 2013. El efecto de la época y la quesería fue significativo ( $p \leq 0.05$ ) para el pH de la leche. Para el caso del queso, también se encontró un efecto significativo ( $p \leq 0.05$ ) de la época y la quesería sobre tres variables del centro y tres del forro. No se detectó *E. coli* en el centro, ni en el forro del queso.

**Leche, queso, Ocosingo, microbiológico**

### Abstract

The agroindustrial system (AS) of the Bola Cheese from Ocosingo, Chiapas, the physicochemical and microbiological characteristics of milk, the fabrication parameters of the cheese, and its physicochemical and microbiological characteristics were studied. The work held place in four dairies from Ocosingo in two seasons, the 2012 rain season and the 2013 dry season. The effect of seasonality and dairy was significant ( $p \leq 0.05$ ) for the pH of the milk. In the case of cheese, it was also found a significant effect ( $p \leq 0.05$ ) of the seasonality and dairy on three variables of the center and three variables of the lining. *E. coli* was not detected neither the center nor the lining of the cheese.

**Milk, cheese, Ocosingo, microbiological**

**Citación:** LOPEZ, Rosa, HERNÁNDEZ-MONTES, Arturo, VILLEGRAS-DE GANTE, Abraham y SANTOS-MORENO, Armando. Caracterización socio técnica del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:345-353

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En México, se elaboran una gran variedad de quesos artesanales genuinos distribuidos en diversas regiones del país. De acuerdo con Villegas (2010), los quesos mexicanos genuinos son aquéllos que se elaboran a partir de leche fluida de vaca o cabra, con el mínimo de aditivos, incorporando solamente los permitidos por las normas vigentes, por ejemplo, cuajo, cloruro de calcio y sal; además tienen una fuerte raíz histórica y se elaboran en gran parte del territorio nacional, algunos son regionales y otros meramente locales.

En la temática de los quesos mexicanos se encuentran tesis de licenciatura o maestría (de ingenieros agroindustriales o químicos), pero con una visión centrada en aspectos técnicos circunscritos y a menudo demasiado reduccionistas y descontextualizados. Se deja a menudo de lado la complejidad de los quesos tradicionales y de su problemática, por interesarse en un aspecto muy particular (por ejemplo la microbiología). Pocas veces se dio énfasis en los quesos mexicanos en su dimensión no sólo económica, sino también social, cultural e incluso política. Los trabajos de Villegas (1996 y 2004, más varios reportes de estudios) fueron entre los primeros en México en ofrecer una mirada más completa y sistemática sobre la quesería nacional (Pomeon, 2011).

Entre los quesos genuinos mexicanos se tiene el Queso Bola de Ocosingo, que es un elemento de identidad regional en el Estado de Chiapas, ya que posee características propias que lo diferencian de otros quesos, por ser elaborado a partir de un proceso artesanal. Se compone de una bola de queso de doble crema, forrado después de 21 días de maduración, con una capa de queso elaborada de leche descremada hasta el punto de “quesillo”, esa es la receta de Ocosingo, donde aún se conserva esta tradición (Pimentel et al., 2012).

En México, los alimentos locales y artesanales se encuentran en desventaja frente a los productos elaborados por las grandes empresas, ya que no pueden competir por precio y volúmenes de producción. El hecho que se produzcan en bajas cantidades ocasiona que su mercado sea regional; además porque en los productos locales no existe tanta promoción y/o difusión que permita insertarlos en un segmento más amplio de la población.

Otra de las desventajas de estos productos es la falta de conocimiento de su existencia, de su historia y del conjunto de relaciones que hay detrás de dichos productos por parte de la población, y por ende no son valorados.

