



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



1954 FACULTAD DE AGRONOMIA 2024
UANL



Año 27
Número Especial 70 Aniversario
Facultad de Agronomía



Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

Melissa del Carmen Martínez Torres
Editora

Consejo Editorial

Dr. Sergio Estrada Parra (Instituto Politécnico Nacional, México) /
Dr. Miguel José Yacamán (Universidad de Texas, EUA) / Dr. Juan Manuel Alcocer González (Universidad
Autónoma de Nuevo León, México) /
Dr. Bruno A. Escalante Acosta (Instituto Politécnico Nacional, México)

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Orlando Javier Izaguirre González
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas

Portada: Orlando Javier Izaguirre González
Webmaster: Mayra Silva Almanza

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 27, Número Especial 70 Aniversario Facultad de Agronomía. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236, <https://cienciauanl.uanl.mx>, revista.ciencia@uanl.mx. Editora responsable: Melissa del Carmen Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102, ISSN impreso: 2007-1175, Licitud de Título y Contenido: 14914, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor; ISSN-E: en trámite. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Responsable de la última actualización de este número: Melissa del Carmen Martínez Torres.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Todos los derechos reservados

© Copyright 2024

Ciencia UANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dra. María Julia Verde Star

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin Suetterlin

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Gloria María González González

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Taméz Valdés

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Yolanda Peña Méndez

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Héctor de León Gómez

(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

ÍNDICE

8-11	PRESENTACIÓN MC. CARLOS ALBERTO HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ
12-13	EDITORIAL DR. HUGO BERNAL BARRAGÁN
16-22	1998 ENERO-MARZO
	<p>Efecto de la defoliación en la productividad y calidad nutritiva de <i>Cenchrus ciliaris</i> L.</p> <p>Urlico López Chuken, Urlico López Domínguez, Emilio Olivares Saénz</p>
24-29	1998 ABRIL-JUNIO
	<p>Análisis de estabilidad en la selección de genotipos de avena</p> <p>Francisco Zavala García y José Elías Treviño Ramírez</p>
30-36	1999 ABRIL-JUNIO
	<p>Eficiencia reproductiva en ovejas de pelo "Saint Croix"</p> <p>Fernando Sánchez Dávila, Javier Colin Negrete, Hugo Bernal Barragán, Arnoldo González Reyna</p>
38-42	2001 ENERO-MARZO
	<p>Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol</p> <p>Mario Silva Garza, Hilda Gámez González, Francisco Zavala García, Baltazar Cuevas Hernández, Manuel Rojas Garcidueñas</p>

44-53 2001 JULIO-SEPTIEMBRE



Conservación de una variedad de tuna (Burrona) bajo diferentes manejos poscosecha
Rigoberto González G., Tomás Morales O., Emilio Olivares S., Juana Aranda R., Clemente Gallegos V.

54-60 2002 JULIO-SEPTIEMBRE



Mejoramiento genético en sorgo para resistencia a ergot
Francisco Zavala G., Evelyn Ortiz P., Nora E. García T., Gilberto E. Salinas G., Hilda Gámez G.

62-69 2004 ENERO-MARZO



Cinética de PRD1 en un pantano construido de flujo subsuperficial
Juan A. Vidales Contreras, Rigoberto González González, Humberto Rodríguez Fuentes

70-76 2004 JULIO-SEPTIEMBRE



Pantanos construidos para tratamiento de agua residual.
Juan A. Vidales Contreras, Cristóbal Chaidez Quiroz, Karim Acuña Ascar, Humberto Ibarra Gil, Humberto Rodríguez Fuentes, Gustavo Martínez Turanzas

78-89 2004 OCTUBRE-DICIEMBRE



Impacto de la apertura comercial de México y de su integración en bloques comerciales en el mercado mundial del limón
Ramón G. Guajardo Quiroga, Pedro A. Villezca Becerra

90-99

2005 ABRIL-JUNIO



Caracterización molecular de razas severas y débiles del virus de la tristeza de los cítricos
Alberto Mendoza, César Salazar, Omar Alvarado, Ma. Antonia Cruz, Hugo A. Barrera Saldaña

100-109

2006 ABRIL-JUNIO



El índice Ka: un nuevo algoritmo para analizar los componentes de la superficie terrestre en imágenes de satélite.
Roberto Luévano Escobedo, Karla O. Luévano de la Cruz, Gerardo de Lira Reyes, Walter Ritter Ortiz, Gustavo A. Martínez Turanzas, Humberto Rodríguez Fuentes, Emilio Olivares Sáenz

110-118

2006 JULIO-SEPTIEMBRE



Efecto de la variación de la densidad del aire en la temperatura bajo condiciones de invernadero
Javier Leal Iga, Efraín Alcorta García, Humberto Rodríguez Fuentes

120-126

2009 ENERO-MARZO



Detección del virus Y de la papa variante ntn (PVY^{ntn}) mediante RT-PCR en plantaciones del estado de Nuevo León, México
César Enrique Guerrero Gámez, Hazael Gutiérrez Mauleón, Omar Guadalupe Alvarado Gómez, Josué Leos Martínez, Aurora Garza Zúñiga, Luis Ángel Villarreal García

128-136

2010 ENERO-MARZO



Modelado del clima para un invernadero en Marín, Nuevo León, México
Javier Leal Iga, Juan Francisco Pissani Zúñiga

138-144

2012 JULIO-SEPTIEMBRE



Impacto de la movilidad estudiantil en la formación de estudiantes.

Emma Melchor Rodríguez

146-154

2013 ENERO-MARZO



Diagnóstico de gestación temprana por medio de ultrasonografía en ovejas de pelo

Fernando Sánchez Dávila, Gerardo Padilla Rivas, Rogelio A. Ledezma Torres, Alejandro S. del Bosque González

156-169

2014 MAYO-JUNIO



Historia de las crisis del agua en el área metropolitana de Monterrey(AMM), previa a la llegada de las grandes represas (1597-1955)

Luis G. Esparza Hernández, Ciro G. S. Valdés Lozano, Pedro César Cantú Martínez, Gabriela de la Mora de la Mora

170-177

2015 MAYO-JUNIO



Efecto del CIDR posinseminación sobre la tasa de preñez en vacas de carne

Rogelio Ledezma, Denisse Garza, Gustavo Moreno, Nelson Manzanares, Francisco Picón, Rafael Ramírez, Fernando Sánchez

178-184

2015 JULIO-AGOSTO



Afectaciones en la producción de cerdos en una granja comercial en el noreste de México

Fernando Sanchez Dávila, Fidencio González Martínez, Alejandro S. del Bosque G., Humberto Ibarra Gil, Francisco J. Castillo Espinosa, Gerardo Padilla Rivas, Rogelio A. Ledezma Torres

186-192

2017 OCTUBRE-DICIEMBRE



Contribución al estudio de las neoplasias y pseudoneoplasias en el hurón

Rolando A. Silva Pérez, Cecilia Ramírez Hernández, Álvaro Barbosa Quintana, Emilio Olivares Sáenz, Yahaira Maciel Martínez, Rafael Ramírez Romero

194-202

2017 OCTUBRE-DICIEMBRE



Respuesta fenológica de especies maderables a los factores ambientales del noreste de México

Maginot Ngangyo Heya, Rahim Foroughbakch Pournavab, Artemio Camilo Parra, Lidia Rosaura Salas Cruz

204-209

2018 SEPTIEMBRE-OCTUBRE



Lodos residuales de origen doméstico: disminución de coliformas fecales y *Salmonella* spp.

Lucero Mariel López Moreno, Bárbara Azucena Macías Hernández, Néstor Guevara García, José Alberto López Santillán, Patricio Rivera Ortiz

210-218

2018 SEPTIEMBRE-OCTUBRE



Composición florística y diversidad de la regeneración leñosa del matorral en Marín, Nuevo León

Jaime F. García, Francisco Zavala García

220-226

2019 MAYO-JUNIO



Efecto de pulpa seca de naranja (*Citrus sinensis*) en la dieta de cabras en déficit energético

Carolina Astrid Montiel Uresti, Hugo Bernal Barragán, Fernando Sánchez Dávila, Rogelio Alejandro Ledezma Torres, Nydia Corina Vásquez Aguilar

228-236**2021 ENERO-FEBRERO**

Presa La Juventud: un sitio potencial para la observación de aves

Marilyn Castillo Muñoz, Jorge Leonardo Guzmán Hernández, Lidia R. Salas Cruz

238-245**2021 NOVIEMBRE-DICIEMBRE**

El Banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía UANL, como patrimonio etnobiológico del Estado de Nuevo León

Lidia Rosaura Salas Cruz, Francisco Zavala García, José Elías Treviño Ramírez, Jesús Andrés Pedroza Flores, Humberto Ibarra Gil, Maginot Ngangyo Heya

246-253**2022 SEPTIEMBRE-OCTUBRE**

Determinación de la producción de gas *in vitro*, contenido de nutrientes y energía metabolizable de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos

Hugo Bernal Barragán, Víctor Manuel Perrusquía Tejeida, Nydia Corina Vásquez Aguilar, Humberto González Rodríguez

254-260**2024 MAYO-JUNIO**

Desarrollo biotecnológico para la producción de probióticos viables de chucrut a escala industrial


Claudio Guajardo Barbosa, Julio César Beltrán Rocha, Ulrico Javier López Chuken, Alma Delia Nava Torres, Myriam Elías Santos, Rahim Foroughbakhch Pournavab

262-272**2024 MAYO-JUNIO**

Valor nutricional y energético de cuatro especies de pastos de agostaderos del noreste de México

Nydia Corina Vásquez Aguilar, Litzzy Javier Morales, Juan Emmanuel Segura Carmona, Hugo Bernal Barragán

273**AGRADECIMIENTOS**



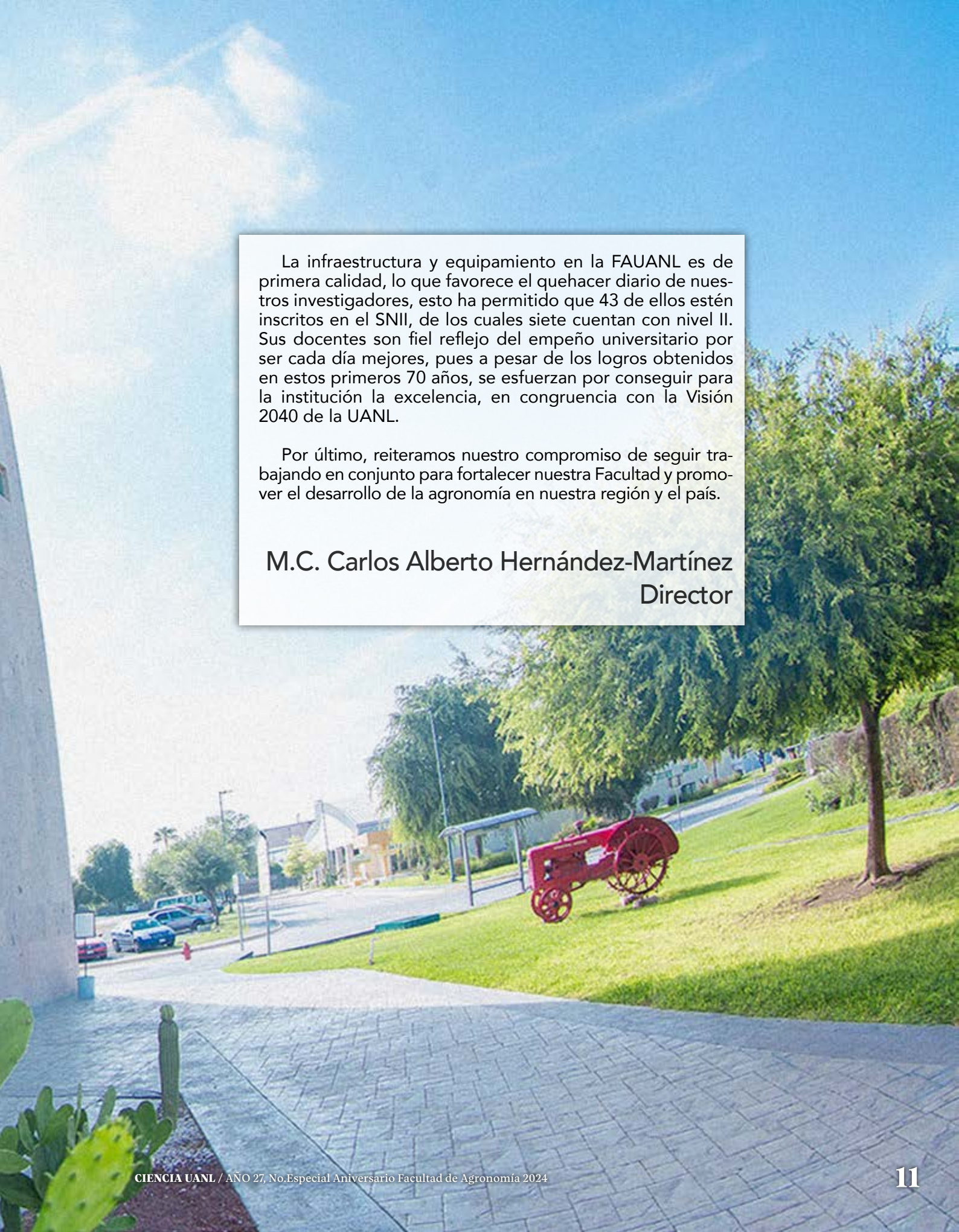
Estimados miembros de la comunidad universitaria. Como parte de la conmemoración del 70 aniversario de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), se publica el presente número donde pretendemos dar un contexto del quehacer científico de nuestros investigadores, plasmado en los diversos volúmenes de la revista *Ciencia UANL*.

Uno de los propósitos de nuestra institución es la formación de profesionistas con alto sentido de responsabilidad social, con una capacitación integral, preparados para hacer frente a los desafíos tecnológicos y los retos científicos que traen consigo la globalización y la sociedad del conocimiento.

La Facultad de Agronomía, en un contexto de cambios permanentes, ha forjado durante siete décadas de existencia miles de profesionistas con vocación de servicio para la transformación del ámbito agroalimentario, acompañados por la continua investigación científica de sus docentes, la cual va en concordancia con las necesidades de los empleadores.

A partir del 8 de diciembre de 1954, de la mano y con la tutoría del ilustre nuevoleonés universitario, Dr. Eduardo Aguirre Pequeño, la FAUANL se ha constituido en un segmento trascendental en los 91 años de historia de nuestra UANL.

En la actualidad, la FAUANL cuenta con sus cuatro programas de licenciatura: Ingeniería en Agronomía, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería en Agronegocios e Ingeniería en Biotecnología, acreditados nacionalmente y uno de ellos internacionalmente; además de tener una gran oferta de posgrados: Maestría y Doctorado en Ciencias Agrícolas, Maestría con Orientación en Biosistemas, Maestría con Orientación en Industrias Alimentarias y la Maestría y Doctorado en Ciencia Animal, ofrecidos estos últimos en conjunto con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, estando todos ellos en el Padrón Nacional de Posgrados.



La infraestructura y equipamiento en la FAUANL es de primera calidad, lo que favorece el quehacer diario de nuestros investigadores, esto ha permitido que 43 de ellos estén inscritos en el SNII, de los cuales siete cuentan con nivel II. Sus docentes son fiel reflejo del empeño universitario por ser cada día mejores, pues a pesar de los logros obtenidos en estos primeros 70 años, se esfuerzan por conseguir para la institución la excelencia, en congruencia con la Visión 2040 de la UANL.

Por último, reiteramos nuestro compromiso de seguir trabajando en conjunto para fortalecer nuestra Facultad y promover el desarrollo de la agronomía en nuestra región y el país.

M.C. Carlos Alberto Hernández-Martínez
Director

Editorial

Hugo Bernal Barragán

La divulgación de los resultados generados en investigaciones científicas realizadas en instituciones universitarias es un paso muy importante para darlos a conocer y que sirvan a la sociedad. Para ello es importante que existan medios escritos de calidad, cuyas normas editoriales tengan como prioridad la excelencia de cada publicación. En ese sentido, la Universidad Autónoma de Nuevo León creó, en 1998, la revista de divulgación científica *Ciencia UANL*, la cual cuenta con el reconocimiento del Conahcyt, formando parte del Padrón de Revistas de Divulgación Científica.

En este número especial, presentamos una compilación de los artículos que han sido publicados hasta ahora por docentes y estudiantes de la Facultad de Agronomía en *Ciencia UANL*. El objetivo de ello es recordar en forma conjunta las aportaciones, algunas de las acciones que se han desarrollado y los logros que se han obtenido en los años anteriores en dicha Facultad.

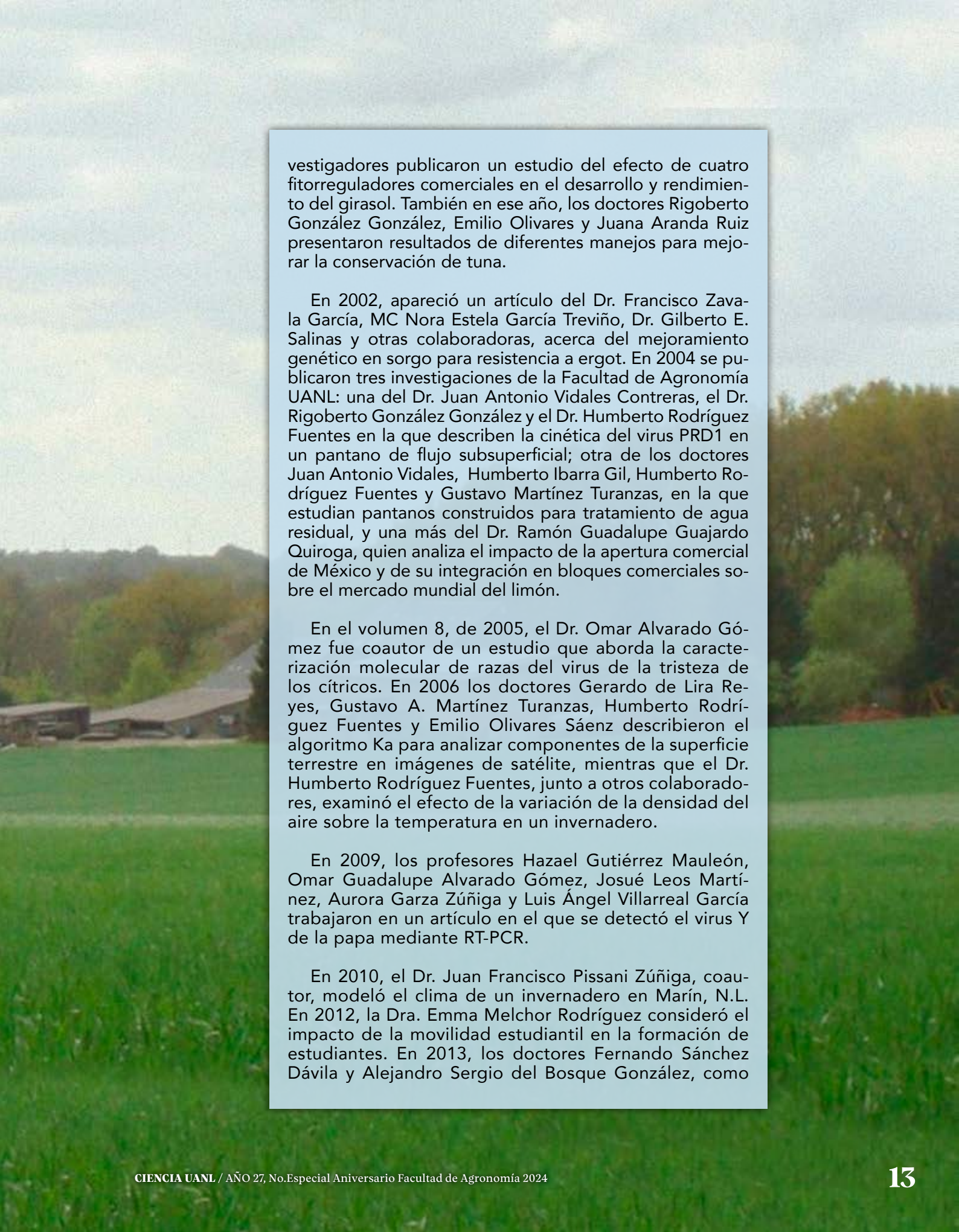
También se pretende despertar interés en alumnos y profesores para incrementar el acercamiento a la escritura y publicación de investigaciones científicas que sirvan para la divulgación de sus resultados.

Varios docentes de la FA-UANL han participado como autores de artículos desde el primer año de *Ciencia UANL*. En este número especial será grato recordar los trabajos realizados por el Dr. Ulrico López Domínguez y el Dr. Emilio Olivares Sáenz en el área de productividad y calidad nutritiva de pasto Buffel, que apareció en el número 1; y el del Dr. Francisco Zavala García y el Dr. José Elías Treviño Ramírez, en el que se analiza la estabilidad de selección de genotipos de avena, en el número 2.

En el número 2 del volumen 2 (1999) fue publicado un trabajo de los doctores Fernando Sánchez Dávila, Javier Colín Negrete y Hugo Bernal Barragán, en el que se estudió la eficiencia reproductiva en ovejas "Saint Croix".

En 2001, el Dr. Francisco Zavala y otros distinguidos in-

Foto: Dr. Hugo Bernal Barragán



investigadores publicaron un estudio del efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. También en ese año, los doctores Rigoberto González González, Emilio Olivares y Juana Aranda Ruiz presentaron resultados de diferentes manejos para mejorar la conservación de tuna.

En 2002, apareció un artículo del Dr. Francisco Zavala García, MC Nora Estela García Treviño, Dr. Gilberto E. Salinas y otras colaboradoras, acerca del mejoramiento genético en sorgo para resistencia a ergot. En 2004 se publicaron tres investigaciones de la Facultad de Agronomía UANL: una del Dr. Juan Antonio Vidales Contreras, el Dr. Rigoberto González González y el Dr. Humberto Rodríguez Fuentes en la que describen la cinética del virus PRD1 en un pantano de flujo subsuperficial; otra de los doctores Juan Antonio Vidales, Humberto Ibarra Gil, Humberto Rodríguez Fuentes y Gustavo Martínez Turanzas, en la que estudian pantanos construidos para tratamiento de agua residual, y una más del Dr. Ramón Guadalupe Guajardo Quiroga, quien analiza el impacto de la apertura comercial de México y de su integración en bloques comerciales sobre el mercado mundial del limón.

En el volumen 8, de 2005, el Dr. Omar Alvarado Gómez fue coautor de un estudio que aborda la caracterización molecular de razas del virus de la tristeza de los cítricos. En 2006 los doctores Gerardo de Lira Reyes, Gustavo A. Martínez Turanzas, Humberto Rodríguez Fuentes y Emilio Olivares Sáenz describieron el algoritmo Ka para analizar componentes de la superficie terrestre en imágenes de satélite, mientras que el Dr. Humberto Rodríguez Fuentes, junto a otros colaboradores, examinó el efecto de la variación de la densidad del aire sobre la temperatura en un invernadero.

En 2009, los profesores Hazael Gutiérrez Mauleón, Omar Guadalupe Alvarado Gómez, Josué Leos Martínez, Aurora Garza Zúñiga y Luis Ángel Villarreal García trabajaron en un artículo en el que se detectó el virus Y de la papa mediante RT-PCR.

En 2010, el Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga, coautor, modeló el clima de un invernadero en Marín, N.L. En 2012, la Dra. Emma Melchor Rodríguez consideró el impacto de la movilidad estudiantil en la formación de estudiantes. En 2013, los doctores Fernando Sánchez Dávila y Alejandro Sergio del Bosque González, como

coautores, describieron el diagnóstico de gestación temprana por medio de ultrasonografía en ovejas de pelo.

En 2014, el Dr. Ciro Gregorio del Socorro Valdés Lozano fue coautor de un artículo en el que se describió la historia de las crisis del agua en el área metropolitana de Monterrey de 1597 a 1955. Para 2015, el Dr. Fernando Sánchez Dávila colaboró en un análisis del efecto del CIDR después de la inseminación sobre la tasa de gestación en vacas de carne; ese mismo año se publicó un trabajo en el que se exploraron las afectaciones en la producción de cerdos en una granja comercial en el noreste de México, en éste participaron el Dr. Fernando Sánchez Dávila, el Dr. Alejandro Sergio del Bosque González, el Dr. Humberto Ibarra Gil y el MC Francisco Javier Castillo Espinoza.

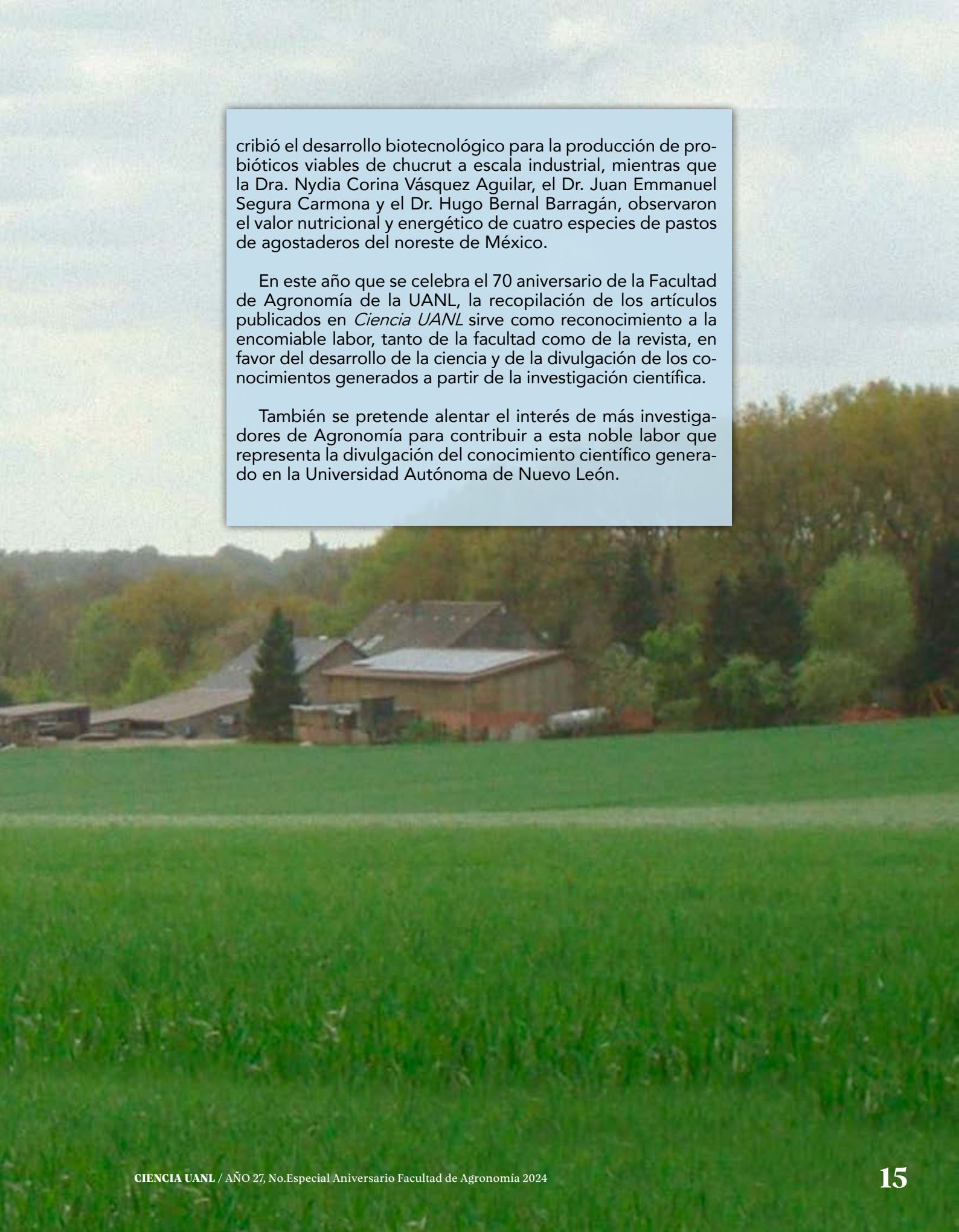
Mientras que, en 2017, el Dr. Emilio Olivares Sáenz fue parte de una investigación en la que se comunicaron contribuciones al estudio de neoplasias y pseudoneoplasias en el hurón. Por su parte, la Dra. Lidia Rosaura Salas Cruz y el Dr. Maginot Ngangyo Heya participaron en un artículo en el que se exploró la respuesta fenológica de especies maderables a los factores ambientales del noreste de México.

Para 2018, el Dr. Francisco Zavala García y el Dr. Jaime F. García describieron la composición florística y diversidad de la regeneración leñosa del matorral en Marín, Nuevo León. En 2019, los doctores Nydia Corina Vásquez Aguilar, Fernando Sánchez Dávila y Hugo Bernal Barragán colaboraron en la exploración del efecto de la pulpa seca de naranja en la dieta de cabras que tienen déficit energético.

En 2021, la Dra. Lidia Rosaura Salas Cruz participó en un trabajo en el que se presenta a la Presa La Juventud como un sitio potencial para la observación de aves. También se publicó un artículo en el que se describe el Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía de la UANL como patrimonio etnobiológico de Nuevo León, presentado por los doctores Lidia Rosaura Salas Cruz, Francisco Zavala García, José Elías Treviño Ramírez, Jesús Andrés Pedroza Flores, Humberto Ibarra Gil y Maginot Ngangyo Heya.

En 2022, la Dra. Nydia Corina Vásquez Aguilar y el Dr. Hugo Bernal Barragán analizaron los resultados de la determinación del contenido de energía metabolizable de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos, a partir del contenido de nutrientes y de la producción de gas *in vitro*.

Finalmente, en 2024, el Dr. Julio César Beltrán Rocha des-

A photograph of a green field with a building and trees in the background. The field is in the foreground, and the building is in the middle ground. The trees are in the background.

cribió el desarrollo biotecnológico para la producción de probióticos viables de chucrut a escala industrial, mientras que la Dra. Nydia Corina Vásquez Aguilar, el Dr. Juan Emmanuel Segura Carmona y el Dr. Hugo Bernal Barragán, observaron el valor nutricional y energético de cuatro especies de pastos de agostaderos del noreste de México.

En este año que se celebra el 70 aniversario de la Facultad de Agronomía de la UANL, la recopilación de los artículos publicados en *Ciencia UANL* sirve como reconocimiento a la encomiable labor, tanto de la facultad como de la revista, en favor del desarrollo de la ciencia y de la divulgación de los conocimientos generados a partir de la investigación científica.

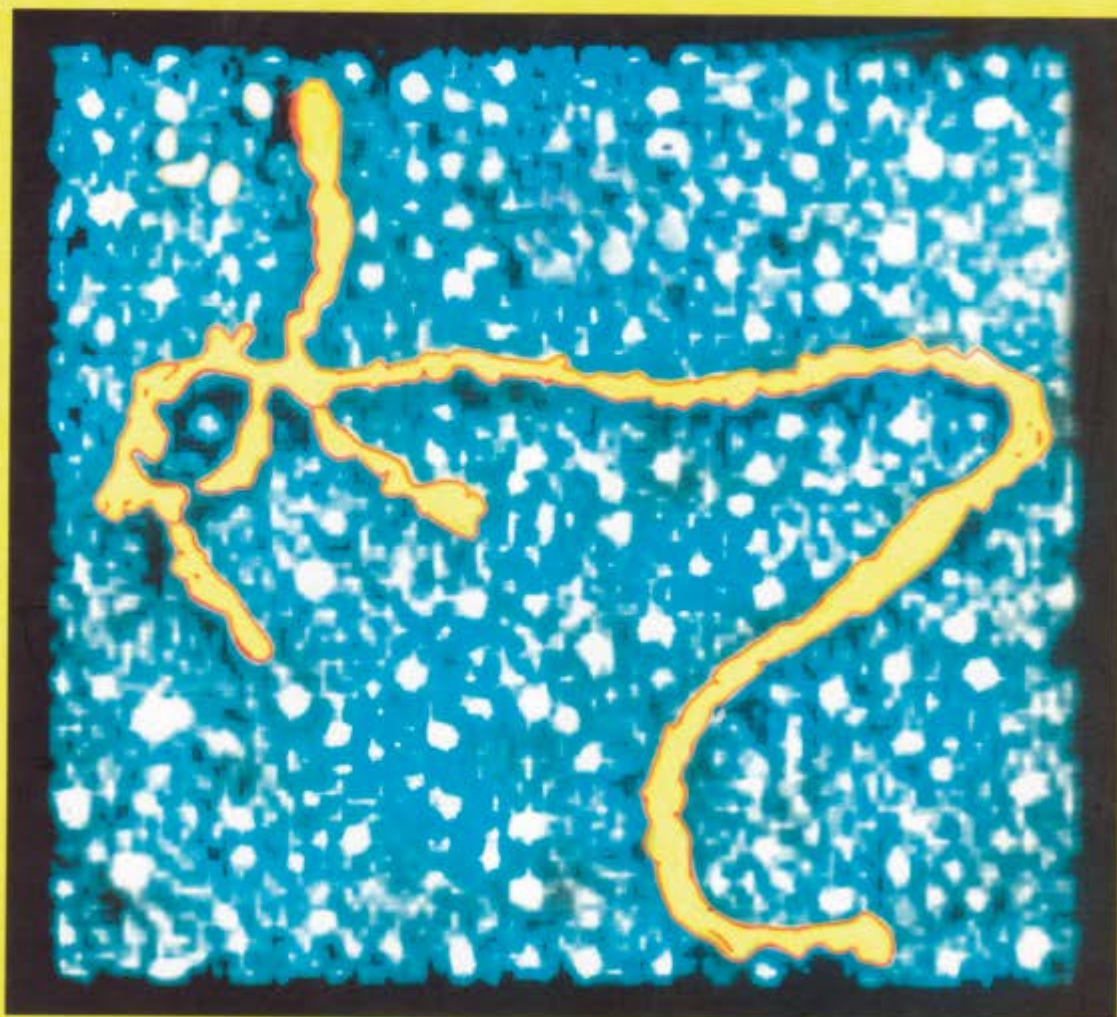
También se pretende alentar el interés de más investigadores de Agronomía para contribuir a esta noble labor que representa la divulgación del conocimiento científico generado en la Universidad Autónoma de Nuevo León.

1

Volumen I
Número 1
Enero - Marzo
1998

CiENCiAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



00

Genes, Resonancia Magnética Nuclear
Clonación, Materiales, Biodiversidad

Efecto de la defoliación en la productividad y calidad nutritiva de *Cenchrus ciliaris* L.

Ulrico López Chuken*, Ulrico López Domínguez** y Emilio Olivares Saénz**

El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) es una especie muy importante introducida en el noreste y noroeste de México. Es un pasto amacollado perenne de estación cálida que está bien adaptado, es altamente productivo, muy digestible, y preferido por el ganado. El buffel ha demostrado su habilidad para establecerse, persistir, y producir bajo condiciones climáticas adversas. Es especialmente tolerante a las sequías periódicas que son características de la región noreste y noroeste de México. A pesar de estas características deseables, está frecuentemente sujeto al sobrepastoreo y al uso inadecuado de las praderas, lo que en muchas situaciones ha afectado sus habilidades recuperativas o productivas. Los factores climáticos, edáficos, morfológicos y de manejo también afectan la producción y la recuperación del pasto. Aún cuando el buffel fue introducido a México en 1954 y los ganaderos han tenido mucha experiencia con esta especie, hay poca información documentada sobre el efecto del pastoreo o corte de esta importante gramínea. Por las motivaciones anteriores el presente estudio pretendió los siguientes objetivos: estudiar la influencia de la fertilización; la intensidad, frecuencia, y época de defoliación en el rendimiento y calidad nutritiva del zacate buffel.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo durante el verano y otoño de 1997 en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en Marín, N.L.

Tratamientos

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: Intensi-

dades de defoliación; corte a 5 y 15 cm del ras del suelo. Frecuencia de defoliación; corte a 21 y 42 días. Fertilización Nitrogenada; aplicación de 0 y 50 kg N/ha/corte. La combinación de estos factores aplicados dieron origen a ocho tratamientos.

Manejo del Experimento

Plántulas de 20 cm de altura y dos meses de edad fueron trasplantadas a bolsas conteniendo 20 kg de suelo común. Después de un período de adaptación de 20 días se asignaron a los tratamientos. En los tratamientos que recibieron fertilización, se aplicaron 50 kg N/ha, utilizando como fuente nitrogenada el sulfato de amonio al inicio y cada vez que le correspondía la defoliación a los 42 días. Posterior al corte se fertilizó y regó con una cantidad de agua dosificada que permitió que cada uno de los tratamientos recibiera la misma cantidad de líquido durante el desarrollo del experimento.

Las defoliaciones o cortes se aplicaron en las fechas establecidas para cada tratamiento en las quince plantas de cada uno de éstos. Se hicieron un total de seis defoliaciones para los tratamientos de frecuencia 1 (cada 21 días), y tres para las frecuencias de 42 días. Para los propósitos de los análisis estadísticos las dos frecuencias de 21 días se juntaron para compararlas con las tres de 42, de tal manera que en los análisis de varianza se reportan únicamente tres cortes.

Diseño estadístico

Para el análisis de la información de las variables de la planta se utilizó un diseño completamente al azar con

* Facultad de Ciencias Biológicas.

**Facultad de Agronomía, UANL.

un arreglo factorial 2^3 . Se utilizaron quince plantas por tratamiento considerándose cada una de éstas como una repetición. Para el análisis de la información de las variables de la raíz se utilizó el mismo diseño señalado anteriormente, la información provino de seis repeticiones por tratamiento; únicamente se hizo una evaluación final, después del sexto corte. Para el análisis estadístico de la calidad nutricional se utilizó el mismo diseño, la información provino de juntar los cortes de 21 días, comparándolos con el de 42 días. Para cada corte las quince plantas de cada tratamiento se dividieron en tres grupos de cinco, constituyendo así tres repeticiones. Las variables medidas fueron las siguientes:

Variables de la planta

Rendimiento de materia verde de la planta (RMV), rendimiento de materia seca de la planta (RMS), número de tallos (NoT), Rendimiento de materia seca de los tallos (RMST), Rendimiento de materia seca de las hojas (RMSH), y tasa hoja-tallo RMST/RMSH.

Variables de la raíz

Peso verde de raíz (PVR), peso seco de la raíz (PSR).

Variables nutricionales

Contenido porcentual de ceniza en base seca (CEN, %), y contenido porcentual de proteína cruda en base seca (PC, %).

Resultados y Discusión

El objetivo más importante en el manejo de las praderas es obtener la máxima producción de material digestible y proteína por hectárea por estación de crecimiento. Sin embargo, las consecuencias de eliminar periódicamente, a través

del pastoreo o corte parte del tejido de las plantas, sobre su sobrevivencia, rebrote potencial, habilidad competitiva, habilidad de abastecer nutrientes, etc., son temas muy importantes que se deben de entender, pues el éxito en la persistencia, longevidad de las praderas y el beneficio que el hombre obtiene de éstas depende de este conocimiento.

Efectos de la fertilización, la intensidad, frecuencia y estación de defoliación en la planta

En este estudio, tanto la fertilización como la intensidad, frecuencia y la época de defoliación afectaron ($P<0.01$; Cuadro 1) el RMV, RMS, NoT, RMSH y RMST. Aunque también, de manera consistente, se presentaron las interacciones entre los factores estudiados. Esta investigación mostró que la fertilización nitrogenada afectó positivamente ($P<0.01$) todas las variables evaluadas, siendo estos resultados similares a los obtenidos en otras investigaciones.^{1,2}

La intensidad de la defoliación afectó ($P<0.01$) el comportamiento de las variables estudiadas, siendo los RMV, RMS, RMST y la tasa RMST/RMSH, mayores con el corte a 5 que a 15 cm, y lo contrario sucedió para las variables NoT y RMSH. Estos resultados son similares a los reportados en otros estudios.³ Sin embargo, difieren a los obtenidos por otros autores bajo condiciones de pradera,⁴



debido probablemente a las condiciones ambientales diferentes en que se han desarrollado estas investigaciones.

La frecuencia de defoliación afectó ($P<0.01$; Cuadro 1) a todas las variables de la planta evaluadas. A mayor frecuencia de defoliación se obtuvo más RMVP, NoT, y RMSH. Con frecuencia de defoliación menor se obtuvo más RMS, RMST, y RMST/RMSH. Estos resultados coinciden con los reportados en la literatura.⁴ Lo señalado por Sardar⁵ de que el buffel es sensitivo a los cortes repetidos se pudo constatar en este estudio, aunque la información obtenida fue variable y dependió de la fertilización, y de la época e intensidad de defoliación.

La época de defoliación afectó ($P<0.01$) a todas las variables de la planta evaluadas. El RMVP fue intermedio en el primer período de defoliación, mayor en el segundo y menor en la tercera fecha; esta tendencia se observó también para las variables NoT, y RMST/



VARIABLES DE LA PLANTA						
		RMV, gr	RMS, gr	No. T	RMST, gr	RMSH
Fertilización kg N/ha	0 50	79.70 A 93.93 B	24.71 A 30.04 B	55.31 A 66.13 B	11.88 A 16.65 B	14.81 A 15.36 B
Intensidad defol., cm	5 15	92.04 A 81.59 B	28.15 A 26.60 B	54.34 A 67.10 B	15.36 A 13.17 B	14.86 A 15.58 B
Frecuencia defol., días	21 42	93.93 A 79.70 B	23.33 A 31.42 B	66.78 A 54.66 B	9.71 A 18.82 B	15.83 A 14.61 B
Epoca de defoliación	1 2 3	90.43 A 117.52 A 52.49 B	34.87 A 32.80 B 14.46 C	57.03 B 70.82 A 54.32 B	19.07 A 18.13 A 5.59 B	18.73 A 17.27 B 9.66 C
						0.75 A 1.04 B 0.96 A 0.83 B 0.54 A 1.25 B 1.04 A 1.10 A 0.55 B

Variables de la raíz			Calidad nutricional del forraje			
		PVR, gr	PSR, gr	% PC	gr PC/Planta	% Ceniza
Fertilización kg N/ha	0 50	66.68 A 45.11 B	31.47 A 25.78 B	15.01 A 14.96 A	5.12 A 5.07 A	11.54 A 11.56 A
Intensidad defol., cm	5 15	50.64 A 61.15 B	28.94 A 28.31 A	14.85 A 15.12 A	5.33 A 4.85 B	11.83 A 11.28 A
Frecuencia defol., días	21 42	50.95 A 60.84 B	24.54 A 32.70 B	17.99 A 11.98 B	5.65 A 4.54 B	13.91 A 9.20 B
						3.94 A 3.97 A 4.27 A 3.63 B 4.37 A 3.53 B

Cuadro 1. Efecto de la fertilización, la intensidad, frecuencia y época de defoliación sobre el comportamiento agrobiológico y la calidad nutricional del zacate buffel común (*Chenchrus ciliaris* L.). (Datos de tres defoliaciones. * Valores con letras distintas son estadísticamente diferentes (DMS: 0.05)

RMST. En el RMSP la tendencia fue decreciente de la primera fecha a la tercera; observándose esto también para el RMST y RMSH. Los más altos rendimientos se obtuvieron en el primer corte de verano, y las plantas decayeron en su producción en el tercer ciclo, que correspondió al corte de otoño. Debido a que las condiciones de humedad fueron controladas, este efecto se atribuye a los tratamientos aplicados y al cambio de las

condiciones ambientales de temperatura, luz, y precipitación que ocurrieron y afectaron este comportamiento. Estos resultados concuerdan por los señalados en otras investigaciones,^{1,5} que señalan interacciones entre los tratamientos, tales como las observadas en este estudio, y un efecto definitivo de la época en que se tuvo disponible la humedad en el suelo. Las interacciones presentes entre los tratamientos aplicados afectaron la producción y demás variables estudiadas, sugiriendo que estos factores deben de ser considera-

dos para lograr una producción óptima de forraje de buena calidad. Además, se debe de tomar en cuenta que los factores ambientales como el suelo, clima, nutrientes, luz y época de corte pueden también interactuar y modificar los efectos de la defoliación.

Efectos específicos en la morfofisiología de la planta

Ahijamiento

El número de tallos producidos por planta se redujo por efecto de la intensidad de la defoliación. Mientras más intenso fue el corte, mayor fue la disminución de éstos, resultados que coinciden con lo reportado en la literatura.⁶ La razón que se ha dado a este efecto es que está relacionado al abastecimiento de fotosintatos y a la dominancia apical. Por otra parte, esta investigación mostró que la defoliación frecuente estimuló el ahijamiento, lo que coincide con lo observado en Pakistán,⁷ y en Texas⁸ en esta especie, independientemente del nivel de N aplicado. En nuestro estudio la fertilización fue superior al testigo sin fertilizar en la producción de hijuelos.

Rendimiento de hoja

La producción de materia seca de hoja fue diferente en las tres épocas en que se evaluó, siendo mayor en la primera defoliación del verano y siendo menor en la del otoño. La fertilización estimuló su producción ($P<0.01$), lo mismo que la intensidad de corte ($P<0.05$), i.e. con la aplicación de N hubo una mayor producción de follaje; y a menor intensidad de corte el peso del follaje fue mayor. Por el contrario el corte a cada 21 días produjo más follaje ($P<0.01$) que el de 42.

Tasa tallo-hoja

La tasa tallo-hoja fue afectada de manera consistente ($P<0.01$) tanto por la fertilización, la intensidad, frecuencia y la estación de defoliación. La aplicación de nitrógeno favoreció ($P<0.01$) la producción de hojas más que la de los tallos, el corte a 5 cm produjo más tallo que hoja ($P<0.05$), la frecuencia de 42 días produjo más hoja que tallo ($P<0.01$). Finalmente, se presentaron

diferencias en RMST/RMSH en las tres épocas de defoliación, siendo muy similar en los primeros dos periodos, donde se produjo más tallo que hoja; y muy diferente en el tercero, donde se favoreció más la producción de hoja.

Efectos de la fertilización, la intensidad, frecuencia y fecha de defoliación en la raíz de la planta

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que el PSR no fue afectado por la intensidad de la defoliación ($P>0.05$), aunque sí lo fue el peso fresco ($P<0.05$). A mayor frecuencia de defoliación el PSR disminuyó ($P<0.01$), lo mismo que el PVR ($P<0.05$). La fertilización nitrogenada disminuyó ($P<0.05$) el PSR y PVR, en comparación al testigo sin fertilizar. No se presentó ninguna interacción ($P>0.05$) entre los factores estudiados. Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los reportados por Harrison⁸ quien menciona que el incremento en la fertilización nitrogenada intensificó el retardo en el crecimiento de la raíz posterior al corte, y que por el contrario tanto la temperatura y el N estimularon el crecimiento de los tallos y hojas, resultando un incremento en la severidad de los efectos de la defoliación. Lo señalado en el estudio anterior se puede aplicar a lo que se encontró en éste, ya que la fertilización afectó positivamente todas las variables de la planta evaluadas, menos el peso de la raíz. Por otra parte un buen número de estudios realizados en varias especies^{9,10} muestran que mientras más baja sea la altura de corte o más frecuente sea el intervalo, mayor será la reducción en el peso de la raíz, siendo esto un resultado directo de la reducción en la cantidad de tejido fotosintéticamente activo. La reducción del sistema radicular por la defoliación es usualmente atribuida a la escasez de los carbohidratos para el crecimiento de este órgano. Apparently el tallo tiene prioridad sobre otras partes de la planta, como la raíz, para la utilización de los carbohidratos, tanto de las reservas, como de los que están presentes. Es importante señalar, que los efectos de la frecuencia y la altura de corte son complementarios; una disminución en la severidad de uno compensará un incremento en la severidad del otro ya que ambos afectan el sistema radicular.

Por otra parte, se ha señalado¹⁰ que mientras más

intensa sea la defoliación, mayor es el tiempo de la detención del crecimiento radicular, y mayor es el número de raíces que no reanudan su crecimiento. Se ha visto que dependiendo de la intensidad de la defoliación, esta puede llegar hasta la degeneración de las puntas de las raíces y la muerte del sistema radicular.⁹ Por otra parte la defoliación también restringe el crecimiento de los rizomas,¹¹ tanto en número de iniciados, como su peso; también afecta la producción de semillas.¹² Todo lo observado en este estudio y lo señalado en la literatura tiene aplicaciones prácticas pues en una situación desfavorable a una inmediata recuperación de la raíz, la mortalidad de las plantas puede ser alta.

Efecto en la calidad nutricional del forraje

Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que la defoliación más intensa y a menor frecuencia produjo más proteína cruda y cenizas en la planta. La aplicación de 50 kg de N no afectó el contenido de PC. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otra investigación¹ que reportó niveles altos de PC con cortes a cada 21 días, aunque con aplicaciones de 150 kg N; ellos observaron una mejor digestibilidad del forraje con cortes a ese intervalo y a una altura de 10 cm, en la estación lluviosa. Estos resultados también concuerdan con los obtenidos en otro estudio² que analizó los efectos de la fertilización y de la defoliación, en éste trabajo se observaron diferencias entre genotipos, niveles de N y estreses de defoliación para RMS, PC, tasa hoja-tallo y peso de raíces y rizomas. Setenta por ciento de defoliación fue mejor para PC, mientras que para RMS y tasa hoja-tallo fue de 90 y 50%, respectivamente. Las implicaciones prácticas de éstos hechos pueden ser importantes desde el punto de vista del manejo, pues aunque el corte intenso y frecuente generalmente reduce la producción total de MS, la cantidad de PC, cenizas y digestibilidad de la MS puede ser incrementada con los cortes.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, para los tratamientos considerados y las condiciones bajo las cuales se desarrolló el presente estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones: La fertilización nitrogenada afec-

tó positivamente la capacidad de respuesta a la defoliación en el pasto buffel, y tuvo un efecto contrario en la producción de masa radicular. El manejo de la utilización del follaje bajo diferentes intensidades, frecuencias, y épocas de defoliación, influyeron en la productividad, respuesta morfo-fisiológica, y calidad nutritiva. El óptimo de aportación de nutrientes que se puede obtener depende del ambiente de manejo que se le proporcione a la planta, e. g., fertilización, intensidad, frecuencia y época de defoliación. Las interacciones presentes entre los tratamientos aplicados en este estudio afectaron la producción y demás variables estudiadas, sugiriendo que estos factores deben de ser considerados para lograr una producción óptima de forraje de buena calidad. Además, se debe de tomar en cuenta que los factores ambientales como el suelo, clima, nutrientes, luz, y época de corte pueden también interactuar y modificar los efectos de la defoliación.

Resumen

Se estudió la influencia de la fertilización, intensidad, frecuencia, y época de defoliación en el rendimiento y calidad nutritiva del zacate buffel. El buffel fue sembrado en bolsas conteniendo 20 kg de suelo. Estas plantas fueron evaluadas bajo 2 niveles de fertilización (0, 50 kg N/ha), 2 estreses de defoliación (corte a 5 y 15 cm), 2 frecuencias 21 ó 42 días, y 3 períodos durante la estación de crecimiento. Los resultados mostraron diferencias significativas para los niveles de nitrógeno, la intensidad, frecuencia y época de defoliación para todas las variables estudiadas. Los rendimientos más altos se obtuvieron con la defoliación menos frecuente y más severa. El ambiente de mayor fertilidad fue favorable para todas las variables estudiadas. Incrementando la frecuencia de corte de 42 a 21 días disminuyó el crecimiento significativamente. El intervalo de defoliación, más que todo, tuvo el mayor impacto en el crecimiento de la planta y en la masa radicular que la altura de corte. El efecto de la intensidad y frecuencia de defoliación sobre el contenido de proteína cruda y de cenizas y la interacción entre los factores estudiados sugiere la necesidad de aplicar estreses de defoliación apropiados para obtener altos rendimientos de materia seca de la mejor calidad.

Palabras clave: defoliación, intensidad, frecuencia-época, *Cenchrus-ciliaris*.

Abstract

This research addressed the influence of fertilization, defoliation intensity and frequency on productivity and nutritive value of common buffelgrass. In a field experiment buffelgrass was grown in bags containing 20 kg of soil. These plants were evaluated under 2 fertility levels (0, 50 kg N/ha), 2 defoliation stresses (cut at 5 and 15 cm above ground level), with cutting frequencies of every 21 or 42 days, and 3 periods during the growing season. The results showed significant differences due to N levels, intensity, frequency, and periods of defoliation for all characters studied. The highest yields were found with the least frequent, more severe defoliation. The high fertility environment was favourable for all the characters studied. Increasing cutting frequency to 42 to 21 days decreased growth significantly. Cutting interval had greater impact on plant growth and root mass than cutting height. The effect of the intensity and frequency of defoliation on the CP and ash content, and the interaction of these factors suggests the need to impose appropriate defoliation stress to obtain high DM yield with better quality.

Key words: defoliation-, intensity-, frequency-, cutting-date-, *Cenchrus-ciliaris*.

