

Volumen 2, Número 2 – Enero – Marzo - 2015

ISSN 2410-356X

Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias

ECORFAN[®]

Bases de datos

Google Scholar.



ECORFAN-Bolivia

Director 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, 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.
(*SimonFraserUniversity*), Canada

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

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

Consejo Arbitral

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En el primer número es presentado el artículo *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 nopales 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, Benjamin, 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 hidrocarburoclíticas 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, Maria 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-MAZZOCCO, 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 antifúngico del extracto etanólico de estigmas de maíz (Zea mays)* por GÓMEZ, Guadalupe, LEÓN, Jiezer, MONCADA, Delfino y RODRIGUEZ, Alberto con adscripción en la Universidad Politécnica de Pénjamo.

Contenido

Artículo	Página
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	115-119
Recubrimientos y películas comestibles a base de quitosano con aceite esencial de <i>Cymbopogon citratus</i> aplicados en guayava (<i>Psidium guajava</i> L.) VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen, GUERRERO-BELTRAN, José Ángel, OCHOA-VELAZCO, Carlos Enrique y MATA-GARCÍA, Moisés	120-135
Impacto ambiental y diversidad de los nopales en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (México) ROMERO, Adriana, ENRÍQUEZ-ENRÍQUEZ, David y ADAME-GONZÁLEZ, Miguel	136-147
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	148-154
Aislamiento y caracterización de bacterias hidrocarburolíticas degradadoras de gasolina y diésel MARTÍNEZ, José, JÍMENEZ, Mariana, SOTO, Diana, LOMAS, Marcos y SÁNCHEZ, Salvador	155-161
Uso de Portainjertos para el control de <i>Fusarium oxysporum</i> spp. <i>lycopersici</i> 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	162-168
Evaluación de cinco sustratos para la obtención de plantas de la especie <i>Jatropha curcas</i> DOMINGO-FERNÁNDEZ, Rubén, TÉLLEZ-MAZZOCCO, Denisse, HERNANDEZ-HERNANDEZ, Miguel Angel y DE LA CRUZ-DE LA CRUZ, Emigdio	169-184
Vida postcosecha de inflorescencias de Ave del Paraíso (<i>Strelitzia reginae</i> Aiton) en Nayarit, México NAVARRETE, Ana Luisa, RAMÍREZ, Leobarda, SÁNCHEZ-MONTEÓN, Ana Luisa y ALEJO-SANTIAGO, Gelacio	185-190
Efecto antifungico del extracto etanolico de estigmas de maíz (<i>Zea mays</i>) GÓMEZ, Guadalupe, LEÓN, Jiezer, MONCADA, Delfino y RODRIGUEZ, Alberto	191-194

Efecto de pretratamientos aplicados a la deshidratación de tomate sobre la cantidad de licopeno 238-245

AGUILAR, María, QUEZADA, Teódulo, ABRAJÁN, Myrna, OCHOA, Yisa y VASCO, Nora

Instrucciones para Autor

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

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) represent 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 test 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 potential of PGPR and, these are candidates to will do quantitative studies about the same aspects.

Metabolic profile, Biolog, Rhizobacteria

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

* 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-Delgado, 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), cefotina (CF, 30 µg), cetriaxiona (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 trimetropim-sulfametoxazol (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 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 5 g de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.025 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.2 g de KCl, 0.1 g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 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	R
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	R	S	R	S
C3R2-2.2	R	R	R	S	R	R
6A2d-3	S	R	S	S	R	R
BA2.1c-3	S	S	S	S	R	S
1A2.1a-1	R	R	S	S	R	S
C3R2-2.3	S	S	S	S	S	R
BA2.1d-1	S	S	R	S	S	S
A2R2-9	R	R	S	S	R	R
A2R2-3	S	S	S	S	R	R
4-7A3c	S	R	S	S	R	S
12A2.1b-2	S	S	S	S	S	R
A2R2-7	R	R	S	S	R	R
B2R3-9	R	R	R	R	R	R
A2R2-2.2	S	R	R	S	R	R
8A3a-1	R	R	S	S	R	S
8a3a-2	R	S	S	S	R	S
8a2.1-2	R	S	S	S	R	S
C3R2-2.1	R	S	S	S	R	R
C3R2-1	R	S	R	R	R	R
A2R2-6	R	R	S	S	R	R
B2R3-4	R	R	R	R	R	S
A2R2-8	S	S	S	S	R	S
B3R3-6	R	R	R	R	R	R
13A3d-2	S	S	S	S	S	S
13A3d-2.2	S	S	S	S	S	S
C3R3-9	S	R	S	S	S	S
A2R2-5	R	R	S	S	R	R
B2R3-4.1	R	R	R	R	R	R
13a3d-2.2	S	S	S	S	S	S
E1R1-3.1	R	R	R	R	R	S
8a2.1c-1	R	R	R	S	R	S
E1R1-7.2	R	R	R	R	S	R

Tabla 1 Resultados de antibiogramas



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.

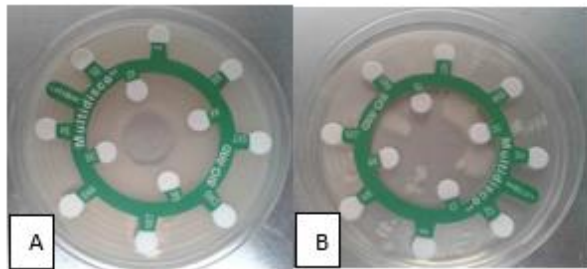


Figura 1 Antibiogramas, Multidiscos BIORAD en placa con medio de cultivo.

