

APLICACIÓN DE ENVOLTURAS COMESTIBLES A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL PARA EXTENDER LA VIDA DE ANAQUEL DE FRUTAS PERECEDERAS



Jorge A. ZEGBE DOMÍNGUEZ
Viridiana Sugly Ibbette DOMÍNGUEZ CANALES
Jaime MENA COVARRUBIAS
Ma. Dolores ALVARADO NAVA

**GOBIERNO
FEDERAL**

SAGARPA

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas

Folleto Técnico No. 38

ISBN:

Marzo 2012



Vivir Mejor

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda
Secretario

M. Sc. Mariano Ruíz-Funes Macedo
Subsecretario de Agricultura

Ing. Ignacio Rivera Rodríguez.
Subsecretario de Desarrollo Rural

Ing. Ernesto Fernández Arias
Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

M. C. Jesús Antonio Berúmen Preciado
Oficial Mayor

COORDINACIÓN GENERAL DE GANADERÍA

Dr. Everardo González Padilla
Coordinador General

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. Pedro Brajcich Gallegos
Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. Sc. Arturo Cruz Vázquez
Coordinación de Planeación y Desarrollo

Lic. Marcial A. García Morteo
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Homero Salinas González
Director Regional

Dr. Uriel Figueroa Viramontes
Director de Investigación

Dr. José Verástegui Chávez
Director de Planeación y Desarrollo

M.A. Jaime Alfonso Hernández Pimentel

Director de Administración

Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez
Director de Coordinación y Vinculación

Aplicación de envolturas comestibles a base de mucílago de nopal para extender la vida de anaquel de frutas percederas

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso No.5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán
C.P. 04010 México, D.F.
Teléfono (55) 3871-7800

ISBN: 978-607-425-760-1

Primera Edición 2012

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia o por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la institución.

Cita correcta:

Zegbe Domínguez, J.A., Domínguez Canales, V.S.I, Mena Covarrubias J. y Alvarado Nava, Ma. D. 2011. Aplicación de envolturas comestibles a base de mucílago de nopal para extender la vida de anaquel de frutas percederas. Folleto Técnico No. 38. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 32 p.

Aplicación de envolturas comestibles a base de mucílago de nopal para extender la vida de anaquel de frutas perecedoras

Jorge A. ZEGBE DOMÍNGUEZ

Investigador en el área de Fisiología de Cultivos
Campo Experimental Zacatecas

Viridiana Sugly Ibette DOMÍNGUEZ CANALES

Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte

Jaime MENA COVARRUBIAS

Investigador en el área de Entomología
Campo Experimental Zacatecas

Ma. Dolores ALVARADO NAVA

Investigadora en el área de Agroindustria
Campo Experimental Zacatecas

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
MATERIALES Y MÉTODOS	3
Aplicación de las películas comestibles	4
Experimento I. Ciruela Mexicana (<i>Spondias purpurea</i> L.)	4
Experimento II. Guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) 'Media China'	5
Experimento III. Manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh) 'Golden Delicious'	6
Experimento IV. Tuna (<i>Opuntia</i> spp.) 'Amarilla Olorosa'	7
Variables de respuesta	8
Peso, color y firmeza del fruto	8
Concentración de sólidos solubles totales (CSST)	9
Concentración de materia seca del fruto	9
Pérdida de peso del fruto y calidad del fruto en almacenamiento	10
Análisis estadístico	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
Experimento I. Ciruela Mexicana	11
Experimento I y II. Guayaba 'Media China'	16
Experimento III. Manzano 'Golden Delicious'	21
Experimento IV. Tuna 'Amarilla Olorosa'	24
CONCLUSIONES	28
AGRADECIMIENTOS	29
LITERATURA CITADA	29

Introducción

En México, comercialmente se cultiva la ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.), la guayaba (*Psidium guajava* L.), la manzana (*Malus domestica*) y el nopal tuna tunero (*Opuntia* spp.) en una superficie de 15 mil, 22 mil, 61 mil y 56 mil hectáreas, respectivamente (SIAP, 2011). A diferencia de la manzana y la tuna, la guayaba (Reyes y Paull, 1995; Jacomino *et al.*, 2001) y la ciruela (Osuna-García *et al.*, 2011) son frutas altamente perecederas. De hecho, Osuna-García *et al.*, (2011) señalaron que anualmente 40% de la producción de la ciruela se pierde debido a la falta de protocolos de almacenamiento para esta fruta y otras como guayaba (Singh y Pal, 2008) y nopal tunero (Corrales-García y Hernández-Silva, 2005; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2010). Esto último no es el caso para la manzana, para la cual se han sugerido alternativas como atmósferas controladas, atmósferas modificadas, aplicación de inhibidores del etileno, entre otras, para alargar la vida postcosecha de esta fruta (Plotto *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2002; Mattheis *et al.*, 2005). Los recubrimientos naturales comestibles son una alternativa para incrementar la vida

de anaquel de frutas y verduras (Lin y Zhao, 2007; Bourtoom, 2008). La elaboración de películas comestibles a base de mucílago de nopal es una alternativa para mantener la calidad, apariencia y prolongar la vida comercial de la fruta no procesada (Oosthuyse, 1997; Báez *et al.*, 2000). Sin embargo, poca atención se ha conferido al mucílago de nopal como una alternativa para el desarrollo de recubrimientos naturales comestibles (Del Valle *et al.*, 2005; Matsuhira *et al.*, 2006; Sepúlveda *et al.*, 2007); y al efecto de éstos en frutas altamente perecederas no procesadas. El mucílago de nopal es un polisacárido que recientemente ha atraído la atención para la formulación de recubrimientos para mejorar la vida de fruta mínimamente procesada (Del Valle *et al.*, 2005; Sepúlveda *et al.*, 2007). Sin embargo, esta alternativa no ha sido probada en fruta no procesada de ciruela mexicana, guayaba, tuna y manzana. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la bondad de la aplicación de recubrimientos comestibles a base de mucílago para incrementar la vida de anaquel de la ciruela mexicana, guayaba, manzana y tuna.

Materiales y métodos

Los trabajos experimentales se condujeron durante la estación de crecimiento de 2011 en el laboratorio de postcosecha del Campo Experimental Zacatecas (INIFAP). Los experimentos se llevaron a cabo con frutos de ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.), guayaba (*Psidium guajava* L.) 'Media China', Manzana (*Malus domestica* Borkh) 'Golden Delicious' y tuna (*Opuntia* spp) 'Amarilla Olorosa'. El mucílago fue extraído y purificado de cladodios del nopal tunero 'Rojo Liso' por el método de Domínguez-Canales *et al.* (2011).