Referencias

1. Caraballo, A. and González, B. Response of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* cv. Biloela) to different cutting frequencies and heights, and different levels of nitrogen fertilizer application. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia*. 1991, 8(3): 167-185.
2. Yadav, MS. and Mal, B. Genotypic response to defoliation stress and nitrogen on the fodder yield, quality and underground biomass of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* Linn). *Rangelands resource and management*. Proc. Natl Rangeland Symp., IGFR, Jhansi, Nov. 9-12, 1987 [edited by Panjab Singh; Pathak, P. S.]. 1988, 203-208. Jhansi, Uttar Pradesh, India; Range Management Society of India.
3. Brown, RF. The effect of severe defoliation on the subsequent growth and development of five rangeland pasture grasses of south-western Queensland. *Australian Journal of Ecology*. 1985, 10(3): 335-343.
4. Baker, JR and Kidar, MM. Herbage yields of *Cenchrus ciliaris* L. increase with clipping. *Tropical Grasslands*. 1989, 23: 2, 80-83.
5. Sardar, MR. Response of seeded *Cenchrus ciliaris* to different frequencies and seasons of clipping intensities. *Pakistan J. of Forestry*. 1993, 43(3): 147-163.
6. Clavero-Cepeda, TJ. Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) defoliation management. Dept. Agron. M.S. Thesis, Texas A&M University, College Station. 1984, 91 p.
7. Butt, NM. Effect of frequency and height of cutting on growth and harvested yield of Napier and buffel grass in Pakistan. *Dissertation Abstracts International*. B, Sciences and Engineering. 1990, 50(12): 5415B-5416B.
8. Harrison, CM. Responses of Kentucky bluegrass to variations in temperature, light cutting and fertilizing. *Plant Physiol*. 1934, 9: 83-106.
9. Endo, RM. Root tip degeneration of turf grasses, natural and induced. *Calif. Turf. Cult.* 1967, 17: 17-18.
10. Crider, FJ. Root-growth stoppage resulting from defoliation of grass. U. S. Dep. Agr. Tech. Bull. 1102. 1955, 23 p.
11. Weinmann, H., and Goldsmith, EP. Underground reserves of *Cynodon dactylon*. En: *Better Turf Through Research. African Explosives and Chemical Industries, Ltd., Frankenwald*. 1948, pp. 56-75.
12. Bosch, OJH and Dudzinski, ML. Defoliation and its effects on *Enneapogon avenaceus* and *Cenchrus ciliaris* populations during two summer growth periods in central Australian rangelands. *Australian Rangeland Journal*. 1984, 6(1): 17-25.

Foto: Estefanía D. Ramos Piña

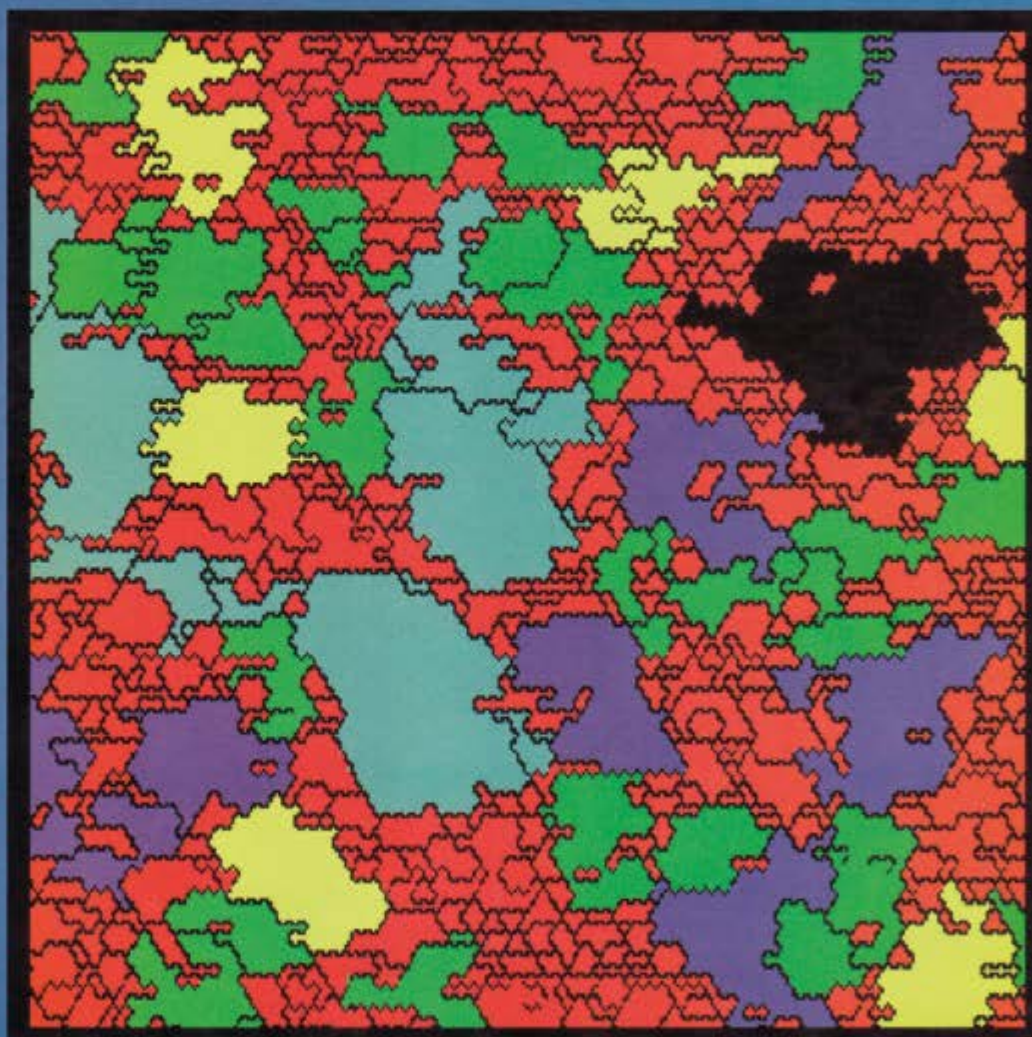


2

Volumen I
Número 2
Abril - Junio
1998

CiENCiAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



00

\$ 15.00

Microscopía de orientación de imagen,
Manglares, Redes de Petri, Agroplasticultura
Fibras de carbón, Venados, Avena

Análisis de estabilidad en la selección de genotipos de avena

Francisco Zavala García* y José Elías Treviño Ramírez*

La avena (*Avena sativa* L.) es uno de los cultivos forrajeros más importantes en México. Su superficie cultivada anualmente en nuestro país se estima en 250,000 ha. Sin embargo, existen variaciones fuertes en su productividad debido principalmente a factores físicos y bióticos que de alguna manera interactúan con el genotipo provocando inestabilidad en la producción. Entre los factores bióticos, la roya de corona (*Puccinia coronata* Cda.) es uno de los factores que más influyen en la productividad de este cultivo.¹ Su efecto disminuye la superficie foliar y la capacidad fotosintética de la planta, cuando la enfermedad está presente. Por lo tanto, una forma de seleccionar genotipos superiores, es a través de su estabilidad y producción de forraje verde o seco, lo que indirectamente estaría asociada a una resistencia al factor limitante.

Uno de los principales problemas en el mejoramiento genético de especies cultivadas, es el rango de adaptación del material que se está formando. Este problema depende en gran medida del grado de interacción Genotipo x Ambiente (GxA) que regularmente se presenta y que modifica, impredeciblemente, la expresión fenotípica de las variedades en estudio. Los ensayos de rendimiento, generalmente son conducidos con muchos genotipos en varios ambientes (localidades y años, combinados) donde normalmente la interacción GxA es significativa. Bajo tales circunstancias, la posibilidad de identificar genotipos con amplia adaptación a condiciones de estrés es baja. Sin embargo, se han propuesto algunas medidas estadísticas de estabilidad para identificar genotipos superiores a un rango amplio de ambientes. Entre estas medidas se encuentran el coeficiente de variabilidad, varianza de los genotipos, coeficientes de regresión, etc.² El método de análisis de regresión es uno de los más comúnmente utilizados para la caracterización de los genotipos.^{3,4} En este tipo de análisis, los valores de «b» indican el tipo de adaptación de los

genotipos para el rango de ambientes analizados. Sin embargo, Zobel *et al.*⁵ mencionaron que una de las principales limitantes de este modelo, es que confunde la interacción con los efectos principales reduciendo el poder para llevar a cabo la prueba de significancia. Ellos proponen el modelo AMMI (additive main effect and multiplicative interaction) como una opción más ventajosa para el análisis de estabilidad. El modelo AMMI se basa en separar los efectos aditivos de los multiplicativos de la interacción sobre los cuales se realiza un análisis de componentes principales. El proceso involucra un modelo aditivo normal, como puede ser un bloque al azar, que pretende eliminar este tipo de efectos. Los valores de los residuales son utilizados directamente en el análisis de componentes principales. Los valores resultantes de este último análisis, tanto para variedades como para los ambientes, pueden ser considerados como estimadores promedio de la interacción GxA.⁵ Cuando los valores de los componentes principales se relacionan con el rendimiento promedio, permiten hacer una selección más efectiva de los genotipos por su adaptación y rendimiento. Por lo tanto, el principal objetivo de este trabajo fue hacer un análisis de estabilidad de 13 variedades de avena a través del modelo AMMI e identificar los mejores genotipos para la zona noreste de México.

Materiales y métodos

El material genético utilizado fueron 13 de las variedades comerciales de avena más comunes en México: Babicora, Pampas, Cusihuiriachi, Guelatao, Paramo, Papigochi, Chihuahua, Tarahumara, Raramuri, Cuauhtémoc, Saia, Juchitepec y Coronado. Las variedades fueron esta-

*Facultad de Agronomía de la UANL.
E-mail: fzavala@ccr.dsi.uanl.mx



blecidas en cinco ambientes: General Terán (1994-95), General Terán (1995-96), La Ascensión (1995), La Ascensión (1996) y Marín (1995), todas ellas en el estado de Nuevo León. Las fechas de siembra fueron el 13 de enero de 1995, 17 de enero de

1996, 2 de agosto de 1995, 28 de julio de 1996 y 4 de enero de 1996, respectivamente. Las variedades fueron establecidas bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela fue de cuatro surcos separados a 0.4 m y 5 m de largo. El dato de peso seco fue medido aproximadamente a los 140 días. Las muestras para determinar este dato, se cosecharon de 1 m de la parcela y posteriormente se pusieron a secar a peso constante. Los datos fueron transformados a ton ha^{-1} .

Para el análisis estadístico se utilizó el MATMODEL,⁶ el cual fue alimentado con los datos de peso seco de forraje obtenidos por parcela en cada una de cuatro repeticiones. Este modelo incluye el análisis de varianza aditivo tradicional (en este caso para un bloque al azar), análisis de regresión, análisis de componentes principales y el modelo AMMI.

Para propósito de este trabajo y cumplir con sus objetivos, se utilizó el modelo de regresión, el cual generó los valores de «b» (pendiente) para indicar, en forma general, el tipo de respuesta de los genotipos al rango de ambientes evaluados; pendientes positivas indican una buena respuesta a ambientes favorables; pendientes cercanas a cero indican un comportamiento similar a todos los ambientes y pendientes negativas indican una mejor respuesta a condiciones desfavorables.³

El otro modelo utilizado fue el AMMI, el cual generó los componentes principales, los cuales, de acuerdo a Zobel *et al.*⁵ son estimadores promedio de las interac-

ción GxA. Posteriormente, para un análisis gráfico de los resultados (BILOT), el primer componente principal fue utilizado, junto con el rendimiento promedio, para identificar la ubicación de los genotipos en base a su interacción y rendimiento.

Los modelos utilizados tanto para el análisis de regresivo como para el AMMI se presentan a continuación:

Modelo de regresión:

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + K\alpha_g\beta_e + \chi_g\beta_e + \alpha_g S_e + \theta_{ge},$$

Modelo AMMI:

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_{n=1}^N \lambda_n \zeta_{gn} \eta_{en} + \theta_{ge}$$

donde:

Y_{ge} = Rendimiento del genotipo (g) en el ambiente (e).

μ = Media general.

α_g = Es la media de la desviación del genotipo.

β_e = Es la media de la desviación del ambiente.

λ_n = Es el valor principal del eje (n) del análisis de componentes principales.

ζ_{gn} y η_{en} = son los valores principales de los componentes principales para genotipos y ambientes de los ejes (n).

N = Es el número de ejes del análisis de componentes principales retenidos en el modelo.

K = Es la constante de concurrencia de Tukey.

χ_e = Es la pendiente del ambiente sobre la media de genotipos.

S_g = Es la pendiente del genotipo sobre la media de los ambientes.

θ_{ge} = Es el residual.

Estos modelos se compararon con el análisis de varianza tradicional utilizando un modelo aditivo de un bloque completo al azar.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 aparecen los resultados del modelo de bloques completos al azar. En él se puede observar que los efectos aditivos de variedades y ambientes fueron significativos y altamente significativos, respectivamente.

Los efectos multiplicativos de interacción mostraron alta significancia.

Tabla 1. Resultados de análisis de varianza de un bloque al azar con 13 variedades y 5 ambientes

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Significancia
Repetición	3	4.67	1.55	NS
Variedades	12	40.28	3.35	*
Ambientales	4	792.97	198.24	**
GxA	48	168.33	3.50	**
Error	192	315.38		

* Significativo (p.00.05); altamente significativo (p=0.01); NS no significativo.

Al hacer la comparación de medias (Tabla 2) se observa que en forma general, la variedad Babicora fue la que presentó el mayor rendimiento a través de ambientes estadísticamente igual a Cuauhtémoc. La variedad Paramo presentó los valores más bajos.

Al hacer la comparación para ambientes, se detectó al ambiente de General Terán 1995-96 como el de mayor rendimiento (6.58 ton ha⁻¹). Contrariamente, el ambiente La Ascensión 1996 presentó los valores más bajos (1.99 ton ha⁻¹).

Los resultados encontrados, sin embargo, están limitados por la presencia significativa de la interacción, ya que como fue discutido por Lin *et al.*² la presencia de estos efectos indica un comportamiento irregular de los genotipos en los diferentes ambientes.

Con la finalidad de caracterizar a los genotipos en base a su respuesta a través de ambientes, y considerar los efectos de interacción, se realizó el análisis de esta-

Tabla 2. Medias de rendimiento, pendiente y valores de los dos componentes principales significativos. Análisis de estabilidad en avena

Factor	Rendimiento	Pendiente* [b]	Eje 1+	Eje 2+
Genotipo:				
Babicora	6.43a	0.24	0.20	0.12
Pampas	5.45b,c	-0.07	0.19	-0.07
Cuisihuirachi	5.43b,c	-0.06	0.65	-0.64
Guelatao	5.22c	0.01	0.12	-0.50
Paramo	4.93c	-0.32	0.65	0.52
Papigochi	5.29c	-0.08	0.21	0.23
Chihuahua	5.34b,c	0.03	0.69	0.13
Tarahumara	5.18c	-0.08	0.17	0.24
Raramuri	5.35b,c	-0.19	0.46	-0.12
Cuauhtémoc	6.22a,b	0.12	-0.87	-0.84
Soia	5.53b,c	0.28	-1.49	-0.19
Juchitepec	5.52b,c	-0.16	0.24	-0.11
Coronado	5.43b,c	0.28	-0.80	1.22
Ambiente:				
La Ascensión 95	6.42	0.80	0.06	-1.51
La Ascensión 96	1.99	-0.95	0.80	-0.10
Gral. Terán 94	6.33	1.37	-2.01	0.29
Gral. Terán 95	6.58	-0.33	0.55	0.90
Marín 95	6.10	-0.89	0.60	0.42

* Expresado en Ton ha⁻¹. #Valores de "b" según el análisis de regresión. +Valores de los componentes principales que resultaron significativos. Mismas letras significan igualdad estadística.

bilidad por medio del modelo de regresión³ y del modelo AMMI.⁶ De acuerdo a los valores de «b» (Tabla 2) Coronado, Cuauhtémoc y Babicora resultan superiores, lo que significa que tienen una mejor respuesta a ambientes favorables. Paramo, Raramuri y Juchitepec, debido a sus valores negativos altos, tienen una mejor respuesta para ambientes desfavorables. Sin embargo, de acuerdo al concepto de estabilidad, basado en el análisis de regresión, ninguno es estable, ya que sus valores de «b» no se encuentran cercanos a la unidad.³

Estos resultados no permiten identificar individualmente los efectos de interacción, pues el comportamiento se basa en un análisis de tendencia involucrando todos los ambientes.

Debido a que en un proceso de selección por estabilidad es importante identificar individualmente los efectos de interacción, los valores de los componentes principales resultantes del modelo AMMI, permitieron iden-

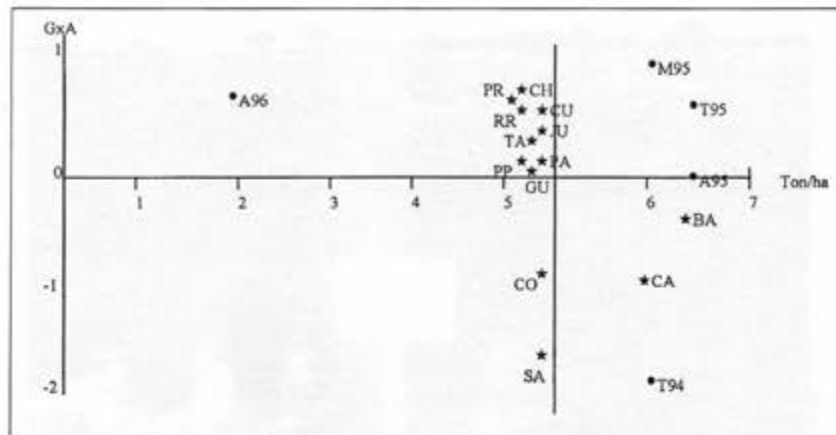


Fig. 1. "BIPILOT" obtenida del modelo AMMI. Datos de rendimiento en Ton/ha, valores característicos estimadores de la interacción GxA.

tificar a los genotipos por estos efectos.

De acuerdo a los valores encontrados (Tabla 2) es más fácil identificar y separar los genotipos estables de los que poseen una alta interacción. De acuerdo a los valores del eje 1 y eje 2, los valores más cercanos a cero son los que poseen la menor interacción GxA por lo tanto, los más estables. Los genotipos Babicora, Juchitepec, Pampas, Tarahumara y Papigochi resultaron en promedio con los valores más cercanos a cero. Los genotipos con mayor interacción resultaron Chihuahua en La Ascensión 96 con una interacción que resultó negativa, por eso los valores bajos de rendimiento en esa localidad. Por el contrario, los genotipos que resultaron con una interacción positiva alta fueron Saia en Gral. Terán 1994-95 y Cuauhtémoc en La Ascensión 1995. Los valores contrastantes encontrados en los valores de los componentes principales en La Ascensión 1996, se debieron a que a pesar de ser un buen ambiente para la avena, se reportaron condiciones adversas durante el ciclo de 1996, lo que provocó un comportamiento errático en los valores promedio de rendimiento. Gral. Terán, sin embargo, fue el que presentó las mejores condiciones para el cultivo de la avena en forma promedio.

La Figura 1 presenta el «BIPILOT» del modelo AMMI. Esta figura claramente indica que Babicora (BA) presenta valores muy cercanos a cero en la interacción y con un valor de rendimiento arriba de la media, lo que le da ventaja productiva y de resistencia sobre los otros genotipos.

Conclusiones

En forma general, los resultados obtenidos del modelo AMMI facilitan la interpretación de los datos, sobre todo cuando existen efectos significativos de la interacción, permitiendo hacer una selección más efectiva de los mejores genotipos para un rango amplio de ambientes.

En este caso Babicora fue la variedad que presentó los mejores rendimientos y con valores cercanos a cero en la interacción.

Guelatao (GU) es la que presentó la menor interacción pero sus rendimientos de forraje no fueron muy superiores.

Resumen

Una forma de seleccionar genotipos de avena resistentes a factores de estrés, es a través del rendimiento de forraje y su estabilidad. Existen muchas metodologías para el análisis de estabilidad entre los que se encuentran los modelos de regresión. Sin embargo, su uso se ve afectado por la confusión que existe entre los efectos principales y su interacción. Se han desarrollado nuevos métodos entre los que se encuentra el modelo AMMI, que realizan una partición más efectiva entre los efectos aditivos y multiplicativos. El objetivo fue utilizar el modelo AMMI en el proceso de selección en 13 variedades de avena. Los resultados encontrados con este modelo,

Foto: Estefanía D. Ramos Piña



II:2

Volumen II

Número 2

Abr - Jun

1999

CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



**Metapoblación / Ovejas "Saint Croix" / *Pinus* /
Microondas & compuestos / *Pichia pastoris* /
Disfunción génica / Tipificación del ADN**



\$ 20.00

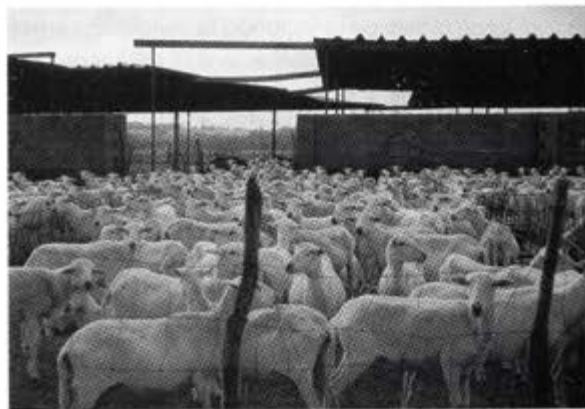
Eficiencia reproductiva en ovejas de pelo "Saint Croix"

Fernando Sánchez Dávila*, Javier Colín Negrete*, Hugo Bernal Barragán*, Arnoldo González Reyna**

La fertilidad es una de las características de mayor importancia económica en ganado ovino. Se ve afectada por factores no genéticos, como lo son: manejo del hato, sanidad, y nutrición. Estos interactúan con el control genético-hormonal de cada uno de los animales en forma diferente.¹ Además, en esta especie animal, la presentación de estros es casi nula en cierto periodo del año.^{2,3,4} Esto ocurre en la naturaleza para lograr que las crías nazcan en épocas favorables para su desarrollo. En razas de pelo, el ciclo reproductivo se comporta de manera diferente.^{3,4,5} Se considera que dentro de un rebaño comercial o pie de cría, se presentan periodos críticos en las madres, como la lactancia, el último tercio de la gestación, las épocas de parto y el empadre. Estos causan un desequilibrio en la condición corporal, y por lo tanto la eficiencia reproductiva se ve afectada.⁵ Conocer cómo y en qué proporción afectan los factores ambientales los parámetros reproductivos,⁵ en ganado ovino es importante.^{6,7,8,9} El objetivo del presente trabajo, fue el de evaluar condición corporal, pérdida de peso, duración de la lactancia, época de parto, número de paridad, y sus efectos sobre la eficiencia reproductiva de un rebaño de ovejas de pelo Saint Croix.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Zootecnia "Marín" perteneciente a la Facultad de Agronomía de la UANL, ubicada en el municipio de Marín, N.L., México. Sus coordenadas geográficas 25°53' latitud norte y 100°03' longitud oeste, con una altura de 367.5 metros sobre el nivel del mar.¹⁰ El clima de la región es semiárido, con una época de lluvias irregular y con una temperatura media anual de 21.5 C°, según la clasificación de Köppen modificada por



García.¹¹ El trabajo de campo se inició en diciembre de 1996 y se finalizó en agosto de 1997. Los potreros son característicos de matorral mediano espinoso, predominando el Mezquite (*Prosopis glandulosa*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Chaparro prieto (*Acacia rigidula*), Anacahuíta (*Cardia brossieri*), entre otros.¹⁰

El rebaño se manejó para obtener tres partos cada dos años. Se utilizaron registros de 47 pariciones en verano y 45 en otoño de vientres de la raza de pelo Saint Croix. Para la detección del estro, se incorporaron al hato tres machos con pene desviado. Se realizaron observaciones dos veces al día para detectar celos. Las hembras se cubrieron por montas controladas con el semental correspondiente. Previo al inicio de la época de empadres se realizaron pruebas de fertilidad a los moruecos para eliminar los no aptos para la reproducción y disminuir los efectos del macho sobre los paráme-

* Subdirección de Estudios de Postgrado, Facultad de Agronomía, UANL, Carretera Zuzua-Marín, km. 17, Marín, N.L., México. CP 66700.

** Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

tros reproductivos a evaluar. Las hembras se pesaron al momento del parto y al término de la lactancia.

Las hembras recibieron un suplemento mineral a libre acceso con sales con 8% de Fósforo y el 15 % de Calcio, además de microminerales. La suplementación del concentrado se realizó en los períodos críticos que son: lactancia, empadre y postempadre. Un concentrado, con 13.8 % de proteína cruda y 2.5 Mcal energía metabolizable/kg, se proporcionó a razón de 400 gramos por animal por día.¹² Se formó un grupo de tres personas con conocimientos básicos en ovinos, los cuales evaluaron al final de la lactancia la condición corporal a las ovejas. La evaluación se realizó utilizando una escala numérica de 1 a 3, caracterizándose como: 1 = flaco, 2 = mediana flaco normal, 3 = normal.

Para explicar la variación de los parámetros reproductivos: intervalo parto - primer celo (IPPC), intervalo parto - primer servicio (IPPS), e intervalo parto - concepción (IPC) se utilizó el siguiente modelo lineal reducido, mismo que fue analizado mediante el procedimiento Cuadrados mínimos de máxima inverosimilitud (LSML).¹³

$$Y(ijk) = \mu + CC_i + E_j + P_k + \beta_1 \beta_2, \beta_3 (PR - XPR) + E(ijk)$$

donde:

$Y(ijk)$ = valor de cada uno de los parámetros reproductivos a evaluar,

μ = media poblacional,

CC_i = efecto de la i-ésima condición corporal (1 = flaco, 2 = mediana flaco normal y 3 = normal),

E_j = efecto de la j - ésima época de empadre (1 = verano, 2 = otoño),

P_k = efecto de la k - ésima parición (1, 2 y ≥ 3),

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = Coeficientes de regresión lineal para peso al destete, pérdida de peso durante el período de

lactancia y la duración de la lactancia respectivamente sobre cada uno de los parámetros reproductivos a evaluar,

PR = parámetro reproductivo,

XPR = media del parámetro reproductivo,

$E(ijk)$ = error aleatorio NID (0, σ^2).



Resultados y Discusión

Influencias sobre cada uno de los parámetros reproductivos

En la tabla 1 se presentan los promedios obtenidos para cada uno de los parámetros reproductivos que se evaluaron en las ovejas Saint Croix. Los resultados obtenidos, bajo las condiciones en que se trabaja el ganado, están dentro de los rangos encontrados en otras razas de pelo¹⁴ y en otras más eficiente¹⁵. Los parámetros anteriores dependen en gran medida del manejo que se le proporcione al rebaño.¹⁵ El IPPS y el IPC variarán de

período de lactancia fué de 46 días y el primer celo se presentó a los 7 días postdestete, esto concuerda con otros resultados obtenidos.^{15,16} Lo anterior está en función de la condición física en que se encuentren las ovejas y la separación del macho antes de iniciar el empadre.¹⁷

De acuerdo con el análisis de varianza (tabla 2), se puede observar que solamente se obtuvo un efecto al-

tamente significativo ($p < 0.01$) para la época de parto y la duración de la lactancia sobre el IPPS y el IPC; para el IPPC se presentó un efecto significativo de la duración de la lactancia.

Parámetro	Media (días)	Desv. Estándar (días)
Intervalo parto-primer celo (IPPC)	53	± 11
Intervalo parto-primer servicio (IPPS)	88	± 15
Intervalo parto-concepción (IPC)	90	± 14

En la tabla 3 se presentan los cuadrados medios mínimos para cada uno de los factores analizados.

Efecto de la época de parto

La distribución de las medias en las dos épocas de parto fueron diferentes ($p < 0.01$) a excepción de el IPPC, siendo superior en la época de verano para el IPPS e IPC en comparación a otoño. Lo anterior va a incrementar el intervalo entre partos de las ovejas en esta región.^{16,17} Para el caso del IPPC, las ovejas presentaron un celo a los 7.5 días después del término de la lactancia. El celo se presenta sin ovulación en alrededor del 25 % de los casos.^{18,19} Por lo mismo, se espera un mes después de terminar la lactancia para que la oveja recupere peso y sea servida.¹⁹ Esto concuerda con lo mencionado en otros trabajos,^{19,20,21} que reportan que las ovejas de pelo son consideradas como no estacionales, debido a que no presentan una época de anestro

l, puede deberse a factores como el fotoperíodo, disponibilidad de nutrientes, precipitación pluvial, y temperatura ambiental que afectan la fertilidad en diferentes épocas y por consecuencia la presentación de celos.^{18,19}

Efecto del número de parto

No se presentó un efecto significativo sobre cada uno de los parámetros reproductivos evaluados (tabla 2 y

Tabla 2. Análisis de varianza de los factores que influyen sobre cada uno de los parámetros reproductivos en ovejas de pelo "Saint Croix"

FV	gl	IPPC	IPPS	IPC
Total	92		3373.1	3228.9 ^a
Epoca	1	67.7	56.6	146.9
Nr. Parto	2	6.5		
Condición corporal	2	4.2	43.0	39.4
Regresión lineal:				
Peso destete	1	5.1	33.8	55.8
Pérdida peso	1	21.1	190.5	60.0
Duración lactancia	1	3920.4 ^a	1296.2 ^a	1851.8 ^a
error	84	37.0	85.2	117.5
C.V.(%)		11.5	10.4	12.1
R ²		0.7	0.6	0.6

^a = ($p < 0.01$)

3). Esto difiere a lo reportado por otros autores.¹⁹ Sin embargo se observa una disminución en el IPPS e IPC, conforme aumenta el número de parto en la oveja. La tendencia fue menos marcada para el IPPC. Según varios investigadores, las ovejas de primer parto presentan un desgaste mayor durante el período de lactación en comparación a ovejas multíparas. La oveja primeriza requiere nutrientes tanto para producción de leche, como para crecimiento corporal, porque todavía no alcanza su madurez física.^{18,19} Esto es importante, para suplementar a los animales en este período crítico.^{20, 21}

Efecto de la condición corporal

En las tablas 2 y 3, se observa que no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en la condición corporal de las



Tabla 3. Medias en días de cuadrados mínimos para cada uno de los parámetros reproductivos de ovejas de pelo Saint Croix, de acuerdo a los efectos analizados

Efecto	N	IPPC	IPPS	IPC
Epoca de parto:				
Verano	47	54 ± 1.5 ^a	99 ± 2.3 ^b	99 ± 2.7 ^b
Otoño	45	51 ± 1.3 ^a	80 ± 1.9 ^b	81 ± 2.2 ^b
Nr. parto:				
1	11	53 ± 2.3 ^a	92 ± 3.5 ^a	95 ± 4.1 ^a
2	15	53 ± 1.8 ^a	87 ± 2.8 ^a	87 ± 3.2 ^a
≥3	66	52 ± 1.0 ^a	89 ± 1.5 ^a	89 ± 1.7 ^a
Condición corporal:				
1=filaca	35	53 ± 1.4 ^a	88 ± 2.1 ^a	90 ± 2.4 ^a
2=mediana	46	53 ± 1.2 ^a	88 ± 1.8 ^a	89 ± 2.1 ^a
3=normal	11	51 ± 2.0 ^b	91 ± 3.1 ^b	92 ± 3.6 ^b
Regresión lineal:				
Peso de la madre		-0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.3
Pérdida de peso		-0.3 ± 0.4	0.8 ± 0.6	0.5 ± 0.7
Duración lactancia		0.9 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2

^{a,b} Medias con letras diferentes, difieren entre sí [P<0.05]

ovejas sobre el IPPC, IPPS, e IPC. Algunos investigadores²⁰ aseveran que las ovejas presentan celo inmediatamente después de terminar la lactancia, pero sin ovulación en 25 a 30 % de los casos, independientemente de la condición corporal.

De acuerdo al IPPS e IPC obtenidos en este estudio, el 95 % de las ovejas, quedaron gestantes al primer servicio. Conforme se tarde más la oveja en recuperarse físicamente posterior a la lactancia, presentó una tendencia de retraso a la fecha del primer servicio y por lo mismo afecta el IPC. No se incrementa el número



de servicios por concepción, sino celos sin ovulación. Esto se observa claramente en la diferencia mínima obtenida entre el IPPS y el IPC.^{20,21}

Efecto de la pérdida de peso, peso de la madre al término de la lactancia y la duración de la misma

Solamente se presentó un efecto lineal altamente significativo ($p < 0.01$) para la duración de la lactancia, sobre cada uno de los parámetros reproductivos estudiados (tabla 2 y 3). El promedio de pérdida de peso que se obtuvo fue de 2.85 ± 2.02 kg durante un período de lactancia de 46.3 ± 9.1 días. El promedio de peso vivo al momento de retirar el cordero de la madre fue de 39.24 ± 5.24 kg. Proporcionando un buen programa de suplementación durante el período de lactancia, las pérdidas de peso se minimizarán y los efectos negativos sobre la reproducción serán menores.^{20,21} Se observó, que conforme se incrementa cada día el período de lactancia, se incrementará en forma lineal el IPPC, IPPS e IPC en 0.9, 0.5 y 0.6 días respectivamente. En reba-





ños de México, el período normal de lactancia bajo varias condiciones climáticas es de 60 días, lográndose obtener ocho meses de intervalo entre partos.¹⁹ Las pérdidas de peso se minimizarán con un buen programa de suplementación de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las ovejas en esta etapa crítica.^{22,23,24}

Conclusiones

Los promedios generales obtenidos para cada uno de los parámetros reproductivos en estudio, corresponden a una eficiencia reproductiva aceptable. La variación para cada uno de los parámetros reproductivos se vio influenciada por la época de empadre, siendo este más favorable en otoño a excepción para el IPPC. Se presentó un efecto en la duración de la lactancia sobre el IPPC, IPPS y el IPC, conforme se incrementa cada día de la lactancia se incrementan estos parámetros, no así para el peso de la madre al destete y a la pérdida de peso durante la lactancia. Se recomienda profundizar las investigaciones sobre la pérdida de peso, debido a la gran variación en la disponibilidad de alimento en los potreros de la región.

Resumen

Se evaluó un rebaño de ovejas "Saint Croix", con el propósito de estimar el intervalo parto primer celo (IPPC), parto primer servicio (IPPS) y parto concepción (IPC), para analizar el efecto que tienen sobre estos, la época de parto, número de lactancia, condición corporal, pérdida de peso, duración de la lactancia y peso al destete.

te. Los mejores parámetros se obtuvieron durante los partos de otoño. Se presentó un efecto lineal ($p < 0.01$) en la duración de la lactancia, no siendo el caso para la pérdida de peso y el peso al destete de la madre.

Palabras claves: Ovejas pelo, parámetros reproductivos, condición corporal.

Abstract

Data were evaluated from a flock of "Saint Croix" sheep with the purpose of estimating lambing-first oestrus interval (LFOI), lambing-first service (LFSI), and lambing-conception (LCI), and to analyze the effect of lambing season, lambing, body condition, weight change, period of lactation and ewes weaning weight. The higher values were obtained for the autumn period. The data showed a lineal effect ($p < 0.01$) of the duration of the lactation upon each one of the parameters under study, with the exception for the loss of weight and the ewe's weaning weight.

Keywords: Hair sheep, reproductive parameters, body condition.

Referencias

1. Gunn, R.G., W.F. Smith, A.J. Senior, E. Barthram, D.A. Sim. Pre-mating herbage intake and the reproductive performance of north country Cheviot ewes in different levels of body condition. *Anim. Prod.* 1991. 52: 149-156.
2. Arbiza, A. S. y J. Lucas T. Estado actual de la producción ovina. *Avances recientes en la producción ovina*. Montecillo, México. 1992. pp 218.
3. Sánchez, D.F., J. Colín, N., A. González R., H. Bernal B. Ritmos reproductivos en ovejas Pelibuey: Efecto de la introducción del morueco en diferentes épocas de empadre. *Seminarios de Investigación. FAUANL* 1997. pp 17-23.
4. Aboul-Naga, A.M., M.B. Aboul-Ella and Ferial Hassan. Manipulation of reproductive activity in subtropical sheep. *Small Rum. Res.* 1992. 7: 151-156.
5. Martínez, R., C. Cruz L., I. Rubio G., L. A. Zarco Q. Influencia del carnero sobre la ocurrencia de estros en la oveja Pelibuey. *Vet. Méx.* 1998. 29: 111-115.

6. Butler, W.R. and R.D. Smith. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. of Dairy Sci.* 1989. 72: 767-783.
7. Rhind, S.M., S. McMillen and W.A.C. Mc Kelvey. Effects of levels of food intake and body condition on the sensitivity of the hypothalamus and pituitary to ovarian steroid feedback in ovariectomized ewes. *Anim. Prod.* 1991. 52: 115-125.
8. J. García C. L. Carlos, R., N. M. Gómez R., I. Guajardo H. Energía en la reproducción animal. Seminario Internacional de actualización: nutrición, reproducción. Saltillo, Coahuila. 1996. pp: 64-72.
9. Zygoyiannis, D., C. Stamataris, N.C. Friggens, J.M. Doney and G. C. Emmans. Estimation of the mature weight of three breeds of Greek sheep using condition scoring corrected for the effect of age. *Anim. Sci.* 1997. 64: 147-153.
10. INEGI. Síntesis geográfica del Estado de Nuevo León. INEGI. 1986. pp 170.
11. García, E. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 1988. pp 217-219.
12. Gutiérrez, O.E. y J. Landa, G. Estimación de los requerimientos de proteína degradable en el rumen y sobrepasante de borregos en lactación. CIA. Avances de investigación. Marín, N.L. México. 1993. pp 17-18.
13. Harvey, W.R. User's guide for LSML 91. Mixed model least squares and maximum likelihood computer program. Ohio State University. 1991. pp 1-35.
14. González, A.R. Reproducción en ovinos de pelo en el trópico mexicano. Memorias IX Congreso nacional de producción ovina. Querétaro, México. 1997. pp 294-319.
15. Santiago, G.S., J.C. Martínez G., y A. González R. Comportamiento reproductivo en ovejas Pelibuey: Efectos de la introducción del morueco y de estación sobre la manifestación de estro. Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina. Querétaro, México. 1997. pp 68-71.
16. Chemineau, P., Y. Cagnie and P. Orgeur. Training manual on artificial insemination in sheep and goats. FAO. Animal production and health. Paper 83. Roma, Italia. 1991. pp 111.
17. Sweeney T. and D.O. Callaghan. Breeding season and ovulation rate in ewes treated with long days in spring followed by a melatonin implant and exposure to a ram. *Anim. Sci.* 1996. 62: 507-512.
18. Venter, J.L. and J.P.C. Greyling. Effect of different periods of flushing and synchronized mating on body weight, blood glucose and reproductive performance in spring-mated ewes. *Small Rum. Res.* 1994. 257-261.
19. Cruz, L.C., S. Fernández B. y J. Alatorre. Variaciones estacionales en presentación de ovulación, fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el trópico húmedo. *Veterinaria México.* 1994. 25(1): 23-27.
20. Brown, M.A. and W.G. Jackson. Ewe productivity and subsequent preweaning lamb performance in St. Croix sheep bred at different times during the year. *J. Anim. Sci.* 1995. 73(5): 1258-1263.
21. Pearse, B.H.G., N.P. Mc. Meniman, I.A. Gardner. Influence of body condition on ovulatory response to lupin (*Lupinus angustifolius*) supplementation of sheep. *Small Rum. Res.* 1994. 13: 27-32.
22. Miller, D.W., D. Blache, and G.B., Martin. The role of intracerebral insulin in the effect of nutrition on gonadotropin secretion in mature male sheep. *J. Endocr.* 1995. 147: 321-329.
23. Nawaz, M., and M. Khalil a: Comparison of Lohi and crossbred ewes: productive and reproductive traits. *Small Rum. Res.* 1998. 27: 223-229.
24. Rosado, J., E. Silva and M.A. Galina. Reproductive management of hair sheep with progesterone and gonadotropins in the tropics. *Small Rum. Res.* 1998. 27: 237-243.



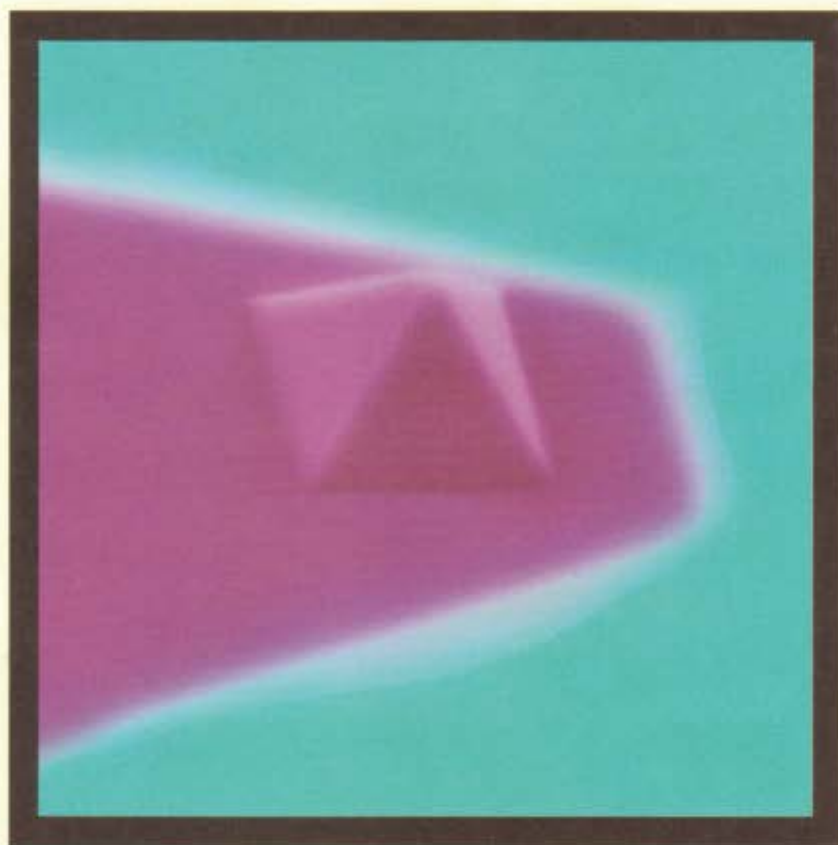
Foto: Estefanía D. Ramos Piña

IV:1

Volumen IV
Número 1
Ene - Mar
2001

CiENCiAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



Superficies de fractura / Toxinas Cry /
Intercambiadores de calor / Plomo en niños
Academia Mexicana de Ciencias /
Tecnos 2000 / Pérdida de neuronas

ISSN:
1405-9177



\$20.00

Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol

Mario Silva Garza*, Hilda Gámez González*, Francisco Zavala García**,
Baltazar Cuevas Hernández*, Manuel Rojas Garcidueñas***

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es un cultivo oleaginoso tolerante a la sequía con gran potencial para su cultivo en zonas semiáridas;¹ como fuente de aceite comestible y por su interés forrajero puede contribuir a aminorar el déficit nacional en grasas alimenticias y a mejorar la vida de los campesinos en zonas agrícolas pobres.

La productividad y características morfológicas y fisiológicas de los cultivos (altura, frondosidad, reacción a plagas y factores climáticos, etc.) puede ser modificada por cambios nutricionales (fertilización al suelo o foliar), cambio genético (hibridación y selección o introgresión génica), o cambios en los factores específicos de la regulación del desarrollo (fitorregulación).

Las hormonas vegetales o fitohormonas son moléculas que actúan sobre el sistema génico, reprimiendo o desreprimiendo genes que, a su vez, sintetizan moléculas que aceleran o inhiben aspectos del desarrollo. Así actúan auxinas, giberelinas, citocininas, abscisinas y etileno y hoy se estudian poliaminas, brasinoesteroides y otros grupos.²

Existen moléculas sintéticas similares a las fitohormonas en estructura y función: los fitorreguladores hormonales. Otros productos sintéticos son diferentes a las fitohormonas, pero no obstante determinan respuestas en el desarrollo vegetal; son los fitorreguladores no hormonales, como el cloromequat (cloruro de cloroetil-trimetilamonio), el daminozide (dimetil hidrácida del ácido butenodioico), etc. En la actualidad son muy utilizados extractos de algas marinas procesados y estandarizados, que por su complejidad solamente pueden ser referidos por su nombre comercial como el Biozyme, Cytozime, Cytèx, etc.



En este artículo se designarán a los fitorreguladores experimentados por su nombre comercial (iniciado por mayúscula) seguido del nombre técnico internacional (iniciado por minúscula); solamente en la sección de materiales se dará el nombre químico.

Esta investigación tuvo como objetivo estudiar los efectos de cuatro fitorreguladores comerciales, en las características morfológicas y en el rendimiento del girasol, bajo la hipótesis de que uno o varios de ellos podrían determinar respuestas deseables de acuerdo a lo que se conoce de su acción en el mismo o en otros cultivos.

*Departamento de Botánica, F. Ciencias Biológicas, UANL.

**Departamento de Fitomejoramiento, F. de Agronomía, UANL.

***ITESM. Maestro Emérito.

Materiales y métodos

Ubicación

Este trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Marín, N.L., localizado en el km 17.5 de la carretera Zuazua-Marín, a 37 km de Monterrey, N.L. La ubicación geográfica es 25°53' lat.N y 100°02' long.O; la altitud es 400 msnm.³

Materiales

Se utilizaron plantas de girasol (*Helianthus annuus* L.) var. Tecmon-52. Los fitorreguladores probados fueron: 1) Biozyme (fitorregulador complejo a base de extractos de algas marinas, adicionado de ácido giberélico), 2) Biogib (ácido giberélico al 10% v/v), 3) Cycocel (cloromequat = cloruro de cloroetil-trimetilamonio) y 4) Cultar (paclobutrazol = 4 clorofenil 4-dimetil, 2,4 tilazol pentanol a 250 g i.a./ l).

Metodología

El experimento se efectuó en el ciclo otoño-invierno 1997, del 14 de agosto al 16 de diciembre. Se tuvieron 20 parcelas con 6 surcos de 5 m de largo y 4.8 m de ancho, con una superficie total de 24.0 m². La distancia entre surcos fue de 80 cm y entre plantas de 25 cm, con 3 surcos de plantas por parcela útil eliminando bordos. Para el análisis de datos se tomaron muestras de 5 plantas por parcela. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones.

Los tratamientos con los productos especificados en la sección materiales fueron:

- 1) Biozyme T F a 500 cc/ha.
- 2) Biogib (giberelina) a 5.0 mM.
- 3) Cycocel (cloromequat) a 3000 ppm.
- 4) Cultar (paclobutrazol) 31 ppm, y
- 5) Testigo no aplicado.

Se efectuaron dos aplicaciones en base a las recomendaciones de etiqueta de los productos; el testigo fue asperjado con igual volumen de agua que las parcelas tratadas. La aspersión fue foliar a los veinte y treinta y cinco días de la siembra, usando una bomba de mochila de presión constante.

Las variables evaluadas fueron:

- 1) Altura de planta (del suelo al cuello del capítulo),

- 2) Diámetro del tallo en el tercer entrenudo,
- 3) Longitud y diámetro del pecíolo de la décimo quinta hoja,
- 4) Área foliar, cm² del total de hojas de la planta, utilizando un integrador de área foliar LI-COR modelo LI-3000 (LI-COR Inc, Lincoln Nebraska)
- 5) Diámetro del capítulo,
- 6) Número y peso de achenios por capítulo y
- 7) Peso de achenios por capítulo (rendimiento en grano).

Para el análisis estadístico se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan (significancia al 0.05) y el análisis de regresión (Stepwise), para determinar las variables que influyen sobre el rendimiento. Se aplicó el paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

Confiabilidad de los resultados

La tabla I presenta el análisis de varianza para las variables de las características morfológicas y del rendimiento. Como se observa, los coeficientes de variación (CV) presentaron confiabilidad en todos los casos.

Efectos en el desarrollo

El tabla II resume los efectos de los fitorreguladores en algunos aspectos morfológicos del desarrollo.

Tabla I. Cuadrados medios del análisis de varianza de las características agronómicas del girasol (*Helianthus annuus* L.) var. Tecmon-52 evaluadas con cuatro fitorreguladores comerciales.

Variable	GL	Cuadrado medio	CV (%)
Altura (cm)	4	12181.04**	3.98
Diámetro del Tallo (cm)	4	2.91**	9.45
Longitud del pecíolo (cm)	4	185.15**	9.06
Diámetro del pecíolo (cm)	4	0.27**	18.14
Área foliar (cm ²)	4	22971891.80**	16.41
Diámetro del capítulo (cm)	4	279.63**	5.30
Número de achenios/cap	4	908647.82**	13.10
Peso de achenios/cap	4	23686.44**	20.54
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	4	59216124.00**	20.54

GL: Grados de libertad. CV: Coeficiente de variación. **Diferencia altamente significativa ($p < 0.01$)

Tabla II. Comparación múltiple de medias de Duncan correspondiente a los parámetros de crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de tratamientos

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)	Diámetro pecíolo (cm)	Longitud pecíolo (cm)	Área foliar (cm ²)
Testigo	233.27 c	2.45 a	0.64 a	23.93 b	8817.17 ab
Biozyme	242.53 b	2.56 a	0.68 a	24.01 b	10180.5 a
Biogib (giberelina)	281.60 a	1.64 c	0.36 c	17.73 d	5141.5 c
Cycocel (cloromequat)	201.80 d	1.80 b	0.50 b	19.20 c	7504.3 b
Cultar (Paclobutrazol)	242.73 b	2.53 a	0.64 a	25.93 a	9286.0 a
n	15	15	15	15	6

Letras diferentes en columna significan diferencia significativa ($P < 0.05$)

Respecto al crecimiento del tallo, Biogib (Giberelina) determinó la mayor altura de plantas; este efecto fue porque la giberelina promueve tanto la división como el alargamiento celular;⁴ se ha encontrado que la giberelina alarga el primer entrenudo del tallo hasta 10 veces más que el testigo.⁵ Cycocel (Cloromequat) por el contrario, retardó el crecimiento, disminuyendo la altura de la planta en 26%; este efecto enanizante se tiene en muchas especies⁶ y se ha informado también en el girasol;⁷ ahora se sabe que el cloromequat bloquea la síntesis de giberelina al inhibir a la enzima kaurenosintetasa.⁸



Biozyme y Cultar (Paclobutrazol) promovieron la altura del tallo, pero significativamente menos que Biogib (giberelina).

El diámetro del tallo fue afectado negativamente por Biogib (giberelina), contrario a lo sucedido con la longitud; este efecto negativo tal vez se deba a la acción conjunta del gasto de nutrientes para la elongación celular y la intensa oxidación de carbohidratos por las altas temperaturas que aumentan la respiración;⁴ por otra parte debe recordarse que la giberelina aumenta típicamente el alargamiento de la célula, pero no su crecimiento lateral. Cycocel (cloromequat) presentó menor diámetro que el testigo, en tanto que Biozyme y Cultar (paclobutrazol) fueron iguales al testigo.

El área foliar fue incrementada por Biozyme y por Cultar (paclobutrazol), pero no de modo significativo. Cycocel (cloromequat) a pesar de determinar una notable reducción en altura no redujo el área foliar de modo significativo. Biogib (giberelina) en cambio, en contraste con el efecto en altura, deter-



achenes yield (Kg/ha). The analysis of variance for all estimated variables provided highly significant differences ($p < 0.01$). Treatments with the best results of growth and yield were Biozyme and Cultar or Bonzi (Paclobutrazol).

Keywords: Sunflowers, plant hormones, growth, yield.