AISLADO	BACTERIA CON MAYOR SIMILITUD	PORCENTAJE DE SIMILITUD
5-A2c-2	<i>Bacillus mycoloides</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</i> s. <i>stewartii</i>	66 %

Tabla 2 Similitud de perfiles metabólicos con el sistema BIOLOG

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-Glucósido	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
Ácido Metil Éster Pirúvico					X					X
D-Xilosa	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
I-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-Manitol	X	X	X	X						X
Ácido 4-Hidroxibenzoico	X	X	X	X	X					X
L-Serina	X	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						X
L-Treonina	X	X	X	X						X
Glicógeno	X	X	X	X	X					X
Ácido D-Glucosaminico	X	X	X	X						X
Ácido Itaconico	X	X	X	X						X
Ácido Glicil-L- Glutamico	X	X	X	X	X					X
D-Celobiosa		X	X	X	X					X
Glucosa-3-Fosfato	X	X	X	X						X
Ácido a-Cetobutírico	X	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 ± 0.03 y la solución de quitosano con aceite esencial obtuvo valores más bajos de 5.64 ± 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 ± 0.08 a 0.62 ± 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 ± 0.03 and the chitosan solution with essential oil obtained lower values of 5.64 ± 0.01 , an increase was shown in the values of L^* to increase the concentration of chitosan solutions coating. B^* values of $-3.80 \pm$ rose from 0.08 to 0.62 ± 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 (Adukwu, Allen y Phillips, 2012). El componente principal del AE de *Cymbopogon citratus* es el citral una mezcla de aldehídos (geranial y neral) (Figura 1).

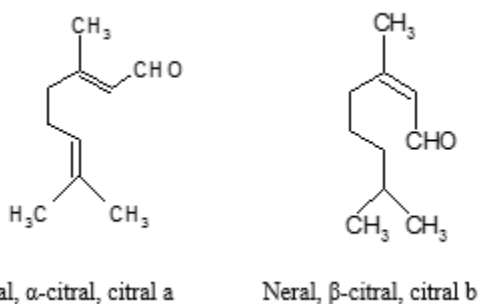


Figura 1 Estructura química del geranial y neral.

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 ₂ 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.

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 homogenizo 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 μm 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 μL de solución de recubrimiento se añadió con 1850 μL 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 μL (0,35 mg ml⁻¹) 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 (τ) 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 incubo a 35°C con agitación constante durante 14 horas. 1 mL de cultivo de levaduras se inoculo en 100 mL de caldo de maltosa saboraud y se incubo 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 (México), 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 ± 0.03 y la solución de quitosano con aceite esencial obtuvo valores más bajos de 5.64 ± 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

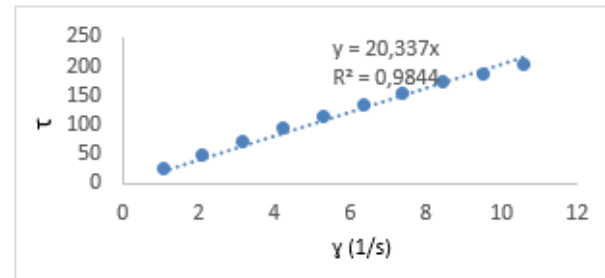


Figura 2 Reograma de la solución de quitosano al 2%.

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, Vargasa 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	Humedad	Solubilidad
(%)	(mm)	(%)	(%)
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 por ciento 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 ± 1.3 a 97.3 ± 1.5 % 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 ± 2.57 a 57.51 ± 2.04 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

Análisis 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 log₁₀ 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).

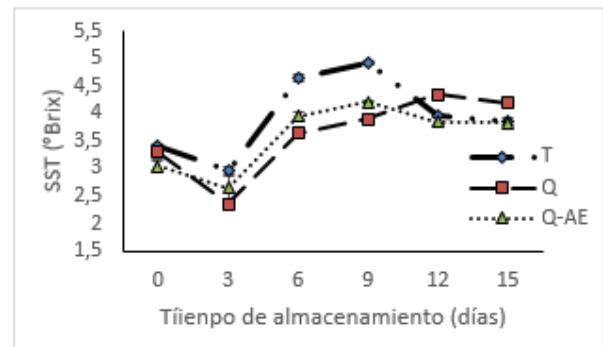


Figura 3 Efecto del recubrimiento en guayaba cortada lista para consumo con un mínimo de procesamiento, tratada con recubrimiento de quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus*, almacenadas a 4°C sobre SST.

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, fructuosa 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

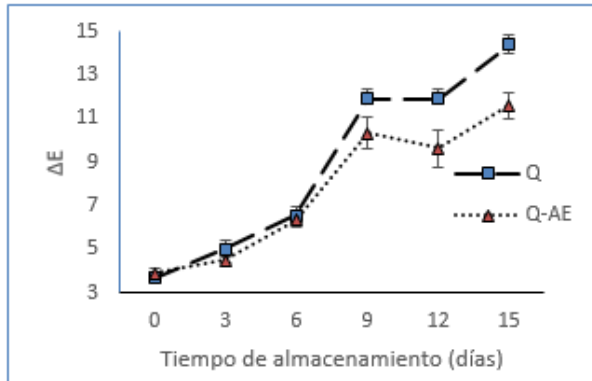


Figura 4 Efecto del recubrimiento en guayaba cortada lista para consumo con un mínimo de procesamiento, tratada con recubrimiento de quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus*, almacenadas a 4°C sobre el cambio total de color.

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 ΔE 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 ΔE 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 microorganismos.

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 ± 0.54 a 4.35 ± 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 ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$), 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 ± 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 ± 0.03 Log₁₀ UFC/mL.

Los recubrimientos comestibles pueden crear una atmosfera 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).

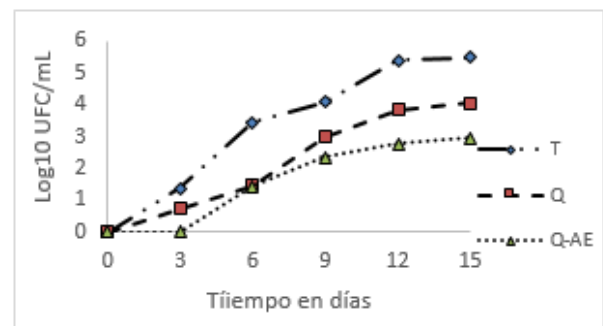


Figura 6 Resultados de la cuenta total de mesófilos aerobios en el testigo (T), guayaba cortada recubierta con quitosano (Q), guayaba recubierta con quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (Q-AE).