Cuando la fruta se cosechó, ésta se colocó en hielo para bajar calor de campo a 8 °C. La temperatura de campo y después de su enfriamiento se evaluó con un termómetro manual (FlashCheck Digital Thermometer, Norflok, VA, USA). Posteriormente, la fruta utilizada en todos los experimentos se desinfectó en una solución con color al 5% e hidróxido cúprico al 23.5%. La fruta se secó con un ventilador, se numeró y finalmente los tratamientos se asignaron al azar en cada uno de los experimentos que a continuación se describen.

Aplicación de las películas comestibles

Experimento I. Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.)

La fruta se cosechó el 14 de mayo de 2011 en una huerta establecida en Michoacán y fue transportada al Campo Experimental Zacatecas. Los frutos se dejaron en el laboratorio por el resto del día a una temperatura de 11°C y 20% de humedad relativa. Se formaron tres grupos de 14 frutos cada uno. Los tres grupos de fruta fueron asignados al azar a los siguientes tratamientos: 1) el primer grupo fue designado como testigo (T_0), el cual recibió solamente un desinfección con una solución a base de cloro y fungicida; 2) el segundo grupo fue tratado con una envoltura a base de mucílago (1 g), glicerol (0.84 g) y agua destilada (20 ml) (T_1); y 3) el último grupo fue tratado con un envoltura a base de mucílago (1 g), glicerol (0.68 g), polietilenglicol (0.2 g) y agua destilada (20 ml) (T_2). Los tres grupos de fruta se dejaron en almacenamiento por seis días a una temperatura de 24 °C y 20% de humedad relativa (HR).

Experimento II. Guayaba (*Psidium guajava* L.) ‘Media China’

La fruta se cosechó manualmente el 24 de mayo y 23 de junio de 2011 en una huerta comercial establecida en Tayahua, Villanueva, Zacatecas. En cada cosecha, cien frutos fueron colectados en la parte media y alrededor de árboles previamente seleccionados al azar. La fruta en recipientes de cartón se colocó en hieleras a 15 °C y se transportó al Campo Experimental Zacatecas donde se realizaron dos experimentos. En el primer experimento los tratamientos fueron: 1) la fruta testigo se desinfectó con una solución de cloro y fungicida, y se utilizó como testigo (T_0), 2) el segundo grupo de frutos se trató con una envoltura a base de mucílago (1 g), glicerol (0.84 g) y agua destilada (20 ml) (T_1) y, 3) el tercer grupo de frutas se trató con una envoltura a base de mucílago (1 g), glicerol (0.68 g), polietilenglicol (0.2 g) y agua destilada (20 ml) (T_2). En el segundo experimento los tratamientos fueron: 1) la fruta testigo se desinfectó con una solución de cloro y fungicida (T_0), 2) este grupo de frutos se trató con una envoltura a base de mucílago (0.5 g), glicerol (0.42 g) y agua destilada (40 ml) (T_1) y, 3) este

grupo de frutas se trató con una envoltura a base de mucílago (0.4 g), glicerol (0.34 g), polietilenglicol (0.1 g) y agua destilada (10 ml) (T₂). En ambos experimentos se utilizaron grupos de 14 frutos uniformes en tamaño y color, los cuales fueron asignados al azar cada tratamiento. La fruta parcialmente madura y tratada, fue almacenada a temperatura ambiente durante 8 y 6 días a 28 °C y 20% de HR y 27 °C y 20% HR en el primer y segundo experimento, respectivamente.

Experimento III. Manzano (*Malus domestica* Borkh) 'Golden Delicious'

La fruta se cosechó el 12 de julio de 2011 en una huerta del Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). En el laboratorio se formaron tres grupos de 14 frutos uniformes en tamaño y color, los cuales se enumeraron y dejaron por el resto del día a una temperatura de 24 °C y humedad relativa de 24% del laboratorio. Los grupos de frutas fueron asignados al azar a los siguientes tratamientos: 1) el primer lote de fruta se consideró como grupo testigo (T₀), el cual recibió una desinfección con una solución con cloro y fungicida, 2) al

segundo grupo se le aplicó una envoltura a base de mucílago (0.5 g), glicerol (0.42 g) y agua destilada (20 ml) (T_2) y, 3) al tercer grupo de frutos fue tratado con una envoltura compuesta por mucílago (0.4 g), glicerol (0.34 g), polietilenglicol (0.1 g) y agua destilada (10 ml) (T_3). La fruta se dejó en almacenamiento por 10 días en el laboratorio a 24 °C y 42% de HR.

Experimento IV. Tuna (*Opuntia* spp.) ‘Amarilla Olorosa’

El experimento se condujo del 1 al 23 agosto de 2011 en el Campo Experimental de Zacatecas del INIFAP. La fruta se cosechó manualmente el 1 de agosto, se colocó en recipientes de cartón y se transportó al laboratorio de postcosecha del mismo sitio experimental donde se estableció el ensayo. Se formaron tres grupos de 14 frutos uniformes en tamaño y color, los cuales fueron asignados al azar a los siguientes tratamientos: 1) un grupo de fruta se desinfectó con una solución de cloro y fungicida y se usó como testigo (T_0); 2) este grupo de fruta se desinfectó, pero recibió un tratamiento hidrotérmico a 60 °C por 30 segundos (T_1); 3) este grupo de fruta fue tratado con una envoltura a base de mucílago (0.5 g), glicerol (0.42 g) y agua destilada (40 ml) (T_2); y 4)

este último grupo de frutos fue recubierto con una envoltura a base de mucílago (0.4 g), glicerol (0.34 g), polietilenglicol (0.1 g) y agua destilada (20 ml) (T₃). La fruta parcialmente madura, desinfectada con una solución cloro e hidróxido de cobre y tratada, fue almacenada a temperatura ambiente por tres semanas a 25 ± 1 °C y $37 \pm 8\%$ de HR.

Variables de respuesta

Los protocolos que a continuación se describen, se llevaron a cabo al momento de la cosecha y después del periodo de almacenamiento indicado en cada uno de los experimentos arriba descritos. La temperatura y humedad relativa de almacenamiento fueron monitoreadas cada dos horas con un registrador programable (Data Logger Modelo 42276, ExTech, Instruments, MA, USA).