Referencias

- Robles S., R. 1985. Producción de oleaginosas y textiles. Segunda edición. Editorial Limusa. México, D.F., pp 431-498.
- Rojas G., M. y H. Ramírez. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Editorial Limusa. México, D.F., pp 27-163.
- INEGI 1996. Análisis estadístico del estado de Nuevo León. Editorial Gobierno del Estado, pp 5.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Iberoamérica. México, D.F. pp 399-420.
- Guardia, M.D. and M. Benlloch. 1980. Effects of potassium and gibberellic acid on stem growth of whole sunflower plants. *Plant Growth Regulator* 49:443-448.
- Weaver, R.J. 1990. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Ed. Trillas. México, D.F., pp 17-141.
- Uppar S.S.; A.S. Nalini; M.B. Chetti; S.M. Hiremath and M.Y. Kamatar. 1995. Use of growth regulators in sunflower. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. 20:322-323.
- Talón, M. 1993. Giberelinas. En: Azcon, B.J.; M. Talón (eds.) *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Editorial Interamericana-Mc Graw Hill, Madrid, pp 301-316.
- Avila V., A.N. 1990. Efecto de tres fitorreguladores comerciales y uno experimental en el desarrollo fisiológico y en el rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.). Tesis de Licenciatura. I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México, pp 33-38.
- Kastori, R.; A. Vereb, B. Nikolic, and N. Petrovic 1980. Study of the phytophysiological effect of Biozor-S in crops. *Agrohemija. Plant Growth Regulator Abstract*, 1214, No. 7/8, 285, 292.
- Pathak, H.C. and S.K. Dixit. 1994. Yield and yield contributing characters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by Cycocel (CCC). *Gujarat Agricultural University Research Journal* 20:158-161.
- Beltrano J., D.O. Caldez; R. Barreyro; G. Sánchez and R. Bezus. 1994. Effects of foliar applied gibberellic acid and benzyladenine upon yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Growth Regulation*. 15:101-106.
- Segura, J. 1993. Morfiogenesis in vitro. En: Azcon, B.J.; M. Talón (eds.) *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Editorial Interamericana-Mc Graw Hill, Madrid, pp 381.
- Trewavas, a. 1987. Sensitivity adaptation in growth substances responses. In: *Hormone action in Plant development-a critical appraisal* (edit. G V Hoad, J R Lenton, M B Jackson) Butterworths (London).
- Nickell, L G. 1982. Plant growth substances. *Encyclopedia of chemical Technology* 3^{ed}. Wiley (New York).
- Morgan, P W. 1980. Agricultural uses of phytohormones and synthetic plant growth regulators (Mimeo 2^o Reunión sobre reguladores de plantas e insectos CONCYT - ITESM. Monterrey, México).
- Rojas Garcidueñas, M. 1992. Problemas en el control del desarrollo de las plantas. *Ciencia (Méx.)* 43:437-444

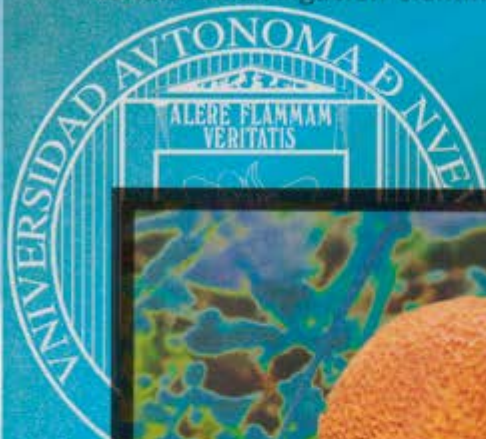


IV:3

Volumen IV
Número 3
Jul. - Sep.
2001

CIENCIA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



**Sociedades médicas / filtrado óptimo /
zacate buffel / capas de hierro en
reactores / macrófagos y linfocitos /
cardiomiopatía / manejos de tuna / hongos**

ISSN:
1405-9177



\$ 20.00

Conservación de una variedad de tuna (Burrona) bajo diferentes manejos poscosecha

Rigoberto González G*, Tomás Morales O.*, Emilio Olivares S*, Juana Aranda R.*, Clemente Gallegos V**

En México se cultivan cerca de 45,000 ha de nopal tunero, con más de 20,000 productores, concentrándose el 90 % en los estados de México, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.^{1,2} La superficie anterior cubre cerca del 90 % de lo cultivado a nivel mundial. La tuna se puede industrializar para el consumo humano en forma de fermentados, jugos, queso de tuna, mermeladas y otros más.^{3,4} Sin embargo, la tuna se consume y comercializa en fresco en el país o se exporta a muchas partes del mundo.⁵ Por lo anterior, el manejo adecuado de la tuna para aumentar su tiempo de conservación repercute en mayores beneficios económicos para los productores.⁶ Se ha estimado que entre el 25 y el 80% de los frutos se pierden tras la recolección,⁷ debido a un manejo y una manipulación defectuosa. Al igual que otras frutas, la tuna presenta un elevado carácter perecedero, lo que provoca problemas para su manejo en fresco, como los daños mecánicos y la deshidratación de la piel y el ataque de patógenos causantes de pudriciones.⁸ Adicionalmente, se presenta el problema debido a la estacionalidad de la producción, afectándose con ello la rentabilidad de los sistemas de producción.⁹ Todo esto ha provocado una serie de investigaciones encaminadas a prolongar la vida del fruto en fresco. Una opción es el encerado (baño de parafina), combinado con diferentes prácticas de cosecha y poscosecha.^{6,10,11}

Aunque la actividad metabólica de las tunas se considera baja por ser frutos no climatéricos, la realidad es que sufren deterioro, especialmente por los daños, lesiones e infecciones patológicas ocasionados durante su corte y manejo poscosecha.⁶ La poscosecha de tunas incluye dos grandes aspectos que siempre van relacionados: 1) la fisiología y 2)



Fig. 1. Variedad de tunas Burrona, apariencia al inicio del experimento.

la tecnología; el primero aborda el funcionamiento de los productos hortofrutícolas en poscosecha, mientras que el segundo aborda los aspectos del manejo tecnificado de los productos.⁶

Con base en lo anterior, se desarrolló la presente investigación con el objetivo general de evaluar la viabilidad de diferentes técnicas (corte, asoleado, cepillado, encerado, y almacenado), que permitan prolongar el tiempo de conservación de la tuna y que repercuta en mejores condiciones de mercado y mayor beneficio económico de los productores.

Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en las fases de campo y laboratorio. La primera fase se desarrolló en el rancho "las Papas" Lagos de Moreno, Jalisco loca-

* Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.

** Centro Regional de Zacatecas de la Universidad de Chapingo.

Conservación de una variedad de tuna (Burrona) bajo diferentes manejos poscosecha

Rigoberto González G*, Tomás Morales O*, Emilio Olivares S*, Juana Aranda R*,
Clemente Gallegos V**

En México se cultivan cerca de 45,000 ha de nopal tunero, con más de 20,000 productores, concentrándose el 90 % en los estados de México, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.^{1,2} La superficie anterior cubre cerca del 90 % de lo cultivado a nivel mundial. La tuna se puede industrializar para el consumo humano en forma de fermentados, jugos, queso de tuna, mermeladas y otros más.^{3,4} Sin embargo, la tuna se consume y comercializa en fresco en el país o se exporta a muchas partes del mundo.⁵ Por lo anterior, el manejo adecuado de la tuna para aumentar su tiempo de conservación repercute en mayores beneficios económicos para los productores.⁶ Se ha estimado que entre el 25 y el 80% de los frutos se pierden tras la recolección,⁷ debido a un manejo y una manipulación defectuosa. Al igual que otras frutas, la tuna presenta un elevado carácter perecedero, lo que provoca problemas para su manejo en fresco, como los daños mecánicos y la deshidratación de la piel y el ataque de patógenos causantes de pudriciones.⁸ Adicionalmente, se presenta el problema debido a la estacionalidad de la producción, afectándose con ello la rentabilidad de los sistemas de producción.⁹ Todo esto ha provocado una serie de investigaciones encaminadas a prolongar la vida del fruto en fresco. Una opción es el encerado (baño de parafina), combinado con diferentes prácticas de cosecha y poscosecha.^{6,10,11}

Aunque la actividad metabólica de las tunas se considera baja por ser frutos no climatéricos, la realidad es que sufren deterioro, especialmente por los daños, lesiones e infecciones patológicas ocasionados durante su corte y manejo poscosecha.⁶ La poscosecha de tunas incluye dos grandes aspectos que siempre van relacionados: 1) la fisiología y 2)



Fig. 1. Variedad de tunas Burrona, apariencia al inicio del experimento.

la tecnología; el primero aborda el funcionamiento de los productos hortofrutícolas en poscosecha, mientras que el segundo aborda los aspectos del manejo tecnificado de los productos.⁶

Con base en lo anterior, se desarrolló la presente investigación con el objetivo general de evaluar la viabilidad de diferentes técnicas (corte, asoleado, cepillado, encerado, y almacenado), que permitan prolongar el tiempo de conservación de la tuna y que repercuta en mejores condiciones de mercado y mayor beneficio económico de los productores.

Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en las fases de campo y laboratorio. La primera fase se desarrolló en el rancho "las Papas" Lagos de Moreno, Jalisco loca-

* Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.

** Centro Regional de Zacatecas de la Universidad de Chapingo.

lizado a $21^{\circ}53'$ de latitud norte y $101^{\circ}35'$ de longitud oeste. La región es semiárida con una vegetación general de pastizal, tiene una altitud de 2304 m, sobre el nivel del mar. El clima del municipio es semiseco, la temperatura media anual es de 18.7°C , con una precipitación media anual de 573.2 mm en su mayoría entre los meses de junio a octubre.

La variedad de tuna empleada fue la «Burrona» (*Opuntia* sp). Dicho fruto, de acuerdo con Pimienta y Castillo (1995), aunque es atractivo para el mercado por su forma y tamaño, es insípido, presenta un alto número de semillas grandes y un porcentaje alto de frutos con rajaduras longitudinales, lo cual reduce su aceptación en el mercado. Esta variedad es ampliamente cultivada en la región Centro-Norte del país.⁹

El experimento se diseñó para evaluar cinco factores con dos niveles, para lo cual se requirió una cantidad de 640 frutos. Se evaluaron 32 tratamientos con 20 frutos cada uno, 10 se utilizaron para observación del cambio de apariencia de los frutos durante el almacenado y los otros 10 para las medición de las diferentes variables durante los cinco muestreos. La unidad experimental estuvo representada por un fruto. Se utilizó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de tratamientos, las medias se compararon por medio de la prueba de Turkey. Los factores medidos y sus niveles fueron: tipo de corte (con cuchillo y manual); asoleado después del corte (con y sin exposición directa en el campo del fruto al Sol por 8 horas); tipo de desespinado (mecánico y sin desespinar); encerado (con y sin recubrimiento de 1 mm de grosor de parafina comercial), y la temperatura de almacenamiento (con refrigeración a 4°C y a temperatura ambiente).

En el manejo de la cosecha y conservación de la tuna, tradicionalmente es primero la colecta de los frutos en forma manual o con cuchillo en base a la experiencia de los cosechadores. La tuna se pone en cajas de cartón o de madera, no se lleva ninguna precaución para proteger la tuna del Sol. Las cajas se transportan a temperatura ambiente a empresas de la localidad para proceder al desespinado. Se envían al mercado en cajas y se mantienen algunas veces a temperatura ambiente y en otras ocasiones bajo refrigeración hasta su venta al consumidor.

En este trabajo se evaluó el manejo de la cosecha y manejo inmediato de la tuna. La tuna se cose-

chó en forma manual o con cuchillo. Los frutos se distribuyeron en forma uniforme sobre cartón y se evaluó el efecto de asolearlas o mantenerlas en la sombra y también se midió cómo afecta la conservación al desespinar las tunas o dejarlas con espinas.

La cosecha se realizó en forma aleatoria el 4 de octubre de 1997 por la mañana, en dos formas de acuerdo a como la realizan los productores de la región: a) Corte manual. Se sostuvo el fruto por la parte media dándole un giro rápido para separarlo de la penca; b) Corte con cuchillo. Se utilizó una navaja, sosteniendo e inclinando el fruto con la mano izquierda y haciendo el corte en la unión de la tuna con la penca. Para cada uno de los tratamientos se cosecharon 400 tunas.

Las tunas se separaron en dos partes (200 frutos cada una) y recibieron dos tratamientos diferentes de manejo postcorte: a) Asoleado. Inmediatamente después de la cosecha se colocó la tuna en el suelo exponiéndose a la luz solar; b) Sombra. Otra parte de la tuna cosechada se llevó rápidamente a la sombra, evitando que se asoleara después del corte. El tratamiento duró ocho horas y se seleccionó debido al tiempo de jornada de trabajo de los empleados utilizados en la cosecha.

Después de las ocho horas de almacenado una parte de las tunas se trataron con máquina desespinaadora, eliminando la mayor parte de las espinas. Otra parte de las tunas se dejaron con espinas tal y como quedaron después del manejo postcorte. Las tunas se transportaron en cajas de cartón para continuar con la siguiente etapa.

La segunda fase se realizó en el laboratorio de Biotecnología Microbiana de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Se inició dos días después de la fase de colecta de las tunas y duró hasta el mes de enero de 1998, con muestreos cada 15 días.

Con respecto al tratamiento de encerado, la cubierta de parafina fue de 1 mm. Para el tratamiento de temperatura se seleccionó a 4°C de almacenamiento y la temperatura ambiente. Se evaluaron cinco muestreos, a partir del 20 de octubre, con intervalos de 15 días cada uno. Se tomaron dos tunas de cada tratamiento. Las variables que se midieron se describen a continuación: El porcentaje de cenizas se encontró por diferencia de pesos después de quemar una muestra a 500°C . La densidad se determinó midiendo el peso del fruto y el volumen de

agua desplazado en una probeta, se reporta como g ml^{-1} . El peso total, el peso relativo de la cáscara y el peso relativo del lóculo se midieron directamente en una balanza. El porcentaje se determinó por la relación del peso de cáscara o lóculo, con respecto al peso total. El pH se determinó en el jugo de la fruta en un potenciómetro (Orión 720^o). Los °Brix se determinaron en el jugo de la fruta en un refractómetro manual (Atago N-1EBX). Además de lo anterior, se determinó el número de semillas abortivas y normales y se evaluó el número y tipo de microorganismos presentes en las muestras. A las tunas muestreadas se les separó la cáscara en forma aséptica con un cuchillo estéril. Se tomó una muestra de 1 g de cáscara y 1 g de la pulpa de cada una de las tunas. Cada muestra con 100 ml de agua estéril se molió en una licuadora previamente esterilizada. Las muestras se almacenaron en frascos estériles. De cada frasco se inoculó 1 ml de solución en agar nutritivo para la determinación de microorganismos aerobios mesófilos incubando a 37° C por 24 horas. Por otro lado, 1 ml de la solución se inoculó en papa dextrosa agar, para la determinación de hongos y levaduras, incubando a 20° C por cinco días. Se identificó el número y tipo de colonias y se observaron los microorganismos bajo el microscopio.

Resultados y discusión

Los análisis de varianza mostraron que los factores más importantes que influyen sobre el tiempo de conservación y la calidad de la tuna fueron el encerado y la temperatura, mientras que los factores tipo de corte, asoleado y desespinado tuvieron efectos mínimos o nulos.

El tiempo de conservación de la tuna bajo los

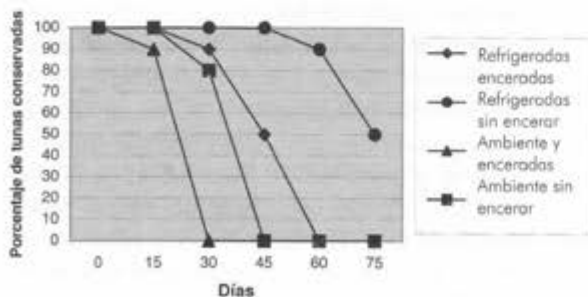


Figura 1 Porcentaje de conservación de la tuna bajo los tratamientos de refrigeración y encerado.

tratamientos de refrigeración y encerado se muestran en la figura 1. Las tunas enceradas duraron menos tiempo que las que no recibieron el tratamiento de cera. Las tunas que se conservaron por más de 75 días fueron las refrigeradas sin encerar.

Una relación de los tratamientos de encerado y refrigeración con respecto a la apariencia de las tunas durante su almacenamiento se muestra en la tabla 1. Se determinó la vida de anaquel de la tuna en base a su apariencia; durante las observaciones se evaluó el aspecto de la tuna y sus cambios a medida que transcurría el tiempo. Se observó que el orden de descomposición de las tunas es en un prin-

Tratamiento	Días				
	15	30	45	60	75
Refrigerada, encerada	N	H	FD	FD	D
Refrigerada, sin encerar	N	N	A	EH	ED
Ambiente, encerada	A	D	D	D	D
Ambiente, sin encerar	E	AE	D	D	D

N= Normal, A= Amarillento, E=Deshidratado, H= Presencia de hongos, F= Olor a fermentado, D= Descompuesta

cipio un ligero amarillamiento (A), debido, probablemente, a la descomposición de la clorofila, seguido de una deshidratación (E) que se manifiesta con un arrugamiento de la cutícula y después un completo amarillamiento. La aparición de hongos (H) fue en un principio en la parte basal del fruto, manifestándose más pronto en las tunas cortadas



Fig. 2. Tunas sin encerar, y enceradas bajo refrigeración, después de 15 días de tratamiento.

Tabla II. Efecto del encerado sobre las variables medidas durante los muestreos

Factor	Variable	Muestreo 1 (15 días)	Muestreo 2 (30 días)	Muestreo 3 (45 días)	Muestreo 4 (60 días)	Muestreo 5 (75 días)
Con encerado	Cenizas (%)	0.24 a	0.33 a	0.32 a	0.39 a	0.35 a
Sin encerado	Cenizas (%)	0.23 a	0.27 a	0.39 a	0.26 b	0.26 b
Con encerado	Densidad (g ml ⁻¹)	1.11 a	1.05 a	0.98 a	0.99 a	0.95 a
Sin encerado	Densidad (g ml ⁻¹)	1.05 b	1.00 b	1.03 a	0.95 b	0.95 a
Con encerado	P. rel. loculo (%)	57.53 a	57.46 a	57.36 a	58.86 a	59.31 a
Sin encerado	P. rel. loculo (%)	62.46 b	64.03 b	63.22 a	63.81 a	63.69 a
Con encerado	P. rel. cáscara (%)	42.47 a	42.54 a	42.64 a	41.14 a	40.69 a
Sin encerado	P. rel. cáscara	37.54 b	35.97 b	36.78 a	36.19 a	36.31 a
Con encerado	PH	5.95 a	5.68 a	5.57 a	5.65 a	4.49 a
Sin encerado	PH	6.50 b	6.50 b	5.90 b	6.23 b	5.69 b
Con encerado	°Brix	10.52 a	9.64 a	10.20 a	11.26 a	9.76 a
Sin encerado	°Brix	11.39 b	10.68 b	10.74 b	10.81 a	10.43 b

Letras diferentes indican diferencia significativa $p < 0.05$. P. rel = Peso relativo.

manualmente. En el caso de las tunas enceradas, la aparición de hongos se generalizó, rompiendo la cubierta de cera. Junto con los hongos se manifestó un olor a fermentado (F), en donde las tunas prácticamente ya no están en buenas condiciones, seguido de una descomposición total de los frutos (D).

El tratamiento de encerado de las frutas fue significativo en la mayoría de las variables evaluadas

(tabla 2). La evaluación de cenizas sólo fue, significativa en los dos últimos muestreos, siendo esta menor en las tunas no enceradas. La densidad también fue menor en las tunas no enceradas. Por otro lado, el peso relativo del loculo fue mayor en las tunas no enceradas y el peso de la cáscara fue mayor en las tunas enceradas, aunque esta diferencia puede deberse a las tunas utilizadas en esta deter-

Tabla III. Efecto de la refrigeración sobre las variables medidas durante los muestreos.

Factor	Variable	Muestreo 1 (15 días)	Muestreo 2 (30 días)	Muestreo 3 (45 días)	Muestreo 4 (60 días)	Muestreo 5 (75 días)
Refrigeración	Cenizas (%)	0.27 a	0.21 a	0.30 a	0.32 a	0.30 a
Ambiente	Cenizas (%)	0.20 a	0.39 b	0.50 b	0.28 a	0.28 a
Refrigeración	Densidad (g ml ⁻¹)	1.08 a	1.03 a	0.97 a	0.96 a	0.95 a
Ambiente	Densidad (g ml ⁻¹)	1.08 a	1.02 a	1.11 b	0.97 b	0.94 a
Refrigeración	P. rel. loculo (%)	58.89 a	59.06 a	59.19 a	60.32 a	60.45 a
Ambiente	P. rel. loculo (%)	61.09 b	62.38 a	65.62 a	66.20 a	66.64 a
Refrigeración	P. rel. cáscara (%)	41.11 a	40.94 a	40.31 a	39.68 a	39.55 a
Ambiente	P. rel. cáscara	38.91 a	37.62 b	34.48 b	33.80 b	33.36 b
Refrigeración	PH	6.62 a	6.52 a	5.80 a	5.97 a	5.05 a
Ambiente	PH	5.83 b	5.66 b	5.77 a	6.14 a	5.59 a
Refrigeración	°Brix	12.05 a	10.89 a	10.79 a	11.21 a	10.34 a
Ambiente	°Brix	9.86 b	9.43 b	10.56 b	10.40 b	9.65 b

Letras diferentes indican diferencia significativa $p < 0.05$. P. rel = Peso relativo.

minación por diferencias propias entre ellas. El pH y los °Brix también aumentaron en las tunas sin encerar. Los resultados mostraron que el recubrimiento de parafina con un grosor de 1 mm prácticamente aceleraba la descomposición de la tuna. Lo anterior, probablemente debido a la falta de respiración del fruto. Además, bajo estas condiciones, se observó una mayor presencia de microorganismos anaeróbicos. El tratamiento con recubrimiento de parafina no protege la tuna de una descomposición más lenta, más bien los resultados indican que el período de conservación de la tuna se disminuye. Durante el tratamiento de encerado predominaron las diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las variables densidad, en el peso relativo de la cáscara, en el pH y en los °Brix. Se observó que este factor fue determinante, aunque en forma negativa, en el tiempo de conservación de la fruta, ya que las tunas enceradas duraron menos tiempo comparadas con las demás.

En la tabla 3 se muestran los resultados para el tratamiento de almacenado en refrigeración o a temperatura ambiente para las tunas y su efecto sobre las variables evaluadas. Los resultados muestran que almacenando las tunas a temperatura ambiente hay un aumento significativo ($P < 0.05$) en el peso de las cenizas en el segundo y tercer muestreo, la densidad del fruto también aumento significativamente, ($P < 0.05$) en el tercer y cuarto muestreo. Por otro lado, bajo estas condiciones, el peso relativo del lóculo aumentó aunque sólo significativamente ($P < 0.05$) para la primera semana. El peso de la cáscara y los °Brix disminuyeron significativamente, al igual que el pH para los primeros dos muestreos. Los cambios fisicoquímicos que se presentaron en los frutos ayudaron a su conservación, bajo la refrigeración de los mismos.

Para los tratamientos de refrigeración y de encerado (tablas 2 y 3), donde se presentaron diferencias significativas con respecto al peso relativo de la cáscara se debió probablemente a la deshidratación de los frutos, ya que muchos de ellos se arrugaron con el tiempo. Sin embargo, el peso relativo del lóculo presenta tendencias a aumentar con el tiempo. En ambos casos, al igual que con las diferencias entre cenizas y densidad, probablemente, las diferencias podrían deberse al fruto utilizado en el momento del análisis, ya que dependen de la muestra seleccionada en forma aleatoria en el momento de la evaluación. La disminución con el tiem-

po de los °Brix es debido probablemente a la descomposición de azúcares y formación de ácidos, que implica la disminución del pH que se observó. Este efecto se pudo deber a factores fisiológicos de maduración de los frutos o a la presencia de microorganismos. Se pudo observar un mayor tiempo de conservación en las tunas refrigeradas, comparadas con las almacenadas a temperatura ambiente. Estos resultados se esperaban, ya que a menor temperatura, baja la pérdida de humedad y disminuye la maduración de la fruta. Se pudo observar principalmente que hay diferencia significativa ($P < 0.05$) en los °Brix en todos los muestreos y en el pH en los dos primeros muestreos.

No se muestra tabla de resultados para el tratamiento con el corte con cuchillo o manual. Sin embargo, se observó que sólo presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) para la variable densidad (1.05 a y 1.01 b) y °Brix (10.62 a y 11.29 b) para el primer muestreo, y para el pH (5.35 a y 5.01 b) y °Brix (9.95 a y 10.47 b) para el quinto muestreo. Aún con lo anterior, los resultados no son suficientes para determinar que el corte con cuchillo o manual implica algún cambio en la conservación posterior de la tuna. Sin embargo, al evaluar el tiempo de conservación de la tuna bajo los diferentes tratamientos se observó que los frutos cortados con cuchillo se mantenían sin descomposición por más tiempo (figura 1), semejantes resultados fueron reportados por Martínez *et al.* 1999,¹² para la tuna roja pelona (*Opuntia ficus-indica*).

Con respecto al tratamiento de asoleado o no asoleado, tampoco se muestran tabla de resultados, ya que éstos no son relevantes. En ellos sólo dio significancia ($P < 0.05$) para el peso relativo del lóculo (60.03 a y 59.99 b) y peso relativo de la cáscara (39.97 a y 40.01 b), durante el primer muestreo. Por lo anterior, la conservación de la fruta no se incrementa debido a este factor.

Al evaluar el tratamiento cuando a las tunas se les dio un desespinado mecánicamente o se dejaron las tunas sin desespinar (no se muestra tabla), se presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) en los resultados para las variables densidad (1.06 a y 1.10 b) y °Brix (10.71 a y 11.20 b) en el primer muestreo y en la cuarto muestreo para el peso relativo de la cáscara (37.63 a y 38.35 b). Sin embargo, al igual que en los tratamientos anteriores, los resultados no son relevantes como para indicar que este factor es determinante en el tiempo de conservación de la fruta.



Fig. 3. Tunas sin cera refrigeradas comparadas con las no refrigeradas después de 4 meses de tratamiento.

En cuanto a la incidencia de microorganismos, al inicio del trabajo se determinaron principalmente, altas concentraciones de levaduras (> de 500 UFC/ml), tanto en cáscara como en lóculo. Por otro lado, se observó que en los muestreos se encontraron principalmente, además de levaduras, hongos en su mayoría de los géneros *Aspergillus spp*, *Rhizopus spp* y *Penicillium spp*. El ataque de microorganismos en los frutos almacenados a temperatura ambiente se intensificó por la presencia de la mosca de la fruta, la cual aceleraba la descomposición.

En general, se encontró que los frutos que se mantuvieron con buena apariencia por más tiempo, fueron los almacenados en refrigeración y sin cera. Aunque el tipo de corte y de desespinado no mostraron diferencias significativas hay tendencias a que el corte con cuchillo favorece la conservación de la fruta, debido a que hay menor daño físico y evita la entrada de microorganismos al fruto.

Conclusiones

Aunque no se mostraron diferencias en el desespinado, se observó la presencia de un mayor daño físico debido al manejo de las tunas desespinaadas, lo que favorecía la entrada de microorganismos, por lo que se recomienda no desespinar las tunas cuando se van a almacenar por un mayor tiempo para evitar la contaminación microbiana. En cuanto a la incidencia de microorganismos, se observó la presencia principalmente de levaduras. Por otro lado, la presencia de hongos en la cutícula se incrementó notablemente al final del trabajo. No se mostró ningún efecto en el tratamiento de asoleado por ocho

horas de las tunas o el mantenerlas en la sombra. El encerado, aunque ayudó a mantener el peso del fruto, promovió la descomposición de la fruta, debido a las condiciones anaeróbicas que favorecieron el desarrollo de levaduras y hongos. Como se esperaba, los resultados mostraron que el almacenamiento bajo refrigeración es el más indicado comparándolo con lo evaluado a temperatura ambiente. El utilizar un corte manual o con cuchillo no mostró diferencias significativas en las variables evaluadas. Sin embargo, en cuanto al mayor tiempo de almacenamiento de las tunas se conservaron mejor las cortadas con cuchillo, porque sufrieron menos daño en la base. Las tendencias, de acuerdo a los resultados obtenidos, indican que el manejo más adecuado de la cosecha y poscosecha de la tuna es el de cortar con cuchillo, sin recubrimiento de parafina y almacenado en refrigeración (4°C).

Agradecimientos

Al Sr. Fernando Torres Romo, por haber proporcionado las tunas y la infraestructura para la colecta. Al Sr. Fernando Zapata García por su colaboración en la revisión de este artículo.

Resumen

En el presente estudio se utilizaron tunas de la variedad "Burrona", para evaluar su conservación bajo diferentes manejos poscosecha. Las variables que se evaluaron durante tres meses de almacenamiento en periodos de 15 días fueron: densidad, peso relativo de la cáscara, peso relativo del lóculo, pH, °Brix, y cenizas. Además, se midió el cambio en la apariencia del fruto, durante su almacenado y la incidencia de microorganismos. Los resultados mostraron la presencia principalmente de levaduras al principio del trabajo, y de hongos filamentosos en la cutícula al final del trabajo. En los resultados no se manifestó efecto alguno, debido al tratamiento de asoleado por ocho horas de las tunas o el mantenerlas en la sombra. Resultados similares se observaron bajo el tratamiento de desespinado, comparado con las tunas sin desespinar. Sin embargo, se observó la presencia de un mayor daño físico en el manejo de las tunas desespinaadas, lo que favorecía la entrada de microorganismos. El utilizar un corte manual o con cuchillo no mostró diferencias significativas en las variables evaluadas. Sin embargo,

en cuanto al mayor tiempo de almacenamiento de las tunas se conservaron mejor las cortadas con cuchillo, porque sufrieron menos daño en la base. El encerado, aunque ayudó a mantener el peso del fruto, fue un factor que promovió la descomposición de la fruta, por las condiciones anaeróbicas que favorecieron el desarrollo de levaduras y hongos. Como se esperaba los resultados mostraron que el almacenamiento bajo refrigeración es más indicado que el de temperatura ambiente. Las tendencias de acuerdo al conjunto de los resultados obtenidos, indican que el manejo más adecuado de la cosecha y poscosecha de la tuna es el de realizar un corte con cuchillo, sin recubrimiento de parafina y almacenado en refrigeración (4°C), ya que más del 60 % de las tunas se mantuvieron aceptables bajo estas condiciones hasta después de los 75 días.

Palabras clave: tunas, manejo poscosecha, conservación, contaminación microbiana, descomposición de frutos

Abstract

The aim of this study was to identify the key factors affecting the storage life of the prickly pear. A widely planted prickly pear (*Opuntia* spp.) variety called "Burrona" was used to evaluate fruit quality after several post harvest handling treatments. The variables measured (during three months after harvest) were: density, relative weight of the cuticle, relative weight of locules, pH, °Brix, and ashes weight. The evaluated factors cutting procedure (manual and with knife), sun exposure after harvest (exposed and in the shade), thorn removal procedure (mechanical or without thorn removal) did not showed significant differences. However the tendencies showed less microbial contamination when prickly pear was cutting with knife and when thorns were not removal. These results due to less mechanical damage that favors microbes contamination. The paraffin treatment (with and without paraffin), and the storage temperature conditions (room temperature and at 4° C) showed significant differences. As it was expected, the results showed that the storage at low temperature is the more suitable. Also it was observed that the paraffin treatment accelerate the fruit decomposition. Additionally, the fruit appearance and the presence of microorganisms were observed.

The results showed the presence mainly of yeasts at the beginning of the work and of filamentous fungi in the cuticle at the end of the work. The best result was obtained when prickly pears were stored at 4° C without paraffin treatment. The most appropriate handling of the crop according with the results are to cut with knife, without paraffin coat and stored at low temperature (4°C). Under these conditions more than the 60% of the fruit stayed acceptable for more than 75 days

Keywords: prickly pear, post harvest, conservation, contamination by microbial microorganisms, fruit decomposition.

Referencias

1. ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 1999. Producción mundial de tuna. En: La tuna testigo de nuestra historia, de Claridades Agropecuarias N° 71. Editor Barreiro, P.M. pp. 31-34.
2. Ventura R., E. Y J. Pimentel L 1994. Manejo de escurrimientos para la producción de nopal tunero. En Esparza F., G y Méndez G. S. de J. (comp.) Aportaciones técnicas y experiencias de la producción de tuna en Zacatecas. Memorias Colegio de Postgraduados, COCCAM, Morelos Zac., México. pp. 87-95.
3. Higareda R., A. 1994. Industrialización integral del nopal y de la tuna. En Esparza F., G y Méndez G. S. de J. (comp.) Aportaciones técnicas y experiencias de la producción de tuna en Zacatecas. Memorias Colegio de Postgraduados, COCCAM, Morelos Zac., México. pp. 83-86.
4. Sáenz H., C. 1999. Alternativas tecnológicas para el proceso de tuna y nopal. En Aguirre R., J. R. Y Reyes A., J. A. (Editores). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. pp. 228-239.
5. Castellanos C. P., I. E. López Ch., J.M. De Luna E y C.A. Flores V. 1999. Costos de producción y comercialización de tuna (*Opuntia* spp.) en la región de San Martín de la Pirámides. En Aguirre R., J. R. Y Reyes A., J. A. (Editores). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional. Universi-

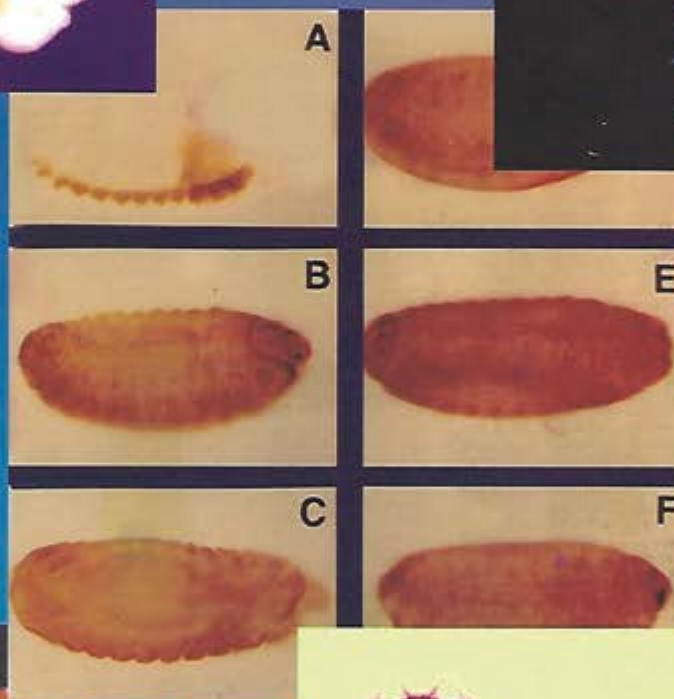
- dad Autónoma de San Luis Potosí, México. pp. 54-55.
6. Corrales G., J. 1997. Poscosecha de la tuna y del nopal verdura. En Vásquez- A., R. E., C. Gallegos Vázquez, N. Treviño- Hernández y I. Díaz-Torres (Comp.). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memorias del 7º Congreso Nacional y 5º Internacional. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey Nuevo León, México. pp. 88-94.
7. Wills R. H., W.B. McGlasson, E.G. Hall, D. Graham y Lee T.H. 1977. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas postrecolección. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp.75.
8. Duckworth, R. B. 1968. Frutas y Verduras. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 74 - 78.
9. Flores, A. V. y C. Gallegos V. 1994. Chapingo, México Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos(SARH), Subsecretaria de Agricultura Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y de la Agricultura Mundial (CIESTAAM). 47 pp.
10. Baldwin, E. A. , M.O. Nisperos, R.D. Hagenmaier y R.A. Baker, Miembros del IFT. 1997: Uso de lípidos como recubrimientos en alimentos, Food Technology. Vol. 51 (6): 56-62.
11. Coronado H, M. y S. V. y León. 1993. Conservación de alimentos, un texto de métodos y técnicas. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, primera edición, Publicaciones Académicas CBS. pp. 21,59,77-82, 91 y 117.
12. Martínez S. G., M.R. Fernández M., J.M. Cabrera S. 1999. Evaluación de la vida de anaquel de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). En Aguirre R., J. R. Y Reyes A., J. A. (Editores). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Pp 26-29.

V:3

Volumen V
Número 3
Jul. -Sept.
2002

CIENCIA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



ISSN:
1405-9177



\$ 20.00

**Arquitectos moleculares / Taq DNA Polimerasa /
Genética del sorgo / Residuos sólidos /
Yacimientos de obsidiana**

Mejoramiento genético en sorgo para resistencia a ergot

Francisco Zavala G.*, Evelyn Ortiz P.*, Nora E. García T.*, Gilberto E. Salinas G.*, Hilda Gámez G.**

El cultivo del sorgo es uno de los más importantes en México, ocupa el tercer lugar después del maíz y el frijol. En 1999 se sembraron cerca de los dos millones de hectáreas de este cereal (figura 1). Los estados con mayor superficie de siembra son Tamaulipas, con más de un millón de hectáreas; Sinaloa, con más de 200 mil hectáreas y el Bajío (Guanajuato, Michoacán y Jalisco) con cerca de 500 mil hectáreas.¹

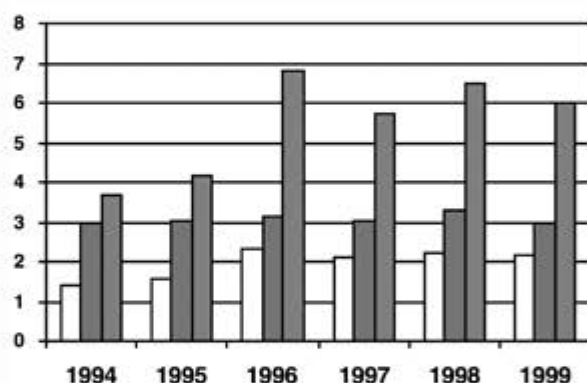


Fig. 1. Superficie sembrada en millones de ha (barra blanca), rendimiento de grano en ton ha⁻¹ (barra sólida) y producción total de grano en millones de ton (barra a rayas) en el cultivo del sorgo en México durante los últimos seis años.

A pesar de los dos millones de hectáreas y de los seis millones de toneladas producidas de este grano, México tuvo que importar alrededor de 5 millones de toneladas para abastecer el mercado nacional; constituido por la industria de alimentos balanceados, cuyo destino principal es la ganadería de bovinos, cerdos y aves. Estas importaciones representaron a México el 11 % del total, con una erogación de alrededor de cinco mil millones de pesos.²

El sorgo se empezó a sembrar en México en forma experimental en la década de los 50; sin embargo, su importancia comercial se inició en la si-

guiente década, sembrando semilla híbrida importada de los Estados Unidos de América por diferentes casas comerciales. Desde entonces, el 100 % de la superficie sembrada en México con sorgo es con semilla híbrida producida principalmente fuera del país. El mercado de la semilla híbrida en México ha ido en aumento debido a los altos insumos que se requieren para su producción. De acuerdo con la figura 2, el mercado de las semillas híbridas en México fue de cerca de los 700 millones de pesos (considerando un precio de \$20.00 pesos por kilo de semilla híbrida).¹

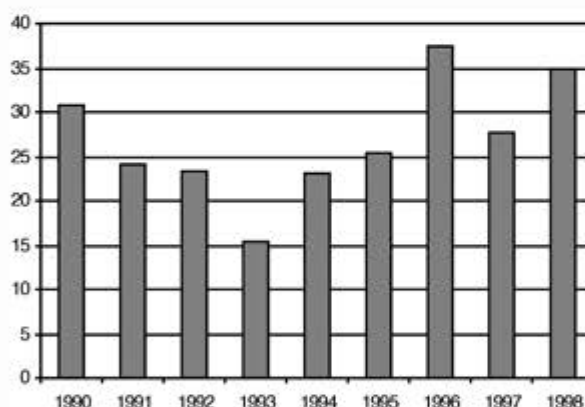


Fig. 2. Demanda de semilla híbrida para siembra en México en el periodo 1990-1998 (miles de ton).

La producción del sorgo en México es afectada por diferentes factores del ambiente, los cuales limitan la productividad de este cultivo. Entre los factores que más influyen en la producción de este cultivo son: sequía (por una baja e irregular distribución de la precipitación), alta temperatura (sobre todo al

* Facultad de Agronomía, UANL.

** Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

momento de la floración), baja fertilidad de los suelos, suelos salinos y mal drenados, etc. Sin embargo, también existen algunos factores bióticos que lo afectan severamente, entre los que se encuentran la mosca de la panoja (*Contarinia sorgicola*), pudrición carbonosa del tallo {(*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid} y tizón de la panoja (*Fusarium moniliforme* Sheld), entre otros. A todos estos problemas, a partir de 1997, se ha incorporado un patógeno que no existía en México y que estaba limitado sólo a los países de África e India, denominado ergot o cornezuelo del sorgo (*Claviceps africana*), conocido también con el nombre de enfermedad azucarada (fotografía 1).

El ergot es una enfermedad fungosa que afecta el proceso de formación de la semilla, principalmente cuando la coincidencia de floración entre los progenitores no es completa, siendo más severo el ataque en líneas androestériles.

Sin embargo, el daño también puede estar presente en líneas B (línea mantenedora de la androsterilidad), R (línea restauradora de la fertilidad) e híbridos comerciales.³



Fotografía 1. Manifestación visual de *Claviceps africana* en panícula de sorgo.

El primer año en que se manifestó esta enfermedad en México (1997) se reportaron daños del 5 al 60% en siembras comerciales. En la India existen reportes de daños en la producción de grano del 10 al 80 % y de manera similar en Zimbabwe, presentándose ocasionalmente pérdidas totales en la producción. El ergot, además de reducir el rendimiento de semilla, incrementa los costos de producción a través de acciones tales como: necesidad de

aplicación extra de agroquímicos, modificaciones en el método de cosecha y manejo de semilla, además de problemas de comercialización.⁴

Al momento, no es claro el origen de la introducción de ergot a México; sin embargo, pudiera estar en una de las siguientes: 1) intercambio de material genético contaminado, 2) importaciones de grano de sorgo contaminado y 3) contaminación por esporas en los movimientos de aire. Aparentemente, la última pudiera ser la más probable, debido a los lugares donde se presentó por primera vez la enfermedad (costa del Golfo de México) y la forma de cómo se dispersó la enfermedad hacia el centro de la República.

El ergot solamente ataca ovarios de flores de sorgo sin fecundar. Para alcanzar este objetivo, el hongo establece una competencia con el grano del polen para llegar al ovario, por lo que el momento de mayor susceptibilidad de la planta del sorgo a ergot es cuando los estigmas se encuentran receptivos durante el proceso de floración.⁵

Hay dos signos evidentes de presencia de la enfermedad: el primero es la aparición de un micelio algodonoso entre las glumas de las flores infectadas; y el segundo signo es la formación de mielecilla saliendo de las flores infectadas (fotografía 2). La mielecilla es un delgado y viscoso fluido que contiene conidios. Las gotas de la mielecilla formada son incoloras y transparentes, pero poco a poco comienzan a hacerse opacas. Con el paso del tiempo, la mielecilla comienza a cambiar de amarillo marrón a rosa, con una superficie blanca. Las gotas pueden permanecer intactas o escurrir hasta flores sanas, semillas, hojas y suelo.⁵

En las panículas, las partes más críticas en el proceso de infección y colonización de este hongo son el estigma y las anteras. Normalmente, un estigma es polinizado tan pronto es expuesto. El polen germina dentro de los 30 minutos siguientes y la fertilización ocurre en las próximas 2-12 horas. Sin embargo, las conidias del hongo requieren de 8-12 horas para germinar en el estigma y de 36 a 48 horas para alcanzar la base del ovario. Una vez alcanzado este punto, el hongo tarda de seis a ocho días en colonizar completamente el ovario y la exudación de la mielecilla comienza un día después en forma de gotas transparentes.⁶

El problema del ergot en sorgo se puede presentar: 1) afectando las flores de variedades híbridas a nivel comercial y 2) afectando las flores de las lí-



Fotografía 2. Diferentes aspectos del desarrollo del hongo en la flor del sorgo.

neas hembras utilizadas en la formación del híbrido. El daño más severo es sobre este último, debido sobre todo a la falta de producción de polen de la línea androestéril. De esta forma, existen diferentes mecanismos que se pueden utilizar para encontrar fuentes de resistencia a esta enfermedad fungosa. Entre éstos, los más comunes son:

1. Alta producción de polen.
2. Resistencia al frío.
3. Resistencia citoplasmática.
4. Alta compatibilidad entre hembra y macho.
5. Protandria.
6. Cleistogamia.
7. Períodos cortos de protoginia.
8. Alto contenido de ácido tartárico y tirosina.

En la Facultad de Agronomía de la UANL se está llevando a cabo un proyecto de investigación financiado por el CONACYT-SIREYES, cuyos objetivos principales son la generación de información y selección de materiales genéticos de sorgo con características de resistencia a esta enfermedad, basados en algunos de los mecanismos de resistencia ya mencionados, principalmente los relacionados con la producción de granos de polen por flor y el efecto del citoplasma en la resistencia a ergot.

Algunos de los resultados de los trabajos realizados se indican enseguida.

Producción de polen

Para determinar la producción de polen por florecilla, se recolectaron muestras de espiguillas de nueve líneas de sorgo identificadas como: 10331, 90, 10330, 10251, 10333, FA163, 10106, 10249, FA170 y un híbrido comercial (Pioneer 8282). Es-

tas muestras consistieron en cinco florecillas correspondientes al primero, segundo y tercer tercio de la panícula. Las espiguillas se colocaron en tubos de ensayo con una solución formada de ácido acético, formaldehído y alcohol metílico al 50 % v/v (1:1:1) para preservarlas. Posteriormente, las florecillas fueron disectadas para extraer las anteras, las cuales se colocaron en 30 μ L de H_2SO_4 al 99 % v/v en tubos eppendorf de 200 μ L. Éste procedimiento se realizó con la finalidad de disolver las anteras y liberar los granos de polen. Después, los tubos se colocaron en un agitador para asegurar una solución homogénea y que los granos de polen quedaran uniformemente distribuidos en la solución. Se separó una muestra de 20 μ L con una micropipeta y se colocaron en una cámara Neubauer. El conteo de los granos de polen se llevó a cabo en el microscopio, considerando el número de granos observados en la cuadrícula central de la cámara. El número de granos por flor se obtuvo considerando la siguiente fórmula: $N = (nxv)/0.1$; donde: N = número de granos por flor, n = número de granos observados y v = volumen total de la solución.

En la fotografía 3 se presenta una secuencia de eventos, desde la colecta de la muestra hasta la observación de los granos de polen al microscopio. Al final, se pueden observar con claridad las diferencias en la producción de polen en dos líneas contrastantes.

En la figura 3 se aprecian los resultados encontrados para el número de granos de polen por flor en el experimento llevado a cabo en el ciclo de siembra primavera-verano de 1999. En ella se aprecia la gran variación existente entre líneas para esta característica. La línea 10249 presentó una producción de menos de 6,000 granos de polen por flor, mientras que la línea FA 90 presentó más de 14,000



Fotografía 3. Diferentes aspectos en el proceso de muestreo y conteo de granos de polen en flores de sorgo.

granos por flor.

Esta superioridad de la FA90 en relación a la producción de polen, pudiera tener ventajas como progenitor en la formación de híbridos, ya que, comparado con la línea 10249, pudiera evitar en forma más eficiente el ataque de ergot en las flores de las plantas hembras, al competir más fácilmente con el hongo en la polinización de la flor.

Cuando el conteo de la producción de polen por

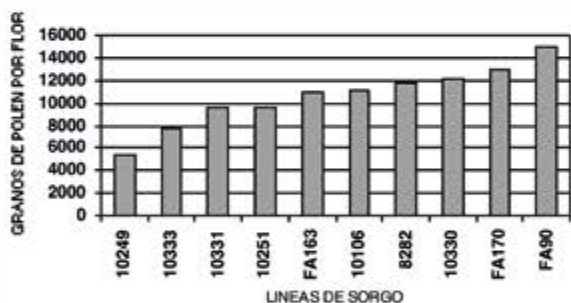


Fig. 3. Producción de granos por flor en líneas R de sorgo.

flor se hizo en híbridos, utilizando como progenitores macho la 10251 y la FA170, y como progenitores hembras un juego de líneas isogénicas con la Atx398 variando únicamente el citoplasma (A_1 , A_2 , A_3 y A_4), se observó una tendencia en el citoplasma A_4 a producir híbridos con mayor cantidad de polen (alrededor de 12,000 granos de polen por flor) que los otros tipos de citoplasma (alrededor de 8,000

granos de polen), lo que pudiera indicar un efecto citoplasmático en la producción de polen (figura 4).

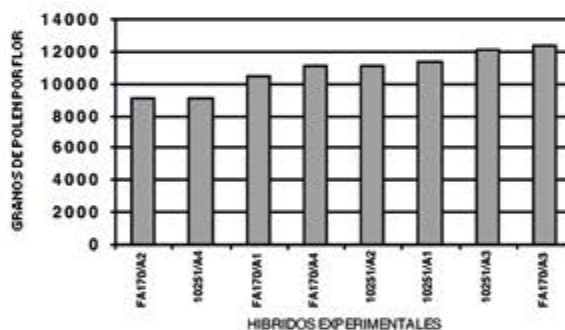


Fig. 4. Producción de polen en híbridos con hembras isogénicas.

Resistencia citoplasmática

Para poder detectar los posibles efectos del citoplasma y el núcleo en la resistencia a ergot fue necesario, primeramente, formar los materiales genéticos adecuados para realizar una evaluación confiable. Para ello, se utilizaron las líneas que se presentan en la tabla 1.

Las líneas hembras se cruzaron con cada uno de los progenitores macho para formar los juegos respectivos, de tal manera que cada juego consistió en 10 genotipos: Cuatro líneas hembras, el macho común utilizado, los cuatro híbridos respectivos y un

Tabla I. Líneas hembras y machos utilizadas en el experimento de resistencia citoplasmática

Hembras	Machos
A ₁ TX398	FA170
A ₂ TX398	10251
A ₃ TX398	FA163
A ₄ TX398	10249
	10106
	10333
	10330
	10331
	90
	10250

testigo híbrido comercial: el Pioneer 8282⁷.

Los juegos de genotipos se sembraron en Escobedo, N.L., en los terrenos de la Facultad de Agronomía de la UANL. El diseño utilizado fue un bloque al azar, con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones, la parcela grande correspondió a un juego de genotipos y la parcela chica correspondió a los genotipos (líneas e híbridos). Al momento de la floración, se identificaron las plantas para dar un mejor seguimiento en las lecturas de ataque de la enfermedad. Con la finalidad de asegurar la presencia del ergot, se realizaron inoculaciones artificiales con una solución preparada a una concentración de 10^6 conidias por mL (fotografía 4).

A partir de la floración, se llevó a cabo un monitoreo de las plantas seleccionadas y se inició el proceso de cuantificación del daño por ergot en cada una de las panículas. Los valores se reportaron en por ciento y las observaciones se realizaron hasta alrededor de los 20 días después de la floración, cuando ya no se observaron incrementos en el daño por la enfermedad.



Fotografía 4. Identificación de plantas y aspersión de la solución con conidias de ergot.

Los valores de porcentaje se transformaron utilizando el método de raíz cuadrada⁸ y los datos se analizaron utilizando el paquete de Olivares.⁹ Los resultados estadísticos mostraron diferencia significativa entre genotipos (líneas e híbridos), pero no para juegos de genotipos. En la tabla II se presentan los valores promedio de ataque de la enfermedad en cada una de las líneas evaluadas. En este cuadro se observa que el híbrido comercial fue el que menos daño presentó de la enfermedad (36%), posiblemente debido a la producción alta de polen de la misma flor, ya que los híbridos donde intervinieron la FA163 y la FA170, que fueron también los que mostraron menor daño (38 y 45 %, respectivamente), presentaron mayor producción de polen en el experimento previamente descrito.

En relación a las hembras, específicamente al citoplasma, fue el citoplasma A₂ el que menor daño presentó en promedio. Estos resultados no concuerdan con los reportados por otros autores como Bandyopadhyay *et al.* (1996), quienes reportan al

Tabla II. Porcientos de daño por ergot en líneas e híbridos de sorgo

Líneas	% de daño	Líneas	% de daño
A ₁ Tx 398	69.4	90 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	53.5
A ₂ Tx 398	50.0	10106 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	64.1
A ₃ Tx 398	57.6	10250 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	52.1
A ₄ Tx 398	58.2	10251 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	60.0
		10266 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	51.5
		10330-1 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	50.2
		10331 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	58.3
		10333 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	52.4
		FA163 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	38.0
		FA170 / A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄	45.7
		Pioneer 8282	36.1

citoplasma A₄ como el más resistente.

Estas discrepancias pueden estar relacionadas básicamente con dos causas: 1) el efecto del ambiente, que hace cambiar la reacción de resistencia debido a la activación o desactivación de procesos metabólicos relacionados con estas respuestas, y 2) debido a la interacción de los genes del citoplasma y de los genes nucleares, ya que el comportamiento del citoplasma parece depender también de los genes del núcleo. En este experimento, se observó que a pesar de que el citoplasma A₂ fue el que mejor respuesta presentó, la combinación del citoplasma A₁/FA170 fue el mejor híbrido en su respuesta a ergot (fotografía 5).



Fotografía 5. Híbrido con mejor repuesta al ataque de ergot en sorgo.

De los estudios aquí presentados, parece que existe una estrecha relación entre la producción de polen y el comportamiento del citoplasma en su respuesta a la resistencia a ergot en sorgo, por lo que resulta valiosa la selección de líneas con alta producción de polen para ser utilizados como progenitores machos y citoplasmas resistentes que puedan incorporarse a las líneas hembras en el proceso de formación de híbridos.

Resumen

El propósito de este trabajo fue realizar una serie de estudios para generar información que permita encontrar soluciones al problema del ataque del ergot (*Claviceps africana*) a la planta del sorgo. En relación a la producción de polen, se encontró que las líneas macho con mayor expresión de este carácter (FA90 y FA170) manifestaron menor incidencia de ergot en los híbridos que se formaron a partir de ellos. Con respecto al citoplasma, el A2 resultó el menos afectado, aunque se observó un efecto importante de interacción entre el citoplasma y el genotipo, concluyendo que la resistencia al patógeno depende de una adecuada combinación núcleo-citoplasma para disminuir los riesgos de daño.

Palabras clave: *Claviceps africana*, Efecto del citoplasma, Producción de polen.

Abstract

The main objective of this research project was to generate basic information to finding solutions to ergot (*Claviceps africana*) susceptibility in sorghum. In relation to pollen production, FA 90 and FA170

sorghum lines showed the highest values and their hybrids had the lowest ergot susceptibility. For the cytoplasm effect, A2 showed the best reaction to the ergot attack; however, an interaction between the nuclear and cytoplasm genes was important to decreasing the presence of ergot on sorghum plants.

Keywords: Cytoplasm effect, *Claviceps africana*, Pollen production.

Referencias

1. SAGAR. 2000- situación actual y perspectiva de la producción de sorgo en México. SAGAR-CEA. 40 p.
2. Ramírez V., P., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S. y F. Zavala G.(eds.). 2000. Recursos filogenéticos de México para la alimentación y la agricultura, Informe nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C., Chapingo, México.130 p.
3. Futrell, M.C and Webster, O.J. 1965. Ergot infection and sterility in grain sorghum. Plant Disease Reporter. 49: 680-683.
4. Bandyopadhyay, R. Frederickson, D.E., McLaren, N.W., Odvody, G.N and Malcolm, J. R. 1998. Ergot a new threat to sorghum in the Americas and Australia. Plant Disease. 82: 356-367.
5. Bandyopadhyay, R. Frederickson, D.E., McLaren, N.W., and Odvody, G.N. 1996. Ergot, a global threat to sorghum. International Sorghum and Millets Newspaper. 37: 1-30.
6. Lansac, A.R., Sullivan, C.Y., Jonson, B.E. and Lee, K.W. 1994. Viability and germination of pollen grain of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Annals of Botany 74: 27-33.
7. Ortiz P., E., Zavala G., F, De la Garza G., J.L. y Salinas G., G.E. 1999. Evaluación de diferentes citoplasmas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para la resistencia al comezuelo del sorgo (*Claviceps africana*). Avances de investigación. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Facultad de Agronomía, UANL. 140 p.
8. Ostle, B. 1992. Estadística aplicada. Dagoberto de la Serna Valdivia (Trad.). Ed. LIMUSA. México. 629 p.
9. Olivares S., E. 2001. Paquete estadístico computacional para el curso de diseños experimentales. Fac. de Agronomía, UANL. 291 p.