Lo anterior, ha provocado que miles de alimentos elaborados localmente estén desapareciendo en todo el mundo; con la consecuente pérdida de riqueza culinaria que ello implica, como ejemplo, tan sólo en Francia en los últimos 30 años más de 50 variedades de quesos han desaparecido, originando que la herencia culinaria de los ancestros este en peligro de extinción (Cervantes, et al., 2006). La situación de los quesos mexicanos es todavía más preocupante, existen más de 30 variedades genuinas que no son conocidas (y por ende valoradas) por la mayoría de la población debido a que no existe una investigación que las resalte de su confinamiento regional antes de que desaparezcan totalmente (Villegas, 2004).

El Queso Bola es un producto típico cuya calidad está ligada al origen, se elabora en Ocosingo, el municipio más grande del estado de Chiapas; lo hacen unos cuantos queseros artesanales, cuyo conocimiento tecnológico se basa en un saber hacer tradicional que ha pasado por tradición oral y práctica de generación en generación.

Y que constituye parte del capital cognitivo del territorio donde se elabora este producto (Cervantes et al., 2006).

La leche con la que se elabora el Queso Bola proviene exclusivamente de ganado de la región; de razas suizo europeo, suizo americano y cebuino, las cuales presentan características particulares para sobrevivir bajo un sistema extensivo y en un terreno demasiado agreste, bajo condiciones específicas marcadas por el temporal (lluvias y secas). Este panorama es la razón de la peculiar composición de la leche y, por consecuencia, lo que permite que el queso tenga sus características distintivas (Vázquez et al., sin fecha).

En este sentido, el Queso Bola de Ocosingo Chiapas es un producto de origen artesanal que tiene características físicas, químicas y microbiológicas que justifican su estudio y caracterización. En este trabajo, como objetivos se plantearon: caracterizar e identificar los actores involucrados en el sistema agroindustrial, caracterizar proceso de producción, evaluar la calidad fisicoquímica y sanitaria de la leche que entra a proceso y caracterizar química y microbiológicamente el Queso Bola de Ocosingo, para destacar, en forma general, su tipicidad.

## Metodología

Se empleó un muestreo dirigido en dos épocas del año (lluvias y secas). Se seleccionaron cuatro queserías de acuerdo a su volumen de producción y su disponibilidad de queso durante las dos épocas de estudio. Se aplicaron tres guiones de entrevistas, una para establecer el perfil de los queseros, otra para caracterizar el proceso de producción del queso y otra para definir el sistema de producción y comercialización de leche.

Además se entrevistó al cronista municipal y también profesor investigador de la Universidad Tecnológica de la Selva para obtener información sobre la historia del Queso Bola de Ocosingo.

Para el queso, se realizó análisis fisicoquímico: pH, aw, grasa, proteína, cenizas, humedad, calcio y cloruro de sodio (NaCl). Análisis microbiológico: bacterias mesófilicas aerobias (BMA), coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF). Con los datos obtenidos se calcularon las medias y desviaciones estándar de todas las variables del centro y forro del Queso de Bola.