Peso, color y firmeza del fruto

La calidad de fruta al momento de la cosecha y después de un periodo en almacenamiento a temperatura ambiente se evaluó de la siguiente manera. Primero, se obtuvo el peso individual de cada fruto con una balanza analítica (VE-303, Velab, USA). Después en cada fruto, el

color de la epidermis (ángulo de matiz) se determinó en dos sitios opuestos de la parte media de cada fruto con un espectrómetro (SP60 X-Rite, Inc., Iseburg, Germany). Posteriormente, en cada fruto la firmeza ($N = \text{Newtons}$) se determinó en dos sitios opuestos de la parte media de cada fruto con un penetrómetro (modelo FT 327, Wagner Instruments, Greenwich, CT, USA) equipado con una puntal de 7.9 mm para ciruela y guayaba y 11.1 mm de diámetro para manzana y tuna.

Concentración de sólidos solubles totales (CSST)

De cada fruto se extrajeron unas gotas de jugo, las cuales se mezclaron para determinar la concentración de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) con un refractómetro digital con compensación automática por temperatura (Modelo PR-32 α , Atago, Co. Ltd., Tokyo, Japón).

Concentración de materia seca del fruto

Esta variable se determinó con base en el peso fresco del fruto ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) tomando una muestra compuesta del mesocarpio fresco de la fruta. Una rebanada de 2 mm de espesor por fruto y cortada en el sentido longitudinal al diámetro ecuatorial (incluyendo

la epidermis) se obtuvo con una mandolina casera (Metalex No. 19.45.75, Strasbourg, France). Las muestras se llevaron a peso seco constante en estufa a 60 °C por ocho días.

Pérdida de peso del fruto y calidad del fruto en almacenamiento

La pérdida de peso del fruto durante el almacenamiento a temperatura ambiente se determinó con el peso individual de cada fruto, el cual se registró cada dos días durante cada periodo experimental, excepto en la tuna donde esta variable se determinó semanalmente por tres semanas. En todos los experimentos, al final de cada periodo de almacenamiento, se evaluó la firmeza, concentración de sólidos solubles totales y la materia seca de la fruta. Estas últimas variables fueron determinadas siguiendo los protocolos arriba descritos.

Análisis estadístico

Los datos de cada experimento se analizaron en un modelo lineal completamente al azar con el procedimiento ANOVA del sistema de análisis estadístico

SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA, 2003). La diferencia mínima significativa de Fisher ($P \leq 0.05$) se utilizó como criterio en la separación de medias de tratamiento

Resultados y discusión

Experimento I. Ciruela Mexicana

Las películas a base de mucílago y glicerol (T_1) y, mucílago, glicerol y polietilenglicol (T_2) incrementaron la pérdida de peso de los frutos (PPF) con relación al testigo (T_0 , Figura 1). Por otro lado, los frutos tratados con las dos películas a base de mucílago inhibieron significativamente la evolución del color (en términos del ángulo de matiz) de la epidermis en comparación con el testigo (Figura 2).

En términos de calidad de fruto, en promedio, la firmeza (F) se redujo 89% desde la cosecha hasta después del periodo de almacenamiento; mientras que la concentración de sólidos solubles totales (CSST) y la materia seca (CMS) se incrementaron 67% y 6%, respectivamente. Por otro lado, la fruta testigo (T_0) y T_1 mantuvieron mayor firmeza en comparación con T_2 ; mientras que la CSST en T_1 y T_2 fue menor en

comparación con T₀. La CMS fue similar entre tratamientos (Cuadro 1).

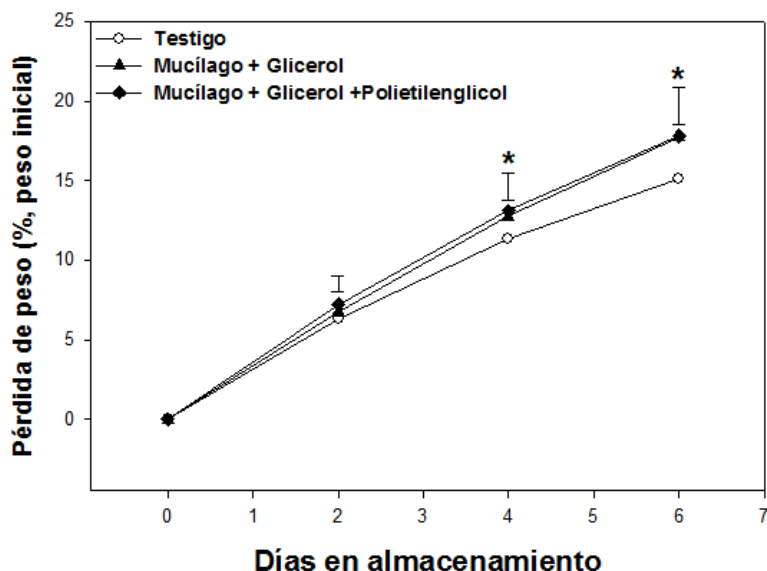


Figura 1. Pérdida de peso acumulado de la ciruela mexicana durante almacenamiento por 6 días a 24 °C y 20% de humedad relativa. Las barras verticales representan la diferencia mínima de Fisher y los asteriscos indican diferencias significativas con $P \leq 0.05$.

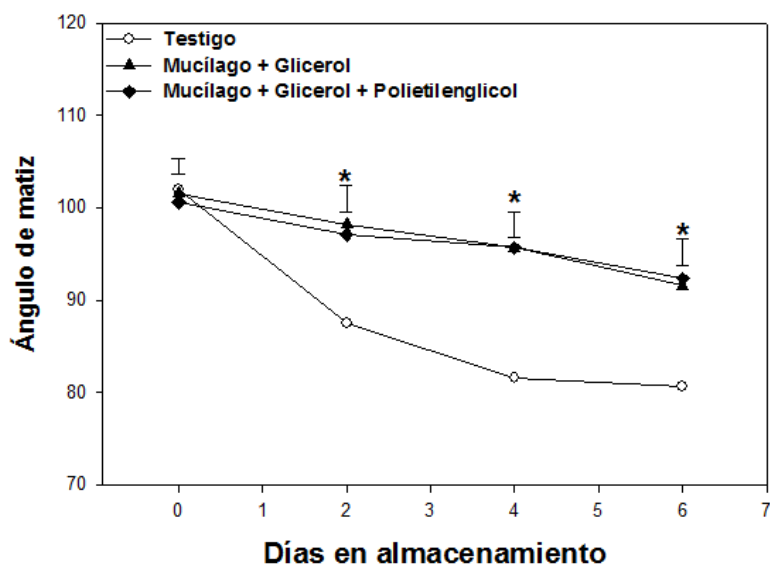


Figura 2. Evolución del ángulo de matiz de la epidermis en relación a la aplicación de películas a base de mucílago en ciruela mexicana durante almacenamiento por 6 días a 24 °C y 20% de humedad relativa. Las barras verticales representan la diferencia mínima de Fisher y los asteriscos indican diferencias significativas con $P \leq 0.05$.