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



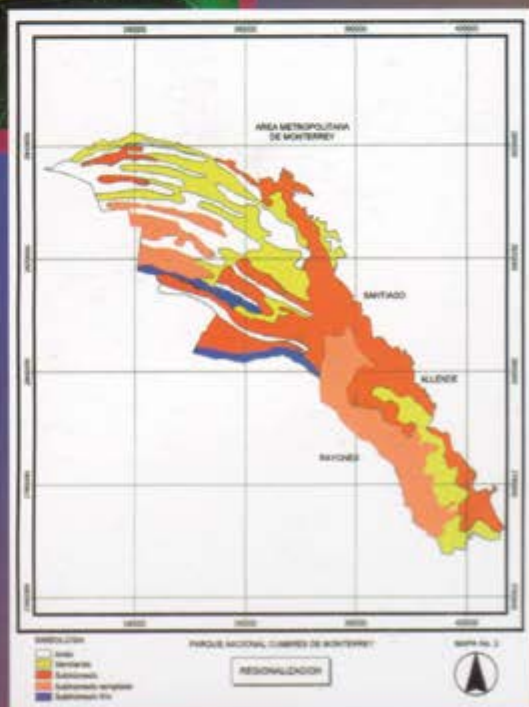
VII:1

Volumen VII
Número 1
Enc.-Mar.
2004

ISSN:
1405-9177

00

\$ 20.00



Parque Nacional Cumbres / Aleación de aluminio /
Complejo volcánico / Cinética del PRD 1 /
Desarrollo cráneo-facial

CINÉTICA DE PRD1 EN UN PANTANO CONSTRUIDO DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

JUAN A. VIDALES CONTRERAS*, RIGOBERTO GONZÁLEZ GONZÁLEZ*, HUMBERTO RODRÍGUEZ FUENTES*

El mayor número de muertes a nivel mundial se debe a las enfermedades gastrointestinales causadas por virus entéricos, comúnmente transmitidos por agua contaminada con heces fecales. Una vez liberados al ambiente por personas enfermas, en concentraciones hasta de 10^{11} partículas virales por gramo de heces fecales, los virus entéricos pueden contaminar cuerpos de agua superficiales o subterráneos y posteriormente causar enfermedades tales como: diarrea, hepatitis A y E, meningitis, poliomielitis, fiebre, y gastroenteritis,¹ entre la población.

Los pantanos construidos son una tecnología emergente de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales. Estos ecosistemas son capaces de reducir la carga viral del agua residual filtrándola a través de una cama de grava enraizada con vegetación hidrófita. Sin embargo, se reconoce que su diseño enfrenta imprecisiones que pueden hacer variar ampliamente la eficiencia de remoción de los contaminantes presentes en el agua residual.

Los estudios realizados sobre transporte, sobrevivencia y remoción de virus en pantanos construidos son escasos. Gersberg y cols.² encontró que el 99 % de colifagos nativos fueron removidos en un pantano construido de flujo subsuperficial (PCFSS). Vinluan³ observó, en el mismo tipo de sistemas, 90 % de decaimiento de la carga inicial de MS2 (Male Specific 2, su nombre en inglés), PRD1, y colifagos nativos después de 3.67, 13.38, y 2.05 días, respectivamente. Sólo Chendorain y cols.⁴ analizaron la remoción de virus a través de un estudio de trazadores en pantanos construidos de flujo superficial (PCFS) usando MS2. Sus resultados mostraron que la tasa de remoción varió de 0.076 a 5.81 d⁻¹, siendo considerablemente alta cerca del influente.

Las pruebas de trazadores son la mejor opción para determinar el tiempo de detención y la cantidad de mezcla de los pantanos construidos. Además, permiten modelar el movimiento de los contaminantes y formular criterios para la construcción de estos ecosistemas. La aplicación de modelos como el de convección-dispersión en el diseño de pantanos construidos es potencialmente posible; sin embargo, se carece de información sobre el grado de dispersión de los contaminantes y sus tasas de decaimiento.

El presente artículo se basa en estudios realizados por Vidades,⁵ y reporta la simulación del movimiento de un trazador conservativo y PRD1 (virus modelo) en pantanos construidos en el Desierto de Sonora.

Materiales y métodos

Virus modelo

PRD1 toma su nombre por ser un bacteriófago específico del plásmido RP1, que pertenece al grupo de plásmidos P, con una doble cadena de ADN.⁶ El virus es de 62 nm de tamaño e isoelectrico a un pH entre 3 y 4. Similar al rotavirus humano,⁷ presenta una membrana lípido-proteica bajo la cápsula proteínica. Diferentes investigadores han usado este virus como modelo en estudios conducidos en suelos y acuíferos,⁸ ya que su medida es similar a adenovirus y rotavirus.

*Facultad de Agronomía, Laboratorio de Remediación Ambiental, UANL. Carretera Zuazua-Marín km 17.5, Marín N.L. México. javidalesc@hotmail.com

Producción y cuantificación de PRD1

El virus fue obtenido del Laboratorio de Microbiología Ambiental de la Universidad de Arizona y replicado por el método de doble capa⁹ usando *Salmonella typhimurium* como huésped. El virus fue cosechado de la superficie del agar, añadiendo 6 ml de solución buffer-salina por caja petri. Esta suspensión fue añadida, posteriormente, al inicio del experimento, en el influente del pantano para trazar el virus. Las muestras colectadas durante el estudio fueron ensayadas para PRD1 usando el método anterior.

Sitio de estudio

El sitio de estudio (figura 1) fue descrito por Vidales.⁵ Brevemente, el pantano es de flujo subsuperficial, localizado en las Instalaciones de Investigación de Ecosistemas Construidos (CERF, por sus siglas en inglés) en Tucson AZ., USA, es de sección transversal trapezoidal, e impermeabilizado inferior y lateralmente con plástico. Mide 8.2 m en la parte superior, 61 m de largo, y 0.9 m de profundidad. El volumen

poroso estimado de la cama de grava antes de la plantación fue 153 m³ representando 40 % del volumen total. Una tubería con varias aberturas, controladas manualmente, introduce el efluente secundario; libre de cloro, que proviene de las instalaciones para tratamiento de aguas residuales municipales de la Carretera Roger (The Roger Road Municipal Wastewater Treatment Facility, su nombre en inglés). En la descarga, el agua sale del sistema al cubrir un tubo vertical de 0.19 m de diámetro. La flora emergente consiste principalmente de: *Populus fremontii*, *Salix nigra*, *Salix exigua*, *Plantanus wrightii*, *Chilopsis linearis*, *Baccharis glutinosa*, *Scirpus olneyi*, *Typha domingensis*, *Anemopsis californica*, y *Arundo donax*.

Adición de los trazadores y muestreo

En marzo 26 del 2000, 20 litros de suspensión fueron preparados mezclando 838 g de NaBr y 100 ml de PRD1, a una concentración de 1.2×10^{11} unidades formadoras de placa (ufp) ml⁻¹, en agua residual. La suspensión fue añadida en el influente durante un periodo de 1.5 h. El gasto de entrada du-

Secciones verticales

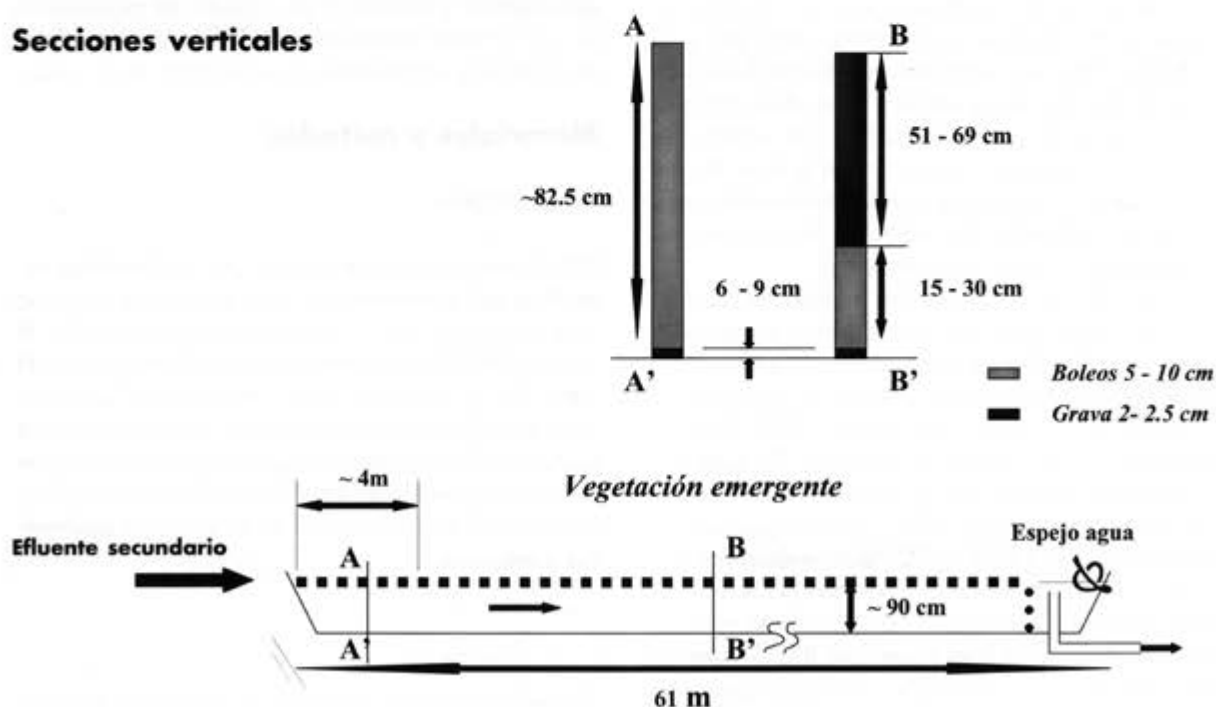


Fig. 1.- Representación esquemática del pantano construido donde fue realizada la prueba de trazadores mostrando su estratificación vertical, en los primeros 4 (A-A') y los siguientes 52 m (B-B') a partir del influente, y su sección transversal longitudinal.

rante la inyección fue $0.9 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ por lo que la concentración del pulso añadido (C_0) fue 468 mg L^{-1} de Br y $9.3 \times 10^6 \text{ ufp ml}^{-1}$ de PRD1. Las muestras fueron colectadas cada 3 h y el gasto medido tres veces al día en la descarga y continuamente en el influente. El agua colectada fue mantenida en hielo y transportada al laboratorio en la Universidad de Arizona. Un cromatógrafo de iones (Dionex 2020i; Sunnyvale, CA) fue usado para analizar Br en las muestras colectadas.

Simulación

La Ecuación de convección-dispersión (ECD) ha sido tradicionalmente aplicada en la predicción del desplazamiento de solutos en diversos sistemas acuáticos.^{10, 11} La ecuación parcial diferencial en forma unidimensional para un contaminante con absorción irreversible o biodegradable es la siguiente:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} - \kappa C \quad (1)$$

Donde C es concentración, D el coeficiente de dispersión, x distancia desde el origen, v velocidad convectiva, y k coeficiente de decaimiento. Para un trazador conservativo k es igual a cero. Una solución analítica asumiendo una inyección instantánea homogéneamente distribuida en $x = 0$ y $t = 0$ bajo las siguientes condiciones iniciales y de frontera:

$$\begin{aligned} C(x, 0) &= 0 \\ C(0, t) &= \frac{m}{Ac v} \delta(t) \\ C(\infty, t) &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

se expresa como:

$$C(x, t) = \alpha \frac{m}{2Ac\sqrt{\pi Dt}} \exp\left(-\frac{(x-vt)^2}{4Dt}\right) \exp(-\kappa t)$$

Donde: m es la masa introducida en el sistema (kg para Br y ufp para PRD1), Ac es el área efectiva transversal al flujo de agua (m^2), y α es un coeficiente de conversión.

Análisis de momentos

El balance de masa fue calculado con el momento cero de la Función de Tiempo-Concentración (FTC) observada en la descarga del pantano:

$$M_0 = \beta Q \int_0^\infty C(t) dt \quad (3)$$

donde: M_0 es la cantidad de trazador recuperado en la descarga (Kg o ufp), b es un factor de conversión, Q es el gasto promedio al final del sistema durante el experimento ($\text{m}^3 \text{ min}^{-1}$), t es tiempo en días y C la concentración en mg L^{-1} o ufp ml^{-1} . El primer momento normalizado de FTC observada es:

$$t_d = \frac{\int_0^\infty t C(t) dt}{\int_0^\infty C(t) dt} \quad (4)$$

donde: t_d es el primer momento normalizado o el tiempo de detención del sistema en días. Introduciendo la Ec. 2 en la Ec. 4 pueden obtenerse las siguientes ecuaciones:

$$t_d = \frac{x}{v} \left(1 + \frac{2D}{vx} \right) \quad (5)$$

la cual estima el tiempo de detención del sistema si D y v son conocidos. Mientras que la siguiente expresión proporciona el primer momento para PRD1:¹⁰

$$t_d = \frac{1 + 2 \left(\frac{v^2}{4D} + k \right)^{1/2} \left(\frac{x^2}{4D} \right)^{1/2}}{2 \left(\frac{v^2}{4D} + k \right)} \quad (6)$$

Resultados

Tasas de flujo y evaporación

Los gastos promedio de entrada ($0.9 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) y salida ($0.66 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) mostraron una pequeña variación estándar, 0.11 en el influente y 0.17 en el efluente. Las pérdidas por evaporación fueron estimadas en 26 % del gasto promedio de entrada.

Trazador conservativo

La masa recuperada de Br fue calculada mediante

la Ec. 3 después de extrapolar la FTC, observada en la descarga, a la concentración de Br en el efluente antes de la inyección de los trazadores (0.55 mg L^{-1}). La masa recobrada fue estimada en 488 g representando el 75 % de la cantidad añadida inicialmente al sistema.

Reducción de PRD1

La concentración promedio de bacteriófagos que infectan el huésped de PRD1 en el influente, antes del inicio de la prueba de trazadores, fue 119 ufp ml^{-1} , fluctuando en un rango de 104 a 150 ufp ml^{-1} . El virus fue principalmente observado durante las etapas iniciales de la FTC para Br en la descarga del sistema (figura 2). La línea vertical discontinua indica el área correspondiente al 10 % de masa recobrada para Br después de 3.2 d^{-1} de la inyección de los

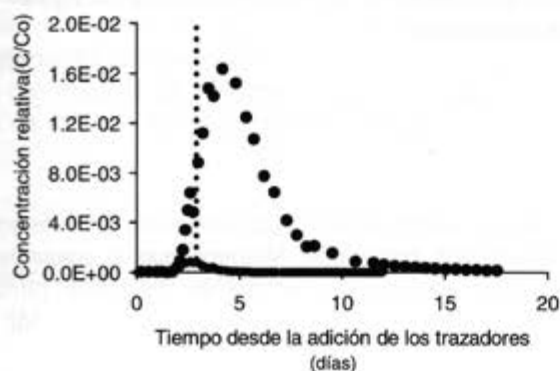


Fig. 2.- Función de tiempo concentración para Br (●●●) y PRD1 (—) observada en la descarga del pantano construido bajo estudio. C_o es la concentración del pulso añadido (468 mg L^{-1}).

trazadores. A este tiempo, 65 % de PRD1, observado en la descarga, ya había sido recobrado. Presumiblemente, esta fracción del virus tuvo una baja tendencia a ser absorbida. La estratificación del filtro de grava del pantano sugiere que la capa de boleos es la región del sistema con un tiempo de retención más corto, donde PRD1 fue removido ineficientemente.

Modelación

La simulación fue realizada en Mathcad profesional 2000 (Mathsoft, Cambridge MA), mediante el método de mínimos cuadrados, calibrando la ECD a

las concentraciones de Br y PRD1 observadas. Los 488 g de Br recobrados al final del sistema fueron incorporados en la Ec. 2 para calcular A_c , D , y v . Estos valores y la cantidad de PRD1 añadida al pantano ($1.2 \times 10^{13} \text{ ufp}$) fueron entonces usados para modelar la FTC para PRD1 y obtener k . La bondad de ajuste puede ser observada en las figuras 3 y 4.

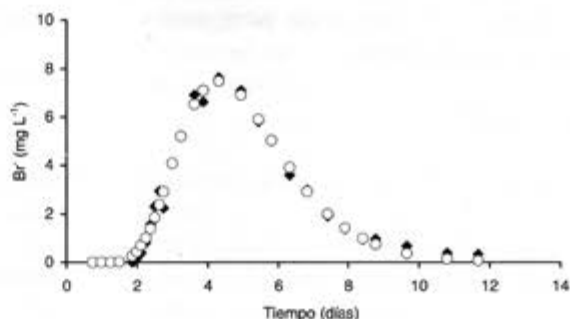


Fig. 3.- Bondad de ajuste de la ECD (○) a los datos observados de Br (●) en la descarga del pantano construido.

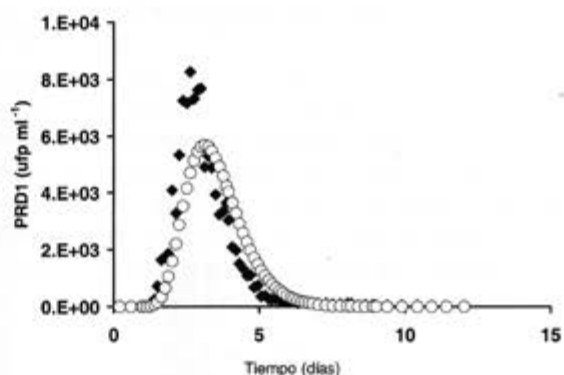


Fig. 4.- Bondad de ajuste de la ECD (○) a los datos observados de PRD1 (●) en la descarga del pantano construido.

La tabla I reporta los parámetros de transporte estimados por medio de la simulación realizada y la tabla II el primer momento para la curva de concentración observada y la simulada.

Discusión

El único estudio reportado sobre la estimación de parámetros de transporte y tasas de decaimiento, mediante la modelación del transporte de un virus modelo fue realizada por Chendorain y cols.⁴ en PCFS, usando MS2 como trazador viral. Este estudio fue conducido en un pantano de $70 \times 15.5 \times 0.46$

Tabla I. Parámetros de transporte estimados durante la simulación.

Trazador	A_c (m^2)	D ($m^2 d^{-1}$)	V ($m^3 d^{-1}$)	k (d^{-1})
Br-	1.41	38.36	12.21	
PRD1				0.96

Tabla II. Estimación del primer momento (t_p , días) para los datos observados y la curva obtenida por simulación.

Trazador	Distribución	
	Observada	Simulada
Br-	5.56	5.07
PRD1	3.22	3.51

m. Los parámetros promedio estimados para D y v fueron $130 \pm 47 m^2 d^{-1}$ y $8.1 \pm 2.5 m d^{-1}$, respectivamente, k fue dependiente de la posición en el pantano alcanzando valores de más de $2.24 d^{-1}$ en los primeros 3 m. La k promedio fue de $0.35 \pm 0.19 d^{-1}$. Es importante señalar que el tiempo de detención para MS2 fue $3.9 \pm 0.3 d$ el cual es muy similar a los $3.22 d$ (tabla II) para PRD1 estimados con la Ec. 4 en el presente estudio; sin embargo, k fue hasta seis veces mayor que la calculada por Chendorain y cols.⁴ y 15 % menor que la tasa de remoción calculada por Gersberg y cols. para bacteriófagos nativos. La remoción total fue 98.26% siendo comparable al 99% reportado por Gersberg y cols.² en un PCFSS. En el mismo tipo de sistema Thurston¹³ reportó 83% de remoción para virus entéricos humanos.

La Ec. 2 usada en esta simulación fue capaz de predecir adecuadamente las concentraciones observadas de PRD1, a pesar de que la construcción del pantano sugiere un modelo de dos regiones el cual no fue usado por el mayor número de variables a ser calibradas. La Ec. 6 planteada por Warrick¹² para la estimación del primer momento de PRD1 fue 0.29 d mayor que la estimación realizada con la Ec. 4 para PRD1.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio muestran que la ecuación de convección-dispersión puede ser usada en el diseño de pantanos construidos de flujo subsu-

perficial, y que la remoción de PRD1 puede ser mayor que las remociones reportadas para enterovirus humanos en estos ecosistemas. Es importante señalar que la FTC para PRD1 no mostró retardación, lo cual sugiere que su absorción es irreversible. Los pantanos construidos ofrecen una alternativa en el tratamiento de aguas residuales capaz de reducir la carga viral hasta en un 99 %.

Agradecimiento

El autor desea agradecer el apoyo financiero proporcionado por: Tucson Water, United States Environmental Protection Agency, CONACYT y Programa de Apoyo para la Investigación Científica y Tecnológica, PAICYT CA531-01.

Resumen

La ecuación de convección-dispersión fue usada para modelar el movimiento de PRD1 y Br- en un pantano construido de flujo subsuperficial localizado en el Desierto de Sonora. La tasa de decaimiento de PRD1 estimada mediante modelación fue de $0.96 d^{-1}$ para una remoción total de la carga viral de un 98.26 %. El coeficiente de dispersión, la velocidad convectiva, y el área efectiva de flujo obtenidas mediante la modelación del trazador conservativo describieron adecuadamente el desplazamiento del virus en el pantano. Los pantanos construidos representan una tecnología para tratar aguas residuales municipales con capacidad de reducir la carga viral hasta en un 98 %.

Palabras clave: Pantanos construidos, Modelación, Agua residual, Bacteriófagos, PRD1.

Abstract

The convection-dispersion equation was used for modeling transport of PRD1 and Br- in a constructed subsurface flow wetland located in the Sonoran Desert. PRD1 decay rate was estimated to be $0.96 d^{-1}$ for a total removal of 98.26 %. Convective velocity, dispersion coefficient, and effective cross-sectional area estimated by modeling of observed Br- concentrations were capable of simulating PRD1 movement in the wetland. Constructed wetlands represent a wastewater treatment technology capable of reducing influent viral concentrations up to 98 %.

Keywords: Constructed wetlands, Modeling, Wastewater, Bacteriophage, PRD1.

Referencias

1. Rusin P., C.E. Enríquez, D. Johnson y C.P. Gerba. 2000. Environmentally Transmitted Pathogens. In *Environmental Microbiology* (Edited by Maier R. M., Pepper I.L. y Gerba C. P.) pp 447-489. Academic Press, San Diego, CA.
2. Gersberg R. M., S. R. Lyon, R. Brenner y B. V. Elkins. 1987. Fate of viruses in artificial wetlands. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53, 731-736.
3. Vinluan E. A. 1996. Survival of microbial indicators in constructed wetlands. Thesis, Department of Soil, Water, and Environmental Science. University of Arizona, Tucson, AZ., p. 65.
4. Chendorain M., M. Yates y F. Villegas. 1998. The fate and transport of viruses through surface water constructed wetlands. *J. Environ. Qual.*, 27, 1451-1458.
5. Vidales-Contreras J.A. 2001. Removal of viruses and pollution indicators in constructed wetlands. Dissertation, Department of Soil, Water and Environmental Science. University of Arizona, Tucson AZ.
6. Olsen R.H., J. Siak y R. Gray. 1974. Characteristics of PRD1, a plasmid-dependent broad host range DNA bacteriophage. *J. Virol.*, 14, 689-699.
7. Caldentey J., J.K.H. Bamford y D. H. Bamford. 1990. Structure and Assembly of bacteriophage PRD1, an Escherichia coli virus with a membrane. *J. Struc. Biol.*, 104, 44-51.
8. Powelson D.K. y C.P. Gerba. 1994. Virus removal from sewage effluent during saturated and unsaturated flow through soil columns. *Wat. Res.*, 28, 2175-2181.
9. Adams, M.H. 1959. Bacteriophage. Interscience Publishers, Inc., New York.
10. Warrick A.W. 2001. Comunicación personal, University of Arizona, USA.
11. Jury, W.A., W. R. Gradner, y W. H. Gardner. 1991. Soil Physics. John Wiley and Sons, N.Y.
12. Schwarzenbach, R.P., P. M. Gschwend y D. M. Imboden. 1993. Environmental Organic Chemistry. John Wiley and Sons, N.Y.
13. Thurston J.A. 1997. Fate of pathogenic and indicator microorganisms in two subsurface multispecies constructed wetlands. Thesis, Department of Soil, Water, and Environmental Science. University of Arizona, Tucson AZ.

Foto: Estefanía D. Ramos Piña



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



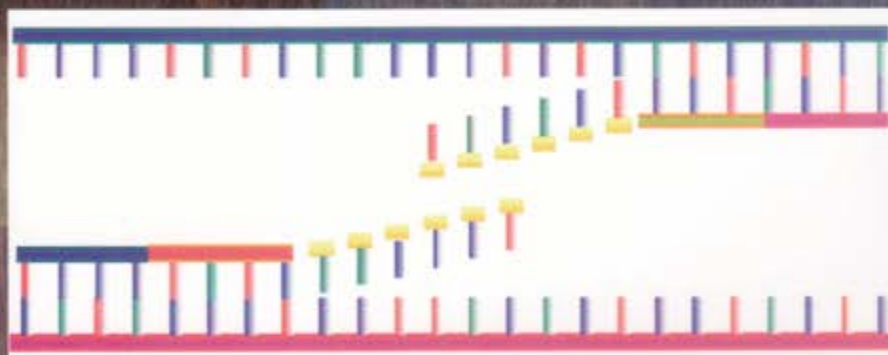
VII:3

Volumen VII
Número 3
Jul.-Sep.
2004

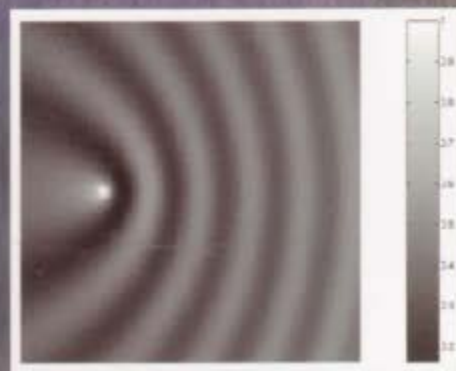
ISSN:
1405-9177



\$ 20.00



Reacción en cadena de la Polimerasa /
Óptica de Campo Cercano /
Cantharellus cibarius /
Wt1 /
Microscopía Confocal /
Gregarinas /
Paradigma en ciencia y tecnología /
Empresa y tecnología



PANTANOS CONSTRUIDOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

JUAN A. VIDALES CONTRERAS*, CRISTÓBAL CHAIDEZ QUIROZ** KARIM ACUÑA ASKAR***, HUMBERTO IBARRA GIL*, HUMBERTO RODRÍGUEZ FUENTES*, GUSTAVO MARTÍNEZ TURANZAS*

Actualmente, los pantanos contruidos o humedales, como frecuentemente se les denomina en México, representan una tecnología emergente de bajo costo para tratar aguas residuales de origen municipal, industrial o agrícola. Estos ecosistemas son usados para reducir contaminantes químicos y microorganismos patógenos del agua residual municipal en diferentes partes del mundo. El pantano construido es un canal artificial, ligeramente inclinado, muy frecuentemente impermeabilizado para evitar la contaminación de mantos acuíferos y, en ciertas ocasiones, rellenos de grava, forman un substrato de filtración. El agua residual debe pasar a través de esta cuenca enraizada con vegetación hidrófita para su depuración física, química y microbiológica. En países de habla alemana se ha reportado que los pantanos contruidos de flujo sub-superficial fueron efectivos en reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), fósforo (P), y nitrógeno (N).¹ Otros investigadores han observado eficiencias de remoción superiores al 88% de DBO_5 , P y N en sistemas vegetados con *Phragmites australis*.²

El presente artículo reporta la distribución espacial de DBO_5 , sólidos suspendidos totales (SST), ión cloruro (Cl^-), sulfatos (SO_4), turbidez, coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y colifagos nativos (CN) en un pantano construido de flujo superficial operado con agua de retrolavado procedente de una planta de tratamiento de agua residual;

Sweetwater Wetland and Recharge Facility, su nombre en inglés) localizadas en Tucson, AZ, E.U.A. Los pantanos contruidos fueron diseñados para remover los SST del efluente de retrolavado procedente de los filtros de efluente secundario de la planta de tratamiento de la ciudad de Tucson. El sistema de tratamiento, descrito por Viales,³ consiste en una caja derivadora de flujo que envía el efluente entrante a un par de cuencas de sedimentación densamente vegetadas con *Scirpus spp* y con 0.3 ha de superficie. Después de pasar por las cuencas de sedimentación, el agua fluye brevemente por un manantial artificial para, finalmente, introducirse en un pantano construido de tres ha, vegetado principalmente con *Scirpus spp.* y *Typha domingenses*. El pantano mide aproximadamente 329 m en su sección longitudinal, y varía de 72 a 112 m en su sección transversal. Su geometría consiste de una secuencia de zonas con vegetación de 0.30 m de profundidad y zonas profundas de 1.2 m de agua abierta. En 1999 un estudio de trazadores estimó 7.2 días de tiempo de detención con un gasto de operación de $1.84 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$.

El muestreo se realizó de febrero a septiembre de 2000, muestras de agua residual fueron colectadas mensualmente de la caja derivadora (A), descarga de la cuenca sur de sedimentación (B), entrada (C) y salida (D) del manantial, y de la descarga del pantano construido (E) (figura 1). Las muestras

Materiales y métodos

El estudio fue conducido en las instalaciones de recarga y pantanos contruidos de agua dulce (The

* Laboratorio de Remediación Ambiental, Facultad de Agronomía, UANL. javidalesc@hotmail.com.

** Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Culiacán, Culiacán, Sin.

*** Laboratorio de Biorremediación Ambiental, Facultad de Medicina, UANL.

fueron analizadas para DBO_5 , SST, Cl^- , SO_4 y turbidez.⁴ El método de cinco días de incubación fue usado para determinar DBO_5 . Las determinaciones de SST se realizaron filtrando un volumen conocido de muestra a través de un filtro de fibra de vidrio previamente pesado y posteriormente secado durante 24 h a 100°C . Después de este periodo, la concentración se obtuvo por diferencia de peso del filtro. La turbidez fue determinada en un turbidímetro portátil (HACH, modelo 2100 P, Loveland, CO). Los análisis de SO_4 fueron conducidos añadiendo BaCl_2 a un volumen conocido de muestra y midiendo la absorbancia a 420 nm en un espectrofotómetro (HACH, modelo 2000, Loveland, CO). Un electrodo específico para Cl^- conectado a un medidor de pH (Corning, modelo M220, New York) fue usado para determinar su concentración en las muestras analizadas.

Las determinaciones microbiológicas fueron conducidas en las primeras cuatro horas de colectadas las muestras mediante el método de filtración, utilizando membranas de 47 mm de diámetro y $0.45\mu\text{m}$ de tamaño de poro (Milipore, Molsheim, Francia). Después del filtrado, las membranas se colocaron en mEndo Agar Les y mFC (DIFCO, Detroit, MI) para cuantificar las unidades formadoras de colonia (ufc) de CT y CF, respectivamente. Los volúmenes de muestra ensayados fueron de 0.1, 1 y 10 ml, incubándose a 37°C para CT y 44.5°C para CF. Las unidades formadoras de colonia, después de 24 h

de incubación, fueron enumeradas. Los CN se cuantificaron por el método de doble capa.⁵ Una alícuota de un cultivo de *Escherichia coli*, previamente incubado a 37°C por 24 h en caldo de soya de tripticaseína (DIFCO, MI), fue combinada con 1 ml de muestra en un tubo de ensayo con 4 ml de agar de soya (30 g de caldo de soya de tripticaseína y 10 g de Bactoagar, DIFCO, MI; disueltos en 1000 ml). El agar fue entonces añadido a un caja petri, sobre una capa de agar de soya de tripticaseína (DIFCO, MI), que se incubó por 18 h a 37°C para cuantificar las unidades formadoras de placa (ufp).

Resultados

Variables meteorológicas

La temperatura media diaria y los registros mensuales de evaporación potencial (Eto) y precipitación (hp) se presentan en la tabla I. La información climatológica fue tomada de la estación meteorológica de la ciudad de Tucson,⁶ localizada a 10 Km, aproximadamente, al este del área de estudio. De acuerdo a la clasificación climática de De Martonne,⁷ el pantano se localiza en una región de clima árido con una relación de precipitación- evaporación potencial de 0.14 para el periodo de 1996 a 2000. Durante los meses de muestreo, la mayor Eto se observó en mayo con un déficit respecto a la hp de -287.52 mm. La temperatura promedio anual para los últimos cinco años fue de 19.42°C . Esta temperatura fue inferior a las observaciones de abril a septiembre con el registro más alto detectado en julio.

El periodo de muestreo inició en febrero de 2000, una vez que la vegetación fue removida de las cuen-

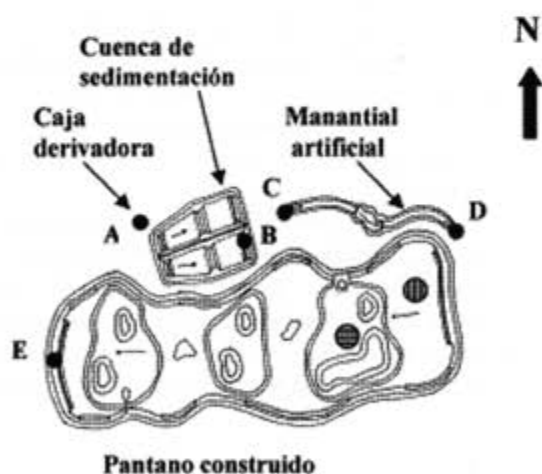


Fig. 1. Representación esquemática del pantano construido donde fueron conducidos los muestreos de agua residual. Los círculos en color negro representan los sitios de muestreo (A, B, C, D y E).

Tabla I. Variables climatológicas observadas durante el periodo de estudio en la estación meteorológica de la ciudad de Tucson, AZ., E.U.A.

Mes	T° (°C)	hp (mm mes ⁻¹)	Eto (mm mes ⁻¹)
Febrero	13.3	1.78	112.26
Marzo	14.4	26.16	158.24
Abril	20.5	0.25	227.58
Mayo	26.6	0.00	287.52
Junio	28.8	74.67	230.63
Julio	30.5	10.16	236.47
Agosto	30.0	62.73	191.26
Septiembre	27.7	10.16	187.19

cas de sedimentación y del pantano construido. El influente introducido al sistema fue 100% agua de retrolavado a una tasa promedio de $0.32 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ para un tiempo de detención calculado de 33 días. Es importante señalar que para el mes de abril la vegetación presentaba total cobertura en ambos sitios. Durante el periodo de muestreo, la carga promedio de DBO_5 , en el agua influente, fue de 145 mg L^{-1} (figura 2). La prueba estadística *t* de Student reveló que la carga inicial de DBO_5 decreció significativamente ($p < 0.05$) a 38 mg L^{-1} en B. El manantial fue prácticamente incapaz de reducir las concentraciones de DBO_5 ; mientras que en E, su concentración disminuyó a 23 mg L^{-1} , representando una remoción total de 84%. En relación con los SST, 123 mg L^{-1} se observaron en el agua influente, disminuyendo 93% en B. Aparentemente, el manantial y el pantano construido fueron inefectivos para reducir los SST, ya que la remoción total fue 90%. En promedio, la turbidez del agua residual introducida en A fue de 128 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), alcanzando 58 en D y 33 en las muestras tomadas del punto E.

Cloruros y sulfatos

Los análisis para Cl⁻ revelaron una carga influente promedio de 117 mg L^{-1} (figura 3), decreciendo a 115 mg L^{-1} al final del manantial, sitio D, e incrementando significativamente ($p < 0.05$) a 137 mg L^{-1} en el punto E de monitoreo. Un incremento similar fue observado para SO_4 , ya que los 130 mg L^{-1} , detectados en promedio en A, significativamente ($p < 0.05$) incrementaron a 148 mg L^{-1} en las muestras toma-

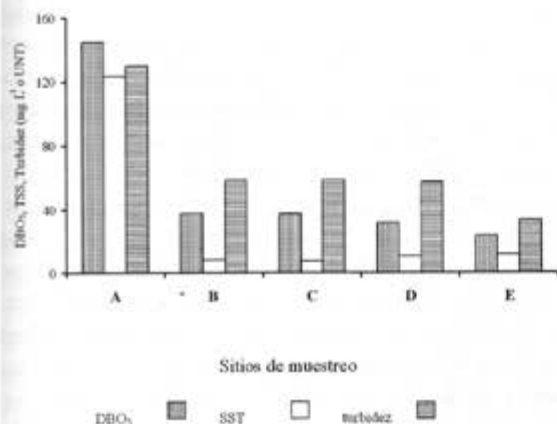


Fig. 2. Concentraciones promedio de DBO_5 , SST y turbidez en los sitios de muestreo.

das al final del pantano, sitio E.

Microorganismos indicadores

La distribución espacial de CT, CF y CN fue cuantificada como unidades logarítmicas de ufc o ufp por 100 ml de muestra (figura 4). La concentración promedio de CT en el influente fue de $3.8 \log_{10}$, incrementando significativamente ($p < 0.05$) a $4.5 \log_{10}$ en B. Ninguna reducción significativa ($p > 0.05$) se observó desde este sitio de muestro al final del sistema. En relación con la concentración de CF, los $3.4 \log_{10}$ iniciales aumentaron significativamente ($p < 0.05$) a $4.0 \log_{10}$ en la cuenca de sedimentación, cayendo posteriormente a $3.7 \log_{10}$ en las muestras colectadas de E. La concentración influente

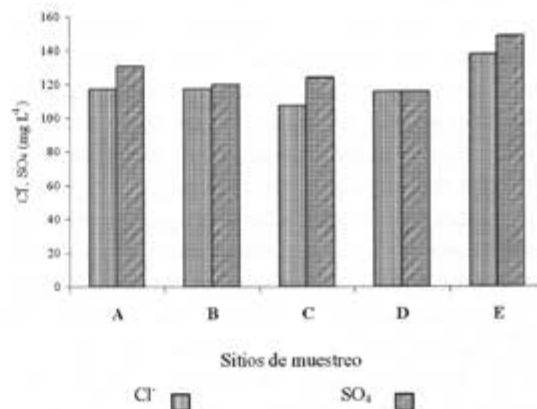


Fig. 3. Concentración promedio de Cl⁻ y SO_4 en los sitios de muestreo.

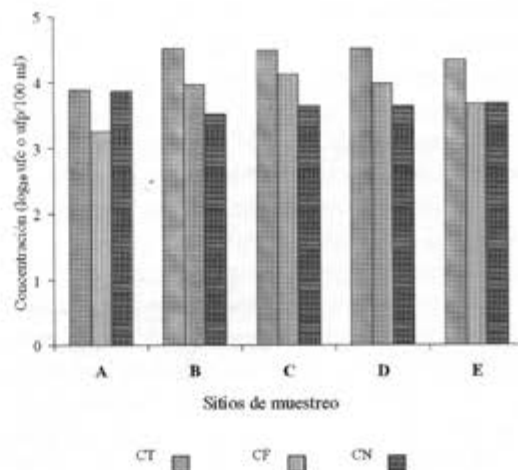


Fig. 4. Concentraciones promedio de CT, CF y CN en el sistema de tratamiento.

de $3.8 \log_{10}$ para CN decreció significativamente ($p < 0.05$) a $3.5 \log_{10}$ en el punto B de muestreo, alcanzando una remoción total de 46% en E.

Discusión

En pantanos, la masa total de Cl^- es altamente estable, ya que su incorporación en tejidos vegetales es despreciable.⁸ Por consecuencia, Cl^- se ha usado como trazador conservativo en la estimación de la evapotranspiración⁹ y balances de masa.⁸ Probablemente el incremento en concentración de Cl^- , 19%, de D a E, fue resultado del volumen de agua evaporado durante los 33 días de detención. Un nutriente esencial para la vegetación es SO_4 , el cual rara vez es un factor limitante para el crecimiento de la vegetación en pantanos naturales y construidos.⁸ En ambientes anaeróbicos, ricos en materia orgánica, SO_4 es el receptor final de electrones para las bacterias reductoras de azufre¹⁰ responsables de la producción de ácido sulfhídrico. Probablemente, la reducción de SO_4 en la cuenca de sedimentación fue inducida por el alto contenido de materia orgánica. Al final del pantano, los 148 mg L^{-1} representaron un incremento del 38% de su carga de entrada, probablemente, como resultado de la evapotranspiración y las contribuciones de los residuos vegetales.⁸

Las reducciones observadas de turbidez DBO_5 y SST ocurrieron en la cuenca de sedimentación, sitio B. En ninguno de los otros sitios se detectaron reducciones de tal magnitud. De hecho, ligeros incrementos de SST fueron observados en E; sin embargo, debemos considerar la producción interna inducida por la vegetación y el largo tiempo de detención del pantano⁸ que probablemente impidió observar una mayor reducción de DBO_5 , SST y turbidez en las muestras de agua del punto E. A pesar de lo anterior, es valioso mencionar que las concentraciones de DBO_5 y SST, detectadas al final del sistema, cumplen con el estándar de efluente secundario, 30 mg L^{-1} , requerido por el Departamento de Calidad Ambiental de Arizona.¹¹

Eficiencias de remoción por encima del 90% de CT y CF en pantanos construidos de flujo superficial han sido comúnmente reportadas.^{8,12,13} En este estudio, el incremento de su densidad en la cuenca de sedimentación podría deberse al crecimiento o recuperación de las coliformes dañadas durante la cloración del efluente secundario, en la planta de tratamiento, ya que el agua de retrolavado no recibe cloración alguna. Este crecimiento o remoción

puede ocurrir si la cantidad de materia orgánica y temperatura son elevadas.¹⁴ Estudios conducidos en suelos han encontrado evidencias de crecimiento bacterial asociado a un incremento de nutrientes y elevada temperatura.¹⁵ *Klebsiella* fue reportada con más altas concentraciones en la descarga de una planta de tratamiento recibiendo agua residual municipal,¹⁶ lo cual fue atribuido al incremento de carbohidratos en el agua influente a la planta. Por otra parte, en cuerpos de agua superficiales se ha reportado que el material fecal de animales silvestres puede resultar en altas concentraciones de CT y CF.^{8,17,18} En el presente estudio se observó una alta capacidad de la cuenca de sedimentación para reducir la carga de DBO_5 y SST del agua residual. Aparentemente, la gran cantidad de materia orgánica, 49.3 Kg d^{-1} de DBO_5 y 53 Kg d^{-1} de SST, introducida a la cuenca de sedimentación está promoviendo la proliferación de CT y CF. En el pantano, la actividad biológica y las contribuciones de material fecal por los animales silvestres, especialmente aves, y del probable incremento de concentración inducido por la evapotranspiración podrían explicar la no reducción de las poblaciones bacteriales y el modesto decremento de CN detectados en el sitio E.

Conclusiones

El sistema de tratamiento fue capaz de reducir la concentración entrante de DBO_5 y SST a los estándares de efluente secundario establecidos por el Departamento de Calidad Ambiental de Arizona. Sin embargo, la reducción más importante ocurrió en la cuenca de sedimentación, los siguientes tres sitios fueron inefectivos. Con base en los resultados del presente estudio, CT y CF son un dudoso indicador de la depuración de efluentes contaminados con heces fecales en pantanos construidos, ya que contribuciones de estos microorganismos por animales silvestres puede ocurrir; así como su crecimiento, principalmente en sitios de sedimentación con grandes aportaciones de materia orgánica. Los CN aparentemente son un mejor indicador, ya que no se observó un incremento en su densidad a lo largo del sistema. Su bajo nivel de reducción hace suponer que las condiciones climáticas y aportaciones por animales silvestres podrían estar ocultando los niveles reales de remoción. En estos ecosistemas, con largos tiempos de detención, la evapotranspiración puede enriquecer la carga de contaminantes al reducir el volumen de agua en las

cuencas de tratamiento.

Resumen

La distribución espacial de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos fue determinada durante un periodo de ocho meses en un pantano construido operado con agua de retrolavado. El sistema estudiado consistió de dos cuencas de sedimentación densamente vegetadas, un manantial artificial y un pantano de tres ha vegetado con *Scirpus* spp y *Thypha domingensis*. El tiempo de detención promedio fue de 33 días. El sistema fue capaz de reducir SST y DBO₅ al nivel de efluente secundario. Sin embargo, algunas porciones del sistema parecen no ser efectivas en la remoción de estos indicadores. Un incremento en la concentración de coliformes totales y fecales fue observado a lo largo del sistema, probablemente por un crecimiento o aportaciones adicionales por la fauna silvestre. Por otra parte, la reducción de colifagos nativos fue de 46% para el periodo de estudio. Su baja reducción sugiere que las condiciones climáticas y las aportaciones adicionales de material fecal pueden estar ocultando la verdadera tasa de remoción.

Palabras clave: Pantano, Coliformes, Colifago, DBO₅, SST.

Abstract

Spatial distribution of physical, chemical, and microbiological indicators of pollution was determined for an 8 month period in a surface flow constructed wetland. The system consists of 2 densely vegetated settling basins, an artificial stream, and a 3-ha wetland, all vegetated with *Scirpus* spp. and *Thypha domingensis*. An average detention time of 33 days was estimated. SST and DBO₅ were reduced by the system to the secondary effluent standard. However, some portions of the system appear to be ineffective for reducing those indicators. An increase in the total and fecal coliform concentrations was observed along the system, probably as a consequence of bacteria growth or because of additional inputs by wild animals. On the other hand, indigenous coliphage reduction was 46% for the period of study. The low percentage suggests that climatic conditions and additional inputs of fecal material may be offsetting the actual removal rate.

Keywords: Wetland, Coliforms, Coliphage, BOD₅, SST.

Referencias

1. Geller G. (1997) Horizontal subsurface flow systems in the german speaking countries: summary of long-term scientific and practical experiences; recommendations. *Wat. Sci. Tech.*, 35, 157-166.
2. Brix H. (1987) Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants-the root-zone method. *Wat. Sci. Tech.*, 19, 107-118.
3. Viales-Contreras J.A. 2001. Removal of viruses and pollution indicators in constructed wetlands. Dissertation, Department of Soil, Water and Environmental Science. University of Arizona, Tucson AZ.
4. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edición (1995). American Health Association. Washington, D.C.
5. Adams, M. H. (1959) Bacteriophage. Interscience Publishers, Inc., New York.
6. AZMET. (En línea) Disponible en: <http://ag.arizona.edu/AZMET/01.htm>. [2003, noviembre 15]
7. Climate (En línea) Disponible en: http://www.italocorotondo.it/tequila/module1/climate/demartonne_climate_classification.htm. [2003, noviembre 15]
8. Kadlec R.H. y Knight R.L. (1996) *Treatment Wetlands*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
9. Hayashi M., Kamp G. and Rudolph D. L. (1998) Water and solute transfer between a prairie wetland and adjacent uplands, 2. Chloride cycle. *J. Hydrol.*, 207, 56-67.
10. Maier R. M. (2000) Biogeochemical cycling. In *Environmental Microbiology* (Edited by Maier R.M., Pepper I.L. and Gerba C.P.). Academic Press, Canada.
11. Karpiscak M.M., Foster K.E., Hopf S.B., Bancroft J.M. y Warshall P.J. (1994) Using Water Hyacinth to treat municipal wastewater in the desert southeast. *Water Resour. Bull.*, 30, 219-227.
12. Gersberg R.M., Gearheart, R.A. and Ives M. (1989) Pathogen Removal in Constructed Wetlands In *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment* (Edited by Hammer D.A.). Lewis Publishers, Michigan.

13. Karpiscak M.M., Gerba C. P., Watt P. M., Foster K. E. and Falabi J. A. (1995) Multi-species plant systems for wastewater quality improvements and habitat enhancement. In *Second International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse* (Edited by Angelakis, A., Asano T., Diamadopoulos E., and Techobanoglous G.). IAWQ, Iraklio, Greece, pp. 37-42.
14. Gerba C.P. (2000) Indicator Microorganisms. In Maier, R.M., Pepper I. L. and Gerba C. P. (ed.) *Environmental Microbiology*. Academic Press, San Diego, CA, pp. 491-503.
15. Van Donsel D.J., Geldreich E.E. y Clark, N.A. (1967) Seasonal variations in survival of indicator bacteria in soil and their contribution to storm-water pollution. *Appl. Microbiol.*, 15, 1362-1370.
16. Edmund G. K., Allen M. J. and Rice E. W. (1999) Comparison of *Escherichia coli*, total coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. *Water Environ. Res.*, 71, 332-339.
17. Have M.R. (1973) Effects of migratory waterfowl on water quality at the Montezume National Wildlife Refuge, Seneca county, New York. *Jour. Research U.S. Geol. Survey*, 1, 725-734.
18. Moorhead D.L., Davis W. S. and Wolf C. F. (1998) Coliform densities in urban water of West Texas. *Environmental Health*, 14-18.



Foto: Dr. Hugo Bernal Barragán

CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León

PREMIO DE INVESTIGACIÓN UANL 2003



VII:4
Volumen VII
Número 4
Oct.-Dic.
2004
ISSN:
1405-9177



\$ 20.00

IMPACTO DE LA APERTURA COMERCIAL DE MÉXICO Y DE SU INTEGRACIÓN EN BLOQUES COMERCIALES EN EL MERCADO MUNDIAL DEL LIMÓN

RAMÓN G. GUAJARDO QUIROGA*, PEDRO A. VILLEZCA BECERRA*



El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) entre México, Estados Unidos y Canadá entró en operación el primero de enero de 1994. Como resultado de este acuerdo, una gran cantidad de productos agrícolas, entre éstos el limón, pudo comerciarse, libre de aranceles, entre estos países a partir de 2003. Asimismo, en junio de 2000, México firmó el Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea (TLCUEM); de igual forma, el limón pudo comercializarse entre México y los países miembros de la Unión Europea (UE) libre de aranceles, también a partir de 2003.

El cultivo del limón ha adquirido especial importancia en México, y es una fuente de ingresos para un número importante de productores rurales. En México, la superficie cultivada de limón, en 2000, fue de 128 mil hectáreas, con una producción de 1,661,220 toneladas métricas (tm). De éstas, se exportaron 264,646 tm con un valor de 88 millones de dólares. En los últimos siete años, México ha

duplicado la producción de limón, convirtiéndolo en el principal productor a nivel mundial.³

La entrada en vigor de los acuerdos comerciales ha provocado debates y análisis en relación a sus posibles impactos en el sector productor de bienes agrícolas, y en particular del limón. La apertura comercial ha generado incertidumbre entre los productores acerca de la rentabilidad futura de la agricultura, tanto en el ámbito sectorial como por producto.

Se argumenta que el limón cultivado en México tiene ventajas comparativas respecto al cultivado en el resto del mundo, por lo que la eliminación de las barreras al comercio del limón mexicano en 2003, en el TLCAN, el TLCUEM, así como la eliminación de barreras arancelarias en el mercado mundial, incrementará las exportaciones mexicanas de este fruto.¹⁹ Sin embargo, son escasos los trabajos que cuantifiquen los impactos económicos de la apertura comercial en el sector agropecuario mexicano, y en particular para el cultivo del limón. Por lo tanto, la construcción de instrumentos que cuantifiquen los efectos regionales de la apertura comercial en términos de flujos comerciales presentes y futuros, así como de los precios resultantes de esta apertura comercial, es de gran importancia para la planeación de las actividades económicas del sector agrícola.

□ El presente artículo está basado en la investigación «Impacto de la apertura comercial de México y de su integración en bloques comerciales en el mercado mundial del limón», galardonado con el Premio de Investigación UANL 2003 en la categoría de Ciencias Sociales, otorgado en sesión solemne del Consejo Universitario de la UANL, en septiembre de 2004.

* Facultad de Economía, UANL

Los beneficios de estudiar los efectos de la liberación comercial del mercado del limón son dobles: primero, la estimación acerca de los flujos comerciales entre las regiones, los precios de demanda y oferta, los impactos derivados de los costos de transporte y aranceles, así como el impacto en el bienestar de los consumidores y productores proveen a los encargados de la política económica y grupos de interés con información valiosa para la evaluación de los posibles resultados de política comercial. Segundo, las estimaciones derivadas de este estudio, en las cuales se incorporan las expectativas futuras del mercado, ayudarán a los productores de limón a tomar decisiones acerca del futuro de esta actividad productiva.

El objetivo de este trabajo es estimar el impacto de la apertura comercial de México y de su integración en bloques comerciales en el mercado del limón, resultante del TLCAN, el TLCUEM y de otros acuerdos comerciales que México ha firmado en términos de los flujos comerciales, los precios en el mercado mundial, los precios regionales y los efectos en el bienestar en el mercado del limón.⁹

Para alcanzar estos objetivos se construyó un modelo de equilibrio espacial con precios endógenos para el mercado mundial del limón. La solución del modelo se llevó a cabo mediante un algoritmo de programación cuadrática. Se construyeron cuatro escenarios de comercio mundial del limón y las soluciones de éstos se utilizan para determinar los impactos en los flujos comerciales, precios y en el bienestar.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: primero se presentan los antecedentes y lo negociado en el TLCAN y el TLCUEM en materia del limón. A continuación se describe el marco teórico y la estructura del modelo utilizado. Enseguida se mencionan los datos y la especificación del modelo. Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos del modelo y de los diversos escenarios planteados. Por último, se incluyen las conclusiones e implicaciones derivadas de este trabajo. Los resultados desagregados de las simulaciones de los cuatro escenarios se presentan en un anexo.