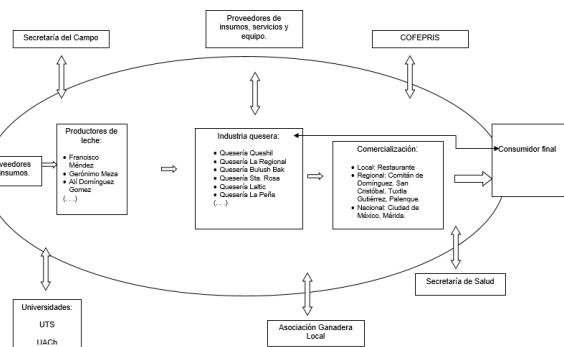
## Resultados y discusión

**Historia del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas**  
 Se elaboró por primera vez en 1927, en el rancho “Laltic”, ubicado a las afueras de la población de Ocosingo; se refiere que, previo a su creación; doña Elvira Martínez de Solórzano residente en este rancho, realizó un viaje a Europa, en el cual fue acogida en la casa de una familia Inglesa de tradición quesera; doña Elvira, al ser una mujer de campo e interesada por lo que podría aprender en su viaje, solicitó a la familia que la instruyera en el oficio de la quesería, ella compartió con ellos una receta muy original chiapaneca que es el “Pan de Nata”, con la cual, la señora de la casa quedó muy complacida y accedió entonces a compartir sus recetas. Sin embargo, parecen existir datos más antiguos que nos llevan a la Finca San Antonino la Valdiviana, municipio de Cintalapa, Chiapas. Pero son muy pocos los datos que existen en Cintalapa referente a la elaboración de este queso. Otro rastro más antiguo del Queso Bola en el estado de Chiapas probablemente fue por Doña Ana María Espinoza de Corzo, en Villaflores, Chiapas, quien vivió a mediados del Siglo XIX y falleció en 1933 (Pimentel, 2012). Existe, todavía, necesidad de esclarecer la verdadera historia de este queso notable.

## Sistema agroindustrial Queso Bola de Ocosingo, Chiapas

En el sistema agroindustrial leche-Queso Bola de Ocosingo, Chiapas, la producción primaria (ranchos productores de leche) se articula directamente con la industria quesera artesanal. Todos los lecheros le venden a un solo quesero, eso indica la fidelidad y confianza que existe en la entrega por ambas partes, dado que sólo se tienen acuerdos verbales. En la Figura 1 se muestra el diagrama representativo del sistema leche-Queso Bola de Ocosingo, Chiapas, en la cual se observa que no existen intermediarios (boteros); esta situación ocasiona que los queseros conozcan personalmente a sus proveedores, además evita el incremento del precio del litro de leche. La cadena de comercialización es corta porque los consumidores locales acuden a la quesería para adquirir el queso, o bien, porque la venta es a nivel regional o nacional pero de manera directa, es decir, a través de pedidos que son surtidos vía paquetería.

Los agentes de soporte del sistema son la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la Secretaría del Campo, la Secretaría de Salud, e instituciones de enseñanza e investigación como la Universidad Tecnológica de la Selva, Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), entre otras.



**Figura 1** Representación del sistema agroindustrial leche-Queso Bola de Ocosingo, Chiapas.

### Relaciones horizontales entre los agentes

En Ocosingo, Chiapas, existen alrededor de 18 queseros que elaboran diferentes quesos (queso de cuadro, queso panela, quesillo, entre otros), sin embargo, los que elaboran Queso Bola de Ocosingo se reducen a alrededor de nueve personas, de las cuales, actualmente, cinco están dentro de la “Sociedad Agropecuaria e Industrial Quesera de Ocosingo S. P.R. de R. I. (SAIQUO); aunque todos los queseros se conocen a través de redes de compadrazgo, amistad o de parentesco, entre ellos se refleja el individualismo; los queseros no trabajan en equipo, solo se organizan eventualmente, para bajar recursos de instituciones, como sucedió al formarse en el 2004 la SAIQUO, que tenía como fin unir esfuerzos entre los queseros, para evitar imitaciones, porque ya se estaba produciendo Queso Bola en otras partes del estado, así como en otros estados (Tabasco y Mérida).

La Asociación también tenía como objetivo dar a conocer y reconocer el producto y ampliar su mercado; sin embargo, para los que no fueron invitados a pertenecer a la Sociedad, opinan que esta acción fue excluyente, como dijo uno de los queseros. Los queseros conocen y reconocen el valor que tiene su producto, saben que es único en su tipo, con alto valor simbólico y con identidad propia.

LOPEZ, Rosa, HERNÁNDEZ-MONTES, Arturo, VILLEGAS-DE GANTE, Abraham y SANTOS-MORENO, Armando. Caracterización socio técnica del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015

Sin embargo, la mayoría de los lugareños no lo sabe, además de que sólo lo consumen las personas que cuentan con mayores ingresos, o bien, cuando se los obsequian como regalo; este queso es una artesanía muy propia para turistas nacionales que lo aprecian.