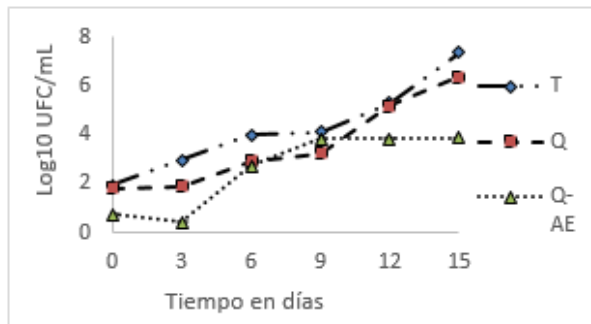


Figura 7 Resultados de la cuenta total de mohos y levaduras en el testigo (T), guayaba cortada recubierta con quitosano (Q), guayaba recubierta con quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (Q-AE).

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 ± 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).

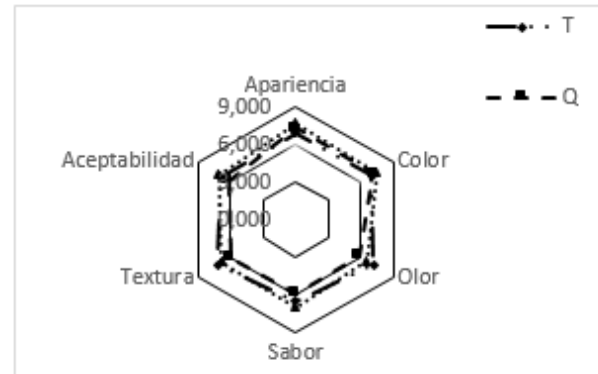


Figura 8 Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano con aceite esencial sobre características sensoriales en guayaba cortada a un día de almacenamiento, n=30,

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., & Burrueal-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-cup apples. *Postharvest 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*, stapf (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 nopales en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (México)

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 el municipio cuenta con catorce especies de nopales, 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 the 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 nopales en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (México). *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 genero *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 genero *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 nopales.

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 genero *Opuntia*, de las cuales 29 se distribuyen en el altiplano Potosino-Zacatecano, siendo dominantes *O. streptacantha* y *O. leucotricha* (Guzmán et al., 2007).

Los nopales 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-Baés 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 nopales 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 chaveño (*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 nopales 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 nopales 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; (está 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 pseudomacrolele* 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 km², 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 km². 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 nopales

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 nopales, 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.

Impacto de la actividad humana sobre las poblaciones de nopales

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).

1.- Tallos cilíndricos o claviformes.....	<i>O. imbricata</i>
1.- Tallos en cladodios (subcilíndrico o discoidal); hábito arbóreo, arbustivo o rastrero (2)	
2.- Espinas castañas o amarillas, especies generalmente rastreras (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 rastreras.....	<i>O. rastrera</i>
4.- Plantas bajas sin tallo definido, a veces prostradas.	<i>O. phaeacantha</i>
5.- Epidermis glabra (6)	
5.- Epidermis pubescente, artículos ampliamente obovados a circulares, en intiermo con manchas púrpuras.....	<i>O. durangensis</i>
6.- Glóquidas poco numerosas en los lados de los artículos, espinas amarillas, moroso amarillento 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. guilauchi</i>
8.- Espinas setosas, 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. jocosotele</i>
11.- Espinas aciculares.....	<i>O. lasiacantha</i>
11.- Espinas subuladas (12)	
12.- Espinas no adpresas.....	<i>O. megacantha</i>
12.- Espinas adpresas (13)	
13.- Glóquidas amarillas; areolas con pelos negros, flor roja.....	<i>O. hyptiacantha</i>
13.- Glóquidas marrón; areolas con 1 o 2 pelos setosos; flores amarillas a naranjas.....	<i>O. streptacantha</i>

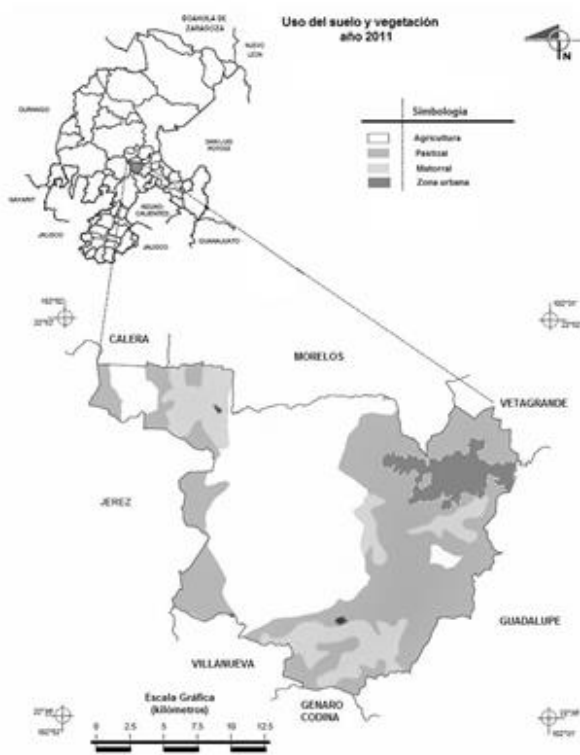


Figura 1 Uso del suelo y vegetación en el año 1992 en el municipio de Zacatecas

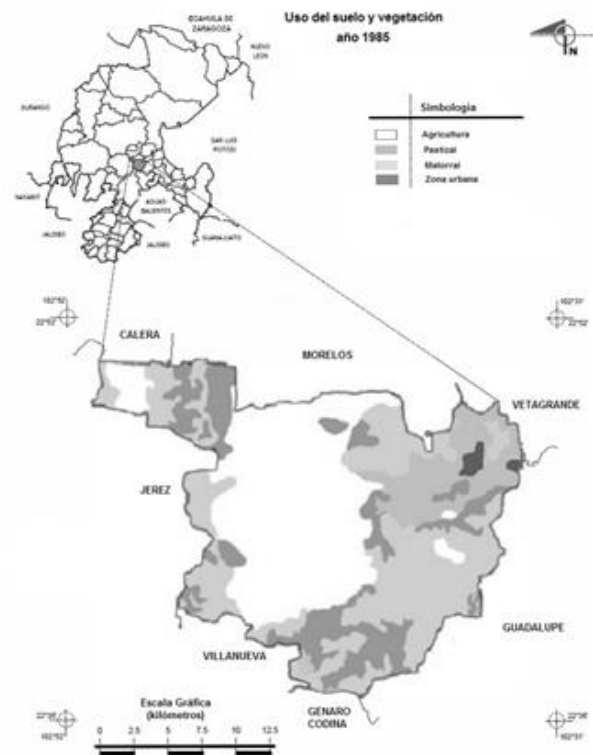


Figura 2 Uso del suelo y vegetación en el año 2011 en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (Fuente: INEGI, 2015).