Antecedentes y negociación del limón en el TLCAN y TLCUEM

En México se conocen, principalmente, dos tipos de

⁹ El bienestar es definido, de acuerdo al modelo original de Samuelson,¹⁷ como la suma total del excedente del consumidor y el excedente del productor en cada uno de los mercados o regiones, menos los costos de transporte y aranceles.

limón: el limón persa (*Citrus latifolia*) y el limón agrio o mexicano (*Citrus aurantifolia*). La diferencia entre los dos estriba en que el primero no tiene semillas y posee una composición química que lo hace menos ácido que el segundo. Ambos tipos de limón son conocidos en el mundo como limas en sus dos variedades. Sin embargo, existe una tercera categoría denominada limón amarillo (*Citrus limon*), que se produce, principalmente, en países como Italia, España, Estados Unidos y Argentina.⁴

En los siete años posteriores a la entrada en operación del TLCAN (1994 a 2002), México ha incrementado de manera sostenida la producción de limón en alrededor de 18% anual; incluso, a pesar de que la producción mundial de limón registró una ligera disminución en 2002, se mantuvo creciendo (tabla I). Esto le ha permitido pasar del tercer mayor productor, en 1993, al primer productor del mundo a partir de 2000; la producción mexicana de limón representó el 14.2% de la producción mundial, le siguieron India con 12.9%, Argentina con 10.8% y España con 8.8%.³

En 2000, México ocupó el segundo lugar en volumen exportado con 264,646 tm, superado por España con 492,160 tm. Sin embargo, ocupó el tercer lugar en el valor de sus exportaciones con 88 millones de dólares; fue superado por España con 239 millones dólares y Argentina con 94 millones de dólares. Después de la entrada en operación del TLCAN (de 1994 a 2000), el valor de sus exportaciones se incrementaron en 102%.

Tabla I. Producción mundial de limones y limas, en los principales países productores, en 1993, 2000 y 2002 (toneladas métricas).

	1993	2000	2002	% de Cambio de 2000 con respecto 1993	% de Cambio de 2002 con respecto 1993
Total mundial	8,467.96	11,058.05	11,038.71		
México	1	1	1	31%	30%
India	758,535	1,661,220	1,720,020	104%	127%
Argentina	930,000	1,400,000	1,400,000	51%	51%
España	612,200	1,171,498	1,180,000	93%	93%
Irán	632,084	915,049	1,038,832	57%	64%
Estados Unidos	789,200	762,040	902,000	1%	14%
Brasil	894,500	762,040	751,150	-15%	-16%
Turquía	505,401	577,582	580,000	14%	15%
Italia	744,260	613,205	530,000	-28%	-29%
Egipto	440,000	460,000	400,000	14%	-9%
Egipto	321,539	274,484	296,776	-6%	-8%

Las importaciones de limón de los socios comerciales de México en el TLCAN han mostrado incrementos significativos en los últimos años en términos de volumen y de valor. Entre 1993 y 2000, las importaciones en volumen de Canadá y Estados Unidos crecieron en 73% y 57%, respectivamente. Estos aumentos representaron incrementos en el valor de las importaciones de 76% y 52%, respectivamente. Estados Unidos es uno de los mayores consumidores de este producto en el mundo, alcanzando, en 2000, poco más de 970 mil toneladas. Sin embargo, la producción de limón en Estados Unidos de 1993 a 2002 disminuyó en 16%, esta disminución ha sido cubierta, principalmente, mediante importaciones desde México, principal abastecedor de la demanda de limón de Estados Unidos.^b Los tres principales exportadores de limón a Estados Unidos son México con el 80%, España con 8.7% y Chile con 7.9%.^{3,22}

Lo negociado en el TLCAN

El TLCAN permitió una reducción gradual de los aranceles del limón y la eventual eliminación de las barreras al comercio entre los tres países firmantes: México, Estados Unidos y Canadá. El acuerdo tendrá una vigencia de 15 años, con una desgravación anual paulatina. En particular, el limón estuvo libre de aranceles en 2003.

En México, el limón procedente de Estados Unidos tiene un código de desgravación A, el cual se refiere a desgravación inmediata, libres de arancel en la frontera mexicana a partir de la fecha de inicio de la vigencia del TLCAN.¹⁹

Para el caso de la negociación bilateral entre México y Canadá, los limones quedan con una categoría D, la cual indica que el producto se encontraba libre de arancel cuando se llevó a cabo la negociación, y así se mantiene en el acuerdo.^c

En el caso de Canadá y Estados Unidos, dado que ya habían firmado un Acuerdo de Libre Comercio en 1989, queda sin cambios este acuerdo.^d

En relación a la negociación con México, Estados Unidos estableció una tasa base de 2.75 ctv/kg

con categoría de desgravación C para los limones o limón amarillo y de 2.2 ctv/kg, también con categoría C, para las limas o limón agrio y limón persa.* El código C señala que la desgravación del limón agrio y del limón persa se realizará en un plazo de diez años, comenzando el primero de enero de 1994, y quedando libres de arancel para el primero de enero de 2003. También se señala que dicha desgravación será aplicada en 10% de la tasa base cada año.

Lo negociado en el TLCUEM

El TLCUEM reafirmó los compromisos pactados previamente en los años ochenta, y vino a sustituir el acuerdo comercial vigente hasta 1991. La vigencia de este nuevo acuerdo de libre comercio comenzó el primero de julio de 2000.^{1,19}

Para las importaciones de México que provienen de la UE, la tasa base se fijó en 20% y la categoría de desgravación se negoció en 1, es decir, en la fecha de entrada en vigor del acuerdo México eliminará todos los aranceles aduaneros sobre las importaciones de limón originarios de la UE.

Para las importaciones de la UE que provienen de México, la tasa base para los limones o limón amarillo se fijó en 7.2%, y si este tipo de limón se importa entre el primero de junio y el 31 de diciembre la tasa base disminuye a 6.9%. En tanto que para las limas o limón agrio y persa se fijó en 11.8%.

Para el caso de la lima o limón agrio y persa, la categoría de desgravación para las exportaciones mexicanas a la UE se fijó en 2, la cual tiene un plazo de desgravación en tres años. Para la entrada en vigor del acuerdo, la UE reducirá su tasa base en un 25%, quedando la tasa arancelaria en 8.85%.

En resumen, para el limón amarillo se plantean plazos de desgravación más largos que para el limón agrio y el limón persa, y debido a que el limón amarillo se produce en Europa se le protege de la competencia inmediata.^f

Marco teórico y estructura del modelo

No hay duda que la liberalización del comercio de bienes agrícolas afecta diversas variables económicas, tales como: precios, producción, consumo, importaciones, exportaciones e ingresos de los pro-

^b Entre los factores causantes que reducen la producción de limones en los Estados Unidos se señalan las heladas y huracanes, que han ocasionado la pérdida de los cultivos, aunada a la competencia que enfrenta con México a partir de la entrada del TLCAN.¹⁶

^c Canadá no produce limón.

^d Lo negociado entre Estados Unidos y Canadá en materia de limón fue desgravado totalmente al iniciarse el TLC entre ambos países en 1989.

* Centavos de dólar estadounidense.

^f En la UE sólo España e Italia producen limón en grandes cantidades, y éste es del llamado limón amarillo.

ductores. Predecir la respuesta de los mercados y cuantificar los efectos potenciales resultantes de cambios en el ambiente en el que se realizan los negocios y de las políticas comerciales es difícil, dado que las interacciones entre los países y entre los bienes comerciados son complejas y de un rango amplio. En un esfuerzo para predecir y cuantificar estos cambios se construyen modelos económicos, y se simulan escenarios de cambios en algunas variables económicas de interés para predecir y cuantificar los impactos económicos de la implantación de políticas comerciales.

Existen varias metodologías que se han utilizado para la formulación de estos modelos. En algunas se analizan las economías en conjunto y se particulariza en las relaciones intersectoriales, como en los análisis de insumo-producto.^{5,14} Otros estudios utilizan los modelos de equilibrio parcial, cuando el objetivo se circunscribe al equilibrio de una variable y todo lo demás se supone constante. En otros casos se utilizan los modelos de equilibrio general, cuando el objetivo tiene que ver más con la identificación de la estructura de sectores utilizando aproximaciones econométricas para simular el efecto de nuevas políticas en estos sectores y el equilibrio resultante de cambios en alguna variable.¹⁰ De manera similar, los modelos cuadráticos de equilibrio espacial también se han utilizado de manera frecuente para analizar los problemas relacionados con el comercio entre regiones separadas.^{15,24} Estos patrones son una extensión del modelo de transporte, pero con demandas y ofertas en las que los precios de equilibrio se determinan endógenamente. Estos modelos son útiles para simular el impacto que tiene en los mercados la aplicación de políticas comerciales.^{9 6,7,12,21}

Takayama y Judge²⁰ desarrollaron el modelo de equilibrio espacial como una extensión del patrón de transporte con demandas y ofertas implícitas. El modelo es aplicable para el análisis de situaciones en las que el consumo y la producción ocurren en regiones separadas espacialmente. La solución del modelo reflejará las cantidades comerciadas entre las regiones en el caso de que los precios difieran

por más de los costos interregionales de transporte.

El modelo de equilibrio espacial ha sido usado para analizar competencia interregional en productos agrícolas. También se ha utilizado para estudiar asuntos de competencia regional, como en el caso de la industria lechera en los Estados Unidos^{1,25} y el mercado regional de la leche en Japón.¹⁸

El modelo de equilibrio espacial básico se puede ampliar para incorporar diversos mercados y productos, diversas fuentes de demanda y diversas fuentes de oferta, así como diversas formas de transporte. También se utiliza para organizar los efectos de diversas políticas de comercio internacional, tales como cuotas, subsidios, aranceles y embargos. El modelo permite el uso de ofertas y demandas funcionalmente dependientes del precio y con diferentes grados de estructuras de mercado.¹³ Kawaguchi, Suzuki y Kaiser⁸ diseñaron un modelo de equilibrio espacial, para el mercado japonés de la leche, que permite estructuras de mercado duales, en el cual existen compradores oligopolistas (bajo el esquema de consignación) y muchos productores de leche en pequeña escala bajo competencia perfecta.

En el presente estudio se aplica un modelo de equilibrio espacial con precios endógenos,^h dado que se pretende ajustar el mercado mundial del limón, el cual está caracterizado por varias regiones o países que producen, consumen y comercian un bien homogéneo.¹ Cada región constituye un mercado distinto, separado sólo mediante los costos de transporte, aranceles y otras barreras al comercio. Los costos de transporte y los aranceles se fijan con relación a unidades físicas y son independientes del volumen comercializado. Los productores buscan maximizar ganancias y los consumidores maximizar su utilidad. Los precios del bien, los costos de transporte y los aranceles son conocidos.

El comercio internacional se da a niveles espaciales, es decir, se requiere de transportación del producto entre cada región para su comercialización, esto arroja una diferencia entre el precio de oferta y demanda, misma que representa el costo de transporte.¹

⁹ La principal diferencia entre los modelos de equilibrio espacial y los de equilibrio parcial o de equilibrio general es que los primeros asignan los recursos de acuerdo a regiones o áreas (espacios), según la localización de la actividad económica, mientras que los modelos de equilibrio parcial modelan un mercado simple e ignoran las repercusiones en otros mercados, y los de equilibrio general crean un equilibrio para todos los mercados.

^h Este modelo es particularmente útil en situaciones en las que los precios sufren cambios o ajustes como resultado de cambios en los flujos comerciales entre las regiones consideradas.

¹ En este estudio no se hace distinción entre los tres tipos de limón (agrio, persa y amarillo).

² El término *costos de transporte* puede incluir otros costos que implican colocar el bien o servicio de un lugar a otro (de un mercado a otro).

El modelo utiliza funciones lineales de demanda y oferta. La demanda de la i -ésima región está dada por la ecuación:

$$P_{di} = D_i(Q_{di}) = \alpha_{di} - \beta_{di} Q_{di} \quad (1)$$

Donde:

P_{di} = Precio de demanda en la región i .

Q_{di} = Cantidad demandada en la región i .

La función de oferta para la i -ésima región está dada por la siguiente relación:

$$P_{si} = S_i(Q_{si}) = \alpha_{si} + \beta_{si} Q_{si} \quad (2)$$

Donde:

P_{si} = Precio de oferta en la región i .

Q_{si} = Cantidad ofrecida en la región i .

De modo que:

$$\partial(P_{di}(Q_{di}))/\partial Q_{di} \leq 0 \quad (3)$$

$$\partial(P_{si}(Q_{si}))/\partial Q_{si} \geq 0 \quad (4)$$

La función de bienestar social para cada país o región es la definida por el área entre la curva de demanda y de oferta a la izquierda del punto de equilibrio.¹⁷

$$W_i(Q_{di}^*, Q_{si}^*) = \int_0^{Q_{di}^*} P_{di}(Q_{di}) dQ_{di} - \int_0^{Q_{si}^*} P_{si}(Q_{si}) dQ_{si} \quad (5)$$

Donde:

Q_{si}^* = Cantidad producida en la región i .

Q_{di}^* = Cantidad consumida por la región i .

El total de la función de bienestar neto (NW) se obtiene mediante la suma a lo largo de las funciones de bienestar en cada región, menos el total de los costos de transporte.^k

$$NW = \sum_{i=1}^n W_i(Q_{si}^*, Q_{di}^*) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij} \quad (6)$$

Donde:

C_{ij} = El costo de transporte de la región i a la región j .

T_{ij} = La cantidad transportada de la región i a la región j .

La ecuación (6) se maximiza sujeta a un conjunto de restricciones de balance de ofertas y demandas entre las diferentes regiones. Las restricciones de demanda requieren que la cantidad demandada por el país o región i sea menor o igual a la suma de la cantidad transportada que proviene de las regiones oferentes.

$$Q_{di} \leq \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad \forall i. \quad (7)$$

^k Se usa el término bienestar neto para señalar que se restan los costos de transporte y los aranceles cuando haya lugar.

Las restricciones de oferta requieren que la cantidad producida por el país o región i sea mayor o igual a las cantidades transportadas a las regiones demandantes.

$$Q_{si} \geq \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad \forall i. \quad (8)$$

La ecuación de bienestar social (6), las restricciones de demanda (7) y las restricciones de oferta (8), así como la condición que requiere que Q_{di} , Q_{si} , y T_{ij} sean cero o positivas, en conjunto conforman el modelo a resolver (9).

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n \left(\int_0^{Q_{di}^*} P_{di}(Q_{di}) dQ_{di} - \int_0^{Q_{si}^*} P_{si}(Q_{si}) dQ_{si} \right) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij} \quad (9)$$

$$\text{Sujeto a:} \quad Q_{di} - \sum_{j=1}^n T_{ij} \leq 0 \quad \forall i,$$

$$-Q_{si} + \sum_{j=1}^n T_{ij} \leq 0 \quad \forall i,$$

$$Q_{di}, Q_{si}, T_{ij} \geq 0 \quad \forall i \text{ y } j.$$

La condición necesaria para la existencia de una solución factible en (9) es que las funciones de demanda tengan pendiente negativa y las funciones de oferta cuenten con una pendiente positiva.

El Lagrangiano asociado con el problema de maximización es:

$$L = \sum_{i=1}^n \left[\int_0^{Q_{di}^*} P_{di}(Q_{di}) dQ_{di} - \int_0^{Q_{si}^*} P_{si}(Q_{si}) dQ_{si} \right] - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij} + \sum_{i=1}^n \lambda_{di} \left[Q_{di} - \sum_{j=1}^n T_{ij} \right] + \sum_{i=1}^n \psi_{si} \left[-Q_{si} + \sum_{j=1}^n T_{ij} \right]$$

$$Q_{di}, Q_{si}, T_{ij}, \lambda_{di}, \psi_{si} \geq 0. \quad (10)$$

Donde λ_{di} y ψ_{si} son los multiplicadores de Lagrange asociados con las restricciones de oferta y demanda.

La naturaleza de dicha solución y el equilibrio se obtienen al investigar las partes relevantes de las condiciones de Kuhn-Tucker:

$$\partial Z / \partial Q_{di} = P_{di} - \lambda_{di} \leq 0; \quad (\partial Z / \partial Q_{di}) Q_{di} = 0; \quad Q_{di} \geq 0; \quad (10a)$$

$$\partial Z / \partial Q_{si} = P_{si} - \psi_{si} \leq 0; \quad (\partial Z / \partial Q_{si}) Q_{si} = 0; \quad Q_{si} \geq 0; \quad (10b)$$

$$\partial Z / \partial T_{ij} = -C_{ij} + \lambda_{di} - \psi_{sj} \leq 0; \quad (\partial Z / \partial T_{ij}) T_{ij} = 0; \quad T_{ij} \geq 0. \quad (10c)$$

El conjunto de condiciones (10a) implica que el precio de demanda de la región i es igual a su precio sombra (λ_{di}), suponiendo que la cantidad demandada es positiva.^l De igual manera, el conjunto

^l El precio sombra representa el incremento marginal en el bienestar cuando una unidad se importa de una región con exceso de demanda.

de condiciones (10b) supone que el precio de oferta en la región i es igual al de su precio sombra (ψ_{ij}), si la cantidad ofrecida es mayor a cero. El conjunto de condiciones (10c) asegura que el precio de demanda (λ_{di}) en la región i es igual al promedio de los precios de oferta (ψ_{ji}) en la región i y las regiones j , más los costos de transporte representados por la variable C , si la cantidad transportada (T_{ij}) es mayor a cero. Los costos de transporte aseguran que los precios de demanda en una región sean menores a los precios de oferta en las demás regiones, más los costos de transporte.

La solución de este problema muestra el nivel de oferta (Q_{si}) y consumo (Q_{di}) de cada región; además se obtiene el comercio entre dos regiones diferentes ($T_{ij} \neq 0$), así como el comercio dentro de la misma región (T_{ii}). El precio de cada región es representado por las variables duales (P_{di} y P_{si}). La relación existente entre los diferentes precios de equilibrio de cada región será:

a) Si la región i absorbe su demanda ($T_{ii} = Q_{di} > 0$), entonces la diferencia del precio de demanda y oferta será el costo de transporte ($P_{di} = C_{ii} + P_{si}$) dentro de la misma región.

b) Si la región i exporta a la región j ($T_{ij} > 0$), entonces el precio de demanda de la región j será igual al precio de oferta de la región i , más el costo de transporte de la región i ($P_{dj} = C_{ij} + P_{si}$), y el precio de oferta de la región j será igual al precio de demanda de la región j , menos el costo de transporte dentro de la región j ($P_{sj} = P_{dj} - C_{jj}$).

c) El precio de demanda de la región j es igual al precio de oferta de la región j , más los costos de transporte dentro de la propia región ($P_{dj} = P_{sj} + C_{jj}$); si la región j no exporta a la región i , entonces el precio de oferta de la región j es significativamente mayor al precio de demanda de la región i , por lo que el comercio entre la región j a la región i no sería deseable ($P_{dj} < C_{ji} + P_{si}$).

Datos y especificación del modelo

Para los propósitos de este estudio, el mercado mundial del limón fue dividido en ocho regiones: México, EUA, Canadá, América, África, Asia, Europa y Oceanía. América incluye a los países de la región, excluyendo a los integrantes del TLCAN, ya que para efectos de esta investigación se analizan independientemente. Europa incluye a todos los países miembros de la Comunidad Europea. Asia incluye a países tanto del Medio Oriente como a los

Tabla II. Funciones inversas de oferta y demanda de limón estimadas para cada región

Región	Oferta	Demanda
México	$P = -1.12813 + 0.00899 Q_{si}$ (0.0067) (0.1123) R = 0.9306	$P = 6.19353 - 0.00413 Q_{di}$ (0.0043) (0.0776) R = 0.8494
Estados Unidos	$P = -0.56470 + 0.00124 Q_{si}$ (0.0112) (0.0421) R = 0.8147	$P = 1.76998 - 0.000142 Q_{di}$ (0.0055) (0.0039) R = 0.8107
Canadá*		$P = 38.79526 - 0.85506 Q_{di}$ (0.0040) (0.004) R = 0.9691
Unión Europea	$P = -2.39046 + 0.00165 Q_{si}$ (0.0066) (0.0776) R = 0.7734	$P = 25.41015 - 0.01159 Q_{di}$ (0.2721) (0.0279) R = 0.7343
América	$P = -2.112949 + 0.00096 Q_{si}$ (0.0037) (0.042) R = 0.8032	$P = 17.79374 - 0.00911 Q_{di}$ (0.136) (0.0371) R = 0.8276
Asia	$P = -0.35145 + 0.00023 Q_{si}$ (0.0436) (0.011) R = 0.8884	$P = 3.19533 - 0.00065 Q_{di}$ (0.1296) (0.1139) R = 0.8984
África	$P = -1.34152 + 0.00285 Q_{si}$ (0.1962) (0.1824) R = 0.6992	$P = 1.63759 - 0.00210 Q_{di}$ (0.2298) (0.2187) R = 0.8079
Oceanía	$P = -2.11771 + 0.07073 Q_{si}$ (0.0271) (0.0714) R = 0.7141	$P = 5.46171 - 0.14109 Q_{di}$ (0.0017) (0.0719) R = 0.8941

* Canadá no produce limón. ** Los números entre paréntesis son el error estándar.

países del occidente del continente. África concentra a todos los países del continente que comercializan limón. Por último, Oceanía incluye a Australia, Nueva Zelanda y las islas adyacentes.

Funciones de demanda y oferta

El modelo espacial con precios endógenos requiere la inclusión de las funciones de demanda y oferta del producto analizado de cada región. Las funciones de demanda y oferta se estimaron utilizando ecuaciones de tipo lineal mediante mínimos cuadrados con el procedimiento de Cochrane-Orcutt.¹⁰ La tabla II presenta las funciones de demanda y oferta estimadas para las ocho regiones.

Resultados

El modelo se resolvió para cuatro escenarios en el mercado mundial del limón bajo el supuesto de competencia perfecta, las características distintivas de estos escenarios modelan:

¹⁰ Una presentación detallada de la metodología para la estimación de funciones de demanda y oferta se encuentra en Maddala.¹¹

- 1) El mercado mundial del limón con aranceles y costos de transporte de 2000.
- 2) El mercado mundial del limón en 2000, bajo la condición de que el TLCAN no existiera.
- 3) El mercado del limón de 2000 con la operación plena del TLCAN.
- 4) El mercado mundial del limón de 2000, bajo la condición de libre comercio mundial.

A continuación se presentan los resultados de la estimación de los cuatro escenarios previamente descritos. Todas las simulaciones se construyeron con base para 2000. Los resultados para México, Estados Unidos y Canadá se presentan de manera separada y se agregan para el resto del mundo.

Escenario 1

En este escenario se modela el mercado mundial del limón con aranceles y costos de transporte de 2000. Se seleccionó 2000 por la razón de que era el último año, al momento de realizar este trabajo, para el cual se disponían de estadísticas de producción y comercio internacional para las regiones consideradas. Este escenario, además de servir de comparación con otras situaciones de política comercial, se utiliza para validar los resultados del modelo de equilibrio espacial con precios endógenos. La tabla III muestra los resultados de este escenario, en relación a los flujos comerciales entre las regiones consideradas, y la tabla IV muestra los precios de demanda y oferta.

Los resultados de este escenario son bastante cercanos a los que publica la FAO, tanto en la producción mundial como en los flujos comerciales, por ejemplo, la FAO señala que la producción mundial de limón en 2000 fue de 11,058,051 tm, y el modelo encuentra que la producción mundial es de 11,054,026 tm. La FAO también reporta que Méxi-

Tabla III. Flujos comerciales resultantes del escenario 1 en tm.

	México	Estados Unidos	Canadá	Resto del mundo	Oferta total
México	1,397,860				
Estados Unidos		142,701			
Canadá		766,182			
Resto del mundo				8,624,780	
Demanda total	1,397,860	908,883	44,804	8,702,479	11,054,026

co produjo 1,661,220 tm, y el modelo encuentra 1,663,064 tm.

Bajo este escenario, el valor total de la producción de limón de México es de 557,126,440 dólares, y el de las exportaciones asciende a 88,843,340 dólares.

Tabla IV. Precios de exportación e importación en equilibrio por región en dólares estadounidenses por tm, para el escenario 1.

Región	Precios de Oferta ¹	Precios de Demanda ²
México	\$335.00	\$420.00
Estados Unidos	\$385.00	\$479.00
Canadá	\$0.00	\$485.00
Resto del mundo	\$436.31	\$514.38
Promedio Mundial Ponderado	\$417.51	\$499.41

1 Los precios de oferta representan el precio mínimo (antes de costos de transporte y aranceles) al que un país estaría dispuesto a comerciar.

2 Los precios de demanda representan el precio máximo de importación (incluyen los costos de transporte más los aranceles vigentes a 2000).

Escenario 2

En este escenario se analiza el mercado mundial del limón de 2000, bajo la condición de que el TLCAN no existiera; con el fin de separar el efecto de dicho tratado. Los resultados de este escenario se presentan en las tablas V y VI.

Los resultados sugieren que la no existencia del TLCAN en 2000 tendría las siguientes implicaciones para México y para el mercado mundial del limón: aunque la producción de México se reduce en alrededor de 3,000 tm, las exportaciones a Estados Unidos se reducen en 23,604 tm, en Canadá se mantienen y se incrementan en el resto del mundo. Sin embargo, los precios del limón son afectados de manera importante. Por ejemplo, los precios de México de oferta y demanda se reducen en dos dólares por tonelada, los precios oferta y demanda de Estados Unidos aumentan en 16 dólares, el precio de demanda de Canadá disminuye en dos dólares, y los precios de oferta y demanda del resto del mundo disminuyen en dos dólares. En general, los cambios en los flujos comerciales y en los precios sugieren que los ingresos de México, derivados de las exportaciones de limón, disminuirían si el TLCAN no existiera y que esta condición beneficiaría a la producción de limón estadounidense.

Bajo este escenario, el valor total de la producción de limón de México es de 552,901,545 dólares, y el de las exportaciones asciende a 87,222,357 dólares.

Tabla V. Flujos comerciales resultantes del escenario 2 en tm

	México	Estados Unidos	Canadá	Resto del mundo	Oferta total
México	1,398,436	119,097	44,807	38,026	1,640,365
Estados Unidos		778,783			778,783
Canadá					0
Resto del mundo				8,609,705	8,609,705
Demanda total	1,398,436	897,880	44,807	8,707,730	11,048,853

Fuente: Resultados arrojados por el modelo para el escenario 1.

Tabla VI. Precios de exportación e importación en equilibrio por región en dólares estadounidenses por tm, para el escenario 2

Región	Precios de oferta	Precios de demanda
México	\$333.00	\$418.00
Estados Unidos	\$401.00	\$495.00
Canadá	\$0.00	\$483.00
Resto del mundo	\$434.28	\$512.39
Promedio mundial ponderado	\$416.71	\$498.91

Escenario 3

En este escenario se considera el mercado del limón en 2000, bajo la operación plena del TLCAN. Este escenario pretende estimar los impactos de la entrada plena del TLCAN y compararlos con el escenario que modela la no existencia del TLCAN (escenario 2).

Los resultados de este escenario se presentan en las tablas VII y VIII. Éstos sugieren que la entrada plena del TLCAN tendría implicaciones importantes en los flujos comerciales y precios en el mercado mundial del limón. Por ejemplo, México incrementa sus exportaciones de limón a Estados Unidos en 32,783 toneladas y, aunque el precio de demanda estadounidense se reduce, el valor total de las exportaciones se incrementa. Las exportaciones a Canadá se mantienen en volumen, pero se incrementan en valor, dado que el precio de demanda canadiense se incrementa en tres dólares por tonelada. Con respecto a las exportaciones al resto del mundo, éstas se reducen en 28,232, pero como el precio de demanda se incrementa en tres dólares por tonelada, se minimiza el efecto de la reducción del volumen exportado. En resumen, los resultados de este estudio sugieren que el TLCAN beneficia a la producción mexicana de limón.

Bajo este escenario, el valor total de la producción de limón en México es de 559,142,304 dóla-

res y el de las exportaciones asciende a 89,536,272 dólares.

Tabla VII. Flujos comerciales resultantes del escenario 3 en tm

	México	Estados Unidos	Canadá	Resto del mundo	Oferta total
México	1,397,637	151,880	44,803	69,794	1,664,114
Estados Unidos		761,282			761,282
Canadá					0
Resto del mundo				8,630,642	8,630,642
Demanda total	1,397,637	913,162	44,803	8,700,437	11,056,038

Tabla VIII. Precios de exportación e importación en equilibrio por región en dólares estadounidenses por tm, para el escenario 3.

	México	Estados Unidos	Canadá	Resto del mundo	Oferta total
México	1,397,637	151,880	44,803	69,794	1,664,114
Estados Unidos		761,282			761,282
Canadá					0
Resto del mundo				8,630,642	8,630,642
Demanda Total	1,397,637	913,162	44,803	8,700,437	11,056,038

Escenario 4

En este escenario se modela el mercado mundial del limón bajo la condición de libre comercio mundial (eliminación total de barreras arancelarias y no arancelarias). Se pretenden estimar los impactos de libre comercio mundial del limón, comparándolos con la situación prevaleciente en 2000. Los resultados de este escenario se presentan en las tablas IX y X.

Los resultados de este escenario muestran que la apertura total del mercado mundial del limón permite incrementar la producción de limón de México en 32,747 toneladas, en comparación con la producción del escenario 1, y aumentar de manera substancial las exportaciones de limón a Estados Unidos y el resto del mundo; sin embargo, México dejaría de exportar a Canadá.

En general, los precios de oferta suben y los precios de demanda bajan, aunque los de oferta aumentan más que los de demanda. Esto representaría beneficios importantes a la producción mexicana de limón, considerando que México es el principal productor de limón en el mundo, y que bajo este escenario se incrementa no sólo su producción, sino también su precio de oferta. Los resultados anteriores sugieren que la apertura mundial del mercado del limón favorece a los productores mexicanos de esta fruta.

Bajo este escenario, el valor total de la producción de limón de México es de 617,275,204 dólares, y el de las exportaciones asciende a

110,993,792 dólares.

Tabla IX. Flujos comerciales resultantes del escenario 4.

	México	Estados Unidos	Canadá	Resto del mundo	Oferta total
México	1,310,883	175,879	41,784	129,238	1,657,804
Estados Unidos		727,703			727,703
Canadá			8,593,308		8,593,308
Resto del mundo				8,721,001	8,721,001
Demanda total	1,310,883	903,582	44,784	8,721,001	11,060,250

Tabla X. Precios de exportación e importación en equilibrio por región en dólares estadounidenses por tonelada, para el escenario 4.

Región	Precios de oferta	Precios de demanda
México	\$364.00	\$449.00
Estados Unidos	\$393.00	\$487.00
Canadá	\$0.00	\$502.00
Resto del mundo	\$440.86	\$504.78
Promedio mundial ponderado	\$425.74	\$496.30

Estimación y comparación del bienestar social de los escenarios modelados

Las estimaciones de bienestar social, en el ámbito mundial, resultantes de los escenarios anteriores se presentan en la tabla XI. Se observa que de no existir el TLCAN se reduce el bienestar social en 3,388 dólares con respecto al escenario 1; por otro lado, la eliminación de barreras al comercio del limón incrementa el bienestar social en 139,327 dólares.

La dimensión de los beneficios derivados de la apertura comercial del mercado del limón no parece ser extraordinaria. Sin embargo, en el análisis de estos resultados se debe considerar que en la apertura comercial del mercado mundial del limón hay ganadores y perdedores, por lo que una parte importante de los beneficios de los que ganan se cancela con las pérdidas de bienestar de los que se perjudican. En general, la apertura comercial resulta en incrementos en los precios de oferta del limón mexicano, y éstos incrementan el excedente del productor mexicano; a su vez se incrementa el precio de demanda (interno) que enfrentan los consumidores mexicanos, con lo que se reduce el excedente de los consumidores mexicanos. Por otro lado, los productores de otras regiones enfrentarán precios relativamente más bajos, por lo que se reduce el excedente del productor; de igual manera, los consumidores del resto del mundo también enfrentarán precios relativamente más bajos, por lo que a éstos

se les incrementará el excedente del consumidor.

Tabla XI. Estimación del bienestar social en dólares estadounidenses.

Escenario	Bienestar social	Diferencia con respecto al escenario 1	Diferencia con respecto al escenario 2
Escenario 1	63,886,751	0	2,357
Escenario 2	63,884,394	-2,357	0
Escenario 3	63,887,782	1,011	3,388
Escenario 4	64,023,721	136,970	139,327

Conclusiones

Se construyó un modelo de equilibrio espacial con precios endógenos para estudiar el impacto de la apertura comercial de México y de su integración en bloques comerciales en el mercado mundial del limón. Para evaluar el modelo se compararon los resultados del escenario 1 con los valores de 2000 publicados por la FAO; las diferencias entre los valores de predicción del modelo y los valores publicados fueron inferiores al 5%, por lo que se juzgó que el modelo pronostica satisfactoriamente el comportamiento del mercado mundial del limón. Se diseñaron cuatro escenarios con diversos grados de apertura comercial, todos bajo un esquema de competencia perfecta, para así estimar los impactos de ésta en los flujos comerciales, en precios y el bienestar en el mercado mundial del limón, y en particular para el mercado mexicano.

Las simulaciones sugieren que la entrada plena del TLCAN a partir de 2003 permitirá a México incrementar sustantivamente las exportaciones de limón a los Estados Unidos. Además, esta apertura incrementa los precios de oferta y demanda del limón mexicano, resultando en beneficios para los productores de este cítrico.

De la simulación que considera la eliminación de barreras al comercio mundial del limón se observa que los precios de oferta del limón mexicano son substancialmente inferiores a los de Estados Unidos, y en general a los del resto de las regiones, por lo que la apertura comercial permitiría al limón producido en México acceder favorablemente al mercado del TLCAN y en general a otros mercados.

De manera similar, los resultados del estudio sugieren que, en el contexto mundial, la entrada en operación del TLCAN no tiene un impacto substancial en el bienestar, dado que algunos de los beneficios positivos de los que ganan con la apertura se

cancelan con los beneficios negativos de los que se perjudican. Por otro lado, la eliminación total de barreras al comercio del limón tiene un impacto substancialmente mayor (139,327 dólares).

Finalmente, los resultados sugieren que el TLCAN, el TLCUEM y en general la eliminación de barreras al comercio del limón, tienen un impacto muy favorable a las exportaciones mexicanas de limón, que se incrementan en 32,747 toneladas en relación al escenario 1; pero, principalmente, el mayor impacto se da en incrementos en los precios de oferta y demanda del limón mexicano (29 dólares), con los consecuentes beneficios para los productores mexicanos de este cítrico.

Resumen

A partir de la construcción de un modelo de equilibrio espacial con precios endógenos se estudia la apertura del mercado mexicano del limón en una perspectiva mundial. Se diseñan diversos escenarios entre los países que integran el TLCAN, el TLCUEM y con la eliminación total de barreras al comercio de esta fruta. Se estima el impacto potencial de la eliminación de aranceles en los flujos comerciales, los precios y bienestar. Los resultados sugieren que México se beneficia de la entrada en operación del TLCAN, el TLCUEM y de la eliminación de las barreras comerciales en el mercado mundial del limón.

Palabras clave: Modelos de equilibrio espacial, Comercio mundial del limón, Programación cuadrática.

Abstract

This paper studies the liberalization of the Mexican lemon market in a world perspective using a spatial equilibrium model with endogenous prices. Several scenarios were designed related to the lemon market involving the countries that integrate NAFTA, MEUFTA, and the removal of commercial barriers related to this fruit. The potential impact on commercial flow, prices and welfare as a result of eliminating tariffs is estimated. The results suggest that Mexico will benefit from NAFTA and MEUFTA, as well as from the removal of commercial barriers in the world lemon market.

Keywords: Spatial equilibrium models, Lemon world

market, Quadratic programming.

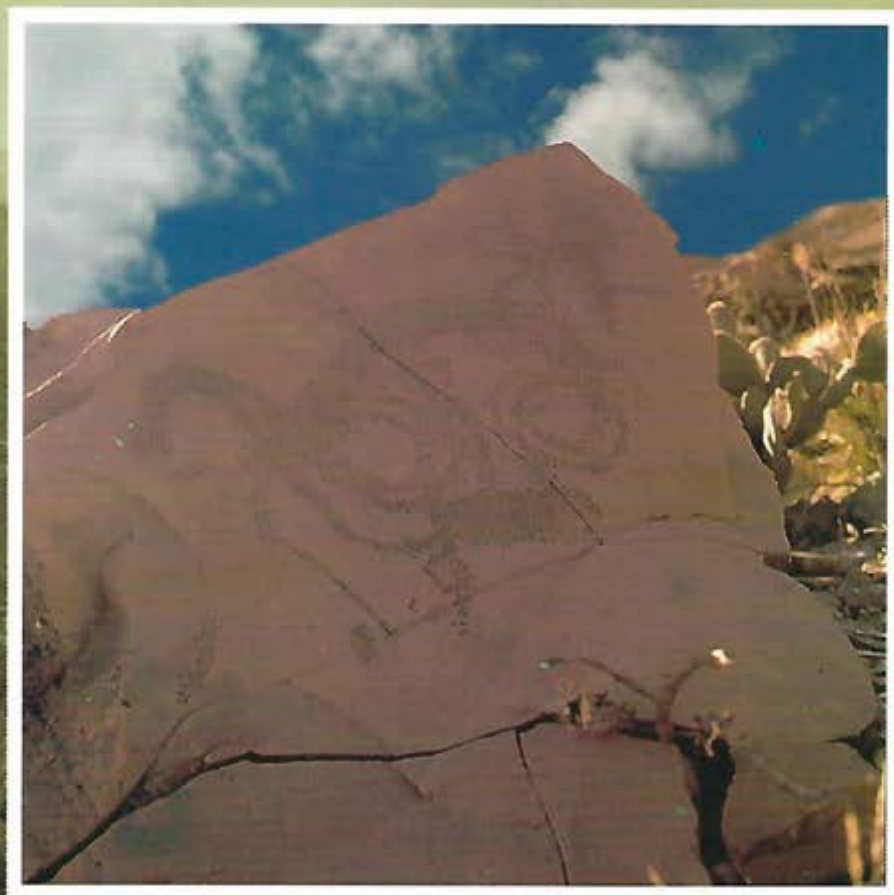
Referencias

1. BANCOMEXT. Estadísticas de Comercio Exterior, Publicadas en Internet y disponibles en <http://www.bancomext.com>
2. Chavas, J. P., T. L. Cox y E. V. Jesse (1993). "Regional Impacts of Reducing Dairy Price Supports and Removing Milk Marketing Orders in the U. S. Dairy Sector." Staff Paper 367, Department of Agricultural Economics, University of Wisconsin-Madison.
3. FAO. Estadísticas Agrícolas. Publicadas en internet y disponibles en <http://www.fao.org>
4. Gómez, A., R. Schwentesius y A. Barrera (1994). "El limón persa en México." Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
5. Guajardo, R. (1998). "Assessing the Impact of the Maquiladora Industry in México: An Interindustry Analysis." *Review of Urban & Regional Development Studies*. Vol. 10, No. 2 pp. 109-122.
6. Guajardo R. y H. Elizondo (2003). "North American tomato market: a spatial equilibrium perspective." *Applied Economics*, Vol. 35, No. 3, pp. 315 - 322.
7. Guajardo R. y H. Elizondo (2001). "Apertura del comercio mexicano del tomate: un modelo espacial con precios endógenos". *Ensayos*, Vol. XX, No. 1, pp. 49- 68.
8. Kawaguchi, T, N. Suzuki, y H. M. Kaiser. (1997). "A Spatial Equilibrium Model for Imperfectly Competitive Milk Markets". *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 79, pp. 85-859.
9. Kennedy, P. L y C. Atici (1998). "A Sectoral Analysis of Agricultural Trade Liberalization." *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Vol. 30, No. 2, pp. 277-284.
10. Kennedy, P. Ly K. Hughes (1998). Welfare Effects of Agricultural Trading Blocks: The Simulation of a North American Customs Union, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 23, No. 1, pp. 99-110.
11. Maddala, G. S. (1996). *Introducción a la Econometría*, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
12. McCarl, B. A. y T. H. Spreen (1980). "Price Endogenous Mathematical Programming As a Tool for Sector Analysis. *American Journal of*

- Agricultural Economics*, Vol. 62, pp. 87-102.
13. McCarl, B. A. y T. H. Spreen (1997). *Applied Mathematical Programming*. Notas de la Clase (AGECON 641). Texas A&M University, (mimeo).
 14. Miller, R. E. y P. D. Blair (1985). *Input- Output Analysis: Foundations and Extensions*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc.
 15. Mills, B. F. (1998). "Ex Ante Research Evaluation and Regional Trade Flows: Maiz in Kenya." *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 49, No 3, pp. 393-408.
 16. NAFTA Commodity Supplement (2000). *Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, WRS-99-1A*, (mimeo).
 17. Samuelson, P. A. (1952) "Spatial Price Equilibrium and Linear Programming", *American Economic Review*, Vol. 42, pp. 283-303.
 18. Sasaki, K. (1969). "Spatial Equilibrium in Eastern Japan Milk Market." *Journal of Rural Economics*. Vol. 41, pp. 106-116.
 19. SECOFI. Fracciones Arancelarias y Plazos de desgravación. Publicado en internet y disponible en <http://www.secofi.gob.mx>
 20. Takayama, T. y G. G. Judge (1971) *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*. Amsterdam: North-Holand.
 21. Takayama, T. (1994). "Thirty years with spatial and intertemporal economics", *Annals of Regional Science*, Vol. 28, pp. 305-322.
 22. U. S. Census. Washington, D. C., Estados Unidos, Datos de Importaciones y Exportaciones, 1998-1999. Publicado en internet y disponible en <http://www.usda.gov>
 23. Williams, G. W. y T. Grennes, 1994. *NAFTA and Agriculture: Will the Experiment Work?*. Published By: Center for North American Studies, International Agricultural Trade Research Consortium and Texas Agricultural Market center.
 24. Wigle, R. M. (1992). "Transportation Costs in Regional Models of Foreign Trade: An Application to Canada-U.S. Trade", *Journal of Regional Science*, Vol. 32, pp. 185-207.
 25. Yavuz, F., C. Zulauf, G. Schnitkey y M. Miranda (1996). "A Spatial Equilibrium Analysis of Regional Structural Change in the U. S. Dairy Industry." *Review Agricultural. Economics*, Vol. 18, pp. 693-703.

CIENCIA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



00

\$ 40.00

Volumen VIII
Número 2
Abr.-Jun.
2005
ISSN:
1405-9177



Virus de la
tristeza de los
cítricos



Nanotubos



Visión del Futuro
UANL 2012

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE RAZAS SEVERAS Y DÉBILES DEL VIRUS DE LA TRISTEZA DE LOS CÍTRICOS

ALBERTO MENDOZA*, CÉSAR SALAZAR*, OMAR ALVARADO**, MA. ANTONIA CRUZ*, HUGO A. BARRERA SALDAÑA*.*.*

El virus de la tristeza de los cítricos (VTC) es un patógeno de distribución mundial, y se considera uno de los cinco principales problemas sanitarios de los cítricos en el mundo. El VTC ocurre en la naturaleza en diversidad de aislamientos o razas, las cuales pueden variar en gran medida en la reacción y sintomatología en diversos hospederos, así como en su transmisión por áfidos.¹ Existen aislamientos del VTC que causan declinamiento y muerte en plantas de naranja, pomelo y mandarina, injertadas en el portainjerto naranjo agrio. El potencial destructivo de los aislamientos que causan acanalado o picado del tallo se considera de gran importancia económica, debido a que afectan los cítricos independientemente del portainjerto utilizado. Existen aislamientos poco patogénicos que no causan efectos visibles en los hospederos que infectan, aun en aquéllos injertados en naranjo agrio.²

El VTC es un virión filamentosos, envuelto por dos proteínas como cápside de 25 y 27 kDa.³ Este virus es diseminado en la naturaleza de manera semipersistente por varias especies de áfidos, siendo el vector más eficiente *Toxoptera citricida* (Kirkaldy). El virus se transmite por los vectores sin un período de latencia y tiene una pérdida de efectividad que después de 48 horas de haberlo adquirido pierde su virulencia.^{4,5}

La mayoría de los aislamientos del VTC son poblaciones complejas integradas por mezclas de diferentes genotipos virales.⁶ Estas mezclas incluyen

variantes genómicas, RNA defectivos (d-RNA) y genomas quiméricos que se generan como consecuencia de posibles eventos de recombinación. La recombinación se considera uno de los principales factores que determinan la evolución de los virus de RNA de cadena positiva, con sentido de la transcripción (5' a 3'), debido a que los únicos huéspedes naturales, o al menos reportados para el VTC, son precisamente los cítricos. Se ha postulado que al menos cuatro especies de progenitores de cítricos originaron las variedades actuales que se aprovechan en la agricultura y que los diferentes aislamientos del virus evolucionaron en un principio en los portainjertos de cítricos nativos de Asia, dispersándose por el mundo a través de yemas infectadas.⁷ Estos resultados muestran que razas consideradas como débiles, por ejemplo la T-30, se encuentran ampliamente relacionados genéticamente con aislamientos de origen asiático, así como otros más de Taiwán (B252), Colombia (B272) y California (B354), divergiendo del aislamiento T385 proveniente de España, también considerado débil. El análisis filogenético demostró que dicho ais-

*Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional. Blvd. del Maestro/Elias Piña, Col. Narciso Mendoza, Cd. Reynosa, Tamps. 77810. Tel: (52-899) 924-3627. E-mail: amendoza@mail.cbg.ipn.mx

Fax: (52-899) 925-1656.

**Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario, Facultad de Agronomía, UANL.

***Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, UANL.

lamiento (T30) se introdujo a Florida hace más de 200 años, y que sus cambios, con respecto a los aislamientos más relacionados, se deben al movimiento de los cítricos a través del mundo.¹

En la actualidad, el método de detección del VTC más empleado es el ensayo de inmunoadsorción ligado a enzima, el cual se basa en la unión específica de un anticuerpo con un antígeno. Los anticuerpos poliespecíficos 3DF1 y el 3CA5 son capaces de detectar a la mayoría de los aislamientos conocidos de este virus.⁸ Sin embargo, otros anticuerpos como el MCA13 son específicos para razas severas.⁹ Los métodos previamente utilizados para diferenciar razas de VTC incluyen la reacción con distintos anticuerpos monoclonales, el análisis de mapas peptídicos de la proteína de la cápside, el análisis de RNAs bicatenarios (dsRNAs) en plantas infectadas, la hibridación molecular con sondas de DNA complementario o DNAC,¹⁰ además de polimorfismos conformacionales de cadena sencilla (SSCP) y polimorfismos en la longitud de los fragmentos de restricción (RFLPs). Los SSCP se deben a cambios nucleotídicos en alguna(s) de las bases, debido a que el DNA (cadena sencilla) adquiere una conformación diferente de acuerdo al nucleótido presente, y los cambios en esa base permiten que el DNA migre de manera diferente; estos polimorfismos se analizan en geles de polyacrilamida en condiciones no desnaturizantes. Lee *et al.*,⁴ encontraron que la técnica de los SSCP pudo ser empleada para diferenciar ocho aislamientos de razas débiles y agresivas, incluyendo las que causan declinamiento y picado del tallo, generando diferentes perfiles de migración de las bandas y separación de los diferentes grupos de razas, esto con base en el análisis del gen p27 que codifica para la parte complementaria de la cápside.

Lozano *et al.*¹¹ aplicaron la técnica de los RFLPs, digiriendo los productos amplificados por la RT-PCR con la enzima de restricción *Hinf I* para caracterizar la familia de los adenovirus. Estos análisis de restricción (RFLPs) fueron eficientes para caracterizar rápidamente DNA de adenovirus de fragmentos amplificados que podrían ser útiles para estudios epidemiológicos. Estudios realizados por Gillings *et al.*,¹² mediante el análisis del gen p25 que codifica para la cápside, previamente digerido con la enzima de restricción *Hinf I*, generaron un dendograma de similitud de diferentes aislamientos, de los cuales se conocía su caracterización biológica, para predecir si éstos pertenecían a razas débiles o seve-

ras. Esto permitió el acercamiento a una posible diferenciación de aislamientos de VTC sin tener que clonar y secuenciar el gen de la cápside.¹³ En este estudio, el objetivo principal fue desarrollar un método molecular con base en la RT-PCR (Retro Transcripción del RNA unida a la Reacción en Cadena de la Polimerasa) para diferenciar razas del VTC, basado en la caracterización molecular del gen de la cápside o cubierta proteica del virus.

Materiales y métodos

Material biológico

La corteza de varetas de naranjo dulce que se analizaron proceden de Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz. El DNAC del VTC que se utilizó como control positivo fue proporcionado por el Citrus Center de Texas A & M University.

Extracción del RNA viral

El RNA viral se obtuvo a partir de tejidos de cítricos infectados con el método basado en el TRIzol Reagent (Gibco, BRL). Este método se aplicó en 0.1 gramo de tejido vegetal. Una vez que se extrajo el RNA se procedió a visualizarlo en gel de agarosa al 1%.

Amplificación por RT-PCR del gen p25

Para la amplificación por la técnica de la reverso-transcripción de la reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) del gen p25, se utilizaron los oligonucleótidos descritos por Lee *et al.*,⁴ que amplifican un fragmento de 688 pb. Para generar el DNAC a partir del RNA viral en todas las reacciones de reverso-transcripción (RT) se aplicaron 3 µL del extracto de RNA (2 µg), 0.75 µL (0.5 µM) de los oligonucleótidos (R731-7 y RF-137 cada uno en reacciones separadas). Se incubó a 70°C por cinco minutos y después se colocó en hielo. Posteriormente, se adicionaron 5 µL de buffer M-MLV (10X), 1.25 µL de la mezcla de los cuatro desoxirribonucleósidos trifosfatados (dNTPs) 10 mM, 0.625 µL de RNA y 1 µL de la enzima transcriptasa reversa M-MLV (200 U), hasta un volumen final de 25 µL y se incubó a 42°C por 50 min.

Una vez obtenido el DNAC viral, se procedió a amplificar en forma independiente el gen p25. Las reacciones de PCR se hicieron en un volumen final de 25 µL, con 2.5 µL de DNAC procedente de la RT,

2.5 μL de Buffer 10X, 1.5 μL de cloruro de magnesio 25 mM, 0.5 μL de dNTP's 10 mM, 1.25 μL de cada uno de los iniciadores 10 μM , 0.25 μL de la enzima Taq DNA Polimerasa (5U/ μL) y se completó el volumen con agua MQ estéril. Las condiciones de la amplificación fueron: un ciclo de cinco minutos a 94°C y 30 ciclos de 30s a 94°C, 30s a 50°C y un minuto a 72°C. Al término de los ciclos se dio un paso de extensión final de siete minutos a 72°C. Los productos amplificados se resolvieron por electroforesis en geles de agarosa 1% coloreados con bromuro de etidio (0.02 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) e irradiados con luz ultravioleta UV.

Polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción (RFLPs)

Los RFLPs de los productos de PCR amplificados se determinaron con la enzima *Alu I*, de acuerdo con lo descrito por Han y New,¹⁴ además de las enzimas *Hae III* y *Kpn I*. Los fragmentos generados en las reacciones anteriores se visualizaron en gel de poliacrilamida 12%.

Clonación del gen p25

Para la clonación de los productos de PCR se utilizó el estuche comercial TA Cloning de la compañía Invitrogen (Kit PCR 2.1.), en el cual, el producto de PCR de cada una de las muestras se ligó al vector; la proporción óptima inserto-vector fue de tres moléculas del inserto por una del vector. Para la transformación, 5 μL de cada producto de ligación se mezclaron con una alícuota de células TOP10F⁻ ultracompetentes. Las colonias recombinantes se seleccionaron en medio Luria Bertani (LB) adicionado con ampicilina (60 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) y kanamicina (50 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) 50 μL X-gal (20 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) y 20 μL de IPTG (100 mM). Las cajas Petri se incubaron a 37°C durante 18 h. La presencia del inserto ligado al vector se hizo por medio de una extracción de plásmidos (lisis alcalina) de las colonias transformadas seleccionadas.

Secuencia del gen p25

Los fragmentos amplificados (p25) de cada muestra se secuenciaron mediante Sequi Therm Excel II DNA Sequencing en el secuenciador DNA Analyzer (LI-COR Inc. Nebraska, USA). Las secuencias nucleotídicas de cada uno de los aislamientos en es-

tudio se analizaron en el banco de genes (Gen Bank, www.ncbi.nlm.nih.gov) mediante el programa computacional Blast. Los alineamientos múltiples de las secuencias del VTC obtenidas se realizaron mediante el programa Clustal X,¹⁵ con lo cual se procedió a realizar el dendograma de similitud, con el programa Protdist del conjunto de programas Phylip.¹⁶

Resultados y discusión

Los aislamientos del VTC de huertos citrícolas comerciales del noreste de México se caracterizaron aplicando técnicas moleculares. La detección del VTC a nivel mundial se realiza principalmente en forma inmunológica, usando anticuerpos contra la proteína de la capa proteica (cápside) del virus.^{8,9} Sin embargo, las técnicas de inmunopresión y PCR actualmente han tomado mucho auge, sobre todo esta última. De ahí que una de nuestras principales metas haya sido amplificar el gen de la cápside a partir de las muestras de trabajo.