En el año 2005, el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) otorgó el Registro de Marca Colectiva a la SAIQUO, con esto se garantizaría al consumidor la originalidad del producto y serviría como elemento de identificación ante productos similares. Las reglas de uso de la Marca Colectiva establecen que el centro debe ser de queso doble crema, además de haber sido madurado durante 21 días. El exterior deberá llevar doble forro, el forro se procesará con leche descremada. El peso neto del Queso Bola será de 700 g (450 g de centro y 250 g de forro). Así como sus porcentajes de proteína, grasa y humedad del centro y del forro. Sin embargo, estas reglas no son cumplidas en su totalidad, sobre todo en la maduración del centro (Pomeon, 2011).

### Características de las explotaciones lecheras

En la tabla 1 se muestran las principales características de los ranchos visitados; como se puede observar estos fueron muy heterogéneos, principalmente, en número de hectáreas destinadas para el ganado, el volumen de leche obtenida, la cantidad de vacas en el hato y el número de vacas en ordeña. Las principales cruzas de ganado que se encontraron fueron suizo-americano y holandés –suizo.

| Característica                     | Rango                            |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Edad (años)                        | 33-87                            |
| Experiencia en la actividad (años) | 20-40                            |
| Tamaño del rancho (ha)             | 4-147                            |
| Número de trabajadores             | 1-7                              |
| Cruzas de ganado                   | Suizo-americano y holandés-suizo |
| Número de vacas (cabezas)          | 17-200                           |
| Vacas en ordeña (cabezas)          | 12-36                            |
| Volumen de leche obtenida (L)      | 51-355                           |

n= 8

**Tabla 1** Características de las queserías de Ocosingo, Chis.

En la tabla 2 se presentan algunas características que describen a las queserías de Ocosingo, Chiapas, los parámetros que mayor variación presentaron fueron la experiencia en el arte de elaborar el Queso Bola (ya que una quesera dijo tener 48 años en el ramo, pero hay quien tiene solo 10 años en la actividad). La cantidad de crema que se agrega a la leche para elaborar el centro, también varía entre quesería y quesería, ya que hay un quesero que no agrega nada, mientras que otro agrega hasta 6 L. El precio y peso del Queso Bola también presentaron mucha variación entre queserías.

| Característica                                   | Rango                 |
|--|-----------------------|
| Edad de los propietarios (Años)                  | 54-72                 |
| Escolaridad de los propietarios                  | Primaria-Licenciatura |
| Experiencia de los dueños(Años)                  | 10-48                 |
| Número de empleados                              | 1-4                   |
| Número de proveedores                            | 1-10                  |
| Precio de leche en lluvias( \$ L <sup>-1</sup> ) | 5.0-7.0               |
| Precio de leche en secas (\$ L <sup>-1</sup> )   | 7 \$ L <sup>-1</sup>  |
| Días de maduración del queso                     | 3-45                  |
| Precio del queso (\$ kg <sup>-1</sup> )          | 105.0-220.0           |
| Peso de la pieza (g)                             | 380.0-530.0           |

n=4

**Tabla 2** Características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche

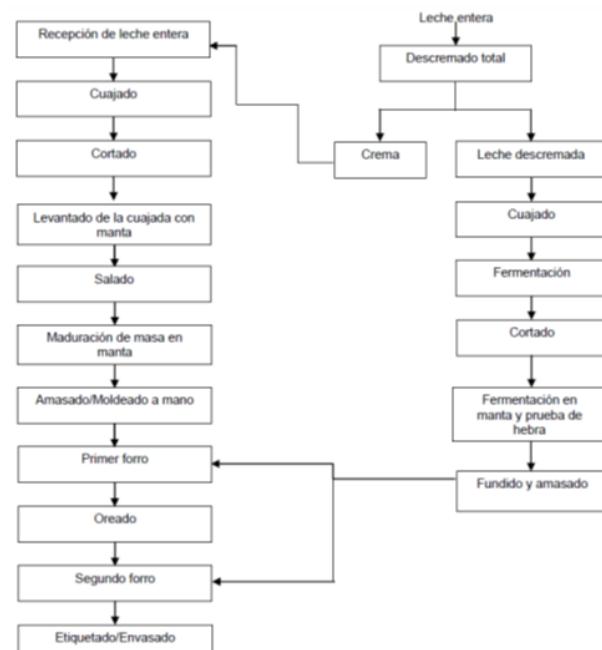
De acuerdo al contenido de grasa de la leche (40.39 g L<sup>-1</sup>) y a su contenido de proteína (32.99 g L<sup>-1</sup>) y atendiendo a la NMX-700-CFOCALEC-2004, la leche para la quesería se clasifica como leche A.