Cuadro 1. Atributos de calidad de la ciruela mexicana en respuesta a la aplicación de películas a base de mucílago, después de almacenamiento por 6 días. El T₀ es la fruta testigo, T₁ es la fruta tratada con mucílago y glicerol y, T₂, es la fruta tratada con mucílago, glicerol y polietilenglicol. PF es el peso fresco y la concentración de sólidos solubles totales es CSST.

Tratamientos	Firmeza (N)	CSST (%)	Materia seca (mg ⁻¹ g PF)
Cosecha	34.7 ± 2.8	9.7 ± 0.2	165.7 ± 4.0
T ₀	3.9a*	16.2a	176.2a
T ₁	4.0a	13.4c	180a
T ₂	3.2b	14.4b	188a

*Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas con $P \leq 0.05$ por la prueba de Fisher.

En este ensayo se probaron dos películas a base de mucílago en ciruela mexicana, la cual es altamente perecedera (Osuna-García *et al.*, 2011). El hecho de que ambas envolturas hayan incrementado la pérdida de peso e inhibido el color de la fruta (Figura 1 y 2, respectivamente), pudo deberse al grosor de la película conformado por las concentraciones de mucílago, glicerol, polietilenglicol y agua destilada en cada una de ellas (Lin y Zhao, 2007). Las propiedades hidrofílicas del mucílago pudieron acelerar la pérdida de peso de la fruta (Bourtoom, 2008); Dichas películas también inhibieron el

desarrollo del color, lo cual que es un indicador de que la actividad del etileno fue inhibida por las películas. Este efecto se observó de manera similar en ciruela mexicana con el uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) por Osuna-García *et al.* (2011), en ciruela japonesa (*Prunus salicina*) por Manganaris *et al.* (2007) y en ciruela europea (*Prunus domestica*) por Menniti *et al.* (2006). Por otro lado, la firmeza y la concentración de materia seca de la fruta con ambas películas se mantuvieron, en promedio, estadísticamente iguales a la fruta testigo (Cuadro 1). Esto pudo haber sido el resultado de una compactación de las células debido a la pérdida de agua durante el periodo de almacenamiento; mientras que la reducción en la CSST es un indicativo de que el proceso de respiración (Manganaris *et al.*, 2007) fue limitado por las películas de manera similar a la evolución del color de la epidermis. Aun cuando no se midió la concentración del etanol, es posible que haya ocurrido un proceso de fermentación anaeróbica (Lin y Zhao, 2007; Bourtoom, 2008). Finalmente, debido al corto periodo de cosecha y de vida de esta fruta, este experimento no pudo ser repetido con menores concentraciones de mucílago, glicerol,

polietilenglicol y agua destilada; lo cual merece ser investigado.

Experimento I y II. Guayaba ‘Media China’

En el primer experimento el recubrimiento a base de mucílago, glicerol y polietilenglicol (T_2) incrementó sostenidamente la pérdida de peso de la fruta a partir del segundo día en almacenamiento en relación al testigo (T_0) y al recubrimiento con mucílago y glicerol (T_1) (Figura 3A). Lo opuesto ocurrió en el segundo experimento, donde T_1 y T_2 tendieron a reducir la pérdida de peso en comparación con T_0 (Figura 3B).

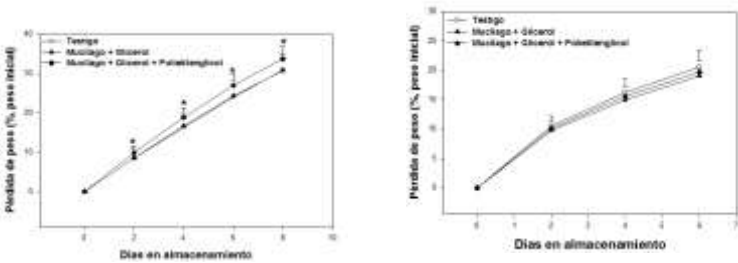


Figura 3. Influencia de recubrimientos a base de mucílago en la pérdida de peso acumulado de la guayaba cv. ‘Media China’ en el primer (A) y segundo (B) experimento durante el almacenamiento por 8 y 6 días, respectivamente. Las barras verticales representan la diferencia mínima de Fisher y los asteriscos indican la diferencias significativas con $P \leq 0.05$.

En el primer experimento, los tratamientos T₁ y T₂ retrasaron la evolución del color de la epidermis comparado con T₀ (Figura 4A). Este último comportamiento fue similar en el segundo experimento, pero los valores del ángulo de matiz en T₁ y T₂ estuvieron más cercanos al color amarillo característico de la guayaba (Figura 4B).

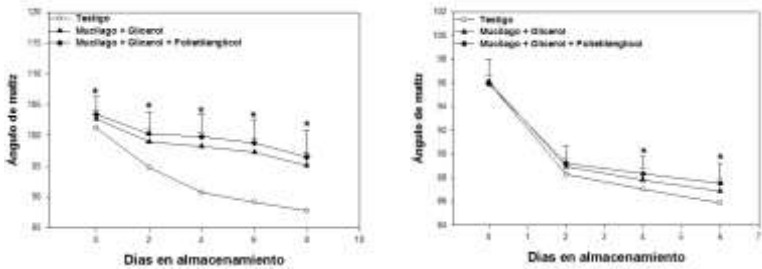


Figura 4. Evolución del ángulo de matiz de la epidermis en el primer (A) y segundo (B) experimento en función de la aplicación de películas de mucílago en guayaba cv. 'Media China' durante almacenamiento por 8 y 6 días, respectivamente. Las barras verticales representan la diferencia mínima de Fisher y los asteriscos indican las diferencias significativas con $P \leq 0.05$.

En relación con la calidad de la fruta desde la cosecha hasta ocho días después en almacenamiento, la F y CSST se redujeron 88% y 18%, respectivamente; mientras que la CMS se incrementó 33% con respecto a

la fruta testigo (T_0) en el primer experimento. En contraste, en el segundo experimento, la F se redujo 90%; mientras que la CSST y la CMS se incrementaron 11% y 24%, respectivamente (Cuadro 2). En el primer experimento, T_1 y T_2 presentaron, en promedio, mayor F, CSST y CMS que la fruta testigo. Sin embargo, en el segundo experimento la F, CSST y CMS, en promedio, fueron similares entre tratamientos (Cuadro 2).