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

Alvarez, R., Godínez Alvarez, 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 Hidráulicos.

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 nopales 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.

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/transparenciafocalizada/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.1 (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 nopales 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 periodos 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 coagulans* 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 noagalactiae*, 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 *Pseudomona 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 adiciono 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 aséptica de cada pezón, muestras individuales de leche, un volumen aproximado de 5 a 10 mL., depositando en tubos de muestreo estériles mantenidos a 4°C. 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 Maconkey, incubadas a 37 °C 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 levo acabo 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 X2 ($p < 0.05$), 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
Levaduras	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 (Gougoulis 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 Micrococacea y Streptococacea, frecuentemente se encuentran involucrados en la infección crónica y en la ocurrencia de casos agudos de mastitis (Hariharan et al., 2004). Las fuentes accesorias de infección para las ovejas en producción infectadas con *Staphylococcus coagulans* 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 *Pseudomona 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 *Pseudomona 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.; Barillet, F.; Lagriffoul, G. and Marco, J. (1998). Fréquence des différents germes responsables de mammites cliniques et subcliniques chez les petits ruminants laitiers. Presentation papers, 6th International Symposium on the milking of Small Ruminants, 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.; Carriedo, 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.
- Gougoulis, 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 *Staphylococcus aureus*. 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): Pantone-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 hidrocarburohíticas 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 adiciono 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 hidrocarburohíticas 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 perjuicio 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 hidrocarburofítica es ampliamente usada en este proceso. Los microorganismos hidrocarburofíticos emplean varias rutas metabólicas para la transformación total de las moléculas orgánicas en CO₂, H₂O, 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% NH₄NO₃, 0.47% KH₂PO₄, 0.0119% Na₂HPO₄, 0.001% CaCl₂•2H₂O, 0.1% MgSO₄•7H₂O, 0.001% MnSO₄•4H₂O, y 0.0015% FeSO₄•4H₂O, 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 hidrogeno 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 H₂S 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 realizó 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).

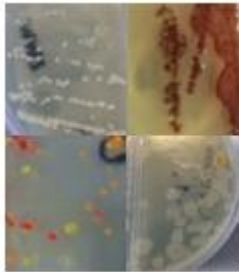


Figura 1 Cepas aisladas de suelo contaminado con diésel.

Análisis 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	MM2	MM3	DF1	DF2	CD1	CD2	
Morfología	Circular, plana, elástica y rojiza	Circular, elevada elástica y cremosa	Irregular, plana, elástica y roja	Irregular, plana, rígida y transparente	Irregular, elevado, elástica y transparente	Irregular, elevado, elástica y cremosa	Circular, convexo elástica y rojiza	
Gram	-	-	-	+	-	+	+	
Glucosa	+	+	+	+	+	+	+	
Lactosa	-	-	-	+	-	-	-	
Citrato	+	+	+	-	+	+	+	
Catalasa	+	+	+	+	+	-	-	
Oxidasa	+	+	-	-	+	-	-	
Indol	-	-	+	+	+	-	-	
Motilidad	+	-	+	-	+	-	+	
Rojo metilo	-	-	-	-	-	-	-	
VP	-	-	-	-	-	-	-	
Urea	-	-	-	-	-	-	-	
H ₂ 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.

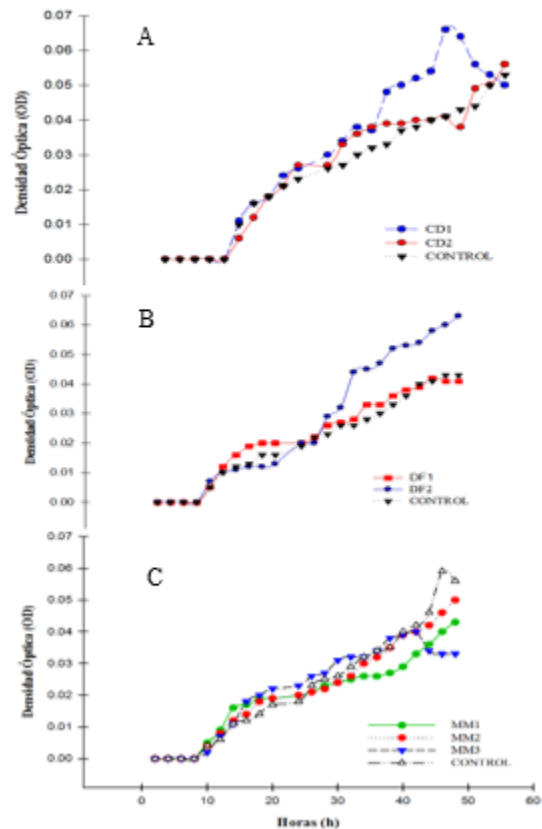
Cepa aislada	Densidad Óptica (600 nm)		
	Diésel	Gasolina 92 octanos	Gasolina 87 octanos
MM1	0.050	0.053	0.055
MM2	0.075	0.073	0.058
MM3	0.088	0.056	0.049
DF1	0.154	0.060	0.206
DF2	0.132	0.067	0.154
CD1	0.129	0.054	-
CD2	0.123	0.059	0.162

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., Aguila, 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.)