Por su cuenta de células somáticas (658,333.33 UFC ml<sup>-1</sup>) y por la cuenta de mesófilos aerobios (431,500 CCS mL<sup>-1</sup>), según la misma norma, la leche se ubica en la clase 3.

### Proceso de producción del Queso Bola de Ocosingo

El proceso de elaboración del Queso Bola consta de dos etapas; la confección del forro y la elaboración del centro, tal como se ve en la Figura 2. Entre los pasos que se pueden destacar en su elaboración son los siguientes:

La adición de crema a la leche entera, lo cual influye en la firmeza y el flavor del producto, la elaboración del centro por cuajada ácido-enzimática (con un reposo durante el cuajado de hasta 20 horas), la maduración del centro, a temperatura ambiente (la pasta se madura de 3 hasta 45 días para la temporada de secas y 18 hasta 45 días en época de lluvias), el forrado del centro del Queso Bola se realiza de forma manual, el forro que cubre la bola o centro se elabora con leche completamente descremada (Ver figura 2).



**Figura 2** Diagrama de bloques del proceso de elaboración del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas.

### Composición químico proximal del Queso Bola de Ocosingo, Chiapas.

En la tabla 3 se presenta la composición fisicoquímica del queso Bola de Ocosingo, Chiapas. El forro presentó mayor contenido de calcio y NaCl, la proporción de los minerales que quedan en el queso, sobre todo el calcio, es más baja cuando más desarrollada ha sido la acidez en la pasta (Alais, 1985); esto es evidente.

Ya que en el proceso de elaboración, la masa del centro se deja acidificar por más tiempo que el forro (hasta 20 horas); es por esto que también las mediciones de pH mostraron valores menores de pH en el centro.

De acuerdo a la clasificación de los quesos, según su humedad, que establece la norma NMX-F-713-COFOCALEC-2005, todos los quesos estudiados son extraduros, ya que sus valores de humedad se encontraron por debajo del 51 %; sin embargo, esto no sucede, debido al contenido elevado de grasa, por la adición de crema.

Romero-Castillo et al., (2009) reportaron valores de humedad más altos (52 – 59 %) en el queso crema de Chiapas, sobre todo más altos que los del centro del Queso de Bola, aún cuando los contenidos de NaCl van de 2 a 6 %, se hace referencia al NaCl debido a que Minetti et al., (2002) reportaron que los quesos con menor humedad presentan mayor contenido de NaCl, por lo que la humedad tan baja del centro se puede deber a que las cuajadas son colgadas hasta antes del forrado, lo que provoca que se escurra suero conforme pasan los días de maduración que van desde 3 hasta 45 d en época de estiaje, o, desde 18 hasta 45 d en temporada de lluvias.

|           | Centro     | Forro      |
|-----------|------------|------------|
| %Humedad  | 35.7 ± 5.5 | 45.9 ± 5.1 |
| %Proteína | 22.0 ± 3.6 | 45.3 ± 3.9 |
| %Grasa    | 39.3 ± 7.9 | 1.5 ± 1.0  |
| %Cenizas  | 2.8 ± 0.6  | 5.3 ± 0.9  |
| %NaCl     | 2.3 ± 0.7  | 2.6 ± 0.8  |
| %Calcio   | 0.3 ± 0.2  | 1.4 ± 0.1  |

**Tabla 3** Valores de humedad

Otros factores que influyen en el contenido de humedad de los quesos son la forma de realizar la coagulación y desuero (Alais, 1985).