Sin embargo, como en otros polisacáridos, éstos son hidrofílicos, lo cual pueden resultar en pobres barreras contra la pérdida de agua (peso) e intercambio gaseoso (Lin y Zhao, 2007; Bourtoom, 2008). Por otro lado, el espesor del recubrimiento afecta la funcionalidad de la película a la pérdida de peso e intercambio gaseoso (Lin y Zhao, 2007), lo cual pudo haber ocurrido en el primer experimento. El incremento en la pérdida de peso es indicativo de la capacidad hidrofílica del mucílago; mientras que el retraso del color es indicador de la reducción en el intercambio gaseoso (O_2 y CO_2), en particular del etileno, gas responsable en la evolución del color de esta fruta climatérica (Bashir *et al.*, 2003). La F, CSST y CMS de la fruta T_1 y T_2 se mantuvieron altas en

relación a la fruta T_0 , esto pudo haber sido un efecto de dilución debido a la pérdida de agua en la fruta tratada con las películas a base de mucílago. Con base en los últimos resultados, en el segundo experimento las envolturas fueron re-formuladas. En esta ocasión, las envolturas mejoraron los atributos de calidad; por ejemplo, T_1 y T_2 redujeron la pérdida de peso, la evolución del color de la epidermis fue inhibida parcialmente; mientras que la F, CSST y CMS se comportaron de manera similar a la fruta testigo.

Cuadro 2. Atributos de calidad de la guayaba ‘Media China’ en respuesta a la primera y segunda aplicación de películas a base de mucílago (Experimento 1 y 2, respectivamente) después del almacenamiento por 8 y 6 días, respectivamente. T₀ es la fruta testigo, T₁ es el tratamiento con mucílago y glicerol, y T₂ es el tratamiento con mucílago, glicerol y polietilenglicol. PF es el peso fresco y la concentración de sólidos solubles totales es CSST.

Tratamiento	Experimento 1			Experimento 2		
	Firmeza (N)	CSST (%)	Materia seca (mg g ⁻¹ PF)	Firmeza (N)	CSST (%)	Materia seca (mg g ⁻¹ PF)
Cosecha	44.0 ± 6.2	10.3 ± 0.3	148.1 ± 3.2	78.9 ± 8.2	10.2 ± 0.4	158.2 ± 4.0
T ₀	5.2b*	8.4b	197.3b	7.9a	11.3a	195.8a
T ₁	12.7a	8.7ab	212.6ab	7.8a	10.4a	194.0a
T ₂	14.7a	9.5a	232.8a	9.6a	10.7a	198.8a

* Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas por Fisher con $P \leq 0.05$.

Experimento III. Manzano 'Golden Delicious'

En este experimento, la pérdida de peso de la fruta fue similar entre tratamientos (Figura 5).

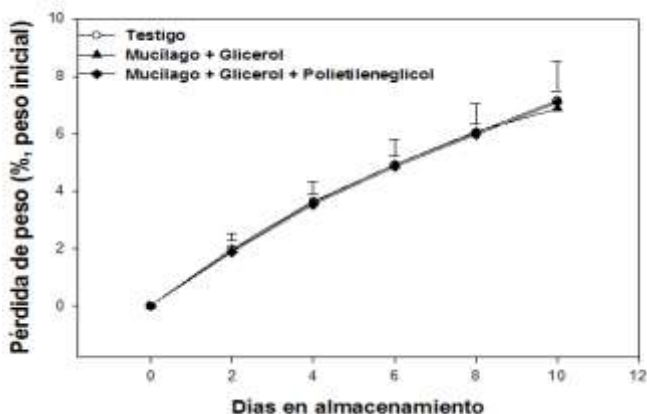


Figura 5. Pérdida de peso acumulado de la manzana cv. 'Golden Delicious' durante almacenamiento por 10 días a 24 °C y 42% de humedad relativa. Las barras verticales representan la diferencia mínima de Fisher con $P \leq 0.05$.

Las envolturas a base de mucílago T_1 y T_2 no alteraron la evolución del color de la epidermis de la fruta en relación a la fruta testigo. Sin embargo, el color de la epidermis de la fruta tratada con la película T_1 (mucílago y glicerol) se mantuvo relativamente sin cambios durante el periodo de almacenamiento, pero los valores del ángulo

de matiz de esa fruta fueron mayores que la fruta T₁ y T₀ (Figura 6).

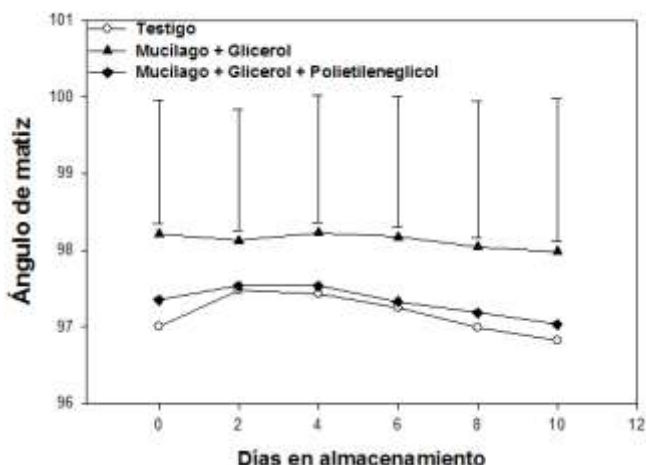


Figura 6. Evolución del color de la epidermis en relación a la aplicación de películas a base de mucílago en manzana cv. 'Golden Delicious' durante almacenamiento por 10 días a 24 °C y 42% de humedad relativa. Las barras verticales representan la diferencia mínima de Fisher con $P \leq 0.05$.

En relación con la calidad de la fruta desde la cosecha hasta diez días después en almacenamiento, la F se redujo, en promedio, 6%; mientras que la CSST y CMS se incrementaron 15% y 1%, respectivamente, con respecto a la fruta testigo (T₀) (Cuadro 3).

Después de diez días en almacenamiento, la firmeza (F) fue similar entre tratamientos; mientras que la CSST y CMS se incrementaron en T₁ y T₂ en comparación con T₀ (Cuadro 3).