† 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 *Phytophthora* 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 Ruitter), donde se valuó 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. *lycopersici* 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 conteniendo 50 ppm de estreptomina 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* raza 3, 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 nutrimentales e hídricos del tomate tipo uva, auxiliándose para los monitoreos tensiómetros, 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 mosca blanca (*Bemisia tabaci*), pulgones (*Mizus persicae*), paratíozas (*Paratíozas cockerelli*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y trips (*Frankliniella occidentalis*), las cuales fueron controladas oportunamente con productos autorizados para cultivos orgánicos (Azadiractina 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 floreciendo al finalizar el ciclo del cultivo. En los graficos 1-6 se puede apreciar la respuesta de las variables de fenología.

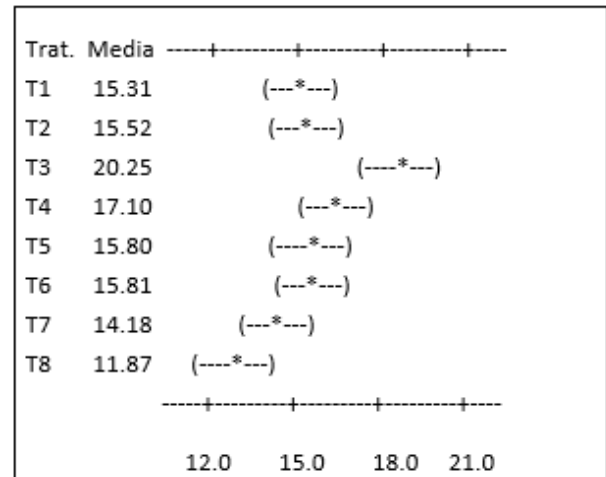


Gráfico 1 Promedio del número de frutos por racimo.

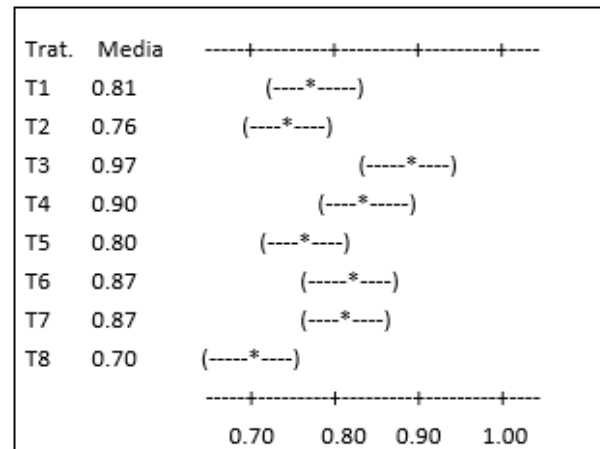


Gráfico 2 Diámetro promedio (cm).

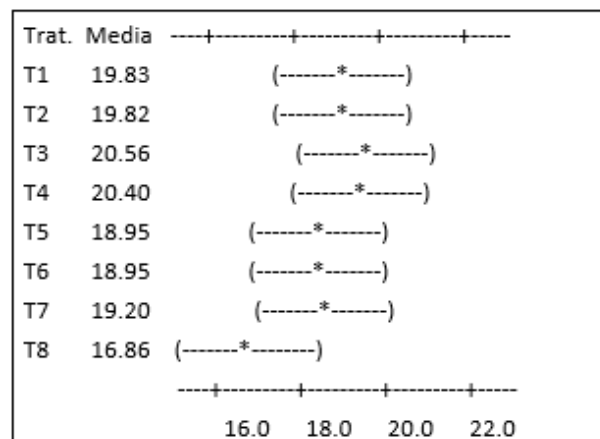


Gráfico 3 Crecimiento promedio de la planta (cm).

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

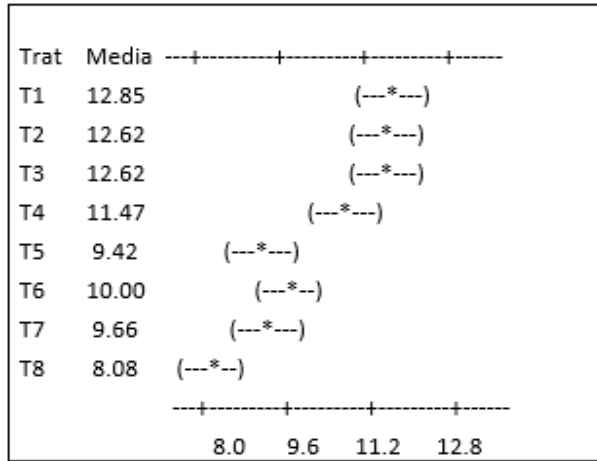


Gráfico 4 Promedio de número de hojas.

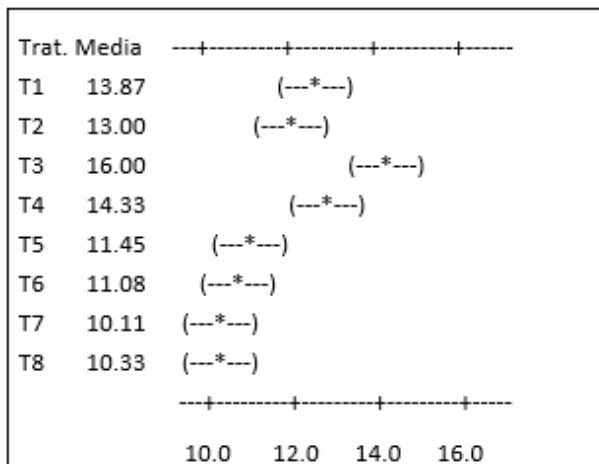


Gráfico 5 Número promedio de flores.

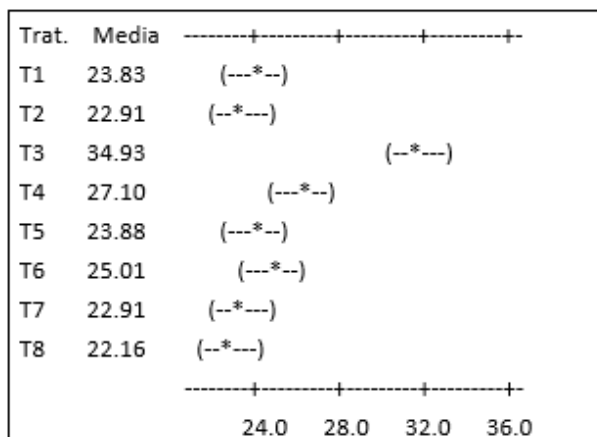


Gráfico 6 Numero promedio de botones.