En este caso, al final del desuero, en una quesería se pone a prensar la cuajada por tres días y después la cuelga, hasta cumplir su periodo de maduración. Ésta es la única quesería que realiza el prensado, a diferencia de las demás, en las cuales después del desuero, las cuajadas son colgadas hasta antes de que los quesos son forrados.

El contenido de grasa del centro fue mayor que la del forro ya que antes de cuajar la leche del centro los queseros agregan crema (tres queseros agregan y uno no), a diferencia que la leche del forro es descremada, ya sea para agregar a la leche del centro o para venderla como crema. La materia grasa es uno de los componentes importantes, después de las caseínas, para la formación de estructura y el rendimiento quesero (Inda, 2000).

El pH del centro (ver tabla 4) se aproxima al rango reportado por Romero-Castillo et al. (2009) para el queso crema tropical, cuyos valores fluctúan de 4.35 - 4.74. Valores más altos de pH (5.2) han sido reportados por Hernández et al. (2010), en el queso añejo de Zacazonapan que es madurado 20 días. La aw fue menor en el centro que en el forro.

|        | pH        | $a_w$        |
|--------|-----------|--------------|
| Centro | 4.5 ± 0.2 | 0.938 ± 0.03 |
| Forro  | 5.5 ± 0.1 | 0.960 ± 0.02 |

**Tabla 4** Análisis microbiológico del queso bola de Ocosingo, Chis.

En la tabla 5 se muestran los datos microbiológicos del Queso de Bola, en el cual se nota que el mayor contenido de bacterias mesófilas aerobias se presentó en el forro, esto puede deberse al mayor contenido de humedad de éste. Romero-Castillo, et al., (2009) reportaron hasta  $7.26 \log 10 \text{ g}^{-1}$  en el queso crema tropical de Tonalá, Chiapas, un queso con mayor humedad, mayor pH y mayor aw que el Queso de Bola.

La cuenta de coliformes totales fue mayor en el forro, probablemente, debido a la manipulación que se tiene después que el centro es forrado, porque a excepción de una quesería que empaca al vacío, las demás mantienen los quesos dentro del refrigerador o a temperatura ambiente sin envase, lo que implica mayor contacto con las manos o el polvo.

|        | Mesófilo<br>s<br>aerobios<br>totales     | Cuenta<br>coliforme<br>s totales         | Coliforme<br>s fecales |
|--------|--|--|------------------------|
|        | log <sub>10</sub><br>UFC g <sup>-1</sup> | log <sub>10</sub><br>UFC g <sup>-1</sup> | NMP g <sup>-1</sup>    |
| Centro | 3.8 ±<br>0.98                            | 0.34 ±<br>0.52                           | <3                     |
| Forro  | 5.17 ±<br>0.42                           | 0.76 ±<br>0.85                           | <3                     |

**Tabla 5** Datos microbiológicos del queso de bola

Los coliformes fecales estuvieron ausentes tanto en el forro como en el centro (sin embargo, la técnica que se usó menciona que se debe reportar <3 NMP g<sup>-1</sup>), es por esto que se declara que los quesos si cumplen con la norma NOM-243-SSA1-2010, ya que ésta especifica un límite máximo de 10 NMP g<sup>-1</sup> para quesos madurados.

## Conclusiones

Existe un bajo nivel de organización entre los queseros. Lo cual les trae desventajas porque no pueden unirse para realizar acciones colectivas que los beneficie, como adquisición de insumos o equipo. Existen agentes de la cadena que están trabajando de manera conjunta con los queseros porque se pretende obtener la denominación de origen. También hay esfuerzos por extender el mercado pero las acciones de los queseros son individualistas

Existió una fuerte variabilidad entre los quesos, lo cual, es natural porque los procesos no están estandarizados.