Cuadro 3. Atributos de calidad de la manzana cv. 'Golden Delicious' en respuesta a la aplicación de películas a base de mucílago después del almacenamiento por 10 días. T₀ es la fruta testigo, T₁ es el tratamiento con mucílago y glicerol y T₂ es el tratamiento con mucílago, glicerol y polietilenglicol. PF es el peso fresco y la concentración de sólidos solubles totales es CSST.

Tratamientos	Firmeza (N)	CSST (%)	Materia seca (mg ⁻¹ g PF)
Cosecha	88.9 ± 1.6	13.7 ± 0.21	220.1 ± 4.3
T ₀	83.9a*	15.8b	222.3b
T ₁	85.2a	15.1ab	229.0ab
T ₂	89.7a	16.6a	235.1a

*Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas por Fisher con $P \leq 0.05$.

Los resultados de este experimento con manzana 'Golden Delicious' indicaron que la PPF fue similar entre tratamientos (Figura 5), mientras que el color de la fruta se mantuvo constante (Figura 6). Esta respuesta es importante para el consumidor, ya que uno de los objetivos de estas envolturas es mantener una apariencia

atractiva del producto fresco o procesado para el consumidor (Mchugh y Senesi, 2000). La película a base de mucílago y glicerol consistentemente mantuvo valores de color altos de la fruta (Figura 6). Aun cuando la fruta se eligió azarosamente, los valores del ángulo de matiz indican que los frutos seleccionados tuvieron un color verde más intenso desde el inicio del estudio, pero se mantuvo constante durante el periodo de estudio; y por lo tanto, este efecto no puede ser atribuido a la aplicación de la película.

La película a base de mucílago, glicerol y polietilenglicol indujo valores altos de F, CSST y CMS, por un lado son atributos de calidad que se busca prolongar por mayor tiempo con este tipo de envolturas y que al final de la cadena, el consumidor preferirá esta fruta (Mchugh y Senesi, 2000) en relación a otras (Lin y Zhao, 2007; Bourtoom, 2008).

Experimento IV. Tuna 'Amarilla Olorosa'

La pérdida de peso del fruto (PPF) vía transpiración, es el factor que favorece el deterioro de la tuna (Cantwell, 1995). En este experimento la PPF tendió a minimizarse

cuando la tuna fue expuesta al tratamiento hidrotérmico (T_1) en comparación con el testigo (T_0); mientras que los tratamientos con películas a base de mucílago (T_2 y T_3) incrementaron la PPF. Estos dos últimos tratamientos rebasaron el umbral (8%) de PPF antes de la segunda semana en almacenamiento; mientras que T_0 y T_1 , no alcanzaron el 8% de PPF durante el periodo experimental (Figura 7A). El uso de tratamiento con agua caliente está enfocado a eliminar microorganismos (i.e., *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., entre otros) que inducen el deterioro de la tuna (Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2010); sin embargo, no se descarta la posibilidad de que este tratamiento haya modificando favorablemente las propiedades de la composición de la exodermis y epidermis de la tuna, lo cual debe ser estudiado a mayor detalle. En contraste, la PPF inducida por T_2 y T_3 pudo ocurrir por la capacidad hidrofílica del mucílago a través de las heridas que quedan después de eliminar las espinas. De hecho, el desespinado puede incrementar la PPF hasta en 50%, si la fruta no es tratada con un revestimiento a base de ceras (Rodríguez-Félix *et al.*, 1992). También, T_1 retrasó la evolución del color de la epidermis en relación al resto

de los tratamientos (Figura 7B). En este ensayo, no se estudiaron los pigmentos involucrados en la evolución del color, pero evidentemente el T₁ limitó la acumulación de éstos; mientras que T₂ y T₃ favorecieron la acumulación de pigmentos como betalaínas (Viloria-Matos *et al.*, 2001), principalmente.

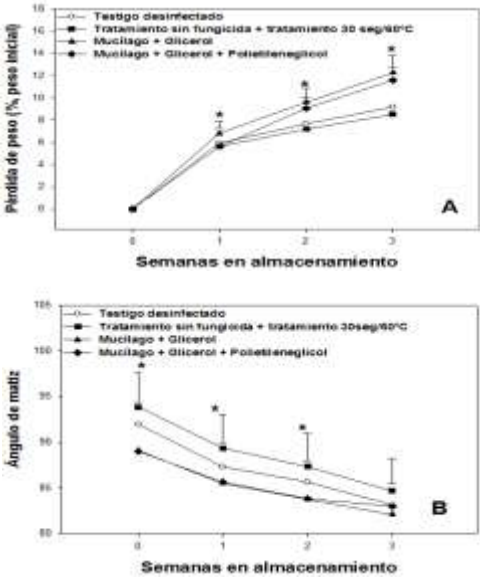


Figura 7. Pérdida de peso acumulado (A) y color de la epidermis (B) de la tuna ‘Amarilla Olorosa’ durante tres semanas en almacenamiento a 25 ± 1 °C y $37 \pm 8\%$ de humedad relativa en función de diferentes tratamientos a la fruta. Las barras verticales representan la diferencia mínima de Fisher y los asteriscos indican las diferencias significativas con $P \leq 0.05$.

La firmeza (F) de la tuna en postcosecha decrece sostenidamente durante el almacenamiento, mientras que la concentración de sólidos solubles totales (CSST) y de materia seca (CMS) no muestran cambios significativos o tienden a reducirse ligeramente durante el almacenamiento (Zegbe y Mena, 2009; 2010). En este ensayo, T₃ mantuvo valores significativamente altos tanto de F como de CSST que el resto de los tratamientos; mientras que la CMS fue similar entre tratamientos (Cuadro 4). También T₂ y T₃ incrementaron la PPF, por lo tanto, el incremento en la CSST pudo deberse a la acumulación pasiva de éstos debido a la PPF. Mientras que la mayor firmeza en T₃ pudo haber sido favorecida por una mayor densidad de células como consecuencia de la PPF.

Cuadro 4. Atributos de calidad de la tuna ‘Amarilla Olorosa’ en respuesta a la aplicación de un tratamiento hidrotérmico (60°C/30 segundos, T₁) y películas a base de mucílago y glicerol (T₂), mucílago, glicerol y polietilenglicol (T₃). T₀ es la fruta testigo, después de tres semana en almacenamiento. PF es el peso fresco y la concentración de sólidos solubles totales es CSST.

Tratamientos	Firmeza (N)	CSST (%)	Materia seca (mg g ⁻¹ PF)
T ₀	13.2b*	12.0b	202.6a
T ₁	15.0b	11.6b	192.4a
T ₂	15.1b	13.6a	214.0a
T ₃	17.9a	13.8a	207.3a

*Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas por Fisher con $P \leq 0.05$.