Amplificación del gen p25 que codifica para la cápside

En la figura 1 se muestran los fragmentos amplificados a partir de las reacciones de reversotranscripción, con un tamaño de 688 pb y correspondiendo al gen de la cápside. En los carriles NL2, T2 y V2 se aprecia que se amplificaron algunos fragmentos inespecíficos, por lo que se decidió purificar el producto de interés. El fragmento de 688 pb de la muestra H33 (último carril), que pertenece a una raza severa, sirvió de referencia para las comparaciones.

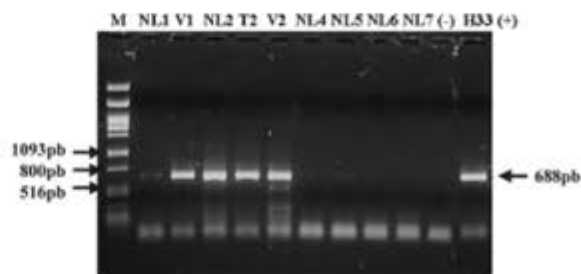


Fig. 1. Amplificación del gen p25 del VTC. Cada carril corresponde a una muestra de los aislamientos de Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz. Los productos de PCR se analizaron en gel de agarosa al 1%. El gen p25 corresponde al fragmento de 688 pb.

En una de las muestras (NL1) el rendimiento de la amplificación fue débil, a pesar de haber intentado incrementar la concentración del RNA total extraído de los tejidos para modificar varias condiciones de la reacción, como la temperatura de alineamiento, la cantidad del DNAC y concentración del cloruro de magnesio. En dicha muestra, la amplificación fue pobre debido a que, probablemente, la concentración del virus en el tejido era muy baja y la integridad de éste no era la óptima, afectando la cantidad del RNA. Bar-Joseph *et al.*,¹⁷ mostraron que las bajas concentraciones del RNA viral provocan una amplificación deficiente.

Análisis de RFLPs mediante el uso de las endonucleasas de restricción *Alu I*, *Hae III* y *Kpn I*

Los RFLPs de los productos amplificados correspondientes al gen de la cápside se digirieron con la enzima de restricción *Alu I*. En los perfiles generados se pudo constatar que los aislamientos de Nuevo León y Veracruz (NL1, NL2 y V1) son muy similares, sin embargo, no se detectó algún patrón definido que permitiera diferenciar los aislamientos. Una vez realizados los RFLPs con la enzima *Alu I*, se procedió a inferir un dendrograma empleando diferentes programas computacionales (EMBOSS, Cross Checker y TreeView) para observar el agrupamiento de los aislamientos con base en el patrón de bandas. Aun así, el dendrograma no evidenció relación entre los aislamientos del VTC; por un lado agrupa aislamientos de una misma región, NL2 y NL1; y por otro, los aislamientos V1 y T2, aunque entre éstos existe una alta similitud, lo cual nos indica que estos aislamientos forman patrones similares (pero no idénticos) entre éstos. Casualmente, estos aislamientos se habían catalogado como posibles razas débiles. Sin embargo, habría que señalar que el aislamiento H33, que pertenece a una raza severa, se agrupa con el aislamiento V2 y se clasifica como raza débil. Aunque un número mayor de aislamientos del VTC serían necesarios para darle más solidez a estas observaciones, todo indica que los perfiles generados con esta enzima, *Alu I*, no permitirían una distinción confiable entre las razas débiles y las severas.

Afortunadamente, la aplicación de las enzimas de restricción *Hae III* y *Kpn I*, para caracterizar las razas del VTC, sí fue útil en nuestro caso, ya que nos permitió separar las razas severas de las débiles a partir de variaciones nucleotídicas del gen p25,

que codifica para la proteína de la cápside. Con este conjunto de secuencias se hizo un mapa de restricción para cada una de éstas con el programa DNA Strider,¹⁸ que incluyó más de 20 enzimas de restricción diferentes. Este análisis mostró que las razas de VTC pertenecientes a razas débiles no presentaron los sitios de restricción de *Hae III* y *Kpn I*. Por otro lado, las razas severas que producen declinamiento sí tienen conservado sólo el sitio *Hae III*, pero carecen del sitio *Kpn I*. Algo muy interesante es que las razas de virus que producen picado de tallo presentan tanto los sitios *Hae III* como *Kpn I*, a excepción de una secuencia que sólo presentó el sitio *Kpn I*, aunque habría que aclarar que no se tiene la certeza de la caracterización biológica de este aislamiento.

Los análisis de los aislamientos NL1, V1 y NL2, que forman un mismo grupo con el testigo positivo H33, revelaron únicamente el sitio de corte *Hae III* en la posición nucleotídica 516. Por su parte, los aislamientos T2 y V2 formaron otro grupo al no presentar el sitio de corte para esta enzima (figura 2). Posteriormente, a los aislamientos que presentaron el sitio *Hae III* se les realizó una segunda digestión con la enzima de restricción *Kpn I*, la cual está presente (nucleótido 149) en las razas que provocan tanto declinamiento como picado de tallo y en los cuales hubo un solo grupo junto con el testigo positivo H33. Estas enzimas presentaron un sitio de res-

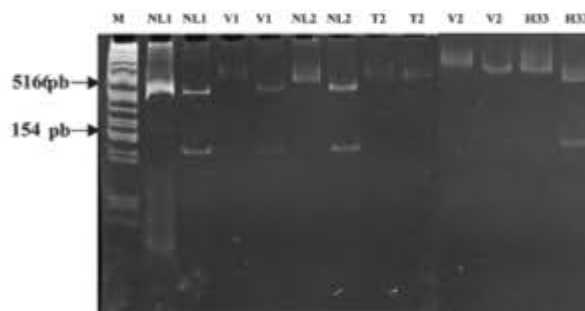


Fig. 2. Perfil de RFLP del gen p25 con la enzima *Hae III*. Carril 1: M = Fago λ digerido con *Pst I*; 2: Fragmento de PCR de NL1 sin digerir; 3: Fragmento de PCR de NL1 digerido; 4: Fragmento de PCR de V1 sin digerir; 5: Fragmento de PCR de V1 digerido; 6: Fragmento de PCR de NL2 sin digerir; 7: Fragmento de PCR de NL2 digerido; 8: Fragmento de PCR de T2 sin digerir; 9: Fragmento de PCR de T2 digerido; 10: Fragmento de PCR de V2 sin digerir; 11: Fragmento de PCR de V2 digerido; 12: Fragmento de PCR de H33 sin digerir; 13: Fragmento de PCR de H33 digerido.

tricción en las secuencias de las razas severas. Gillings *et al.*,¹² encontraron que mediante los RFLPs generados al digerir el gen p25 (cápside) con la enzima de restricción *Hinf* I, produjeron la mejor discriminación entre razas del VTC definiendo siete grupos, donde algunos de éstos englobaban los aislamientos con características biológicas similares. En nuestro caso, la enzima *Hae* III fue útil para discriminar las razas débiles de las severas, ya que genera un solo patrón y fácilmente se pueden distinguir unas de otras. Mientras que la enzima *Kpn* I separa dentro de las razas severas a las que producen declinamiento de las que inducen picado de tallo. Consideramos que el protocolo desarrollado en este trabajo ofrece ventajas sobre los previamente reportados, porque un corte con la enzima basta para discriminar las razas débiles de las severas y otro más para las que producen declinamiento de las que inducen picado de tallo. Por ejemplo, un método que se ha publicado para diferenciar o separar las razas débiles de las severas se basa en la aplicación de anticuerpos monoclonales obtenidos a partir de partículas virales de razas débiles o severas, haciendo un análisis tipo ELISA.¹⁰ Sin embargo, este método ha sido rechazado por las nuevas tecnologías moleculares. Por tal razón, consideramos que nuestro método es más sencillo y menos costoso.

Análisis de las secuencias del gen p25 (cápside)

Para el gen p25 (cápside) se lograron obtener cin-

co secuencias nucleotídicas completas de las clonas correspondientes a los aislamientos NL1, V1, NL2, V2 T2. Estas secuencias se compararon en el banco de genes (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) para asegurar que correspondieran al gen p25 del VTC. Una vez confirmada su identidad, se procedió a traducirlas en aminoácidos mediante el programa ORF finder (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Las secuencias de aminoácidos de los aislamientos se compararon con el programa BLAST para determinar similitudes entre sí, encontrándose similitudes cercanas al 80%. Pappu *et al.*,¹⁹ obtuvieron resultados similares al analizar la relación entre la severidad de diferentes aislamientos del VTC y las similitudes entre las secuencias de su gen de la cápside. Ellos refieren similitudes de hasta 80% entre las secuencias de aminoácidos de los once aislamientos analizados, lo cual concuerda con los porcentajes aquí reportados entre la secuencias obtenidas de los aislamientos del VTC.

Los aislamientos CBG-NL1, CBG-NL2 y CBG-V1 mostraron un 96% de similitud respecto a razas que ocasionan picado del tallo y declinamiento, mientras que el aislamiento CBG-V2 presentó un 99% de identidad con la cepa T30 clasificada como débil.

Estos análisis mostraron diferencias entre secuencias y, por lo tanto, se podría pensar que se trataba de infecciones independientes o de razas diferentes, pero, sobre todo, hay que señalar un par de cambios interesantes: en la figura 3 se muestra el alineamiento múltiple de las secuencias, donde el

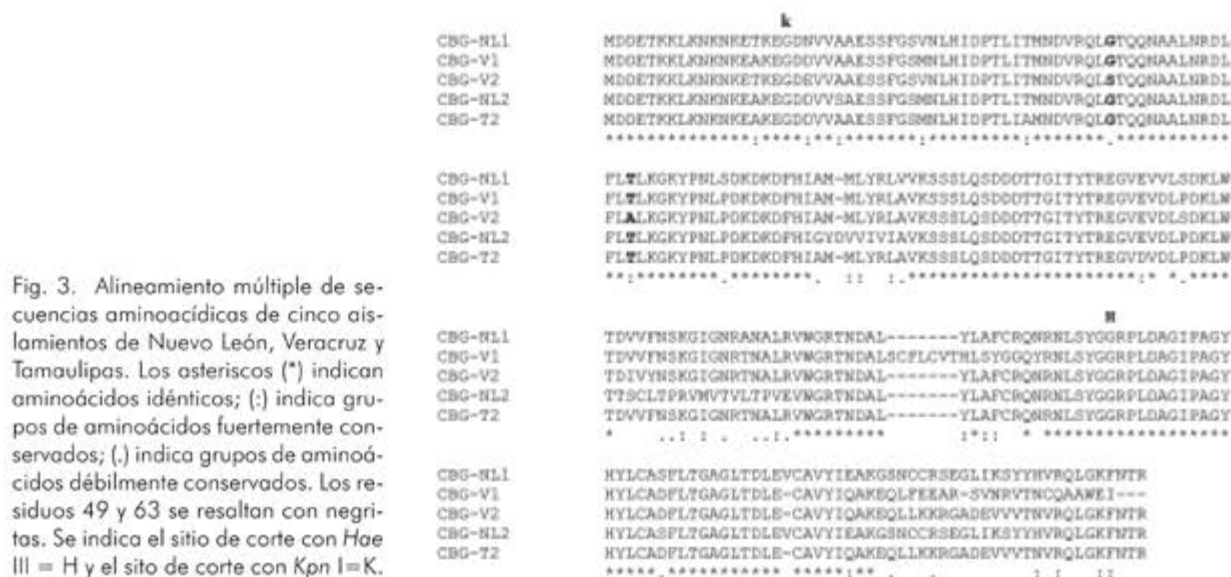


Fig. 3. Alineamiento múltiple de secuencias aminoácidas de cinco aislamientos de Nuevo León, Veracruz y Tamaulipas. Los asteriscos (*) indican aminoácidos idénticos; (:) indica grupos de aminoácidos fuertemente conservados; (.) indica grupos de aminoácidos débilmente conservados. Los residuos 49 y 63 se resaltan con negritas. Se indica el sitio de corte con *Hae* III = H y el sitio de corte con *Kpn* I = K.

aislamiento CBG-V2 presenta una serina (S) en el residuo 49, mientras que los otros tres aislamientos poseen una glicina (G). Asimismo, en el residuo 63, el aislamiento CBG-V2 presenta una alanina (A), mientras que en los otros aislamientos se conserva una treonina (T).

Posteriormente se realizó un alineamiento múltiple de las secuencias antes mencionadas con las ya reportadas y tomadas como referencia. En este análisis de la secuencias del gen de la cápside se encontró que en la razas severas, los residuos 49, 63 y 124 se encuentran conservados en: una glicina (G), una treonina (T) y una fenilalanina, respectivamente; mientras que en las razas consideradas débiles se reemplazan por una serina (S), una alanina (A) y una tirosina (Y), respectivamente (figura 4). Los dos primeros cambios no han sido reportados en la literatura, sin embargo, Pappu *et al.*,¹⁹ en 1993, describieron que las razas severas tienen conservado el aminoácido fenilalanina (F), mientras que las

razas débiles tienen conservado el aminoácido tirosina (Y) en la misma posición, y éste es el único cambio distintivo entre las razas severas y débiles anteriormente reportado. Creemos que estos residuos podrían jugar un papel muy importante en la patogenicidad del VTC, mismo que valdría la pena estudiar más adelante.

Cabe señalar que los aislamientos CBG-V2 y CBG-T2 no presentan los sitios *Hae* III y *Kpn* I, al igual que los reportados como razas débiles. Sin embargo, las razas severas que ocasionan declinamiento, como la T36, presentan únicamente el sitio *Hae* III, y las severas que ocasionan picado de tallo, como SY568, presentan los sitios *Hae* III y *Kpn* I, junto con CBG-NL1, CBG-NL2 y CBG-V1. El cambio que se presenta en la secuencia nucleotídica de la cápside, a raíz de la presencia del sitio *Kpn* I, es en la tercera posición de un codón de treonina, por lo tanto, el cambio es a nivel nucleotídico y no a nivel aminoacídico. Asimismo, la enzima *Hae* III tam-

CBG-V2	MDDETRKLNKQKKEGDEVVAAESSFGSVNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
T30	MDDETRKLNKQKKEGDEVVAAESSFGSVNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
T385	MDDETRKLNKQKKEGDEVVAAESSFGSVNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
SY568	MDDETRKLNKQKKEGDDVVAESSFGSLNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
T36	MDDETRKLNKQKKEGDDVVAESSFGSLNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
CBG-NL1	MDDETRKLNKQKKEGDDVVAESSFGSVNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
CBG-V1	MDDETRKLNKQKKEGDDVVAESSFGSVNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
CBG-NL2	MDDETRKLNKQKKEGDDVVAESSFGSVNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
CBG-T2	MDDETRKLNKQKKEGDDVVAESSFGSVNLHIDPTLIITNDVRLGTQQAALNRDL
	***** ***,**,******,******,******,******,******
CBG-V2	FLALGKYPNLPKQKDFHIANMLYRLAVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLSKLN
T30	FLALGKYPNLPKQKDFHIANMLYRLAVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLSKLN
T385	FLALGKYPNLPKQKDFHIANMLYRLAVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLSKLN
SY568	FLTLGKYPNLPKQKDFHIAN-MLYRLAVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLSKLN
T36	FLTLGKYPNLPKQKDFHIAN-MLYRLAVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLSKLN
CBG-NL1	FLTLGKYPNLPKQKDFHIAN-MLYRLVVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLSKLN
CBG-V1	FLTLGKYPNLPKQKDFHIAN-MLYRLAVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLPKLN
CBG-NL2	FLTLGKYPNLPKQKDFHIGYDVVIVIAVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLPKLN
CBG-T2	FLTLGKYPNLPKQKDFHIAN-MLYRLAVKSSSLQSDODTGTITTYREGVEVDLPKLN
	** *****,******,* 11 1,******,******,******
CBG-V2	TDIVYNSKIGNSRTNALRVKGRINDAL-----YLAFCRQNRHLSYGGFLDAGIPAGY
T30	TDIVYNSKIGNSRTNALRVKGRINDAL-----YLAFCRQNRHLSYGGFLDAGIPAGY
T385	TDIVYNSKIGNSRTNALRVKGRINDAL-----YLAFCRQNRHLSYGGFLDAGIPAGY
SY568	TDVYNSKIGNSRTNALRVKGRINDAL-----YLAFCRQNRHLSYGGFLDAGIPAGY
T36	TDVYNSKIGNSRTNALRVKGRINDAL-----YLAFCRQNRHLSYGGFLDAGIPAGY
CBG-NL1	TDVYNSKIGNSRTNALRVKGRINDAL-----YLAFCRQNRHLSYGGFLDAGIPAGY
CBG-V1	TDVYNSKIGNSRTNALRVKGRINDALS CFLCVTHLSYGGQYRHLSTGGFLDAGIPAGY
CBG-NL2	TTSCLTFRVNVIVLTPVVKGRINDAL-----YLAFCRQNRHLSYGGFLDAGIPAGY
CBG-T2	TDVYNSKIGNSRTNALRVKGRINDAL-----YLAFCRQNRHLSYGGFLDAGIPAGY
	* ..1 1 . . .1,**** *** 1*11 * *****
CBG-V2	HYLCADFLTGAGLTGLE-CAVYIQAKQQLLKKRGADVVVTVNRQLGKPNTR
T30	HYLCADFLTGAGLTGLE-CAVYIQAKQQLLKKRGADVVVTVNRQLGKPNTR
T385	HYLCADFLTGAGLTGLE-CAVYIQAKQQLLKKRGADVVVTVNRQLGKPNTR
SY568	HYLCADFLTGAGLTGLE-CAVYIQAKQQLLKKRGADVVVTVNRQLGKPNTR
T36	HYLCADFLTGAGLTGLE-CAVYIQAKQQLLKKRGADVVVTVNRQLGKPNTR
CBG-NL1	HYLCASFLTGAGLTGLECAVYIEAKGSNOCSEGLIKSYTHVQLGKPNTR
CBG-V1	HYLCADFLTGAGLTGLE-CAVYIQAKQQLFEAR-SVNRVTVNQAAWEI---
CBG-NL2	HYLCASFLTGAGLTGLECAVYIEAKGSNOCSEGLIKSYTHVQLGKPNTR
CBG-T2	HYLCADFLTGAGLTGLE-CAVYIQAKQQLLKKRGADVVVTVNRQLGKPNTR
	*****,******,******,* 1 2 12

Fig. 4. Alineamiento múltiple de secuencias de aminoácidos del gen p25. Los asteriscos (*) indican aminoácidos idénticos; (:) indica grupos de aminoácidos fuertemente conservados; (.) indica grupos de aminoácidos débilmente conservados. Los residuos distintivos 49, 63 y 124, glicina (G), treonina (T) y fenilalanina (F), los cuales se encuentran conservados en razas consideradas como severas.

bién corta en la tercera posición de un codón de alanina, siendo el cambio también silencioso.

A partir del alineamiento múltiple de nuestras secuencias, junto con las ya reportadas y caracterizadas biológicamente por Pappu *et al.*:¹⁹ T36 (declinamiento), SY568 (picado de tallo), T30 y T385 (débiles) se procedió a realizar el dendrograma de similitud y, al mismo tiempo, para obtener las distancias entre las secuencias de aminoácidos se aplicó el programa Protdist del paquete Phylip; a partir del cual se observó que los aislamientos CBG-NL1, CBG-NL2, CBG-V1 y CBG-T2 formaron un mismo grupo muy cercano a las razas severas T36 y SY568 (todas presentan los sitios *Hae* III y *Kpn* I); el aislamiento CBG-V2, por su parte, formó otro grupo con la raza débil T30. Ahora bien, los aislamientos CBG-V2 y T30 se relacionaron con una distancia genética de 0, al igual que el otro grupo conformado por SY568 y T36. El aislamiento que presenta una mayor distancia con respecto a los demás fue el aislamiento CBG-T2 donde la distancias observadas fueron entre 1.4 y 1.6 con respecto a los otros aislamientos del VTC (figura 5).

Con base en lo anterior, consideramos que la técnica de los RFLPS con las enzimas de restricción *Hae* III y *Kpn* I del gen de la cápside tienen potencial para diferenciar las razas débiles de las severas, dado que es más sencillo y práctico hacer una digestión enzimática del DNA que realizar hibridaciones. Por lo tanto, esta técnica sería potencialmente más rápida y confiable para discriminar los tipos de razas de VTC, siempre y cuando se aumente el número de secuencias analizadas y que se cuente con su caracterización biológica.

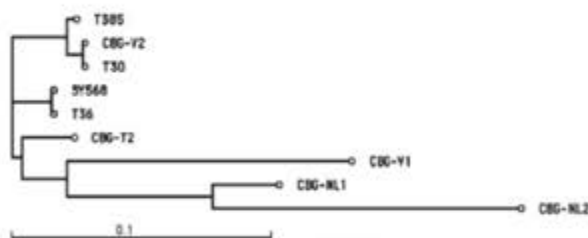


Fig. 5. Dendrograma de similitud de los diferentes aislamientos del VTC, mediante análisis computacional de las secuencias aminoacídicas del gen que codifica para la cápside. Los aislamientos de referencia son el T36 (severo, declinamiento); SY568 (severo, picado de tallo); T30 (débil) y T385 (débil).

Conclusiones

1.- El dendrograma de similitud, generado por los RFLP del gen de la cápside mediante la digestión con la enzima *Alu* I, no permitió agrupar o diferenciar los aislamientos del VTC de acuerdo con su perfil electroforético comparado con una raza severa.

2.- El análisis de las secuencias del gen de la cápside mostró que las razas severas tienen el sitio *Hae* III, y, dentro de éstas, utilizando la enzima *Kpn* I se logró separar las que causan picado de tallo de aquellas que causan declinamiento.

3.- Los dendrogramas de similitud generados a partir de las secuencias de aminoácidos del gen de la cápside permitieron separar las razas severas de las débiles. Del total de muestras analizadas, los aislamientos CBG-NL1, CBG-NL2 y CBG-V1 podrían ser considerados como razas severas y los dos restantes, CBG-T2 y CBG-V2, como posibles razas débiles.

4.- Se encontraron tres aminoácidos conservados: el residuo 49 (glicina), el residuo 63 (treonina) y el residuo 124 (fenilalanina) que pudieran estar involucrados en la patogenicidad del VTC.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento de este trabajo por parte del Sireyes-Conacyt (Proyecto 20000601009), así como a la CGPI-Instituto Politécnico Nacional. Además, a la Sagarpa por facilitarnos las muestras de tejido infectado y a Maurilio González Paz, por su valiosa ayuda con el paquete computacional Phylip.

Resumen

La tristeza de los cítricos es la enfermedad viral más importante de éstos a nivel mundial; debido a que en los últimos 20 años ha causado la muerte a más de 100 millones de árboles en América del Sur, California, Florida (EE.UU.), Israel y España. El *Citrus tristeza closterovirus* (Virus de la tristeza de los cítricos o VTC) se transmite principalmente por el áfido *Toxoptera citricida* y por material vegetativo infectado (injertos). El áfido *T. citricida* ha sido recientemente detectado en el sureste de nuestro país. La presencia del virus y del áfido en el territorio mexicano es relevante porque la mayoría de las plantas comerciales (más del 90%) están injertadas sobre

naranja agrió que es susceptible al VTC, por lo que se podría ocasionar una epidemia. La caracterización molecular de diferentes razas, la cual incluye la secuenciación completa del genoma del VTC, ha abierto la puerta para hacer diversos estudios encaminados a contrarrestar (disminuir) los daños causados por este complejo viral. Por lo anterior, este trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar un método para diferenciar razas del VTC, basado en la caracterización molecular del genoma viral. Para lograrlo se amplificó la secuencia del gen de la cápside, posteriormente se buscaron polimorfismos con enzimas de restricción que permitieran diferenciar razas débiles de severas. Los resultados mostraron que al realizar los RFLPs empleando la enzima *Hae* III se lograron diferenciar las razas débiles de las severas. De igual forma, el uso de la enzima *Kpn* I discriminó las razas que ocasionan picado de tallo de las que inducen el declinamiento. Los dendrogramas derivados del alineamiento múltiple de las secuencias de aminoácidos mostraron la separación de las razas débiles de las severas. El análisis de la secuencia nucleotídica del gen p25 en las posiciones 49, 63 y 124 mostró a los aminoácidos glicina, treonina y fenilalanina presentes en las razas severas.

Palabras clave: VTC, Raza débil, Raza severa, Picado del tallo, Declinamiento.

Abstract

The *Citrus Tristeza closterovirus* (CTV) is the most important viral disease of the citrus trees in the world, infecting more than 100 million trees in the past 20 years in South America, U.S.A, Israel and Spain. The CTV is transmitted by the aphid *Toxoptera citricida* and by infected vegetative material. The most visible effects caused by the CTV are a fast decline and death of trees grafted onto rootstocks (*Citrus aurantium* L). The presence of the virus and the aphid in the Mexican territory constitutes a real hazard considering that most of the commercial plants (> 90%) are grafted on *C. aurantium*, which is susceptible to CTV, thus creating the possibility of an epidemic. The detection of VTC has been mainly achieved by serology, and lately by molecular methods. The molecular characterization of different races, including the complete genome sequence of the CTV, has allowed progress in obtaining transgenic citric cultivars resistant to this virus. This

study was aimed at developing a method for the differentiation of races of the CTV, based on the molecular characterization of the viral genome. In doing so, we amplified the coat protein gene. Afterward, we examined its polymorphisms with restriction enzymes that allowed differentiation between weak and severe races. Our results show that using the enzyme *Hae* III in PCR products of the gene p25, it was possible to relate its genetic profiles to the different CTV races. The use of *Hae* III allowed us to distinguish the weak races (CBG-T2, CBG-V2) from the severe ones (CBG-NL1, CBG-NL2, CBG-V1, H33). Furthermore, the enzyme *Kpn* I allowed differentiating between races that cause stem pitting and those inducing decline. The analysis of the P25 gene sequence in positions 49, 63, and 124 demonstrated the presence of the amino acids glycine, threonine, and phenylalanine in severe races. These amino acids could be involved in the pathogenicity of the CTV.

Keywords: CTV, Weak races, Severe races, Stem pitting, Decline.

Referencias

1. Roistacher C N, P Moreno (1991). The worldwide threat from destructive isolates of citrus tristeza virus – A review. pp 7-19. In: Proc. 11th. Conf. of the Inter. Organ. Citrus Virol. Riverside, California.
2. Lee R. F., M. A. Rocha Peña (1992). Citrus Tristeza Virus. pp. 226-249, In: Mukhopadhyay, A. N., Chaube, H. S., Kumar, J. and Singh, U. S. (eds). Plant Diseases of International Importance III. Prentice Hall. New Jersey.
3. Febres V J, L Ashoulin, M Mawassi, A Frank, M Bar-Joseph, KL Manjunath, R. F. Lee, C. L. Niblett, (1996). The p27 protein is present at one end of citrus tristeza virus particles. *Phytopathology* 86: 1331-1335.
4. Lee R F, H R Pappu, M A Rocha-Peña, V J Febres, K L Manjunath, O V Nikolaeva, A V Karasev, B Cevik, M Akbulut, D Bensch, E J Anderson, M Price, F Ochoa, C L Niblett (1996) Progress on Strain Differentiation of Citrus Tristeza Virus. *Revista Mexicana de Fitopatología* 14: 79-87.
5. Rocha-Peña M A, R F Lee, R Lastra, C N Niblett, F M Ochoa-Corona, S M Garnsey, R K Yokomi (1995). Citrus tristeza virus and its aphid vector, *Toxoptera citricida*. *Plant Disease*. 79:437-445.

6. Ayllón, M. A., L. Rubio, A. Moya, J. Guerri, P. Moreno (1999). The haplotype distribution of two genes of citrus tristeza virus is altered after host change or aphid transmission. *Virology* 25:32-9.
7. Albiach-Martí, M. R., M. Mawassi, S. Gowda, T. Satyanarayana, M. Hilf, S. Shanker, E. C. Almira, M. C. Vives, C. López, J. Guerri, R. Flores, P. Moreno, S. M. Garnsey, W. O. Dawson (2000) Sequences of Citrus Tristeza Virus Separated in Time and Space are Essentially Identical. *Journal of Virology* 74: 6856-6865.
8. Vela C., M. Cambra, E. Cortés, P. Moreno, J. G. Miguel, C. Pérez de San Román, A. Sanz (1986). Production and characterization of monoclonal antibodies specific for citrus tristeza virus and their use in diagnosis. *Journal of General Virology*. 67:91-96.
9. Permar T. A., S. M. Garnsey, D. J. Gumpf, R. F. Lee (1990). A monoclonal antibody that discriminates strains of citrus tristeza virus. *Phytopathology* 80:224-228.
10. Moreno P. J., Guerri, J. P. Aguilar, M. R. Albiach-Martí, L. Rubio, M. A. Ayllón (1996). Caracterización de razas del virus de la tristeza de los cítricos mediante hibridación molecular y su aplicación al control de la enfermedad. Estudio preliminar del genoma del virus. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). pp. 207-216.
11. Lozano M. E., D. M. Posik, C. G. Albariño, G. Schujman, P. D. Ghiringhelli, G. Calderón, M. Sabattini, V. Romanowski (1997). Characterization of arenaviruses using a family-specific primer set for RT-PCR amplification and RFLP analysis its potential use for detection of uncharacterized arenaviruses. *Virus Research* 49: 79-89.
12. Gillings M., P. Broadbent, J. Indsto, R. Lee (1993). Characterization of isolates of citrus tristeza closterovirus using restriction analysis of the coat protein gene amplified by the polymerase chain reaction. *Journal of Virology. Methods* 44: 305-317.
13. Cepeda-Nieto, A. C., and Barrera Saldaña, H. A. 1997. Cloning and sequencing of the coat protein gene of a new isolate of citrus tristeza virus from Mexico. *Plant Disease* 81: 693.
14. Han S. O., P. B. New (1998). Variation in Nitrogen Fixing Ability among Natural Isolates of *Azospirillum*. *Microbial Ecology* 36: 193-201.
15. Thompson J. D., T. J. Gibson, F. Plewniak, F. Jeanmougin, D. G. Higgins (1997). The Clustal X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Versión 1.8. *Nucleic Acids Research*. 24:4876-4882.
16. Felsenstein J. (1993). *Phylip (Phylogeny Inference Package)*. Versión 3.5c. Department of Genetics, University of Washington, Seattle.
17. Bar-Joseph, M., S. M. Garnsey, D. Gonsalves, D. E. Purcifull (1980). Detection of citrus tristeza virus. 1. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and SDS-immunodiffusion methods. *In Proc. 8th Conf: IOCV*, p. 1-8. Riverside, Univ. Calif.
18. Marck, Ch. (1989). A C program for DNA and Protein analysis. Service de Biochimie, Département de biologie, Institute de Recherche Fundamentale CEA. France.
19. Pappu H., S. Pappu, C. Niblett, R. Lee, E. Civerolo (1993). Comparative Sequence Analysis of the Coat Proteins of Biologically Distinct Citrus Tristeza Closterovirus Isolates. *Virus Genes* 7: 255-264.

CIENCIAUANL

Revista de difusión científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



Macromicetos
del noreste de México



Chorros Diesel
evaporados

00

\$ 60.00

Volumen IX Número 2 Abr.-Jun. 2006 ISSN: 1405-9177



El índice Ka: un nuevo algoritmo para analizar los componentes de la superficie terrestre en imágenes de satélite

ROBERTO LUÉVANO ESCOBEDO***, KARLA O. LUÉVANO DE LA CRUZ**, GERARDO DE LIRA REYES***, WALTER RITTER ORTIZ****, GUSTAVO A. MARTÍNEZ TURANZAS***, HUMBERTO RODRÍGUEZ FUENTES***, EMILIO OLIVARES SÁENZ***

Los bosques del país aún no han sido inventariados en su totalidad, por lo que generar una clasificación de los estratos vegetales es complicado por estar sujeta a diversos procesos ecológicos.¹ A esto se aúna su composición definida por la diversidad, densidad y distribución de especies,² los costos tan elevados por los métodos tradicionales, tales como las evaluaciones de campo en los inventarios y el uso de fotografías aéreas, las cuales quedan obsoletas en poco tiempo debido a las actividades de aprovechamiento forestal. Un método a través de sensores remotos puede proporcionar información estratégica, con mayor rapidez y más económica, para la planeación y organización de la estructura del bosque.³ Así, los programas de forestación o reforestación se pueden encaminar a las necesidades y sitios que lo requieran. La composición de especies y las copas cerradas son factores importantes que afectan la respuesta espectral del bosque o dosel. La riqueza forestal de distintas regiones del país tiene cambios muy continuos por la destrucción de los bosques y selvas, pronosticándose la desapa-

rición total de esta biodiversidad.⁴

El establecimiento de la vegetación en el estrato inferior del bosque está influenciado por la disponibilidad de semillas y el sustrato,⁵ así como por factores ambientales como la radiación solar, temperatura del suelo, temperatura del aire, humedad del suelo y humedad atmosférica.⁶ La combinación de los factores anteriores es decisiva en el establecimiento y estructura del dosel y el conocimiento de éstos es esencial para generar un sistema de clasificación de cobertura de la tierra.³

Antecedentes

Desde 1989, el sistema Alberta Vegetation Inventory (AVI) ha generado un índice para "mapear" bosques, con dimensiones de dos hectáreas.⁷ Este nivel de detalle del estrato no se considera apropiado para datos de satélite.³ Las bases

* Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, FCF-UANL.

** Escuela de Matemáticas, UJED.

*** Facultad de Agronomía, UANL.

**** Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, luevano@ujed.mx

para la clasificación de imágenes de sensores remotos son la determinación de la respuesta espectral de los diferentes elementos o clases contenidos en la cobertura del suelo a partir del número digital (DN) de las bandas, así el índice de vegetación procede de la relación entre la reflectividad del infrarrojo cercano y el rojo, que da una medida del vigor de la cubierta vegetal. Un ancho de banda inadecuado o la elección incorrecta del número y posición de las bandas conduce a resultados pobres de la imagen empleada, que debe hacer una discriminación de la cobertura en cada píxel, al aplicar los índices tales como: NDVI, el SAVI, ARVI, éstos tienen como finalidad analizar la vegetación, para ello se han empleado bandas que leen en el visible de 0.4 a 0.7, μm B1, B2 y B3 y el rojo de 0.7 a 0.9, μm B4, del espectro magnético en Landsat, diversos estudios han demostrado que cada uno de estos índices tiene dificultad para mostrar los valores pequeños. El índice más usado es el NDVI cuyo rango es de -1 a +1 (índice de vegetación de diferencia normalizado), midiendo el verdor de la hoja, este índice se obtiene a partir de las bandas 3 y 4 para Landsat ETM+, que hasta la fecha se aplican en el análisis de la vegetación, determinado por la fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{P_{i,IRC} - R_{i,R}}{P_{i,IRC} + R_{i,R}}$$

donde $P_{i,IRC}$ y $R_{i,R}$ indican las reflectividades del píxel i en la banda del infrarrojo cercano y del rojo.

El valor del NDVI produce resultados con una valoración relativa y se considera que cuanto más positivo sea el valor, mayor vigor vegetal presenta la zona observada. Con la finalidad de evitar los valores negativos o muy pequeños, se han asignado constantes,⁸ de tal forma que los valores obtenidos de imágenes Landsat o Spot, con valores de NDVI inferiores a 0.5, tienen un error mayor y se aplica una corrección que haga equivalente el cálculo con DN, a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{R_{IRC} - 0.801g R_{RI}}{R_{IRC} + 0.801g R_{RI}}$$

Otro autor considera que el resultado puede conducir a problemas de interpretación mayores⁹ y se propone un $\text{NDVI}^* = (\text{NDVI} + 1) * 125$, considerando que NDVI original varía de -1 a +1, al sumarle +1 elimina valores negativos y multiplicarlo por 125 se expande el rango de 0 a 250 de lectura en la imagen generada, normalmente su lectura es de 0 a 255 DN.

Con la finalidad de que NDVI se interprete mejor, se ha propuesto que se le adicione uno para que el promedio usado pueda obviar los valores negativos y el resultado es multiplicado por una constante para usar los valores de 8-bit, 256 en el gris de la imagen, y se desarrolla la siguiente modificación¹⁰ para el índice de vegetación:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{R})}{[(\text{NIR} + \text{R}) + 1] * 128}$$

Una clasificación típica de la vegetación es usar métodos supervisados o no supervisados con la imagen de las bandas.^{11,12} Un método supervisado incluye el entrenamiento para la obtención de datos y la definición de las clases de cobertura del suelo, mediante un estudio previo del área,¹³ el no supervisado sólo emplea algoritmos estadísticos para dividir una imagen dentro de un número de bloques espectrales, basados en el agrupamiento natural que presentan los datos y el parámetro para conducir la clasificación.^{14,15}

En un estudio de las bandas¹⁶ TM5/TM4 se determinó el cociente para aislar las cubiertas vegetales de la roca desnuda. Por otro lado, con el cociente obtenido¹⁷ de la combinación de las bandas TM5/TM4 y TM7/TM4, se evaluó el daño en bosques de coníferas, se diferenció el bosque deciduo, el suelo desnudo, rocas y agua, permitiendo con ello identificar la vegetación verde de coníferas y los daños o mortalidad que ocurre en las regiones de alta montaña.

Debido a la complejidad para la comprensión del valor digital obtenido de imágenes satelitales, de los diversos índices utilizados, en el presente estudio se propone un nuevo algoritmo que se espera elimine esa dificultad o la minimice, el índice Ka, el cual ha sido desarrollado por Roberto Luévano Escobedo y Karla Olimpia Luévano de la

Cruz, en 2003, para el análisis de los componentes de la superficie terrestre, cuya base fundamental es a través del valor digital de la imagen, que es la información base de los sensores remotos. En este análisis, y como estudio de caso, se trabaja solamente con las coníferas, obteniéndose con esto los primeros valores o firmas espectrales de este grupo biológico.

Objetivos

- Conocer la relación del valor espectral de coníferas con el NDVI y el índice Ka
- Determinar el valor o firma espectral de las especies de coníferas
- Determinar, por medio del índice Ka , el cambio de la cubierta vegetal en el área de estudio entre la escena del año 2000 y 2004.

Métodos

Descripción del área de estudio

El área estudiada se localiza en el municipio de Pueblo Nuevo, Dgo., a 100 km al sur de la ciudad de Durango 23°22'15" y 23°29'50" de latitud Norte y los meridianos 104°48'45" y los 104°53' de longitud Oeste (carta topográfica F13-b-31 del INEGI), con una superficie de 5068 ha, dentro de la provincia denominada Sierra Madre Occidental y subprovincia de Grandes Mesetas y Cañones Duranguenses. La altura media de la zona de estudio es de 2700 msnm; el tipo de suelo dominante es regosol (Eútrico) asociado con litosol y cambisol con textura media, cubriendo el 88%, litosol asociado a regosol de textura media, cubriendo el 5% y el cambisol con un 7%. El clima, con base en la clasificación de Koeppen,¹⁸ es de dos tipos C (E) (W2), tipo semifrío, subhúmedos con lluvias en verano y C (W2): templado subhúmedo con lluvias en verano. Vientos todo el año, con dirección S, SO, SE, temperatura media anual de 11.2°C, máxima de 24.4°C y mínima de -1.8°C, y con precipitación media anual de 80.8 cm.¹⁹

Método de análisis en campo y laboratorio

Se utilizaron los datos del inventario cuantitativo de las especies de coníferas²⁰ (tabla I) obtenidas mediante un muestreo simple aleatorio en unidades muestrales de dimensiones de 100 x 100 m, analizando a 20 de ellas, mismas que se georreferenciaron en campo con GPS; con esta información se ubicaron en la imagen satelital, en el laboratorio de teledetección de la Facultad de Agronomía, se determinaron sus valores espectrales, en las seis bandas de la toma correspondiente al año 2000 y de las siete bandas de la toma de 2004, del sensor ETM+7 del Satélite Landsat, de fecha del 19 de marzo, respectivamente; determinando inicialmente el valor digital de cada unidad para cada banda, y saber cuál banda es la que mejor representa la vegetación analizada.

La determinación espectral se realizó por medio del índice de vegetación normalizado NDVI, y su valor se obtuvo con la combinación de las bandas que regularmente se usan para medir este índice y para poder contrastar su resultado con la combinación de la banda TM5; por ser la más adecuada para esta vegetación, la fórmula es:

$$NDVI = (TM3 - TM4) / (TM3 + TM4) \text{ y } (TM4 - TM5) / (TM4 + TM5).$$

Tabla I. Listado de especies de coníferas.

Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Pinus edulis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus quadrilob</i>	0	30	90	0	7	17	1	2	4	10	15	5	10	1	4	0	7	0	19	18
<i>Pinus scopul</i>	0	0	50	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus strobilacea</i>	55	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus discolor</i>	0	70	20	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus durangensis</i>	20	10	120	0	13	137	67	37	0	3	0	0	0	0	2	0	0	36	5	6
<i>Pinus encyp</i>	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
<i>Pinus hartwegii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus leiophylla</i>	65	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
<i>Pinus lambertiana</i>	0	22	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Podocarpus neriifolia</i>	0	0	0	0	50	0	0	0	72	17	26	0	32	2	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus molloyana</i>	30	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus monophylla</i>	0	30	02	15	10	53	43	50	0	56	95	194	0	10	136	0	14	35	56	37
No de individuos	196	187	369	17	134	209	131	115	116	340	144	120	40	24	123	101	21	73	82	67
No de especies	6	6	8	2	5	5	2	6	4	5	4	4	3	5	3	2	2	4	4	4

A fin de establecer que el índice *Ka* utilizado en el análisis de la vegetación proporciona mejor información que NDVI, se aplicaron las mismas bandas y sus valores digitales, que al combinarse con la vegetación generan el valor espectral de cada unidad muestral, relacionado con la densidad poblacional. El índice *Ka* se define como el valor espectral o reflexión de la cobertura de la superficie analizada, relacionada con la densidad de los componentes presentes en la unidad muestral.

El píxel analizado en la imagen tiene una dimensión de 30x30m, y se analizaron 110 de éstos para cada unidad muestral, siendo el equivalente a una ha.

Valor espectral de cobertura superficial y su relación con las coníferas analizadas

El valor espectral se determinó con el índice *Ka*, este índice se sitúa en un valor de 0 a 5. El valor espectral de cero corresponde a la mayor cobertura o densidad del componente. El valor espectral de cinco se refiere a la menor cobertura o densidad del componente analizado. El valor espectral de *Ka* permitió medir la relación con las especies de coníferas, se considera que a mayor valor espectral menor cobertura vegetal, el índice se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice Ka} = \frac{VD_b}{(Spi)(E_n)} \quad i=1, \dots, n \quad (1)$$

donde *Ka* es el valor espectral de la densidad de los componentes en el píxel de la imagen (ejemplo: vegetación, suelo desnudo, rocas, agua, nubes etc.); *i* es el número de sitios o unidades muestrales analizadas; *VD_b* es el valor digital de la banda satelital utilizada, o la combinación de éstas; *E_n* corresponde al total de las especies presentes en la unidad muestral analizada y *Spi* es la suma de los individuos de todas las especies en la unidad muestral.

Valor o firma espectral de las especies

La determinación del valor o firma espectral de los diferentes componentes dentro de la unidad muestral se obtiene a partir del valor que adquiere *V_{s_i}*,

que se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{s_i} = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^n (K a * m)_i \right\}_i}{It_i} \quad (2)$$

donde *V_{s_i}* es el valor o firma espectral de la especie; *m* es el número de individuos de la especie *s* en la unidad *i*; *It_s* es el número total de individuos de la especie *s* de todas las unidades analizadas; *i* es el número de unidades analizadas y *s* representa la especie seleccionada.

Como se ha mencionado en este estudio, las unidades muestrales (UM) arrojan una abundancia de las especies del género *Pinus*. La imagen se georreferenció mediante la carta topográfica y vegetación del INEGI F13-B31, para cada banda por medio de sus coordenadas, las que previamente se determinaron. El programa utilizado para el análisis de las imágenes satelitales fue el Ilwis Ver 3.0.

Resultados y discusión

Para conocer la relación de coníferas con el NDVI, se generaron las imágenes con las bandas TM3, TM4, además de la combinación con la banda TM5²¹ (figuras 1 y 2), se puede observar que los valores generados por este índice, independiente a la banda empleada, no permiten analizar si existe relación con la vegetación o con otro elemento de la superficie terrestre.

Con el índice *Ka* (figuras 3 y 4), se obtiene un alto grado de relación, entre lo que representa la imagen (figura 7) y los datos de campo. El uso de estas bandas con este índice, a diferencia de NDVI, mantiene su resultado y la variación sólo obedece a que la banda TM5 es más específica para coníferas, por lo que éstas representan una excelente relación.

Se está buscando la mejor forma de identificar los componentes de la superficie terrestre, aplicando imágenes de alta resolución, sin embargo, el costo es limitante, y ha sido difícil encontrar el algoritmo que separe adecuadamente cada componente superficial; destaca la revisión que hacen en este sentido un grupo de investigadores.²² Sin lograr aún tal cometido, con el índice *Ka*, aparte de resolver esta problemática de diferenciar adecua-

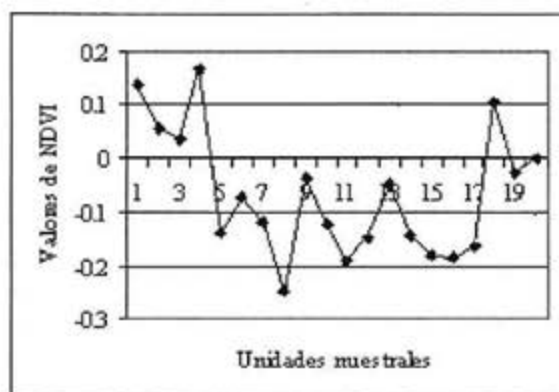


Fig. 1. Las coníferas cuantificadas no tienen relación con los valores de NDVI, a partir de las bandas TM3 y TM4 (ver tabla I).

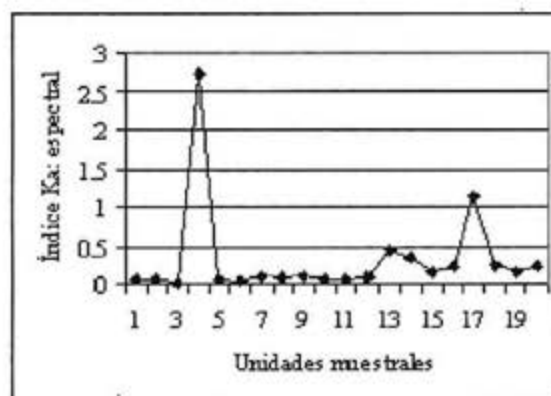


Fig. 3. Los valores de Ka están relacionados con las coníferas analizadas, imagen de las bandas TM3 y TM4 (ver tabla I).

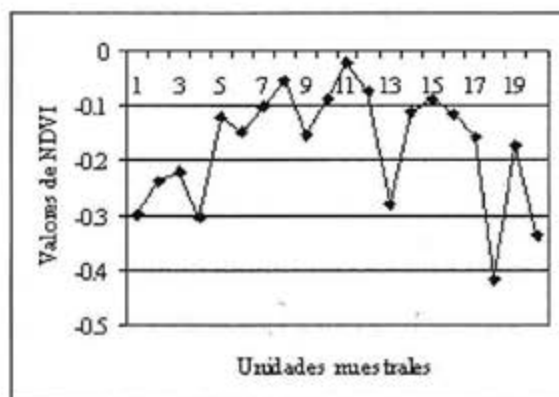


Fig. 2. En los valores de NDVI, con las bandas TM4 y TM5, el índice no tiene relación con la vegetación, independiente a la banda empleada.

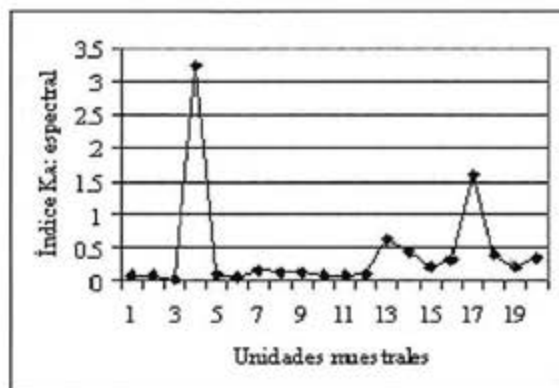


Fig. 4. Valor Ka con las bandas TM4 y TM5, obsérvese la relación con la vegetación, vegetación analizada (ver tabla I).

damente los elementos del paisaje, se pueden identificar variaciones, por mínimas que se presenten, en grandes masas forestales o pequeñas áreas, de tal forma que los aprovechamientos forestales y el impacto o cambio, después de un incendio, se puede medir de un período a otro, como se observa en las figuras 5 y 6, a partir de las imágenes generadas en falso color para ambos años. Obsérvese que en tan sólo cuatro años existe un incremento en Ka en casi todas las unidades analizadas (figura 7), este cambio refleja el efecto de los aprovechamientos forestales, por lo que habrá que cuidar los modelos que se están usando, esto porque, más que permitir el crecimiento sin competencia, trae consigo daños en el sistema.

Aplicando los datos espectrales generados por el índice Ka, se determinó el valor o la firma espectral de las diferentes especies analizadas, por lo que ello permitirá realizar estudios de diversidad por medio de imágenes satelitales, a medida que se incremente el banco de firmas espectrales.

Conclusiones

- La banda que mejor representan las coníferas es la 356.
- El NDVI no genera información confiable sobre las condiciones de la vegetación, mucho menos permite diferenciarla.



Fig. 5. Unidades muestrales de la imagen en falso color de la banda 356, de 2000.

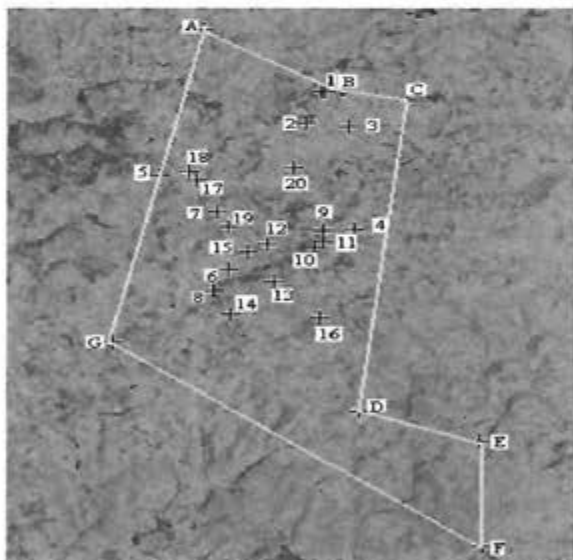


Fig. 6. Unidades muestrales de la imagen en falso color de la banda 356, de 2004.

- c) El índice Ka refleja con claridad la cobertura del suelo, asimismo, permite determinar los cambios en análisis temporales.
- d) A partir del valor Ka es posible obtener el va-

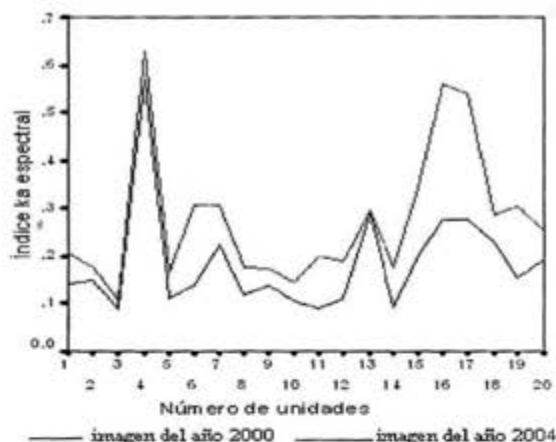


Fig. 7. Cambios espectrales de la cubierta vegetal obtenidos a través del índice Ka a partir de los valores digitales.

lor o firma espectral de las especies.

- e) El índice Ka abre la puerta para un nuevo concepto de análisis a través de la teledetección.
- f) Se podrá aplicar en diferentes resoluciones espaciales con resultados altamente coherentes e identificar cambios por mínimos que ocurran.

Resumen

El cambio del paisaje de la superficie terrestre, su composición y estructura, ocurrido por causas diversas, ha estado en la mira de toda la humanidad. Se han desarrollado diversas formas para entenderlos y la sensoría remota es lo más reciente y novedoso para tener un conocimiento rápido de grandes extensiones. En este estudio se ha desarrollado un nuevo algoritmo para medir estos cambios, así como para identificar valores espectrales de especies de coníferas, utilizando imágenes del satélite Landsat7 ETM+. Los resultados muestran un gran potencial del índice Ka para detectar los diferentes componentes superficiales y su variabilidad debido a efectos naturales o antropológicos, etc.

Palabras clave: Índice Ka , Coníferas, Sensoría remota, Índice de vegetación espectral.

Abstract

The change in the landscape of the terrestrial surface, its composition, and its structure, caused by many factors, has been in the aim of all humanity. Diverse forms have been developed in order to understand them, the sensory remote being the most recent and novel thing in acquiring fast knowledge of large extensions. In this study a new algorithm has been developed to measure these changes, as well as to identify ghastry values of coniferous species using images of the satellite Landsat7 ETM+. The results show a great potential of the Ka index in detecting the different superficial components and its variability due to natural effects or due to man.

Keywords: Coniferous, Models, Remote sensing, Index of vegetation Ka.

Agradecimientos

Al Cocytod de Durango y al Paycit-UANL, por su apoyo financiero para la realización de este estudio.