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.

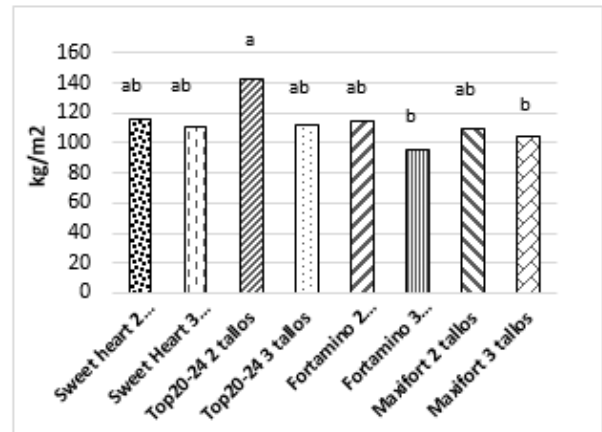


Gráfico 7 Producción final de tomate cherry tipo uva.

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

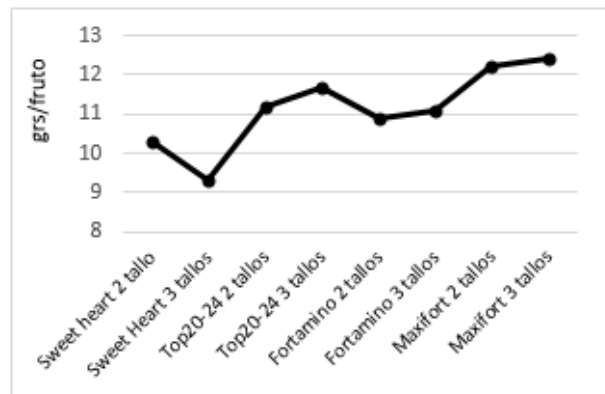


Gráfico 9 Peso promedio del fruto.

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.

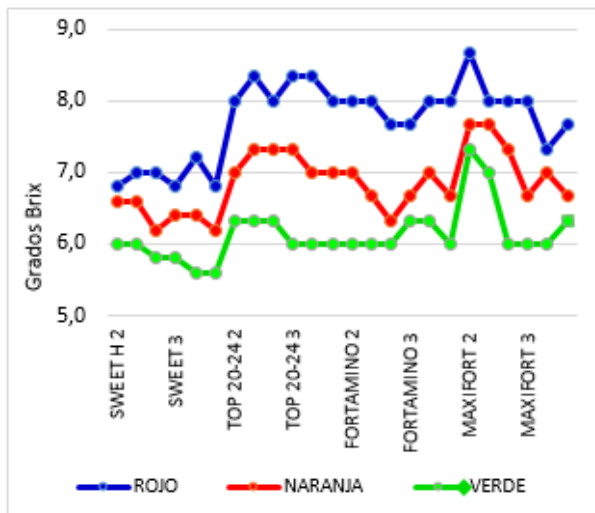


Gráfico 8 Grados Brix en los tres cortes.

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 más afectadas con un porcentaje de severidad superior, esto se debe quizás 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 superior 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, inóculo 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 obstante 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 2ª 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.

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

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 *Meloydogine* sp.: Variabilidad de la respuesta de resistencia en función de la población del nematodo. Horticultura Global: 40-45. <http://www.horticom.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 interespecific 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.

Zoteyeba, 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-MAZZOCCO, 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 región (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 utilizó un diseño completo al azar (DCA) con tres repeticiones para cada tratamiento. Se evaluaron las variables altura, diámetro de tallo, número 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-MAZZOCCO, 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 Gübittz 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 CO₂ y SO₂ 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 biomásas 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 subtropicos, 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 oscura, 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

Esta especie presenta un gran potencial. En la actualidad se desarrolla la producción de biodiesel a partir de las semillas de esta especie, luego del proceso de transesterificación (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 partes 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 destoxificación, 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

Sin destoxificar, 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 promisorio, 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 químicos (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 (turba 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 (g cm ⁻³)	< 0.4	0.15 – 0.50
Densidad real (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
Máximo	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 Saboraud (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 H₂O 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 llevo 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 baticenital 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.

Numero 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.

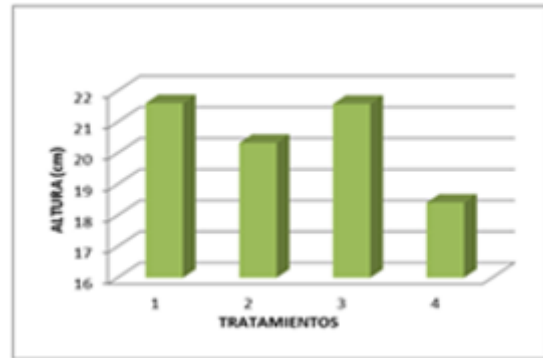
T	MEDIA AP
1	21.6067
2	21.5800
3	20.3300
4	18.41

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 centrimetros respectivamente, siendo el testigo (tierra) el que presento una altura de 18.41 centimentros.

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 centimetros 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.

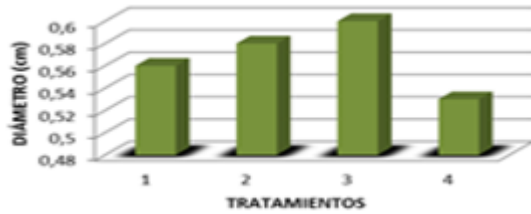
Diámetro de tallo (DT)

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 centimetros.



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% composta + 50% tierra de monte y 50% composta + 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.