Conclusiones

La información derivada del experimento con ciruela mexicana no permite una conclusión definitiva sobre el efecto de las envolturas aplicadas.

La película a base de mucílago (0.4 g), glicerol (0.34 g), polietilenglicol (0.1 g) y agua destilada (10 ml), mejoró la vida de anaquel de la guayaba.

En manzana, las dos películas elaboradas a base de mucílago de nopal mejoraron la calidad de la fruta en términos de concentración de sólidos solubles totales, materia seca y apariencia visual. La firmeza se mantuvo similar a la fruta testigo.

En la tuna, el tratamiento hidrotérmico (30 seg/60 °C) redujo la pérdida de peso de la fruta, y puede, potencialmente incrementar la vida de anaquel de la tuna 'Amarilla Olorosa'. Las películas incrementaron la pérdida de peso de la fruta.

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por la Fundación Produce Zacatecas, A.C. a través del proyecto "Desarrollo de Alternativas Agroindustriales del Nopal Tunero" con No. De Ref.: 32-2009-1895 otorgado al Dr. Jaime Mena Covarrubias. Se reconoce el apoyo técnico de Sr. Pedro Castañón Hernández.

LITERATURA CITADA

- Báez, R., E. Bringas, A.M. Mendoza, A. G. González y A.J. Ojeda-Conteras. 2000. Recubrimientos de tratamientos especiales en frutos de mango tratados hidrotérmicamente. 2do Congreso Iberoamericano de Tecnología Post-cosecha y Agroexportaciones. pp. 71-74.
- Bashir, H.A., A. Bakr and A. Goukh. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chem.* 80(4):557-563.
- Bourtoom, T. 2008. Edible films and coating: characteristics and properties. *Int. Food Res. J.* 15(3):237-248.
- Cantwell, M. 1995. Post-harvest management of fruits and vegetable steams: In: *Agro-ecology, cultivation, and*

- uses of cactus pear. Plant Production and Protection paper 132. G. Barbera, P. Inglese, E. Pimienta-Barrios (Eds.). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italy. pp. 120-136.
- Choi, W.Y., H.J. Park, D.J. Ahn, J. Lee and C.Y. Lee. 2002. Wettability of chitosan coating solution on 'fuji' apple skin. J. Food Sci. 67(7):2668-2672.
- Corrales-García, J y J. L. Hernández-Silva. 2005. Cambios en la calidad postcosecha de variedades de tuna con y sin semillas. Rev. Fitotec. Mex. 28(1):9-16.
- Del-Valle, V., P. Hernández-Muñoz, A. Guarda and M.J. Galotto. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus-indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. J. Food Chem. 91(4):751-756.
- Domínguez-Canales, V.S.I., J.A. Zegbe-Domínguez, Ma. D. Alvarado-Nava y Jaime Mena-Covarrubias. 2011. Extracción y purificación de mucilago de nopal. INIFAP-CIRNOC-CEZAC. Desplegable Informativa No. 21.
- Jacomino, A.P., R.A. Kluge, C.L.G. d L. Sarantópoulos and J.M.M. Sigrist. 2001. Evaluation of plastic packages for guava refrigerated preservation. Packag. Technol. Sci. 14(1):11-19.
- Lin, D. and Y. Zhao. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruit and vegetables. Comp. Rev. Food Sci. & Technol. 6(3):60-75.
- Manganaris, G.A., A.R. Vicente, C.H. Crisosto and J.M. Labavitch. 2007. Effect of dips in a 1-methylcyclopropene-generating solution on 'Harrow Sun' plums stored under different

- temperature regimes. J. Agric. Food Chem. 55:7015-7020.
- Matsuhiro, B., L.E. Lillo, C. Sáenz, C.C. Urzúa, and O. Zárate. 2006. Chemical characterization of the mucilage from fruit of *Opuntia ficus indica*. Carbohydrate Polymers. 63:263-267.
- Mattheis, J.P., X. Fan and L.C. Argenta. 2005. Interactive Responses of gala apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action. J. Agric. Food Chem. 53 (11):4510–4516.
- Mchugh, T.H. and E. Senesi. 200. Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. J. Food Sci. 65(3):480-485.
- Menniti, A.M., I. Donati and R. Gregori. 2006. Responses of 1-MCP application in plums stored under air and controlled atmospheres. Postharvest Biol. & Technol. 39(3):243-246.
- Oosthuysen, S. A. 1997. Effect of waxing on weight loss, shelf-life in Heidi mango. S. A. Mango Grower's Association Yearbook. 17:95-99.
- Osuna G., J.A., Ma. H. Pérez B., V. Vázquez V. y R. Gómez J. 2011. Aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) y su efecto en ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Rev. Fitotec. Mex. 34(3):197-204.
- Plotto, A., A.N. Azarenko, M.R. McDaniel, P.W. Crockett and J.P. Mattheis. 1997. Eating quality of 'Gala' and 'Fiji' apples from multiple harvests and storage duration. HortScience 32(5):903-908.
- Rodríguez F., A., M.I. González S., H. Soto V. and M.I. Silveira G. 1992. Effects of postharvest treatments on the quality of tuna during storage. Proc. 3rd

- Annual Texas Prickly Pear Conference, Texas Prickly Pear Council, McAllen, Texas. 9-21 pp.
- Reyes, M.U. and R.F. Paul. 1995. Effect of storage temperature and ethylene treatment on guava fruit ripening. *Postharvest Biol. & Technol.* 6(3-4):357-365.
- Sánchez G., R.A., J.A. Zegbe D., J. Mena C. y G. Hernández C. 2010. Factores que influyen en la vida de anaquel de la tuna (*Opuntia* spp.): Un estudio exploratorio. Folleto Técnico No. 25. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 23 p.
- Sepúlveda, E., C. Sáenz, E. Aliaga and C. Aceituno. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *J. Arid Environ.* 68(4):534-545.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350. SIAP 2011. (19 de diciembre de 2011).
- Singh, S.P. and R.K. Pal. 2008. Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Postharvest Biol. & Technol.* 47(3):296-306.
- Viloria-Matos, A., Moreno-Álvarez, M.J., Hidalgo-Báez, D. 2001. Isolation and identification of betacyanin from fruits of *Opuntia boldinghii* Br. et R. by HPTLC. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 3(3):140-143.
- Zegbe, J.A. and J. Mena C. 2009. Flower bud thinning in 'Rojo Liso' cactus pear. *J. Hort. Sci. & Biotechnol.* 84(6):595-598.
- Zegbe, J.A. and J. Mena-Covarrubias. 2010. Postharvest changes in weight loss and quality of cactus pear fruit undergoing reproductive bud thinning. *J. Prof. Assoc. Cactus Develop.* 12: 1-11.