Referencias

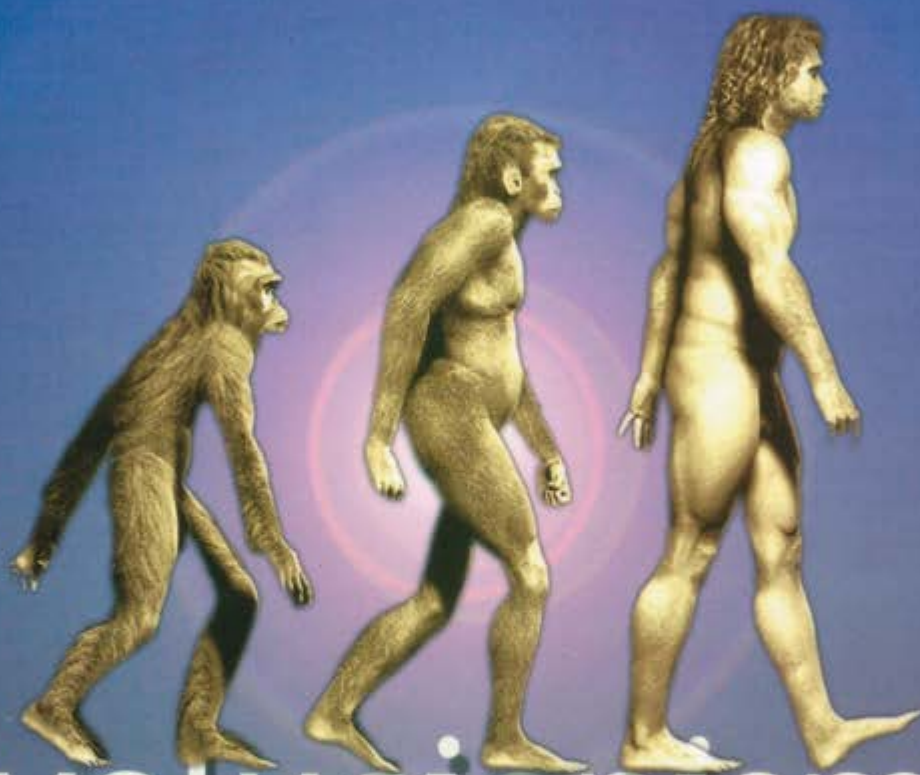
1. Navratil S., L. G. Brace, E. A. Sauder and S. Lux. (1994). Silvicultural and Harvesting Options to Favor Immature white Spruce and Aspen Regeneration in Boreal Mixedwoods. Information Report NOR-X-337. Canadian Forest Service Northern Forestry center, Edmonton, AB. 78 p.
2. Blackburn, G. A. and E. J. Milton (1995). Seasonal variations in the spectral reflectance of deciduous tree canopies. *Int. J. Remote Sens.* 16 (4): 709 - 720.
3. Hall R. J., Peddle. D. R. and Klita D. L. (2000). Mapping conifer understory within boreal mixedwoods from Landsat TM satellite imagery and forest inventory information. *The Forestry Chronicle*. Vol. 76. No 6. pp 887- 901.
4. Cortina V. Sergio., Macario M. Pedro, Ogneva H. Y. (1998). Cambios en el suelo y deforestación en sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas* No. 38, pp. 41-56.
5. Lieffers, V. J. and J. A. Beck (1994). A semi-natural approach to Mixedwoods Management in the prairie provinces. *For Chron.* 70 (3): 260-264.
6. Groot. A., D.W. Carlson. R.L. Fleming and J.E. Wood. (1997). Small Opening in Trembling Aspen Forest: Microclimate and Regeneration of White Spruce and Trembling Aspen NODA-/NFP Technical Report TR-47. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry centre Sault, Ste Marie. ON. 25 p.
7. Nesby, R. (1997). Alberta Vegetation Inventory Standards Manual, version 2.2. Alberta Environmental Protection, Edmonton, AB. 150 p.
8. Guyot, G. and Gu, X.F. (1994). Effect of radiometric corrections on NDVI determined from SPOT-HRV and Landsat- TM data *Remote Sensing of Environment*, vol 49, pp 169- 180.
9. Chuvieco E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones Rialp. S.A. Madrid. 568 pp.
10. Dagne, A., A. Dauphine, G. Escleyne, L. Gueron, L. Baudoin and M. Lenco (1990). Use of aerial and satellite-based remote sensing in multi-sensor, multi-date mode to study vegetation regeneration after fire. *Photo Interp* 5: 48-51.
11. Ayanz M. J. S. and G. S. Biging (1996). An iterative classification approach for mapping natural resources from satellite imagery. *Int. J. Remote Sens.* 17(5): 957-981.
12. Wulder, M. (1998a). Optical remote- sensing techniques for the assessment of forest inventory and biophysical parameters. *Progress in Physical Geography* 22 (4): 449-476.
13. Mather, P. M. (1987). *Computer processing of Remotely-sensed Images*. John Wiley and Sons, New York .N.Y. 352 p.
14. Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer (1994). *Remote sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, Toronto, 750 p.
15. Cihlar, J. (2000). Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities. *Int. J. Remote Sens* 21 (6/7): 1093-

- 1114p.
16. Podwysocki, M. H., Power, M. S. y Jones, O.D. (1985). Preliminary evaluation of the Landsat-4 Thematic Mapper data for mineral exploration, en *The Earth's Surface Studied from Space*, Advances in Space Research (S.G. Ungar Ed.), Pergamon Press, Oxford, 13-20 pp.
17. Vogelmann, J. E. and Barrett N. Rock. (1998). Assessing Forest Damage in High-Elevation Coniferous Forests in Vermont and New Hampshire Using Thematic Mapper Data. *Remote Sensing of Environment* 24: 227-246.
18. García E. (1978). Los climas de México, UNAM. 160 pp.
19. Cuévano E. R., Martínez, A. G., Olivares i.e., De Lira, R. G. Rodríguez F. H, and Ritter O. W. (2000 otoño). Determinación de la variación climática en las Bayas: municipio de Pueblo Nuevo, Dgo. México. Memorias de seminarios otoño, Fac. Agronomía, UANL. 1-9.
20. Luévano E. R., Martínez, A. G., Olivares S. E., De Lira, R. G. Rodríguez F. H, and Ritter O. W. (2001 autumn). Las especies de pinos de las Bayas: municipio de Pueblo Nuevo, Dgo. México. Memorias de seminarios otoño, Fac. Agronomía, UANL. 31-35.
21. García M. R. Pérez G. M. E. (2001). Discriminación de gypsoles mediante el sensor ETM+ del Satélite Landsat - 7. *Edafología*, Vol 8 (3)/ 25, PP 25-36.
22. Henny M., Cutler M., Fairbairn and Thomson Gillian (2004). *Global Ecology and Biogeography*, (Global Ecol. Biogeogr.)(2004) 13, 359-369.

Recepción: 10 de febrero de 2005

Aceptación: 20 de octubre de 2005





evolucionismo y creacionismo





Efecto de la variación de la densidad del aire en la temperatura bajo condiciones de invernadero

JAVIER LEAL IGA *, EFRAÍN ALCORTA GARCÍA**, HUMBERTO RODRÍGUEZ FUENTES***

El cambio de clima global que experimenta nuestro planeta propicia el desequilibrio de las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de cultivos.¹ En general, los cultivos a cielo abierto se ven amenazados por variaciones atípicas en los valores de temperatura; así como por la falta o exceso de agua de lluvia, entre otras cosas. Una forma de enfrentar el problema ocasionado por estos cambios es la utilización de invernaderos. De esta manera, un cultivo puede ser protegido de las condiciones ambientales extremas, además es posible llevar a cabo un control de los nutrientes. El uso eficiente de invernaderos, operando con un mínimo de energía, requiere de la aplicación de técnicas de control automático. La aplicación de la teoría de control maneja modelos matemáticos que describen las interacciones entre las diferentes variables. El punto de partida para un buen control es disponer de un buen modelo.

El presente trabajo consiste en la mejora de un modelo dinámico de clima para invernaderos existente en la literatura. La propuesta responde a la necesidad de incorporar el efecto de los cambios de la densidad del aire en la ecuación que modela la temperatura del aire dentro del invernadero. La idea es contar con un modelo del clima dentro del

invernadero más cercano a la realidad y utilizarlo, en el futuro, en un control más eficiente del clima.

Antecedentes

Uno de los primeros desarrollos formales de modelos dinámicos de clima en invernaderos se remonta a principios de los años 80, con los desarrollos seminales de Bot² y Udink ten Cate.³ En ambos modelos se consideran ecuaciones para la temperatura dentro del invernadero, e incluyen el efecto del calentamiento y la apertura de ventanas, considerando al invernadero como un perfecto tanque mezclado, en el cual las variables climáticas son uniformes. El modelo de Bot² maneja un número relativamente grande de variables de estado, debido a la consideración de diferentes capas del suelo. El modelo de Udink ten Cate³ trata el efecto de la radiación y el calor de absorción del cultivo por evaporación de una manera empírica, evitando la necesidad del pronóstico de la radiación de onda larga de la atmósfera. Este modelo se obtiene por linealización del proceso del clima en la vecindad

* Facultad de Ingeniería Civil, UANL. jlealiga@yahoo.com.mx

** Posgrado en Ingeniería Eléctrica, FIME-UANL. alcorta@ieee.org

*** Facultad de Agronomía, UANL. hrodrigu10@yahoo.com.mx

de un punto de trabajo y por la suposición de que es un proceso de primer orden.

En un desarrollo posterior, Tchamitchian *et al.*⁴ desprecian los tiempos muertos en el modelo de Udink ten Cate,³ y mediante suposiciones de trabajo simplifican la representación de la entrada de calor al invernadero. Van Henten⁵ incorpora al modelo cálculos más precisos de la respiración, transpiración y fotosíntesis, así como modelos mejorados para el intercambio de aire con el exterior. Frank Tap⁶ mejora el modelo, incluyendo el efecto de la humedad del aire dentro del invernadero, así como un modelado más preciso de la ventilación.

Takakura⁷ propuso otro modelo no lineal, que considera como estados a la temperatura de la cubierta, la temperatura del aire interior, piso y temperatura de la planta. Desde otro punto de vista, Nielsen y Madsen⁸ proponen un modelo lineal estocástico de tiempo continuo. En este caso la linealidad limita su aplicación. Más recientemente, Ferreira y Ruano⁹ desarrollan un modelo basado en redes neuronales artificiales, mismo que, si bien reproduce el comportamiento del clima en un invernadero, deja poca interpretación física de las interacciones de las variables dentro del invernadero.

Cabe mencionar que en los casos mencionados anteriormente, se considera siempre la densidad del aire constante. De aquí surge la motivación de considerar variaciones de la densidad del aire y su efecto en el cálculo de la temperatura de éste dentro del invernadero, buscando mejorar el cálculo de la temperatura y con esto todas las variables climáticas del invernadero.

Modelo dinámico del clima en invernaderos

El punto de partida de este trabajo es el modelo propuesto por Tap,⁶ el cual es uno de los más completos disponibles en la literatura, y ha demostrado su utilidad en el control de condiciones climáticas en invernaderos.⁴

El modelo consiste de cuatro ecuaciones diferenciales: temperatura del aire $T_g(t)$, y del suelo $T_s(t)$, humedad $V_i(t)$, y concentración de CO_2 , $C_i(t)$ (ver la figura 1).

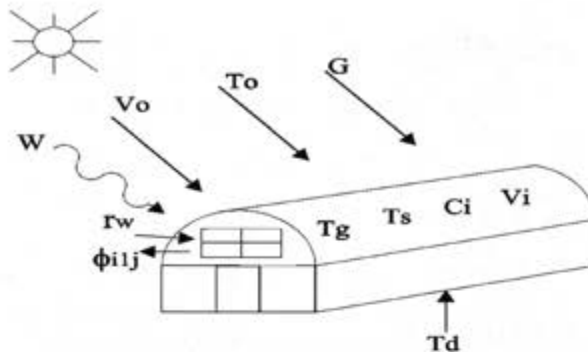


Fig. 1. Variables del invernadero.

La descripción de todas las variables de las ecuaciones puede ser encontrada en el apéndice A y en Leal-Iga *et al.*⁹

Cada ecuación es como sigue:

Temperatura del aire dentro del invernadero: La ecuación de temperatura del aire considera el efecto debido a las siguientes influencias: el intercambio de calor entre el exterior y el interior del invernadero, entre el suelo y el aire dentro del invernadero, entre el aire interior y la tubería del sistema de calentamiento, entre el aire interior y el techo; la influencia de la radiación solar; la pérdida de calor por transpiración de la planta; la ganancia de calor por la condensación del vapor de agua en el techo. La correspondiente ecuación es:

$$C_s \frac{dT_g}{dt} = K_s(T_o - T_g) + \alpha(T_f - T_g) + K_r(T_o - T_g) + K_t(T_i - T_g) + \quad (1)$$

$$Z\eta G - \lambda E + \frac{\lambda}{\epsilon + 1} M_c$$

donde:

$$E = W_t \frac{qSm\eta G + r\rho c_p D_g g_b}{\lambda(S + \gamma(1 + \frac{g_b}{g}))}$$

$$D_g = a_1 e^{\frac{a_2 T_g}{1 + T_g}} - \Lambda(T_g + T_o) V_i$$

$$s = s_1 T_g^2 + s_2 T_g + s_3$$

$$g = g_1(1 - g_2 e^{-s_3 G}) e^{-s_4 C_i}$$

$$\lambda = L_1 - L_2 T_g$$

$$K_v = M_{Air} \cdot c_p \cdot \phi_v$$

$$M_c = \begin{cases} m_1 |T_g - T_c|^{m_2} (W_g - W_c^*) & W_g > W_c^* \\ 0 & W_g \leq W_c^* \end{cases} \quad (2)$$

$$W_c^* = \frac{\omega P_c^*}{P_{atm} - P_c^*}$$

$$P_c^* = a_1 e^{\frac{\omega_1 T_c}{T_c + T_0}}$$

$$T_c = \frac{\varepsilon}{\varepsilon + 1} T_o + \frac{1}{\varepsilon} T_g$$

$$W_g = \frac{\omega P_g}{P_{atm} - P_g}$$

$$P_g = \Lambda(T_g + T_o) V_i$$

Hay que hacer notar que, en esta ecuación, la densidad del aire M_{air} es considerada constante, suposición que no se ajusta a la realidad y es tema central de este trabajo.

Temperatura del suelo dentro del invernadero: La ecuación diferencial considera el intercambio de calor entre el aire interior del invernadero y el suelo, y el intercambio entre el suelo superficial y el suelo profundo. La ecuación correspondiente es:

$$C_s \frac{dT_s}{dt} = -K_s(T_s - T_g) + K_d(T_d - T_s) \quad (3)$$

Concentración de CO₂: La ecuación diferencial de CO₂ está formada por el balance de masa entre el CO₂ del interior y el exterior; el flujo de inyección de CO₂; la fotosíntesis del cultivo y el CO₂ contribuido por la respiración. La ecuación correspondiente es:

$$\frac{V_g}{A_g} \frac{dC_i}{dt} = \Phi_v(C_o - C_i) + \phi_{inj} + R - \mu P \quad (4)$$

Donde:

$$\phi_v = k + \phi W + v W r_w$$

$$R = \frac{M_{CO_2}}{M_{CH_2O}} Q_{10}^{\frac{(T_g - 20)}{10}} \rho_r W_m$$

$$P_{max} = \tau_c C_{I,eff} \left[1 - \frac{(T_g - T_{min})(T_g - T_{max})}{\sqrt{(T_g - T_{min})^2 (T_g - T_{max})^2 + T_{cs}}} \right]$$

$$P = \frac{P_{max}}{K} \text{Log} \left[\frac{(1-m)P_{max} + \varepsilon_p K_p I}{(1-m)P_{max} + \varepsilon_p K_p I e^{-K_p I \Delta t}} \right]$$

Concentración de vapor de agua dentro del invernadero: La concentración de vapor de agua considera el efecto del balance de masa de la transpiración entre el interior y el exterior; además del efecto de la condensación. La ecuación correspondiente es:

$$\frac{V_g}{A_g} \frac{dV_i}{dt} = E - \Phi_v(V_i - V_o) - M_c \quad (5)$$

El significado de las variables, estados y parámetros pueden ser encontrados en el apéndice A y en Leal-Iga et al.⁹

Efecto de la variación de la densidad del aire

La densidad del aire M_{air} es definida como la división de la masa de las moléculas del aire entre el volumen que las contienen, medida como Kg/m³. Debido a la humedad, la masa de aire m_{air} se divide en dos partes:

- La masa de aire seco m_{seco}
 - La masa de vapor de agua m_{vapor_agua}
- Esto implica que la densidad del aire

$$M_{air} = \frac{m_{air}}{\text{Volumen}}$$

$$M_{air} = \frac{m_{seco}}{\text{Volumen}} + \frac{m_{vapor_agua}}{\text{Volumen}} \quad (6)$$

$$M_{air} = \gamma_o + \frac{V_i}{V_i}$$

donde γ_o es la densidad del aire seco, en Kg/m³ y representa la masa del aire seco por unidad de volumen a una temperatura específica de 20°C. Este valor se considerara constante. V_i es la concentración de humedad dentro del invernadero, en Kg/m³ y representa la masa de vapor de agua por unidad de volumen. Este valor cambia con el tiempo, calculada por la ecuación (5).

De esta manera, la densidad del aire M_{air} , considerando el efecto de la humedad, es evaluada como la variación de la concentración de vapor de agua, por medio de la ecuación (5). El resultado muestra

que es posible representar la densidad del aire como la suma de la densidad del aire seco y la del vapor de agua. Esto permitirá hacer un ajuste importante a las ecuaciones del modelo y en particular a la relacionada con la temperatura del aire dentro del invernadero.

Efecto en la ecuación de temperatura del invernadero: Al considerar como no-constante la densidad del aire, se ven afectados los siguientes términos:

a) Coeficiente de transferencia de calor por ventilación, K_v . La ecuación (2) resultaría:

$$K_v(t) = (\gamma_o + V_i(t))c_p\phi_v \quad (7)$$

b) Capacidad calorífica del aire dentro del invernadero, C_g . Este parámetro es calculado como:

$$C_g = M_{Air} \cdot c_p \cdot \frac{V_g}{A_g}$$

Aplicando la ecuación (6), resultaría:

$$C_g(t) = c_p \cdot h \cdot \gamma_o + C_H \cdot h \cdot V_i(t) \quad (8)$$

en la cual, el calor específico fue aplicado según corresponde para el término de aire seco y vapor de agua, respectivamente. Ahora la ecuación (8) será aplicada a la parte izquierda de la ecuación (1), resultando:

$$\frac{d}{dt}(C_g \cdot T_g) = \frac{d}{dt}[(c_p \cdot h \cdot \gamma_o + C_H \cdot h \cdot V_i] \cdot T_g$$

derivando y simplificando resultaría:

$$\frac{d}{dt}(C_g \cdot T_g) = h \cdot (c_p \cdot \gamma_o + C_H \cdot V_i) \cdot \frac{dT_g}{dt} + C_H \cdot T_g (E - \Phi_v(V_i - V_o) - M_c)$$

Ahora la ecuación (1) puede ser rescrita, considerando estas modificaciones, queda como:

$$\frac{dT_g}{dt} = \frac{1}{h \cdot (c_p \cdot \gamma_o + C_H \cdot V_i)} [K_v(T_o - T_g) + \alpha(T_p - T_g) + K_r(T_o - T_g) + K_s(T_s - T_g) + \eta G - \lambda E + \frac{\lambda}{\varepsilon + 1} M_c - C_H \cdot T_g (E - \Phi_v(V_i - V_o) - M_c)] \quad (9)$$

La ecuación (9) es una versión extendida de la ecuación (1), donde se incluyó el factor de la variación de la humedad.

Comparación vía simulación

El modelo propuesto es el mismo que el original (ecuaciones (1)-(5)), sustituyendo las correspondientes ecuaciones de (7) y (9). La idea es comparar el comportamiento dinámico de ambos modelos (el original tomado como base y el modificado por las ecuaciones (7) y (9)). Para realizar esto se construyeron los correspondientes modelos en *Simulink*.

Todos los parámetros y entradas se tomaron del trabajo de Tchamitchian⁴ y Tap.⁶ El tiempo de simulación fue de 72 horas (tres días).

Resultados de la simulación

Los resultados se pueden observar en las figuras 2 a 5. Nótese que la evolución de la temperatura del aire es muy diferente, aun y cuando los valores no son numéricamente diferentes. En el caso de la humedad, las variaciones no son demasiado significativas, como se puede apreciar en la figura 3. La temperatura del suelo también tiene un efecto por la variación en la densidad del aire.

El efecto más representativo se presentó en el resultado de la temperatura del aire dentro del invernadero, esto es claro por el hecho de que esta ecuación (9) fue la más afectada por la modificación para considerar la variación en la densidad del aire en el modelo.

La única variable que no se afecta por cambios en la densidad del aire es la concentración de CO_2 , como se observa en la figura 5.

El modelo aquí obtenido (9) es útil para cuando se requiere simular el clima dentro del invernadero con una mejor precisión al tomar en cuenta

las variaciones de densidad del aire por consecuencia de los cambios en la humedad, por ejemplo, cuando es requerido el uso de nebulizadores en climas cálidos para enfriamiento.

Nótese que para el cálculo con las ecuaciones del modelo modificado, considerando la densidad del aire como variable, no se requiere del parámetro C_g .

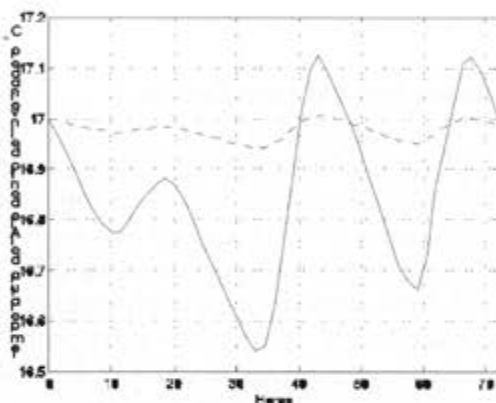


Fig. 2. Temperatura del aire dentro del invernadero en °C. La línea sólida es el resultado del modelo modificado.

Conclusiones

El trabajo pretende mejorar la modelación de las ecuaciones de temperatura de un invernadero. La estrategia consistió en quitar la restricción de trabajo que considera a la densidad de aire constante. Para realizar esta mejora se procedió a encontrar una representación adecuada de la densidad de aire variante en el tiempo en términos de la densidad del aire seco y de la humedad.

Una primera consecuencia al eliminar la restricción sobre la densidad del aire es que se aumenta la correspondencia del modelo con la realidad. Los cambios que se producen en la temperatura se pueden apreciar en las simulaciones presentadas en la sección anterior. La ecuación con la densidad del aire variante en el tiempo es mucho más sensible a las variaciones de las entradas al invernadero que el modelo original de Tap,⁶ cosa que corresponde también con la realidad.

Una ventaja adicional es que el proceso de cali-

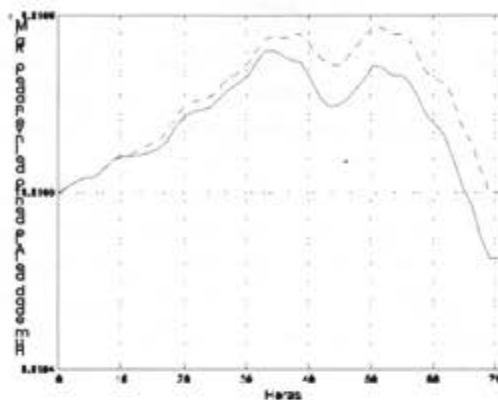


Fig. 3. Humedad del aire dentro del invernadero en Kg/m³. La línea sólida es el resultado del modelo modificado.

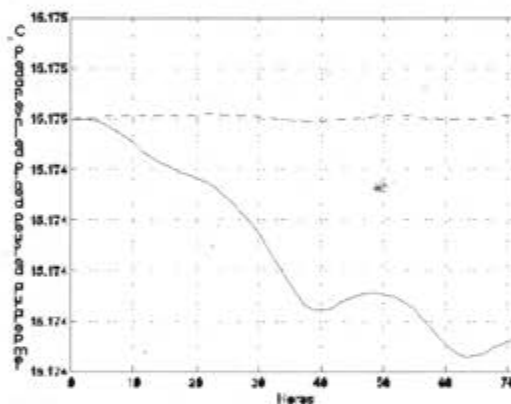


Fig. 4. Temperatura del suelo dentro del invernadero en °C. La línea sólida es el resultado del modelo modificado.

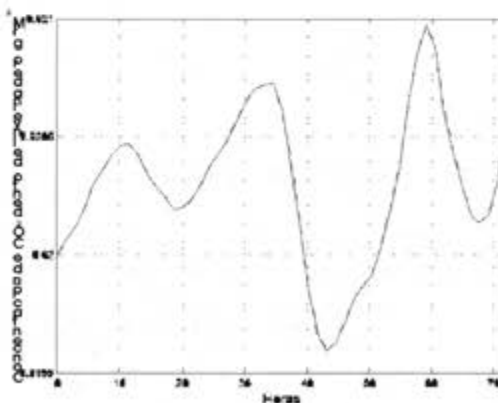


Fig. 5. Concentración de CO₂ dentro del invernadero en gr/m³. La línea sólida es el resultado del modelo modificado.

bración requerido en Tap⁶ no fue necesario. Lo cual nos indica que parte de la dinámica no modelada compensada por el proceso de calibración (selección de parámetros realizada para reducir el error de predicción del modelo) se incluye mediante el procedimiento realizado de consideración de densidad de aire variante en el tiempo. Esto también es un indicador de que la modelación propuesta es correcta.

Trabajos posteriores incluirán la validación del modelo con datos reales, así como la propuesta de una estrategia de control.

Resumen

Se presenta la modificación de un modelo de clima en invernadero para incluir el efecto de la variación en la densidad del aire, debido al cambio en la humedad. Dicho efecto es muy importante en la zona noreste de México, a la que corresponde Nuevo León, debido a que, por el clima extremoso cálido, es necesario el uso de nebulizadores como medio económico de enfriamiento, adicionando una considerable humedad al interior del invernadero, siendo necesario incluir dicho efecto en el modelo. El buen comportamiento de la modificación propuesta se muestra mediante simulaciones. Esto se aprecia en un comportamiento que explica mejor los cambios de temperatura durante el transcurso del día y, adicionando el hecho de que el modelo propuesto no requirió de ninguna calibración.

Palabras Clave: Clima en invernaderos, Densidad del aire, Modelado, Sistemas no-lineales.

Abstract

A modification of a greenhouse climate model in order to include the effect of air density variations due to humidity changes has been presented. This effect is very important in the northeast region of Mexico which includes the state of Nuevo Leon. Due to the extremely warm climate, it is often necessary to use humidifiers as an economically viable option for cooling the air, thus adding a considerable amount of humidity onto the greenhouse ef-

fect and making it necessary for us to include this effect in the model. The well behavior of the proposed model is shown through simulations. This behavior makes it possible to explain the temperature variation throughout the day. The proposed model did not require any calibration procedure.

Keywords: Greenhouse climate, Air density, Modeling, Nonlinear systems

Referencias

1. Rodríguez Loustau Melania, Influencia del cambio climático global sobre la producción agropecuaria Argentina, Revista de Ciencias Agrarias y Tecnología de los Alimentos Vol. 20-2002.
2. Bot G. Greenhouse Climate: from physical processes to a dynamic model, PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, 1983. p. 1-30.
3. Udink ten Cate A.J., Modeling and (adaptive) control of greenhouse climates, PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, 1983.
4. Tchamitchian M., van Willigenburg L.G., van Straten G., Short term dynamic optimal control of the greenhouse climate, Wageningen MRS report, 1992.
5. Van Henten, E.J. Greenhouse climate management: an optimal control approach, PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, 1994.
6. Tap F. Economics-based optimal control of greenhouse tomato crop production, PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, 2000.
7. Takakura, T, Climate Under cover, digital dynamic simulation in plant Bioengineering, Kluwer Academia Publisher, The Netherlands. 1993.
8. Nielsen, B. and H. Madsen. Identification of a linear continuous time stochastic model of the heat dynamic of a greenhouse. J. Agr. Eng. Res. 71, 1998. p. 249-256.
9. Ferreira, P.M., Ruano, Greenhouse Air Temperature Modeling with Radial Basis Function Neural Networks Workshop on

Manag., Ident. and Control of Agriculture Buildings, Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal. 2001.

10. Leal-Iga, J., Alcorta García, E. and Rodríguez Fuentes, H. Influence of air density variations in the climate of a greenhouse. In: 2nd IFAC symposium on system structure and control. Oaxaca, Mexico. 2004.

Apéndice A

Variables de estado

T_g Temperatura del aire en el invernadero, °C.

T_s Temperatura del suelo en el invernadero, °C.

C_i Concentración de CO₂ dentro del invernadero, g/m³.

V_i Vapor de agua dentro del invernadero, Kg/m³.

Entradas

T_o Temperatura aire exterior, °C.

T_p Temperatura tubería de calentamiento, °C.

G Radiación solar onda corta, watts/m².

C_o Concentración de CO₂ exterior, g/m³.

V_o Concentración de vapor de agua exterior, Kg/m³.

W Velocidad del viento, m/s.

Q_f Consumo de agua por nebulizadores, m³/s.

Parámetros

ϕ_{fan} =3.8, flujo de ventilación por extractores, m/s.

c_p =1010, calor específico del aire, J/Kg·°C.

C_g =32000, capacidad de calor del aire en el invernadero, J/Kg·°C.

C_s =120000, capacidad de calor del suelo del invernadero, J/Kg·°C.

C_H =2010, calor específico del vapor de agua, J/Kg·°C.

K_r =0.3349, transferencia de calor con el techo, Watts/°C·m².

K_s =5.75 transferencia de calor con el suelo, Watts/°C·m².

η =0.7, factor de conversión de radiación.

K_d =2, transferencia de calor de suelo a suelo, Watts/°C·m².

α =0, transferencia de calor con la tubería de calentador, Watts/°C·m².

Z =0.6, radiación solar efectiva por malla sombra.

T_d =17, temperatura del suelo profundo, °C.

V_g =4555.4, volumen del invernadero para Marín, m³.

A_g =1050, área del invernadero para Marín, m².

h =3, promedio de altura del invernadero para Holanda, m.

ϕ_{ig} =0, flujo de inyección de CO₂, g/s·m².

r_{wt} =100, rel. apertura de ventanas a sotavento.

r_{ww} =100, rel. apertura de ventanas a barlovento.

W_L =75, peso seco de follaje, g/m².

LAI =3, índice de área de follaje del cultivo.

W_m =0.17, peso seco del cultivo, KgCH₂O/m².

M_{Ar} =1.29, densidad del aire seco a 0 °C, Kg/m³.

γ_o =1.205, densidad del aire seco a 20 °C, Kg/m³.

ρ =998, masa específica del agua, Kg/m³.

P_{atm} =101.0, presión atmosférica del aire, kPa.

ω =0.622, razón de humedad.

q =0.01, radiación evaporación, m²/g.

r =0.01, déficit evaporación presión de vapor, m²/g.

n =0.098, parámetro de radiación.

g_b =10, conductancia límite de frontera, mm/s.

γ =0.067, constante psicometría aparente, kPa/°C.

ε =3, resistencia de calor de la cubierta entre int. y ext.

ε_1 =0.00018407, par. 1, presión de vapor agua satur., kPa/°C.

ε_2 =0.00097838, par. 2, presión de vapor agua satur., kPa/°C.

ε_3 =0.051492, par. 3, presión de vapor agua satur., kPa/°C.

Λ =0.46152, constante de presión, N/m²·°C.

α_1 =0.611, presión de vapor para saturación, kPa.

α_2 =17.27, presión de vapor para saturación.

$\alpha_3 = 239$, presión de vapor para saturación, °C.

$\zeta = 0.000027060$, parámetro de renovación de ventilación.

$\sigma = 0.000071708$, parámetro de renovación de ventilación, 1/%.

$\chi = 0.0156$, parámetro de renovación de ventilación, 1/%.

$\xi = 0.000063233$, parámetro de renovación de ventilación, 1/%.

$\psi = 0.000074$, parámetro de renovación de ventilación, m/s.

$L_1 = 2501$, coeficiente de energía de vaporización, J/g.

$L_2 = 2.381$, coeficiente de energía de vaporización, J/g oC.

$g_1 = 20.3$, conductancia del follaje, mm/s.

$g_2 = 0.44$, conductancia del follaje.

$g_3 = 0.0025$, conductancia del follaje, s m²/μmol.

$g_4 = 0.00031$, conductancia del follaje, m³/g.

$m_1 = 0.0010183$, Transferencia de masa, g/sm².

$m_2 = 0.33$, transferencia de masa.

$M_{CO_2} = 0.044$, masa molar del dióxido de carbono, Kg/mol.

$M_{CH_2O} = 0.03$, masa molar unitaria del glucido, Kg/mol.

$Q_{10} = 1.40$, respiración del cultivo.

$\rho_r = 1.2 \times 10^{-7}$, mantenimiento de la respiración, KgCH₂O/Kg.s.

$\tau_c = 0.0029$, eficiencia de CO₂ del follaje, m/s.

$T_{\phi} = 0.54$, amplitud del efecto de la temperatura, 1/°C.

$K_p = 0.58$, coeficiente de extinción de luz del cultivo.

$T_{min} = 7$, temperatura mínima para fotosíntesis, °C.

$T_{max} = 38.5$, temperatura máxima para fotosíntesis, °C.

$T_{cs} = 19840$, efecto de la temperatura por tersura, °C².

$\epsilon_p = 2.46 \times 10^{-9}$, eficiencia *quantum* de campo, KgCO₂/μmol.

$m = 0.10$, factor de transmisión de follaje.

Recibido: 15 de junio de 2005

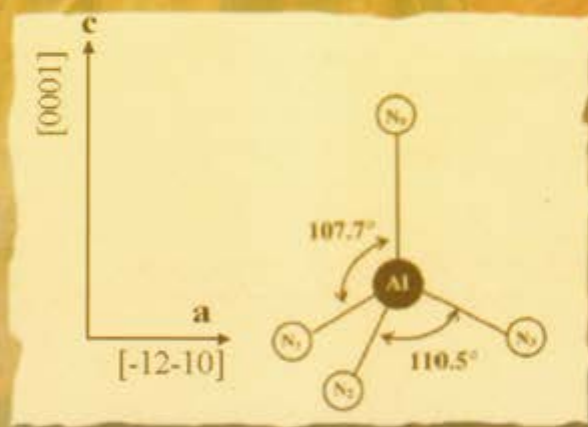
Aceptado: 12 de mayo de 2006



Foto: Dr. Hugo Bernal Barragán

CiENCiA UANL

Revista de difusión científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



Relaciones petrogenéticas
Otium romano
Ciencia mexicana

00

\$ 25.00

Volumen XII Número 1
Ene.-Mar. 2009
ISSN: 1405-9177

Indexada en:		Indice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias <small>Universidad Nacional Autónoma de México</small>	
Sistema Regional de Información en Ciencias Exactas, Físicas y Naturales <small>de América Latina, el Caribe, España y Portugal</small>		latindex	
reDalyC		FUNDACIÓN INDEX	
FUNDACIÓN		Catalago "HEMEROTECA LATINOAMERICA" HELA	
Fundación Ciencias de la Documentación		Dialnet	



Detección del virus Y de la papa variante ntn (PVY^{ntn}) mediante RT-PCR en plantaciones del estado de Nuevo León, México

CÉSAR ENRIQUE GUERRERO GÁMEZ*, HAZAEL GUTIÉRREZ MAULEÓN*, OMAR GUADALUPE ALVARADO GÓMEZ*, JOSUÉ LEOS MARTÍNEZ*, AURORA GARZA ZÚÑIGA*, LUIS ÁNGEL VILLARREAL GARCÍA*

En el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), uno de los más importantes de la república mexicana, la Confederación de Productores de Papa de México (CONAPAPA) reportó, en 2001, una superficie de 65,000 ha sembradas. De la inversión total, aproximadamente 17% (cerca de 85 millones de dólares americanos) se destina a la adquisición de tubérculo que se usará para semilla; por tal motivo, los daños o pérdidas que inciden directamente en la semilla son realmente desastrosos.¹

En Nuevo León se siembran alrededor de 3,867 ha de papa que representan una importante fuente de ingreso. El rendimiento promedio de la región es de 30 a 35 toneladas por hectárea, lo cual supera la media nacional, que es de 20 a 22 toneladas.²

Un factor importante que limita el rendimiento del cultivo es la ocurrencia de enfermedades: las de naturaleza viral limitan la introducción de semilla al país y producción de la papa, ya que disminuyen la calidad y el rendimiento del tubérculo que se utiliza para semilla y para consumo fresco o industria. Entre las enfermedades virales, el virus Y de la papa (PVY) es uno de los más frecuentes y problemáticos, ya que causa mosaicos severos en la planta, flacidez de las hojas y

grandes lesiones necróticas en las nervaduras, con pérdidas consecuentes que van de 10 a 80% del rendimiento.³⁻⁷

El ensayo de inmunoabsorción de enzimas ligadas (ELISA) es el método rutinario de diagnóstico de PVY. Además, con la utilización de anticuerpos monoclonales se pueden diferenciar algunas de las variantes de este virus. Sin embargo, la variante NTN, que recientemente se ha detectado en algunos países de Europa, no se ha podido diferenciar de la raza necrótica debido a la similitud de la cubierta proteica en ambas, por lo tanto, con la utilización de técnicas moleculares, como la RT-PCR, se ha distinguido la variante NTN de los otros miembros del grupo PVY-n.⁸⁻¹⁰

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue implementar la técnica RT-PCR para la detección de la variante NTN y determinar su ocurrencia en plantaciones comerciales de papa en Nuevo León.

Materiales y métodos

Se llevaron a cabo colectas de plantas de papa en tres lotes comerciales localizados en el ejido San Joaquín, Galeana, N.L., durante verano-otoño de 2004 y primavera-verano de 2005. En cada muestreo se tomaron, al zar, diez muestras de plantas

* Facultad de Agronomía de la UANL.

en desarrollo vegetativo. Todas las plantas colectadas pertenecían a la variedad Mondial. Al finalizar el ciclo de 2004 se colectaron tubérculos en la cosecha y se tomó una muestra al azar de 400. Los tejidos utilizados para la extracción de ácidos nucleicos fueron: folíolos, brotes y estolones de tubérculos. La obtención de RNA fue mediante el método comercial Trizol Reagent^{MR}, de la compañía Molecular Research Center, además del Chomczynski y Sacchi.¹¹ El método Trizol Reagent^{MR} consiste en lo siguiente: se pesaron de 100 a 200 mg de muestra y se adicionó 1 ml del reactivo Tri Reagent^{MR} en un mortero y se homogenizó con el pistilo; ya homogenizada la muestra se transfirió a un tubo de centrifuga de 1.5 ml, y se incubó a 5 min a temperatura ambiente; después se centrifugó a 12,000 rpm y se transfirió la fase acuosa a un tubo nuevo.

Posteriormente se agregaron 200 µl de cloroformo, se mezclaron en vórtex 15 seg y se incubaron de 2 a 3 min; luego se centrifugaron nuevamente a 12,000 rpm, durante 15 min, y se transfirieron de la fase acuosa a otro tubo nuevo.

Se precipitaron los ácidos nucleicos, con 500 µl de isopropanol frío, y se incubaron por 10 min a -20°C, se centrifugaron a 12,000 rpm por 10 min, se decantó y se agregó 1 ml de etanol frío a 70% para lavar el ácido nucleico, se mezcló con vórtex y centrifugándolo a 7,500 rpm durante 5 min, posteriormente se eliminó la fase acuosa.

Se dejó secar la pastilla por inversión y se resuspendió el ácido nucleico en 20-30 µl de agua tratada con dietilpirocarbonato (DEPC) incubando después a 55-60°C durante 10 min. Cuando el RNA no se utilizó inmediatamente, se almacenó a -20°C hasta su uso.¹²

Se evaluaron los iniciadores específicos para PVY^{NTN} descritos por Weilguny y Singh: antisentido 1, antisentido 3 y sentido 4, y los reportados por Moravec et al.: Mor 1, Mor 2 y Mor 3; además se utilizaron los iniciadores S4 y antisentido propuestos por Nie y Singh para diferenciar PVYN de las otras variantes (PVYC, PVY⁰).¹³⁻¹⁶

La reacción de RT-PCR se llevó a cabo en forma discontinua, en un volumen de 20 µl con los siguientes componentes: 8 µl de RNA total y 2 µl del iniciador antisentido, 4 µl de buffer de reverso transcripción 5X Promega^{MR} (200 mM Tris HCl pH 7.5, 30 mM MgCl₂ 10 mM spermidine, 50 mM NaCl) 2 µl dNTP's 10 mM (Promega MR), 0.125 µl de RNAsin (40 U/µl Promega^{MR}), 0.5 µl de M-MLV reverso transcriptasa de 200 U/µl (Promega^{MR}), 6.375 µl de agua. Para la PCR se preparó una mezcla de reacción a 25 µl, la cual contenía: 2.5 µl de buffer 10X (NH₄), 1 µl MgCl₂ 25 mM, 0.5 µl dNTP's 10 mM, 2.5 µl primer antisentido 3 (10 pmoles), 2.5 µl primer sentido 4 (10 pmoles), 0.25 µl Taq Polimerasa 5 U/µl y 12.75 µl de agua MiliQ estéril. Los programas térmicos utilizados fueron: 92-50-740C por 60-40-40 seg, por 34 ciclos para NTN y S4/Ant, además de 92-54-740C por 60-60-60 seg por 34 ciclos para los iniciadores Mor.¹⁷⁻¹⁸

Resultados y discusión

Al comparar los métodos se observó que ambos fueron eficientes para la extracción de ácido ribonucleico, aunque el método comercial a base de Trizol Reagent^{MR} mostró mayor concentración de RNA que el método de Chomczynski y Sacchi.¹¹ Se observó una mayor intensidad de las bandas, que corresponden a RNA obtenido de brote de tubérculo y foliolo (figura 1).

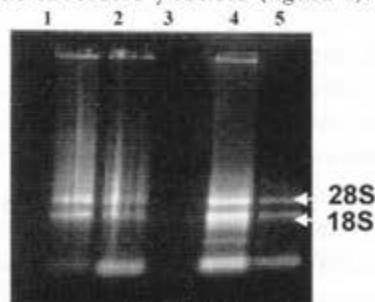


Fig. 1. Comparación de calidad de ácido ribonucleico en tejido vegetal mediante el método comercial Trizol Reagent^{MR}. RNA, obtenido a partir de brotes de tubérculo con el método de extracción comercial Trizol Reagent^{MR} carriles 1 y 4 hojas; 2 y 5 brotes de tubérculo. La flecha indica los ácidos ribonucleicos ribosomales 28S y 18S.

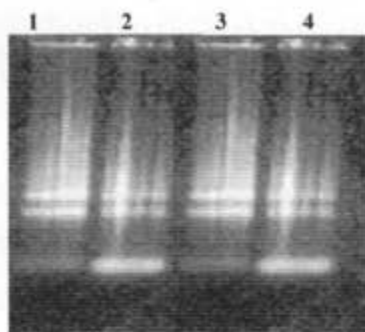


Fig. 2. Comparación de calidad de ácido ribonucleico en tejido vegetal mediante el método Chomczynski y Sacchi (1987). Carril 1-4 RNA Ribosomal.

En la figura 2, las bandas correspondientes al RNA ribosomal se observan con cierta degradación.

Con respecto a la calidad de RNA, al utilizar el método de Chomczynski y Sacchi,¹¹ se visualiza un barrido en el gel asociado con una degradación de ácidos nucleicos, a diferencia del método comercial (figura 1) donde las bandas de RNA presentan menos degradación.

Los juegos de iniciadores evaluados mostraron efectividad para la amplificación del cDNA del virus PVY,^{NTN} las amplificaciones que muestran son nítidas y con muy buena intensidad, los resultados de los iniciadores fueron muy consistentes y reproducibles.

Con el juego de iniciadores Anti1/Sen3 y Anti1/Sen4 se obtienen bandas de 388 a 416 pb, respectivamente, con el programa térmico 92-50-74°C por 60-40-40 seg por 34 ciclos (figura 3), los fragmentos esperados con el programa térmico utilizado fueron los adecuados.¹³

Al amplificar el cDNA, con los iniciadores Mor1/Mor2/Mor3, se observan dos bandas de diferente peso molecular: una a 334 pb y otra de 569 pb, y en esta última se observa más tenue, con el programa 92-54-74°C por 60-60-60 seg durante 34 ciclos (figura 4). Sin embargo, la detección del virus con estos iniciadores no solamente detecta la variante relacionada con el PTNRD, ya que éstos también detectan variantes y aislados que no son tan virulentos, debido a las recombinaciones que ha sufrido el virus en su genoma con

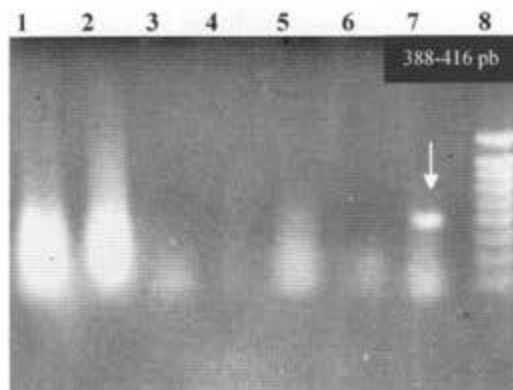


Fig. 3. RT-PCR con los iniciadores anti1/anti3/sen4. Carriles 1-6 muestras; carril 7 control positivo; carril 8 marcador de peso molecular Ladder 100.

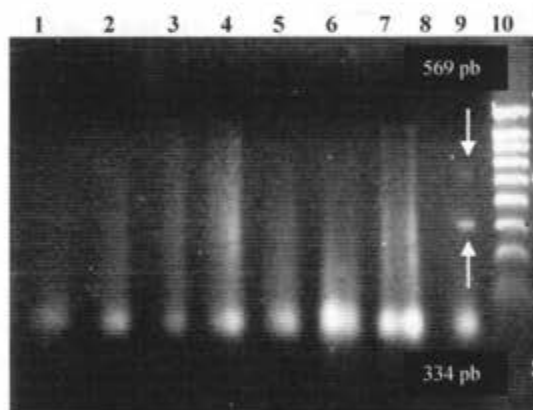


Fig. 4. RT-PCR con los iniciadores Mor1/Mor2/Mor3. Carriles del 1-7 muestras de problema, carril 8 control (-), carril 9 control (+), carril 10 Marcador de Peso Molecular Ladder 100.

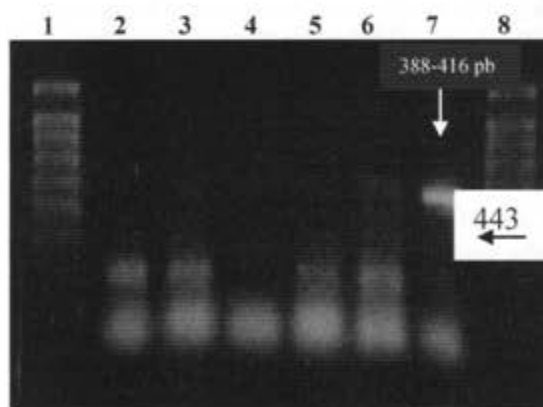


Fig. 5. RT-PCR con los iniciadores S4/Ant. Los carriles 1 y 8 marcador de peso molecular Ladder 100, carriles 2-5 muestras, carril 6 control (-), carril 7 control (+).

otras variantes del PVY y a que la diferencia entre la variante y los otros aislados de PVY es sólo en una base en la posición 8611 del genoma, donde el PVYNTN tiene una G en esta posición y los demás aislados tienen una A, siendo designados los iniciadores a la región de la cápside y a la región N1b del genoma del virus.^{14,20-21}

Para los iniciadores S4/Ant se obtiene una banda de 443 con el programa térmico 92-50-74°C por 60-40-40 seg por 34 ciclos, siendo éstos para la amplificación del PVYn (figura 5).

Con respecto a los resultados de incidencia del virus en la semilla de origen nacional, se evaluaron 40 submuestras que correspondían al lote 1, de las cuales se detectaron 10 submuestras positivas, donde cada submuestra estaba compuesta de diez tubérculos, con una incidencia de 25%. Las muestras positivas detectadas procedían de San Joaquín, Galeana, Nuevo León, de la variedad Mondial. Lo anterior representa uno de los primeros reportes de la ocurrencia de PVYn en Nuevo León, ya que existen reportes recientes sobre el mismo virus en semillas y plantaciones en Canadá, Japón y otros países.²²⁻²⁷

Conclusiones

Como resultado del trabajo experimental de campo, bodega y laboratorio se obtuvo un protocolo basado en la transcripción inversa y reacción en cadena de la polimerasa para una detección eficiente del virus Y de la papa variante NTN. Además, se determinó la incidencia de la variante n del virus Y en semilla nacional con las siguientes conclusiones específicas:

El método comercial Trizol Reagent es efectivo para la obtención de RNA. Los tres juegos de iniciadores utilizados Anti 1/Anti 3/Sen 4, y Mor 1/Mor 2/Mor 3 fueron efectivos en la detección del virus PVY^{nm}; la sensibilidad de la técnica para la detección de PVY^{nm} en muestras compuestas hasta por 25 tubérculos fue la esperada. De acuerdo con los análisis realizados, se estima que para el periodo 2004-2005 en las áreas muestreadas, el

porcentaje de incidencia del virus PVYⁿ en semilla de origen nacional fue de 25%.

Resumen

Para el diagnóstico del virus Y de la papa (PVY), se ha utilizado la técnica serológica ELISA, pero es imposible diferenciar la variante PVYNTN de la PVYn debido a la similitud entre éstas. El presente trabajo pretendió establecer una metodología eficiente para la detección del Potyvirus Y raza NTN, mediante la técnica RT-PCR, así como determinar la ocurrencia de esta enfermedad en cultivos comerciales en el estado de Nuevo León. Se emplearon diferentes primers (anti 1/ anti 3/ sen 4; Mor 1/ Mor 2/ Mor 3 y Antisentido/S4) donde el primer juego resultó homólogo a la región P1, y el segundo a la región N1a, N1b y el CP del genoma del virus. Como resultado de este experimento se desarrolló un protocolo confiable y efectivo para la detección y diferenciación de las variantes del virus Y de la papa (PVY). Los tres juegos de primers resultaron efectivos para la detección de la variante PVYNTN. Además, se determinó una incidencia de 25% de la variante PVYn en semilla de origen nacional.

Palabras clave: Solanum tuberosum, RT-PCR, PVYntn.

Abstract

The ELISA serologic technique has been utilized for the diagnostic of Potato virus Y (PVY), however it is impossible to differentiate the PVY^{NTN} from PVYⁿ strain due to the similarity between them. The present work intended to establish an efficient methodology for detection of Potyvirus Y strain NTN (PVY^{NTN}) by the RT-PCR technique, as well as determining the occurrence of this disease in commercial fields in the State of Nuevo Leon. Different primers (anti 1/ anti 3/ sen 4; Mor 1/ Mor 2/ Mor 3 and Antisense/S4) were used, where the first set was homologous to re-

gion P1 and the second to region NIa, Nib, and CP of the virus genome. As a result of this experiment, a reliable and effective protocol for reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) detection and strain differentiation of Potato virus Y (PVY) was developed. All three primer sets were effective for detecting PVY^{NTN}. Also, an incidence of about 25% of PVY-n strain was determined on national seeds.

Key words: *Solanum tuberosum*, RT-PCR, PVY^{NTN}.

Agradecimientos

Al Paicyt-UANL, por su apoyo financiero para la realización de este estudio.