La caracterización fisicoquímica y microbiológica mostró que el Queso Bola es único en su tipo, por lo que sería importante no sólo rescatarlo, sino conservarlo y revalorizarlo. El queso presenta características que evita la presencia de coliformes fecales, lo cual hace inferir que es inocuo.

## Referencias

- Alaís, C. (1985). Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. Reverté. México. 877p.
- Pimentel, T. C., Castellanos, R. A., Abarca, A. M. □ León, V. H. (2012). Queso de Bola, Chiapaneca tradición. Desde Ocosingo a Cintalapa, pasando por Villaflorres.
- Cervantes, E. F., Villegas de Gante, A., Cesin, V. A., □ Espinoza, O. A. (2006). Los quesos mexicanos genuinos: un saber hacer que se debe rescatar y preservar.
- Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados. (2005) NMX-F-713-CFOCALEC-2005. Sistema producto leche-alimentos- lácteos-queso y queso de suero-denominaciones, especificaciones y métodos de prueba.
- Hernández M, C., Hernández M, A., Aguirre M, E., □ Villegas de G, A. (2010). Phisicochemical, microbiological, textural and sensory characterisation of Mexican Añejo Cheese. International Journal of Dairy Technology. 63 (4): 9.
- Inda, C. A. (2000). Optimización de rendimiento y aseguramiento de inocuidad en la industria de quesería: Ed. Organización de los Estados Americanos. pp. 157.
- Minetti, M. L., Zannier, M. S., Sbodio, O. A. □ Tercero, E. J. (2002). Determinación de cloruro de sodio en quesos Argentinos. Revista FAVE - Ciencias Veterinarias 1 (1): 43-48.

Secretaria de Salud. (2010). NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

Romero, C. P. A., Leyva, R. G., Cruz, C. J. G., □ Santos-Moreno, A. (2009). Evaluación de la calidad sanitaria de quesos crema tropicalmexicano de la región de Tonalá, Chiapas. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 8(1): 111-119.

Pomeon T. M. F. (2011). De la retórica a la práctica del patrimonio: Procesos de calificación de los quesos tradicionales mexicanos. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Chapingo, Texcoco, Estado de México. pp. 35-36.

Vázquez, V. R. M., Vázquez, S., R. D., □ Castellanos, R. A. s.a. Denominación de origen del Queso Bola de Ocosingo. Universidad Tecnológica de la Selva. pp. 7.

Villegas, A. (1997). Reporte de viaje de estudios de la materia “Sistemas Agroindustriales”: el SAI Leche en la Costa de Chiapas, Chapingo, Texcoco, Estado de México. pp. 70.

Villegas, A. (2004). Tecnología quesera. Trillas. México. pp 398.

Villegas, A. (2010). La maduración en los quesos artesanales mexicanos. En: La leche y los quesos artesanales en México. (Coord. Cervantes E. F y Villegas de Gante, A). Porrúa. México. pp. 156.

## **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;

$$\sigma \in \sum : H\sigma = \bigcap_{(s < \sigma)} Hs \quad (1)$$

- 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.

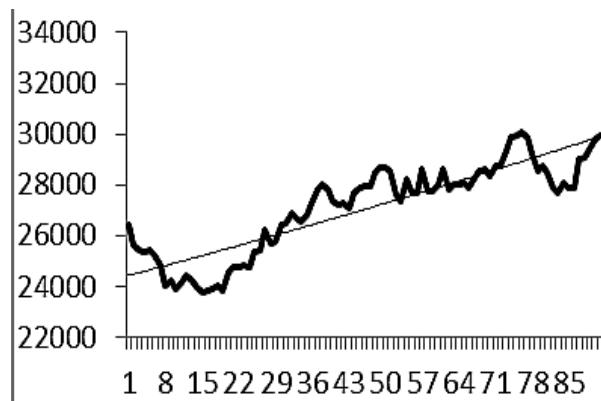
D. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de selección sea anónimo.

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 appealable. 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)