Comité Editorial del Campo Experimental Zacatecas

REVISIÓN TÉCNICA

Dr. Ramón Alva Martínez Peniche
Universidad de Querétaro

Dr. Joel Corrales García
Universidad Autónoma Chapingo

DISEÑO DE PORTADA

L.C. y T.C. Diana Sánchez Montaña

Grupo Colegiado del CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias

Secretario: Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez

Comisión Editorial y Vocal: Dr. Alfonso Serna Pérez

Vocal. Dr. Guillermo Medina García

Vocal: Ing. Manuel Reveles Hernández

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de
Marzo de 2012 en la Imprenta Mejía, Calle Luis Moya No. 622, CP
98500, Calera de V. R., Zacatecas, México.

Tel. (478) 98 5 22 13

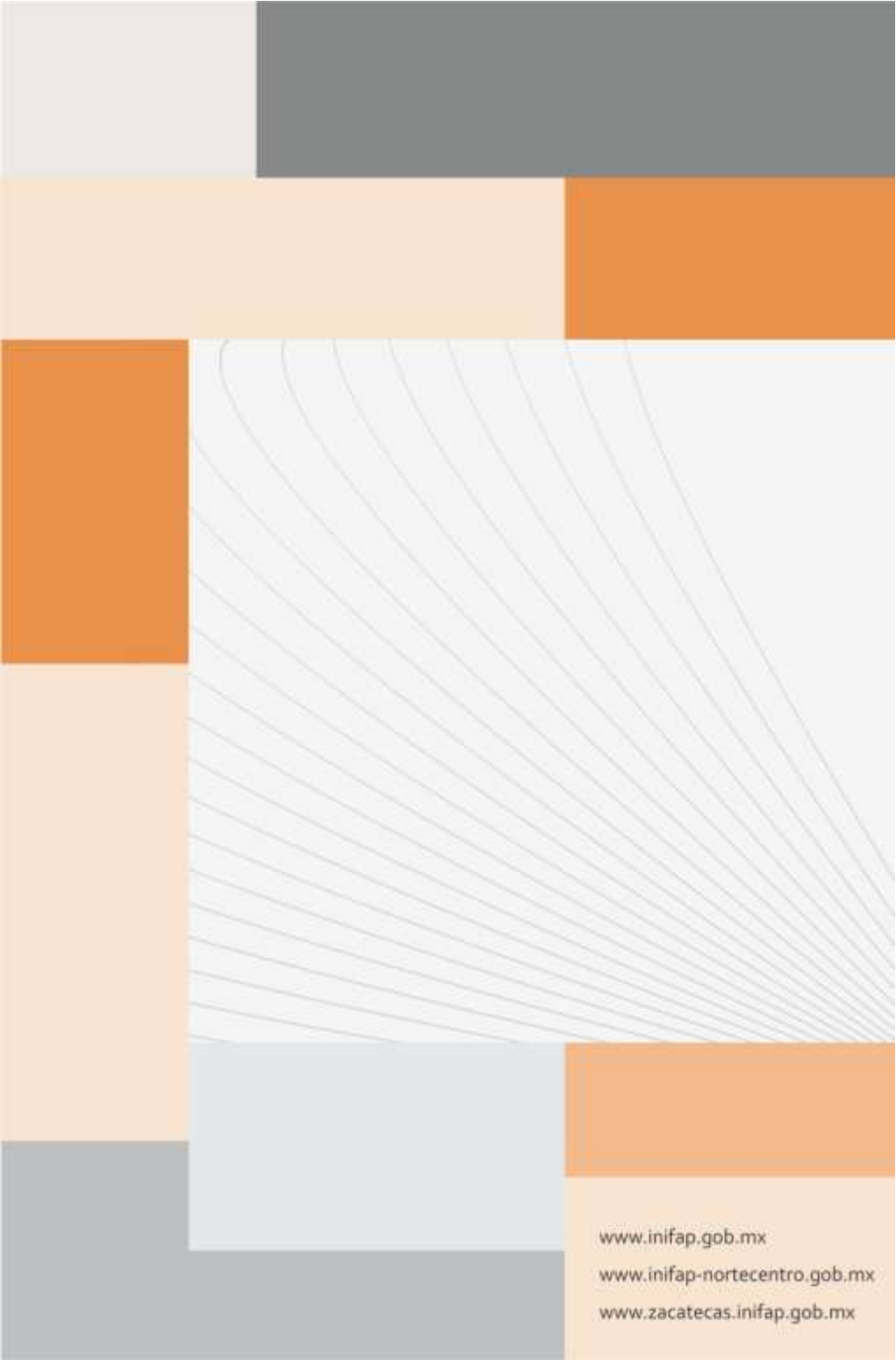
Su tiraje constó de 500 ejemplares

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez Dir. de Coordinación y Vinculación

PERSONAL INVESTIGADOR

Dr. Alfonso Serna Pérez Suelo y Agua
M.C. Blanca I. Sánchez Toledano Socioeconomía
M.C. Enrique Medina Martínez..... Maíz y Frijol
M.C. Francisco Rubio Aguirre Pastizales y Forrajes
Dr. Guillermo Medina García..... Modelaje
Dr. Jaime Mena Covarrubias Sanidad Vegetal
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez..... Frutales Caducifolios
M.V.Z. Juan Carlos López García Caprinos-ovinos
I.T.A. Juan José Figueroa González Frijol
Dr. Luis Roberto Reveles Torres Recursos Genéticos
Ing. Ma. Guadalupe Zacatenco González..... Frutales Caducifolios
Ing. Manuel Reveles Hernández..... Hortalizas
MC. Manuel de Jesús Flores Nájera..... Ovinos-Caprinos
Ing. Miguel Servín Palestina Suelo y Agua
M.C. Nadiezhda Y. Z. Ramírez Cabral Modelaje
Dr. Ramón Gutiérrez Luna Pastizales y Forrajes
Ing. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez Bioenergéticos
Dr. Rodolfo Velásquez Valle..... Sanidad Vegetal
M.C. Valentín Melero Meraz..... Frutales



www.inifap.gob.mx

www.inifap-nortecentro.gob.mx

www.zacatecas.inifap.gob.mx