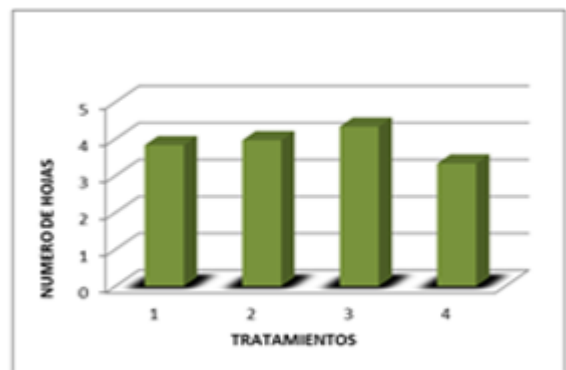
T	MEDIA NH
3	4.33 00 A
2	3.9600 AB
1	3.83 AB
4	3.33 B

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 Numero de hojas en plantas de *Jatropha curcas* en los diversos tratamientos.

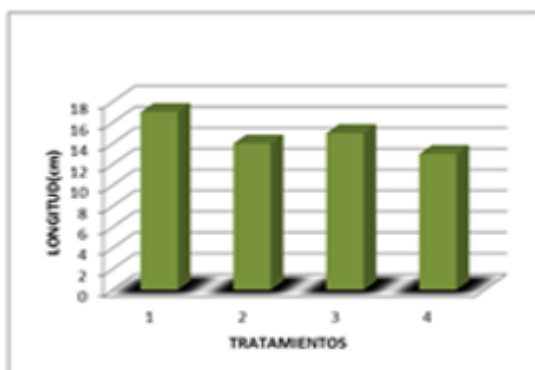
Longitud de raíz (LR)

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 gráfica 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 centímetros respectivamente, siendo el tratamiento 4 (tierra) el que presento plantas con 12 centímetros. Martínez y Aragon (2014) obtuvieron raíces con una longitud de 10.82 centímetros utilizando como sustrato 100% composta.



Gráfica 4 Longitud de raíces 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%).

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, seguido del T2 (tierra40%+ 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>.

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_detalle.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.

Gübittz, G.M., Mittelbach, M. y Trabbi, M. (1999). Exploration of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. Biores. 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 (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. 2ª 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.

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. Guñ bitz, 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

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 moderity acid pH had longer vase life.

Soil, floral opening, vase life

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

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: Annava.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 Tailandia 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	El 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/año)	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, semiabierto y abierto); 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 matero 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 ocalidad. *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⁻³, 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 (R²) 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, Havelly 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 Tejada 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. Horticult. 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.

Sangwanankul, P., Saradhuldhath, 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 mm² 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

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 mm² 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

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

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El cultivo del chile (*Capsicum annum*) 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 capsici*, *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 flavonoides (El-Ghorab y cols 2007), este grupo de moléculas se caracteriza por su efecto antimicrobiano Vs *Pseudomonas syringae* y antifúngico Vs *Botrytis cinérea* (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 annum* 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 $\mu\text{L/mL}$ 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 ± 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 fotoperiodo de 12 h luz. Cada 24 h y durante cuatro días, las semillas con crecimiento de microorganismos se mantuvieron en las placas y fueron desechadas, 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 fotoperiodo. Semillas germinadas y con raíz (nueve días después de la siembra), se inocularon en el cuello con un fragmento de aproximadamente 2 mm² 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 estigmas. El rendimiento del extrato etanólico de estigmas fue de 11.2 mL por cada 500 g de material fresco. El análisis del efecto antifúngico del extracto de estigmas de maíz presento inhibición del crecimiento de *Rhizoctonia* a partir de los 300 $\mu\text{L/mL}$. En la figura 1 podemos observar que el crecimiento disminuye en un 58 % cuando se emplea una concentración de 300 $\mu\text{L/mL}$ y un 77.3% con una concentración de 500 $\mu\text{L/mL}$ a los 7 días de crecimiento.

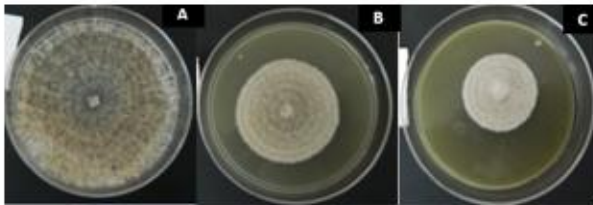


Figura 1 Efecto inhibitorio del crecimiento de *Rhizoctonia solani* frente al extracto etanólico de estigmas. A) Control (sin extracto), B) 300 $\mu\text{L/mL}$ de extracto de estigma C). 500 $\mu\text{L/mL}$ de extracto de estigma.

Efecto antipatogenico del extracto etanólico de estigmas de maíz. El efecto antipatogenico del extracto se evaluó mediante las cofrontaciones planta-patogeno-extracto. En la fig. 2b podemos observar que el extracto no presenta efecto sobre las plantas mientras que en la fig. 2C observamos la panta cubierta de rizhoctonia sin embargo esta no presenta marchitez. El extracto se caracterizará para evaluar la o las moléculas responsables de la actividad biológica.

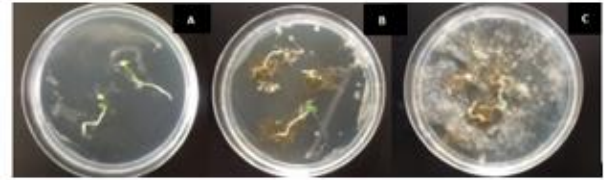


Figura 2 Efecto del extracto etanólico de estigmas en confrontaciones planta-patogeno-extracto A) Plantulas de chile. B) Plantas con extracto C) confrontación planta-patogeno-extracto.

Agradecimiento

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

Conclusiones

El extracto etanólico de estigmas 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 estigmas 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-glucanas, is induced by biotic stress and possesses strong antimicrobial activity. *J Integr Plant Biol* 57(3):271-83

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 (*Lycopersicon 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 metabisulfito 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-hidroxi metil-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 CaCl_2 al 2%, a 60°C , incrementa la pérdida de carotenoides, disminuyendo el tiempo de secado. En el pretratamiento a base de NaCl al 3% entre $60-95^\circ\text{C}$, no afecta la pérdida de carotenoides, sin disminuir el tiempo de secado; el uso del metabisulfito 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 (Latapi y Barret, 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 locales, 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 CaCl₂ (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 PROCMEX, 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.

m₀ = masa del peso de sustancias.

m₁= masa del peso de sustancias con la muestra.

m₂= 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 empleó cloroformo; la cuantificación se llevó a cabo utilizando un HPLC a 420 nm, usando como fase móvil acetonitrilo – metanol (60:40) y un estándar 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 (CaCl₂, 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 ± 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 ± 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 a_w 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 a_w fueron los escaldados que no recibieron tratamiento con aditivo, así como los tratados con CaCl_2 , 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 a_w 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 a_w 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 lipídica 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 a_w menor. En relación al pH se presentó diferencia significativa ya que los tomates tratados con CaCl_2 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_2 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.

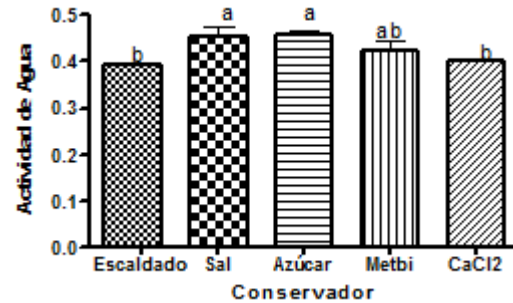


Figura 1 Prueba de separación de medias que muestra la actividad de agua (a_w) en tomates saladette escaldados a 60°C , así como pretratados con sal al 3%, azúcar al 3%, metabisulfito de sodio al 1% y cloruro de calcio al 2%.

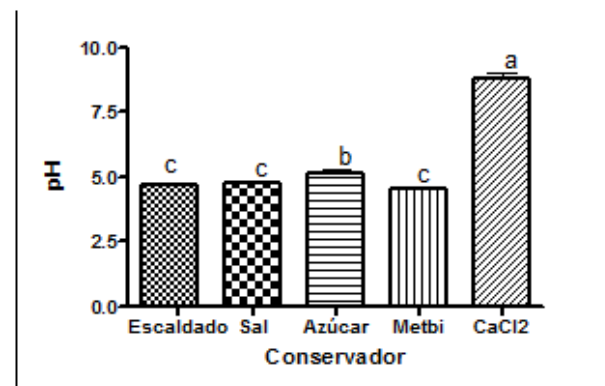


Figura 2 Prueba de separación de medias que muestra el pH en tomates saladette escaldados a 60°C , así como pretratados con sal al 3%, azúcar al 3%, metabisulfito de sodio al 1% y cloruro de calcio al 2%.

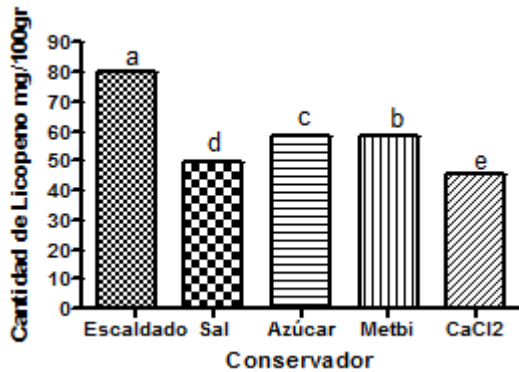


Figura 3 Prueba de separación de medias que muestra la cantidad de licopeno en tomates saladette escaldados a 60°C, así como pretratados con sal al 3%, azúcar al 3%, metabisulfito de sodio al 1% y cloruro de calcio al 2%.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma 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.; Luterotti, 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.; Gutierrez, J. 2008. Rendimiento y tolerancia a la sequía de cuatro variedades cubanas de tomate (*Lycopersicon 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>. Accessed 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.

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.

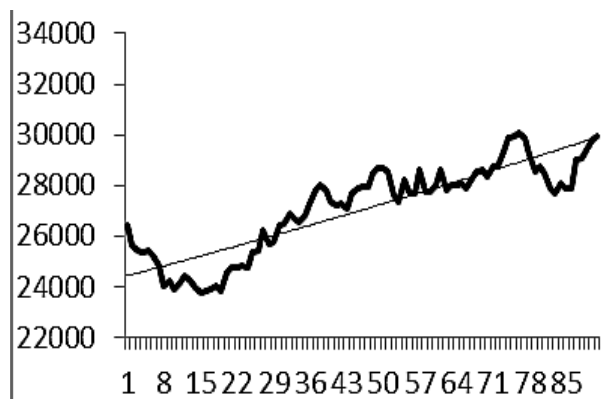
D. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de selección sea anónimo.

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 inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias

"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

"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

"Impacto ambiental y diversidad de los nopales en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (México)"

ROMERO, Adriana, ENRÍQUEZ-ENRÍQUEZ, David y ADAME-GONZÁLEZ, Miguel

"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

"Aislamiento y caracterización de bacterias hidrocarburoclíticas degradadoras de gasolina y diésel"

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

"Uso de Portainjertos para el control de *Fusarium oxysporum* spp. *lycopersici* raza 3 en Tomate Cherry Tipo Uva"

MARTINEZ-SCOTT, Marcia Maribel, ROSAS-GALLARDO, Mayra Gabriela, JIMENEZ- SANCHEZ, Gabriel y LOERA-CRUZ, María de la Luz

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

DOMINGO-FERNÁNDEZ, Rubén, TÉLLEZ-MAZZOCCO, Denisse, HERNANDEZ-HERNANDEZ, Miguel Angel y DE LA CRUZ-DE LA CRUZ, Emigdio

"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

"Efecto antifúngico del extracto etanólico de estigmas de maíz (*Zea mays*)"

GÓMEZ, Guadalupe, LEÓN, Jiezer, MONCADA, Delfino y RODRIGUEZ, Alberto

"Efecto de pretratamientos aplicados a la deshidratación de tomate sobre la cantidad de licopeno"

AGUILAR, María, QUEZADA, Teódulo, ABRAJÁN, Myrna, OCHOA, Yisa y VASCO, Nora

ISSN-2410-356X



www.ecorfan.org