Referencias

- Guerrero G., C.E. 2005. Detección del Virus Y de la papa y de la variante NTN (PVYNTN) mediante la Transcripción Reversa-Reacción en Cadena de la Polimerasa (RT-PCR) en cargamentos internacionales de papa y plantaciones comerciales del estado de Nuevo León. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N. L. 35 p.
- Barreiro P., M. 1998. La papa en México, un cultivo con potencialidad. Claridades Agropecuarias. No. 57: 3-5.
- Agrios G. N. 1996. Fitopatología. Segunda edición. Ed. Limusa. 838 p.
- Beczner, L., J. Horvarth, I. Romhanyi y H. Forster. 1984. Studies on the etiology of tuber necrotic ringspot disease in potato. Potato Res. 27: 339-352.
- De Bokx, J. A. 1972. Viruses of potato and seed potato production. Pudoc, Wageningen, Holland.
- Zúñiga L., L., Cadena H., M., Molina G., J. y Rivera P., A. 1999. Resistencia genética a los virus X y Y (PVX y PVY) de la papa. Agrociencia 33: 389-396.
- Salazar, L. F. 1995. Los virus de la papa y su control. Centro Internacional de la Papa. p. 256.
- Aloisi, R.M. 1979. Principles of immunodiagnosics. The C. V. Morby Co., Londres. Pág. 172.
- SAGARPA, Dirección General de Sanidad Vegetal, CNSA, Centro Nacional de Referencia de Diagnóstico Fitosanitario. Pp. 1-18.
- Salazar, L.F. 1979. Aplicación de la técnica serológica con conjugados enzimáticos (ELISA) para diagnosticar virus de la papa. Fitopatología 14-19.
- Chomczynski, P. and Sacchi, N. 1987. Single Step Method of RNA isolation by Acid Guanidinium Thiocyanate-Phenol-Chloroform Extraction. Analytical Biochemistry 162:156-159.
- Sambrook, J. and Russell. 2005. Molecular Cloning a Laboratory Manual. Vol. 2. Third Edition. Edit. CSHL-PRESS. Chapter 8.
- Weilguny, H. and Singh, R.P. 1998. Separation of Slovenian isolates of PVYntn from the North American isolates of PVYn by a 3-primer PCR. J. Virol. Methods. 71: 57-68.
- Moravec, T., Cerovsaká, N. and Boonham, N. 2003. The Detection of recombinant, tuber necrosing isolates of potato virus Y (PVYntn) using a three-primer PCR based in the coat protein gene. Journal of Virological Methods. 109: 63-68.
- Nie, X. and R.P. Singh. 2002. A new approach for the simultaneous differentiation of biological and geographical strains of Potato virus Y by uniplex and multiplex RT-PCR. J. Virol Methods 104:41-54.
- Singh, R.P, Singh, M., McDonald, J.G., 1998. Screening by a 3-primer PCR of North American PVYN isolates for European-type members of the tuber necrosis-inducing PVYNTN subgroup. Can. J. Plant Pathol. 20, 227-23.
- Henson, J.M. and French R. 1993. The Polymerase Chain Reaction and Plant Disease

- Diagnosis. *Annu. Rev. Phytopathology*. 31: 81-109.
18. Saiki, R.K., D.H. Geland, S. Toffel, S.J. Scharf, R. Higuchi, G.T. Horn, K.B. Mullis and H.A. Erlich. 1988. Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polimerasa. *Science* 239: 487-491.
19. Hernández de la Cruz M. 2004. Detección serológica y molecular del virus PVYn y PVYntn en *Solanum tuberosum* L. y hospedantes alternos en Jalisco, México. *Memorias del Congreso de Fitopatología*. Isla del Padre, Texas, EUA. Resumen L-99.
20. McDonald, J.G. and Singh, R.P., 1996. Host range, symptomology and serology of isolates of potato virus Y (PVY) that shared properties with both the PVYN and PVYO strain groups. *Am. Potato J.* 73, 309-315.
21. Ohshima, K., Sako, K., Hiraishi, C., Nakagawa, A., Matsuo, K., Ogawa, T., Shikata, E. and Sako, N. 2000. Potato Tuber Necrotic Ringspot Disease Occurring in Japan: Its Association with Potato Virus Y Necrotic Strain. *Plant Dis.* 84: 1109-1115.
22. Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO). 1988. Normas NAPPO sobre medidas fitosanitarias. Requisitos para la importación de papas hacia un país miembro de NAPPO. Ontario, Canadá. 28 p.
23. Ramírez Rodríguez, V. R. 2001. Detección del Virus PVYntn en Tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) Provenientes de Canadá, Mediante RT-PCR. *Memorias del Congreso Nacional de Fitopatología*, Querétaro, México. F-87.
24. Sing, R.P. 1992. Incidence of the tobacco veinal necrotic strain of potato virus Y (PVYn) in Canada in 1990 and 1991 scientific basis for eradication of disease. *Can. Plant Dis Surv.* 72: 113-119.
25. Van den Heuvel, J.F.J.M., Van der Vlugt, R.A.A., Verbeek, M., DeHaan, P.T., Huttinga, H., 1994. Characterization of a resistance-breaking isolate of potato virus Y causing potato tuber necrotic ringspot disease. *Eur. J. Plant Pathology*. 100, 347-356.
26. Weidemann, H.L. 1988. Importance and control of potato virus YN (PVYN) in seed potato production. *Potato Res.* 31, 85-94.
27. Weidemann, H. L. and Maiss, E., 1996. Detection of the potato tuber necrotic ringspot strain of potato virus Y (PVYNTN) by reverse transcription and immunocapture polymerase chain reaction. *J. Plant Dis. Protect.* 103, 337-345.

Recibido: 24 de agosto de 2007

Aceptado: 10 de enero de 2008



Foto: Dr. Hugo Bernal Barragán

Revista de difusión científica y tecnológica
Universidad Autónoma de Nuevo León

Borrego cimarrón
Ecuación cuadrática
Oferta laboral en México
Relaciones sexuales en parejas casadas



Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas

PERIÓDICA

re & alyc

LA VIBRÓTECA CIENTÍFICA EN LÍNEA

Sistema Regional de Información
en Línea para Revistas Científicas
de América Latina, el Caribe, España y Portugal

latindex

CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICA"


FIELD



INDEX

Fundación
Ciencias de la Documentación

e-revist@s

 Dialnet

\$ 25.00
 Volumen XIII Número 1
 Ene.-Mar. 2010
 ISSN: 1405-9177



Modelado del clima para un invernadero en Marín, Nuevo León, México

JAVIER LEAL IGA*, JUAN FCO. PISSANI ZÚÑIGA**

En este trabajo se presenta el modelado de clima para un invernadero ubicado en la zona del municipio de Marín, Nuevo León, México. Cada zona climática define las condiciones y elementos que se tienen en el invernadero. Por ejemplo, en climas fríos, como en Holanda, se requieren invernaderos de vidrio y sistemas de calentamiento; en climas extremos, como la zona de Marín, se requieren sistemas de enfriamiento como la malla sombra y los nebulizadores. Debido a que el modelo debe representar lo más fiel posible la realidad, cada modelo de invernadero debe elaborarse a la medida, debido a que las condiciones en cada zona climática son particulares.⁹ Motivados por esta necesidad, en este trabajo se realiza un modelado ajustado a las condiciones climáticas catalogadas como extremas¹ de un invernadero localizado en Marín, Nuevo León. Además se presenta la validación del modelo elaborado mediante simulación con datos obtenidos en un invernadero de la localidad.

Los invernaderos o cultivos protegidos procuran un clima independiente al que se encuentra en el exterior, adecuado al desarrollo de las plantas. Las características, equipamiento y forma de los invernaderos dependerán de qué tanta dife-

rencia haya entre el clima del exterior y el que requiera el cultivo en el interior. De tal manera que un invernadero en clima templado, como el de Almería, en España,² que cuenta con clima mediterráneo, le basta con un techo de plástico para cumplir con los requerimientos de la planta. Un invernadero localizado en clima frío, como el de Holanda,³ cuenta con sistemas de calefacción y estructuras térmicas con base en el uso del vidrio. Y un invernadero localizado en clima extremo cálido, como el de la zona de Marín, N.L.,¹ requiere de sistemas de enfriamiento como la malla sombra, nebulizadores y ventilación forzada. Debido a esto, los modelos de clima para invernaderos deben elaborarse explícitamente para cada zona donde se localicen, considerando todos los factores presentes. Para desarrollar el modelo ajustado al invernadero localizado en Nuevo León, se tomó como punto de partida el modelo elaborado por Tap F.,⁴ el cual es resultado de desarrollos previos propuestos por el grupo de investigación de la Universidad de Wageningen, en Holanda,^{5,6} al cual se le hicieron las modificaciones necesarias para considerar los efectos no modelados en el invernadero, porque correspon-

*Facultad de Ingeniería Civil, UANL. jlealiga@yahoo.com.mx

**Departamento de Ingeniería Agrícola Ambiental. Facultad de Agronomía UANL. jpissani@ccr.dsi.uanl.mx

de a un clima y equipamiento diferente. Si se desea aplicar algún proceso de control de clima es de suma importancia contar con un modelo ajustado a las condiciones que reales del invernadero.¹⁸ Para la modelación y validación se efectuaron mediciones de los datos climáticos de un invernadero localizado en Marín, zona climática del noreste de México, el cual se describe más adelante.

Modelo del clima en invernaderos tomado de base

El modelo que se tomó de base es el desarrollado por Tap F.⁴ Debe tomarse en cuenta que la propuesta de Tap F.⁴ es consecuencia de modelos previos propuestos por Udink Ten Cate⁵ y continuados con los de Tchamitchian, M.,⁶ en la Universidad de Wageningen, en Holanda. Así, el modelo propuesto por Tap F.⁴ se integra de cuatro ecuaciones diferenciales para las variables de estado: la temperatura del aire $T_g(t)$, temperatura del suelo $T_s(t)$, humedad del aire $V_i(t)$ y la concentración de CO_2 . La descripción de todas las variables de las ecuaciones puede encontrarse en J. Leal Iga.⁷

Temperatura del aire en el invernadero

La ecuación correspondiente es:

$$C_g \frac{dT_g}{dt} = K_s(T_o - T_g) + \alpha(T_p - T_g) + K_r(T_o - T_g) + K_s(T_s - T_g) + Z\eta G - \lambda E + \frac{\lambda}{\varepsilon + 1} M_c \quad (1)$$

La ecuación de la temperatura del aire (1) considera los intercambios de calor entre: el aire del interior con el exterior por la ventilación, el aire del interior del invernadero y la tubería del sistema de calentamiento, el aire del interior y la cubierta del invernadero, el aire interior y el suelo. Así como la influencia de la radiación solar, pérdida de calor por evaporación debido a la trans-

piración, entrada de calor debida a la condensación del vapor de agua en el techo.

Donde:

$$\begin{aligned} s &= s_1 T_g^2 + s_2 T_g + s_3 \\ g &= g_1 (1 - g_2 e^{-g_3 G}) e^{-g_4 C_i} \\ \lambda &= L_1 - L_2 T_g \\ K_v &= M_{Air} c_p \phi_v \\ T_c &= \frac{\varepsilon}{\varepsilon + 1} T_o + \frac{1}{\varepsilon} T_g \\ \phi_v &= \left(\frac{\sigma \cdot r_{w,i}}{1 + \chi \cdot r_{w,i}} + \zeta + \xi \cdot r_{w,w} \right) W + \psi \\ P_g &= \Lambda(T_g + T_o) V_i \\ W_c^* &= \frac{\omega P_c^*}{P_{atm} - P_c^*} \\ W_g &= \frac{\omega P_g}{P_{atm} - P_g} \\ P_c^* &= a_1 e^{\frac{a_2 T_c}{a_3 + T_c}} \\ E &= W_c \frac{q S \eta G + r \rho c_p D_g g_h}{\lambda(S + \gamma(1 + \frac{g_h}{g}))} \\ D_g &= a_1 e^{\frac{a_2 T_g}{a_3 + T_g}} - \Lambda(T_g + T_o) V_i \\ M_c &= \begin{cases} m_1 [T_g - T_c]^{m_2} (W_g - W_c^*) & W_g > W_c^* \\ 0 & W_g \leq W_c^* \end{cases} \end{aligned}$$

Temperatura del suelo en el invernadero

$$C_s \frac{dT_s}{dt} = -K_s(T_s - T_g) + K_d(T_d - T_s) \quad (2)$$

La ecuación diferencial del suelo considera el intercambio de calor entre el aire en el interior del invernadero y el suelo profundo; además del intercambio de calor entre el suelo superficial y el suelo profundo.

Concentración de vapor de agua en el invernadero

$$\frac{V_g}{A_g} \frac{dV_i}{dt} = E - \Phi_v(V_i - V_o) - M_c \quad (3)$$

Esta ecuación considera el efecto del balance de masa entre la transpiración del cultivo, la humedad del interior y el exterior, y resta la condensación en la cubierta.

Concentración de CO₂ dentro del invernadero

$$\frac{V_g}{A_g} \frac{dC_i}{dt} = \Phi_v(C_o - C_i) + \phi_{inj} + R - \mu P \quad (4)$$

Donde:

$$R = \frac{M_{CO_2}}{M_{CH_2O}} Q_{10}^{\frac{(T_g - 20)}{10}} \rho_r W_m$$

$$P_{max} = \tau_e C_i T_{eff} \left[1 - \frac{(T_g - T_{min})(T_g - T_{max})}{\sqrt{(T_g - T_{min})^2 (T_g - T_{max})^2 + T_{cs}}} \right]$$

$$P = \frac{P_{max}}{K} \log \left[\frac{(1-m)P_{max} + \epsilon_p K_p I}{(1-m)P_{max} + \epsilon_p K_p I e^{-K_p \cdot LAI}} \right]$$

La ecuación diferencial de CO₂ se forma por el balance de masa entre CO₂ interior y el exterior, el flujo de inyección de CO₂, la fotosíntesis del cultivo y el CO₂ adicionado por la respiración del cultivo.

Descripción del invernadero de Marín

Para el desarrollo del trabajo de investigación se aprovechó el invernadero de Marín, Nuevo León, México, ubicado a 25°43' latitud norte y 100°2' longitud oeste, con una elevación de 363 msnm. El clima del área es típicamente seco, semiseco y semicálido.¹ El invernadero se muestra en las figura 1, con 50 m de longitud, 21 m de ancho, 4.35 m de altura a la cumbre. La cubierta tiene una forma parabólica orientada a norte-sur. La

estructura es de tubos de acero galvanizado, cubierta de polipropileno en cuatro claros o espacios. Con cuatro nebulizadores, uno en cada claro, y ocho ventiladores interiores, uno en cada extremo de los claros. Además, cuenta con ventilas cenitales y laterales de plástico enrollables, equipadas con mallas antiinsectos, cuatro abanicos extractores en el muro norte que operan continuamente día y noche, debido a los requerimientos de enfriamiento este factor induce un efecto fuerte sobre los demás factores. Durante la investigación se cultivó tomate en el invernadero.



Fig. 1. Vista exterior invernadero (A); vista interior invernadero (B), Marín, N.L.

Efectos agregados al modelo tomado de base para ajustarlo a al invernadero de Marín, N.L.

Los efectos que fueron necesarios agregar al modelo de Tap F.⁴ para ajustarlo al invernadero de Marín, N.L., fueron:

1) Efecto de los nebulizadores

Este efecto se agregará a la ecuación de variación de humedad (3), de tal manera que quedaría como:

$$\frac{V_g}{A_g} \frac{dV_i}{dt} = E - \Phi_v(V_i - V_o) - M_c + Q \quad (5)$$

Donde:

$$Q = \begin{cases} \frac{\rho \cdot Q_f}{A_g} & \text{si } \left(\frac{2.16 \cdot P^*}{T_o + 273.15} V_i \right) > \rho \cdot Q_f \cdot dt \\ 0 & \text{si } \left(\frac{2.16 \cdot P^*}{T_o + 273.15} V_i \right) < \rho \cdot Q_f \cdot dt \end{cases}$$

Q es la humedad agregada por los nebulizadores, en $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$, Q_f es el consumo de agua por nebulizadores, en m^3/s , A_g es el área del invernadero, en m^2 , ρ es la masa específica del agua, en Kg/m^3 .

1) Ventilación forzada mediante abanicos en el muro

El efecto de la ventilación forzada provocada por los extractores se aplicará directamente al parámetro de ventilación ϕ_v . Resultando en:

$$\phi_v = \left(\frac{\sigma \cdot r_{wl}}{1 + \chi \cdot r_{wl}} + \zeta + \xi \cdot r_{ww} \right) W + \psi + \phi_{fan} \quad (6)$$

Donde ϕ_{fan} es el flujo de ventilación por extractores, m/s .

2) Malla sombra

La malla sombra provoca una disminución en la radiación solar que incide en el invernadero, de tal forma que se aplicará como:

$$Z\eta G \quad (7)$$

Donde: Z es la radiación solar efectiva por malla sombra, adim ; η es el parámetro de radiación y G la radiación solar, watts/m^2

3) Efecto de la variación de la densidad del aire debido a los cambios en la humedad

El punto inicial para este trabajo es el modelo tomado de Tap F.,⁴ en el cual la densidad del aire es considerada como constante. Este punto es importante, ya que en climas extremos calientes, como la zona de Marín, N.L., es común el uso de nebulizadores como medio de enfriamiento, agregando grandes cantidades de humedad al interior del invernadero.

Para tal efecto se tomó el trabajo elaborado por J. Leal Iga,⁷ donde se hacen las modificaciones necesarias para considerar la densidad del aire variante en el tiempo, y no constante como se tomó originalmente en Tap F.,⁴ aprovechando que se cuenta con la correspondiente ecuación diferen-

cial de la variación de humedad dentro del invernadero (3). Y afectó:

• Al coeficiente de capacidad de calor del aire en el invernadero $C_g = M_{Air} \cdot c_p \cdot h$ (8)

• así como al coeficiente de transferencia de calor por ventilación $K_v = M_{Air} \cdot c_p \cdot \phi_v$ (9)

En el desarrollo de J. Leal Iga⁷ se establece que la densidad del aire M_{Air} se define como la división de la masa de las moléculas que componen el aire m_{Air} entre el volumen que las contienen, medida como Kg/m^3 . Ahora, agrupa las moléculas en la correspondiente parte seca m_{seco} y parte húmeda m_{vapor_Agua} , quedaría como:

$$M_{Air} = \frac{m_{Air}}{\text{Volumen}} = \frac{m_{seco}}{\text{Volumen}} + \frac{m_{vapor_Agua}}{\text{Volumen}}$$

Así:

$$M_{Air}(t) = \gamma_o + V_i(t) \quad (10)$$

Donde:

γ_o es la densidad del aire seco en Kg/m^3 y representa la masa del aire seco por unidad de volumen a una temperatura específica de 20°C . Valor que se considerará constante; y $V_i(t)$ es la concentración de humedad dentro del invernadero, en Kg/m^3 , y representa la masa de vapor de agua por unidad de volumen. Valor que varía con el tiempo, calculado por la ecuación (3).

Aplicando la ecuación (10) en (8) y (9), quedarían como:

$$c_g \cdot \frac{dT_g}{dt} \Rightarrow \frac{d}{dt}(C_g \cdot T_g) = \frac{d}{dt}[(c_p \cdot h \cdot \gamma_o + C_H \cdot h \cdot V_i) \cdot T_g] \quad (11)$$

$$K_v(t) = [c_p \cdot \gamma_o + C_H \cdot V_i(t)] \phi_v \quad (12)$$

Da por resultado la siguiente ecuación al aplicar (11) en (1):

$$\begin{aligned} \frac{dT_g}{dt} = & \frac{1}{h \cdot (c_p \cdot \gamma_o + C_H \cdot V_i)} [K_v(T_o - T_g) + \alpha(T_p - T_g) + \\ & K_r(T_o - T_g) + K_s(T_s - T_g) + Z\eta G - \lambda E + \frac{\lambda}{\epsilon + 1} M_c - \\ & C_H \cdot T_g (E - \Phi_v(V_i - V_o) - M_c + Q)] \quad (13) \end{aligned}$$

De esta manera, el modelo modificado a las condiciones del invernadero de Marín N.L., obtenido en la presente investigación se expresa en las ecuaciones (2), (4), (5), (6), (12) y (13).

Validación del modelo modificado mediante comparación con las mediciones efectuadas en el invernadero de Marín, N.L.

1) Datos medidos en el invernadero de Marín N.L.

Las mediciones consistieron en colocar dos estaciones meteorológicas automáticas (modelo 540-A, Handar, U.S.), una en el interior y otra en el exterior del invernadero. En el exterior se midió: radiación solar (modelo PY9653, Li-Cor, U.S.); temperatura del aire y humedad relativa (modelo 435^a, Handar, U.S.); velocidad del aire (modelo 436^a, Handar, U.S.). Y en el interior: temperatura del aire y humedad relativa (modelo 435^a, Handar, U.S.). Para la temperatura del suelo superficial y el suelo profundo se usaron mediciones puntuales. El periodo de muestreo fue de cinco días en intervalos de 15 minutos, durante el

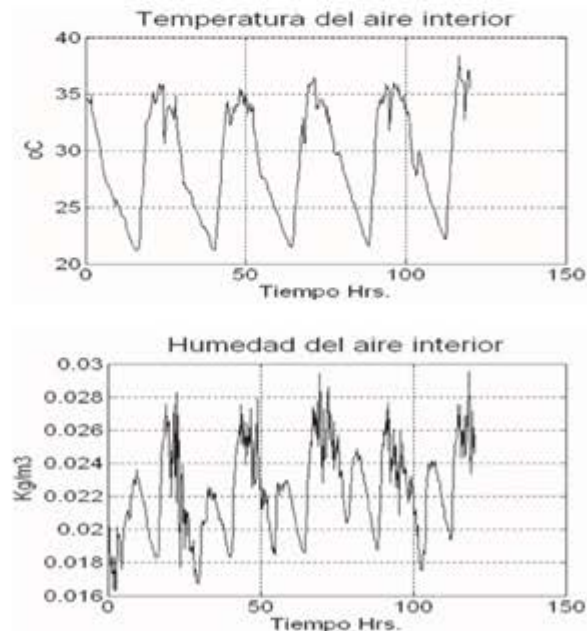


Fig. 2. Datos medidos en el interior del invernadero de Marín, Nuevo León.

verano de 2004, del 20 al 25 de junio, cuando la temperatura del aire exterior se presentaba por encima de los 30°C, en un día normal para esta zona donde el clima se cataloga como extremo. Los datos medidos se muestran en las figuras 2 y 3.

1) Simulaciones y comparación con los datos medidos

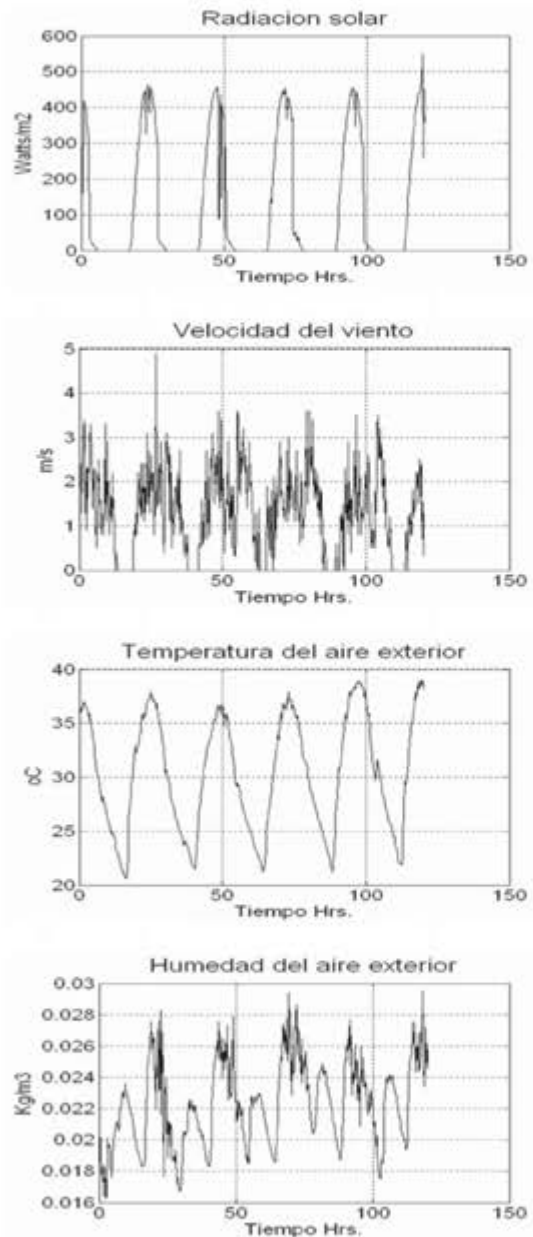


Fig. 3. Datos medidos en el exterior del invernadero de Marín, Nuevo León.

Con los datos colectados en el invernadero de Marín, N.L., se calculó mediante simulación de la temperatura en el interior con el modelo propuesto en este estudio, el cual se modificó para ajustarlo a las condiciones presentes; así como con el modelo originalmente tomado de base.

La validación consistió en comparar la temperatura real del aire medida en el interior contra la temperatura resultante de las simulaciones, usando:

a) El modelo originalmente tomado de base (Tap F.),⁴ ecuación (1). La gráfica correspondiente se muestra en la figura 4.

b) El modelo modificado, ajustándolo al invernadero de Marín N.L., ecuación (13). La gráfica correspondiente se muestra en la figura 5.

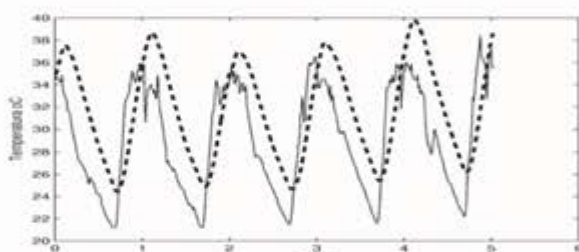


Fig. 4. Comparación de temperatura medida en el interior contra la simulación con el modelo originalmente tomado de base (1).

Línea continua. Real medida en el interior. Línea discontinua. Simulada con el modelo original tomado de base.

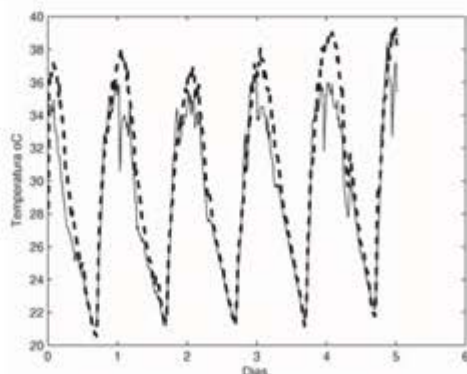


Fig. 5. Comparación de temperatura medida en el interior contra la simulación con el modelo modificado (13).

Línea continua. Real medida en el interior. Línea discontinua. Simulada con el modelo modificado.

La estadística descriptiva de las diferencias entre la temperatura real mediada en el interior usada como referencia, contra las resultantes de las simulaciones se presentan en la siguiente tabla:

Tabla I. Estadística descriptiva de las diferencias entre la temperatura real mediada en el interior.

	Modelo original tomado de base	Modelo modificado
-Promedio entre las diferencias:	4.36 °C	1.45 °C
-Mínima diferencia:	0.03 °C	0.003 °C
-Máxima diferencia:	8.72 °C	7.09 °C
-Desviación estándar entre diferencias:	1.90	1.23

Discusión de resultados

Una vez efectuadas las simulaciones para observar el comportamiento del modelo modificado, al cual se agregaron los efectos necesarios para ajustarlo a las condiciones del invernadero de Marín, N.L., se puede comprobar el buen desempeño de éste. Según se puede concluir al observar las gráficas de las figuras 4 y 5, donde se puede ver claramente que el modelo original se aparta de las mediciones reales que se presentaron en el interior del invernadero (en la figura 4), y con el modelo modificado se obtiene una temperatura más ajustada a la realidad (figura 5). Esto mismo se concluye de la estadística descriptiva correspondiente a las diferencias obtenidas entre la temperatura real medida y las salidas de los modelos presentados en la tabla I. Y resulta una media entre las diferencias de 4.36°C para el modelo original, y de 1.45°C para el modelo modificado. Los valores mínimos, máximos y desviación estándar (tabla I) corroboran esta misma tendencia al señalar el mejor desempeño del modelo modificado.

Conclusiones

Como se puede apreciar de los resultados, el modelo modificado presenta un comportamiento que se ajusta más a la realidad de las condicio-

nes presentes en el invernadero de Marín, Nuevo León, después de agregar los efectos no modelados en el originalmente tomado de base. La calidad del modelo del clima en el invernadero dependerá en gran medida de los efectos considerados durante el proceso de modelación, ya que el equipamiento utilizado, la relevancia de los factores físicos involucrados en los balances de masa y la energía de cada invernadero dependerán en gran medida de las condiciones climáticas presentes en la zona donde se encuentre ubicado. Es indispensable elaborar un modelado ajustado a la medida para cada uno de ellos, donde se tomen en cuenta todos los factores involucrados para cada caso individual.

Resumen

Se presenta la modificación de un modelo de clima en invernadero para ajustarlo a las condiciones del localizado en la zona climática de Marín, N.L. Adicionando al modelo los efectos de la variación en la densidad del aire debido al cambio en la humedad, el efecto de los nebulizadores, la malla sombra y la ventilación forzada, efectos no considerados en el modelo tomado originalmente de base. Dichos efectos son importantes en la zona noreste de México, a la que corresponde Nuevo León, debido a que por el clima extremoso cálido, es necesario el uso de éstos elementos como medio económico de enfriamiento. El buen comportamiento de las modificaciones propuestas se muestra mediante simulaciones.

Palabras clave: Modelado clima en invernaderos, México, Densidad del aire, Nebulizadores, Malla sombra, Ventilación forzada.

Abstract

A modification of a greenhouse climate model has been presented in order to adjust to the present conditions of its location in the climatic zone of Marín, Nuevo León. Adjustments and

considerations were made to the previous model such as the effects of variations in air density due to changes in humidity, the effect of nebulizers, the shade cloths, and forced ventilation; effects not considered in the model originally taken as a basis. These effects are important in the north-east region of México, where Nuevo León is located. Due to the extreme hot climate, it is necessary to use these elements as a means of economic cooling. The well behavior of the proposed model is shown through simulations.

Keywords: Modeling greenhouse climate, México, Air density, Nebulizers, Shade cloths, Forced ventilation.

Referencias

1. "Síntesis geográfica de México", Secretaría de Programación y Presupuesto, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística Geografía e Informática, Insurgentes sur 795, planta baja, Delegación Benito Juárez, México D.F. 1981.
2. Las Palmerillas de Cajamar, Estación Experimental las Palmerillas, 20°43' latitud norte, 36°48' longitud oeste, altitud 155 msnm, Cajamar, Autovía del Mediterráneo, Km 419, CP.04710, El Ejido, Almería, Andalucía, España., 2007.
3. Royal Netherlands Meteorological Institute, DeBilt [Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)] <http://www.knmi.nl>
4. Tap, F. 2000. "Economics-based optimal control of greenhouse tomato crop production", PhD Thesis. Wageningen Agricultural University. Institute of Agricultural and Environmental Engineering and Physics The Netherlands., P.O.Box 43,NL-6700 AAWageningen University.
5. Udink Ten Cate, A.J. 1983. "Modeling and (adaptive) control of greenhouse climates",

- PhD Thesis. Wageningen Agricultural University. Institute of Agricultural and Environmental Engineering and Physics The Netherlands. P.O.Box 43, NL-6700 Wageningen University.
6. Tchamitchian, M. 1993. Optimal control applied to tomato crop production in a greenhouse. In: European Control Conference. Groningen, The Netherlands.
 7. J. Leal Iga, E. Alcorta García, and H. Rodríguez Fuentes. "Efecto de la variación de la densidad del aire en la temperatura bajo condiciones de invernadero". Revista CiEN-CiAUANL, IX (3) : 290-297, julio-septiembre 2006.
 8. Rodríguez Díaz Francisco, "Modelado y control jerárquico de crecimiento de cultivos en invernadero", PhD Tesis, Universidad de Almería, Escuela Politécnica Superior, Departamento de Lenguajes y Computación, Almería, España.
 9. Leal Iga Javier, "Modelado para control predictivo de la temperatura en invernaderos", PhD Tesis, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
 10. C. Otaduy. "Información básica para proyectos agrícolas en invernaderos". En Segundo simposio internacional de producción de cultivos en invernaderos, Fundación UANL, 20-21 mayo, Biblioteca "Raúl Rangel Frías", Ciudad Universitaria, Monterrey, Nuevo León, México, 18-23 July 2004.

Recibido: 30 de noviembre de 2008

Aceptado: 3 de agosto de 2009



CiENCiA UANL

Revista de difusión científica y tecnológica
Universidad Autónoma de Nuevo León

Movilidad estudiantil en la UANL
Encinos (*Quercus* spp.)
El conflicto del agua siglo XXI
Outsourcing de software en Nuevo León



CIENCIA **XV** UANL
ANIVERSARIO



\$ 25.00

Año 15 Número 59
Jul.-Sept. 2012

Indexada en:

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

Sistema Regional de Información
en Línea para Revistas Científicas
de América Latina, el Caribe, España y Portugal

latindex

CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICA"

HELA



Fundación
Ciencias de la Documentación

e-revist@s

Dirección General de Bibliotecas

Dialnet

PERIÓDICA

Impacto de la movilidad estudiantil en la formación de estudiantes



La movilidad estudiantil es hoy en día una actividad estratégica que, con mayor frecuencia, se incluye en las políticas de internacionalización de las instituciones de educación superior que buscan incrementar sus estándares de calidad. El movimiento de las personas a través de las fronteras nacionales es quizás el aspecto más visible y ampliamente analizado de la internacionalización. Ya sea que los estudiantes viajen para estudiar por un periodo o para tomar un programa completo de grado en otra universidad, o que los miembros de la academia realicen visitas al profesorado en cualquier parte o un intercambio interuniversitario de estudiantes dentro de un acuerdo de cooperación más amplio. La movilidad académica toma una infinita variedad de formas, y es un aspecto importante de la internacionalización que ningún estudio debe ignorar.

El concepto de movilidad académica no es nuevo, se remonta a la aparición de las primeras universidades europeas, cuando estudiantes y maestros se trasladaban libremente de un país a otro. Posteriormente,



mente, con la facilidad que les dio el Programa Erasmus, el acelerado desarrollo de la ciencia y la tecnología, los medios de comunicación y una creciente internacionalización ofrecen a las instituciones nuevas oportunidades y desafíos para formar a los estudiantes con competencias apropiadas al entorno de la era del conocimiento, a las necesidades de la globalización y a las exigencias del siglo XXI.

La movilidad se ubica en dos niveles: académico y estudiantil. En la movilidad académica, los profe-

* Universidad Autónoma de Nuevo León, DIA.
emma.melchor@uanl.mx

sores e investigadores realizan estudios de posgrado, estancias y cursos cortos, prácticas de laboratorio e investigaciones conjuntas, periodos semestrales o anuales, o estancias cortas. En la movilidad estudiantil, los estudiantes de licenciatura y posgrado realizan prácticas, cursos cortos y visitas académicas fuera de su institución. Cabe destacar que la movilidad no implica necesariamente una acción recíproca.

La movilidad de profesores de la UANL ha existido desde sus inicios a través de los estudios de posgrado en el extranjero, mientras que la movilidad de estudiantes se inició en 1989, incrementándose a Norteamérica con el Tratado de Libre Comercio entre los tres países, desde entonces a la fecha se ha incrementado el número de estudiantes de movilidad.

La movilidad coadyuva positivamente al fortalecimiento de la formación integral de los estudiantes de la institución, al permitirles la posibilidad de una experiencia académica y de interacción con otras culturas, experiencias y contactos personales orientados a promover la calidad de su formación y desempeño profesional. El programa de movilidad de la UANL ha motivado a que los estudiantes enviados al extranjero realicen una estancia de intercambio académico, en instituciones extranjeras con las que la UANL tiene convenio para revalidar los créditos de las materias cursadas, al regresar a la institución.

La cobertura de este programa, en el periodo de 2000 a 2011, abarca más de 2000 alumnos que han tenido una experiencia en el extranjero, los cuales se han favorecido con la oportunidad de participar en este programa, que incluye aspectos académicos, culturales, de doble titulación, sociales, lingüísticos, de práctica profesional y, sobre todo, de competencias culturales que les permiten desempeñarse de manera aceptable en su sociedad de origen. La capacidad que comprende el idioma y la cultura del estudiante mismo se refleja en la forma en que percibe el mundo, en la forma de actuar en lo que se conoce



como cosmovisión o “vision globale du monde” o “world view”; les ha beneficiado en su formación académica actual y desempeño profesional futuro.

La escasa información disponible sobre los beneficios de la movilidad de estudiantes destaca, como principales elementos, la posibilidad de proveer a sus estudiantes de oportunidades para desarrollar competencias curriculares, extracurriculares, interculturales, y de propiciarles el contacto con quienes, en el futuro, serán sus pares académicos.

En la UANL, desde siempre ha habido movilidad; inició, principalmente, con la formación de profesores en el extranjero, en el área de posgrado. Posteriormente, estos mismos profesores motivaron la cooperación en diferentes áreas, a través de investigaciones y publicaciones conjuntas. Sin embargo, no se han realizado estudios, a través de encuestas, para medir el impacto que ésta tiene en el desarrollo personal de los estudiantes. Por tanto, el objetivo de este estudio fue medir el impacto de las experiencias de movilidad académica en la formación de los estudiantes de la UANL, desde un enfoque académico,

surgido de la hipótesis de que la movilidad académica tiene un impacto positivo en la formación académica de los estudiantes.

Se determinó el impacto en términos de los resultados obtenidos por los estudiantes en las calificaciones, en el número de materias y créditos cursados, en el aprendizaje de lenguas y culturas. Además, se compararon resultados académicos entre el antes y el después de la experiencia de movilidad. Asimismo, se verificó si la diferencia en los programas de estudio, métodos de enseñanza y disposición de recursos educativos, tiene un impacto, atribuido por los estudiantes, en los resultados de sus calificaciones. Finalmente, se identificaron aprendizajes del estudiante, a través de su propia óptica, atribuibles a su experiencia de movilidad.

Para determinar el impacto de la movilidad de los estudiantes de la UANL al extranjero, se aplicaron directamente a los participantes encuestas diseñadas para dar respuesta a los siguientes cuestionamientos:

1. ¿Mantuvieron o incrementaron los promedios de su carrera?
2. ¿La capacidad de adaptación al cambio estuvo presente?
3. ¿Estuvieron satisfechos con el sistema de evaluación escolar de la UANL?
4. ¿El sistema de transferencia de créditos es inapropiado o exigente?
5. ¿Realizaron un esfuerzo adicional?
6. ¿El proceso para tramitar el reconocimiento de créditos y calificaciones fue lento y desorientado en la UANL?
7. ¿La movilidad resultó un importante factor de crecimiento, tanto personal como profesional?
8. ¿El sistema de evaluación fue el correcto?
9. ¿Mantuvieron o incrementaron los promedios de su carrera?

10. ¿La disponibilidad de recursos educativos impactó en el terreno académico?

Las encuestas se enviaron a través de Internet a 234 estudiantes; sin embargo, solamente respondieron 172, de los cuales sólo se tomó muestra de 100, debido a que 72 no respondieron a todas las preguntas del cuestionario. Los resultados fueron tabulados y graficados a través de una hoja de cálculo (Excel), y se obtuvieron los porcentajes de cada respuesta.

El resultado de las encuestas arrojaron la siguiente información en torno a la investigación:

1. El 99% de los estudiantes que formó parte del estudio mantuvo o incrementó los promedios de su carrera, durante el proceso de movilidad, y 99% hizo lo mismo al regreso de su movilidad, durante el semestre inmediato posterior (anexo).
2. Los sistemas de evaluación y de enfoque en el modelo educativo pueden impactar de forma positiva en 67%, o negativamente en 2%, en los resultados académicos de los estudiantes.
3. La capacidad de adaptación al cambio estuvo presente en 80% de los estudiantes que participaron en el estudio, y ese elemento no les afectó o sí les afectó en sus procesos y resultados académicos.
4. El 90% de los estudiantes que está satisfecho con el sistema de evaluación escolar de la UANL, una vez que conoció sistemas distintos tuvo opinión distinta del sistema utilizado en la UANL para transferir calificaciones y créditos. Al respecto, 8% consideró que las calificaciones transferidas fueron más o más altas o bajas, en términos de la equivalencia. De ahí se obtuvo que el 2% de los estudiantes opinó que el sistema de transferencia de créditos es inapropiado o exigente.



5. El 5% de los participantes del estudio se incorporará en una programación más baja de créditos, y 90% más alto, dependiendo de lo programado antes de su movilidad. No obstante, este hecho no se debe considerar por ellos como desventaja, ya que les permitió realizar otras actividades y desarrollar habilidades en las áreas personal y cultural. En sentido similar, se obtendrá 90% de los participantes en la investigación, y se considerará valor agregado el haber cursado materias distintas a su plan de estudios, lo que muestra su sensibilidad para abrirse a los cambios y a incrementar su visión disciplinaria.
6. El 91% de los estudiantes realizó un esfuerzo adicional a las actividades y el tiempo acostumbrado de estudio en la UANL.
7. El 78% opinó que el proceso de trámite de reconocimiento de créditos y calificaciones fue rápido y sin contratiempos, mientras que 22% de los estudiantes opinó que el proceso para tramitar el reconocimiento de créditos es lento y desorientado en la UANL.
8. El 78% de los estudiantes que participaron durante ese periodo opinó que la movilidad resultó un importante factor de crecimiento, tanto personal como académico, mientras 18% mencionó que la movilidad resultó una gran experiencia cultural, y un 4% no dio respuesta.
9. La diferencia en la disponibilidad de recursos educacionales en la formación se percibe como un problema de 1% o una ventaja de 93% para unos estudiantes y como un desafío para otros, en el caso de una disminución de ellos en las instituciones receptoras.
10. El 98% de los estudiantes con referencia a su opinión sobre su impacto positivo lo adjudica a su aprendizaje cultural y a sus habilidades para comunicarse.
11. El 90% es referente al impacto en el terreno académico.



Los hallazgos más relevantes que arroja la presente investigación son en el sentido de que los estudiantes consideran la movilidad académica como una gran oportunidad y un gran apoyo o un plus en su formación, pues amplía su visión del mundo, obtienen una preparación distinta, crecen en lo personal, incrementan su sentido de responsabilidad, conviven con personas de distintas culturas, adquieren habilidades para resolver problemas. Por otro lado, la hipótesis se confirma al quedar de manifiesto que el impacto de la movilidad académica en la formación de los estudiantes tiene, en términos generales, una consecuencia positiva en las vidas de los estudiantes, de acuerdo a lo contestado por ellos. Asimismo, queda claro que los límites de esta investigación y, al mismo tiempo, las oportunidades que brinda, es su naturaleza descriptiva, además les permite desarrollar las siguientes competencias:

- Aprenden el concepto de cultura.
- Aprenden la cultura propia.
- Piensan interculturalmente.

- Negocian, toman y hacen decisiones en otras culturas.
- Motivan y guían grupos multiculturales.
- Tienen comunicación intercultural.
- Desarrollan equipos multiculturales.
- Dominan y aprenden otros idiomas.
- Maduran emocional y personalmente.

Este estudio ha arrojado una cantidad significativa de información que permitirá profundizar, mediante estudios posteriores, y buscar explicaciones para los resultados académicos, para el tipo de aprendizajes culturales, y permitirá saber si éstos tienen relación o impactan positivamente también en sus habilidades académicas, si el incremento en las habilidades para comunicarse tiene relación con la participación de los estudiantes en países de habla no hispana. En fin, éstas son sólo algunas de las aristas que podrían llevar los futuros estudios con base en los hallazgos de éste. Asimismo, se destaca el carácter operativo del estudio, lo que hace que sus resultados sean útiles en dos niveles: uno institucional y otro de carácter nacional.

Para el primer caso, los resultados permitirán a la UANL tomar decisiones sobre la forma de operar en las distintas instancias participantes del proceso de movilidad, para mejorar el proceso de revalidación y transferencia de créditos. De igual manera, servirá para revisar y mejorar los contenidos y formas en las que se preparan a los estudiantes para su movilidad, particularmente en lo que se refiere a los distintos modelos educativos y de evaluación empleados por las universidades anfitrionas. El impacto de la movilidad estudiantil de la UANL hacia el extranjero ha sido un gran beneficio no sólo para los estudiantes, sino para la comunidad en general:

1. El hecho de que los estudiantes que regresan con una experiencia del extranjero y motiven

a otros estudiantes de la UANL a participar en el programa.

2. Ha motivado a los profesores a prepararse cada vez más.
3. Ha incrementado la cooperación entre la UANL y las instituciones a donde acuden los estudiantes a realizar su movilidad.
4. Ha motivado a estudiantes de las instituciones extranjeras a venir a la UANL, lo cual favorece la internacionalización en casa, "internationalization at home".
5. Ha fortalecido el proceso de la internacionalización de la UANL.
6. Pero, sobre todo, el beneficio que adquiere el propio estudiante al realizar una experiencia de movilidad internacional, porque le presentan mejores oportunidades de trabajos bien remunerados, o mejores oportunidades para becas de estudios de posgrado.

El trabajo mismo se constituye en un estudio piloto para una investigación más amplia, en toda la institución y, como se afirmó antes, cada uno de los resultados de los doce indicadores analizados podría convertirse en un nuevo estudio que busque explicaciones de mayor profundidad.

Se concluye que la utilidad del estudio, más allá del beneficio para la UANL, radica en la posibilidad de publicar un texto que difunda lo que tal vez sería el primer estudio de impacto de la movilidad estudiantil de la UANL. Lo que resultaría valioso, más

que los resultados de la investigación, será difundir la importancia de que la Dirección Intercambio de la UANL trabaje más de cerca con los profesores y muestre cómo sus procesos y servicios se convertirán en un laboratorio de análisis para mejorar los programas de movilidad, en beneficio de la formación integral de los estudiantes de la UANL.

REFERENCIAS

1. Gacel Ávila, J., R. Rojas (1999), "Características de los estudiantes extranjeros en México", en: Educación Global, N° 3, México, AMPEI.
2. Guilles Bretón (2001), "La movilidad estudiantil depende de la movilización académica", en: Educación Global, N° 5, México, AMPEI.
3. Harari, M. (1992), "Internationalization of the curriculum", en Ch. B. Klasek (Ed.), Bridges to the future: strategies for internationalizing higher education, Illinois, Association of International Education Administrators.
4. Kane, M., J. Humpries (1999), "Canadian mobility programs: A time for evaluation an expansion", en Educación Global, N° 3, México, AMPEI.
5. Mallea, Jhon. (1997) "The. Internationalization to Higher Education Stakeholder Views in Noth America", Publication OECD Internationalization fo Higher Education, 1997.
6. Ochoa Macías, R. (1999), Los estudiantes: punto de partida para evaluar y planear el quehacer universitario, México, SEMS/ U de G./ Ágata.



Foto: Dr. Hugo Bernal Barragán

CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Consumo de tabaco en jóvenes universitarios
Estudio teórico del fundido de nanopartículas de Au_xCu_{1-x}
La obra científica de Rafael Martín del Campo
La modernidad de Baudelaire



Año 16, Número 61
Enero-Marzo 2013

Indexada en:



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

latindex

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

PERIÓDICA

CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICANA"

Dialnet e-revist@s



Fundación
Ciencias de la Documentación



Diagnóstico de gestación temprana por medio de ultrasonografía en ovejas de pelo

FERNANDO SÁNCHEZ DÁVILA*, GERARDO PADILLA RIVAS**, ROGELIO A. LEDEZMA TORRES***,
ALEJANDRO S. DEL BOSQUE GONZÁLEZ*

La producción ovina en México se ha incrementado en los últimos años debido al aumento en la demanda de carne ovina.¹ Esto ha ocasionado que actualmente la población ovina sea de 8.5 millones de cabezas, con tendencia a llegar a 10 millones en los próximos años. Los productores demandan buena calidad genética en sus animales y recurren a nuevas técnicas reproductivas para evaluar los parámetros reproductivos de los rebaños.

Dentro de un ciclo reproductivo, los empadres que se realizan, a través de monta natural o inseminación artificial, requieren a la brevedad posible su evaluación a través de un diagnóstico temprano de la gestación. Una técnica que ha tenido mayor relevancia en este procedimiento es la ultrasonografía a tiempo real.² La ecografía o ultrasonografía es una técnica en la que se emplean ondas de sonido de alta frecuencia para producir imágenes de los tejidos blandos y órganos internos, las cuales visualizamos a

través de la pantalla del ecógrafo, ya que se producen por la reflexión de los ultrasonidos a nivel de los distintos tejidos.²⁻⁵

La aplicación del ultrasonido en las especies ovina y caprina corresponde a los años noventa; sin embargo, su desarrollo y perfeccionamiento para el estudio de los eventos reproductivos se han acelerado en la presente década.^{6,7} En reproducción ovina, su utilización es demandada cada vez más por los productores y los centros científicos, porque su aplicación confirma o desestima la valoración realizada por palpación rectal (caso en bovinos), y constituye un medio de diagnóstico de certeza en la dinámica de

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.

** Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina.

*** Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

las ondas foliculares, desarrollo del cuerpo lúteo, la determinación del estado de gestación precoz, sexado de las crías y la evaluación de los procesos patológicos del sistema reproductor, entre otros usos.^{5,8} En ovinos, el diagnóstico de gestación precoz tiene la ventaja de monitorear a los animales que presenten una gestación gemelar, para un mejor manejo nutricional; en cambio, para las ovejas vacías, se tomará la decisión si se desechan o se agrupan en otro lote de hembras a empadrear, cuando se tienen empadres controlados continuos.^{3,4}

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia del ultrasonido en la determinación de la gestación temprana a diferentes tiempos después del empadre en ovejas de pelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó durante el inicio de la estación reproductiva (junio) en el rancho "Luce-ro", en el municipio de Marín, N.L., México. La situación geográfica del rancho corresponde a la latitud 25°50'28.64" Norte y 100° 04' 16.94" Oeste, a una altitud de 345 msnm. El clima es extremoso, con temperaturas en el verano de 20 a 43°C, y en el invierno de 10 a -2°C. La temperatura media anual es de 25°C. Se utilizaron 80 ovejas de la raza Dorper, que fueron cubiertas por machos con fertilidad probada; se les registró la fecha de monta, fecha del último parto, tipo de parto y condición corporal al servicio.

El promedio de condición corporal para los animales del presente trabajo fue de 3.25 ± 0.35 , y se evaluó de acuerdo a varios autores.⁹ A las ovejas que se evaluaron en el presente experimento se les proporcionó un manejo sanitario que consistió en la aplicación de vitaminas A, D y E, a razón de 1 ml / animal, con una concentración de 500 000, 75 000 y 500 U.I., respectivamente. Asimismo, se les

desparasitó internamente con Ivermectina vía subcutánea, a razón de 0.5 ml/ 25 kg de peso vivo. A las ovejas se les suplementó con una dieta con 14% de proteína cruda y 2.02 Mcal/kg ENm. Además, se les proporcionó heno de sorgo forrajero a libre acceso. Se utilizó un equipo de ecografía "Falco-ESAOTE", modelo 410477, pie medical, con un transductor rectal de 7.5 MHz, perteneciente al Laboratorio de Reproducción Animal de la FAUANL.

Esta técnica se aplicó a partir de los 25 días de servicio para cada oveja. La forma de sujetar a la oveja fue colocarla en posición horizontal, se le introdujo el transductor vía rectal adaptado a un émbolo para un mejor contacto con la pared del recto y, por lo tanto, obtener una buena imagen del aparato reproductor de la oveja. A partir de ese lapso se realizaron diagnósticos de gestaciones a los 35, 45 y 60 días posteriores al servicio, en los que se observaron las estructuras de presencia de embrión y líquido fetal. El diagnóstico lo realizó una sola persona para cada oveja. Los datos de las ovejas fueron asignados al azar, en los que el tiempo de diagnóstico de gestación se tomó como variable independiente, y su efecto sobre los porcentajes de preñez en diferentes periodos por servicio, se evaluó a través de una Chi cuadrada χ^2 .^{2,10}

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo, de las 80 ovejas que se evaluaron, 71.25% (57/80) se diagnosticó gestante al final del estudio. Estos valores fueron superiores a los reportados por Karen *et al.*,¹¹ pero inferiores a los reportados por Romano y Christians.¹² Para ambos trabajos se utilizó ultrasonido con transductores de 7.5 MHz. Aun en la especie caprina, se encontraron valores superiores en cabras Boer (87.2%), cuando el diagnóstico de gestación se realizó entre los 45 y 60 días, con un transductor lineal de 8 MHz, con-

siderando que a partir de los 43 días se puede apreciar el divertículo genital para determinar el sexo de las crías.¹³

En los primeros 25 días del diagnóstico de gestación, se encontró que el porcentaje de diagnósticos correctos fue de 77.5% (62/80) y de incorrectos 22.5% (18/80). Estos resultados fueron inferiores a los reportados por Karen *et al.*,¹¹ en los que encontraron valores incorrectos de 32.3% de gestación en ovejas Awassi x Merino, y que no fueron dietadas previamente para aplicarles la ultrasonografía; sin embargo, en ese mismo estudio, cuando las hembras se dietaron por 12 horas, se incrementó el porcentaje de diagnósticos correctos en 92.5%, siendo superior al del presente estudio. Llevar a cabo una dieta previa de 12 horas, antes de realizar el estudio de ecografía, tiene la ventaja de que el rumen se vacíe de alimento y se tenga mejor visualización cuando se diagnostica la preñez arriba de los 60 días poservicio.^{8,11}

En la tabla I se observa que se presentó 77.5% de diagnósticos correctos, cuando se realizó a los 25 días; y para los diagnósticos incorrectos evaluados se presentó 17.39% (4/23) en las ovejas no gestantes, y en 24.56 % (14/57) en las gestantes ($P > 0.05$). Esto indica que realizar el diagnóstico de gestación, por medio de ultrasonido a los 25 días de servidas, tiene las mismas proporciones de diagnósticos incorrectos en ovejas gestantes y vacías.^{14,15} Técnicamente, a partir de los 25 días, el crecimiento rápido del em-

Tabla I. Diagnósticos correctos e incorrectos en ovejas a las que se les realizó el diagnóstico de gestación, por medio de ultrasonido, a los 25 días de la fecha de servicio.

	Vacías	Gestantes	Total
Diag. Correctos	19	43	62
Diag. Incorrectos	4	14	18
Total	23	57	80

brión, acompañado por un incremento en el volumen del líquido amniótico provoca que la sensibilidad del ecógrafo se incremente y se obtengan mejores resultados.^{11,14} Aparte, no hay riesgo de pérdidas fetales en este periodo, siempre y cuando se lleve a cabo la sujeción de la oveja con la mano y manipulada en un pasillo restringido.^{16,17} Se considera que, dependiendo de la experiencia del técnico operador, no se deben presentar daños en el recto o, en casos extremos, muertes de las hembras bajo estudio ecográfico.^{18,19}

Por otra parte, cuando el diagnóstico de gestación se realizó a los 35 días, el porcentaje de diagnósticos correctos fue de 78.75% (63/80) y de incorrectos fue de 21.25% (17/80). Los diagnósticos incorrectos se presentaron en 26.08% (6/23) en las ovejas vacías, y en 19.20% (11/57) en las ovejas

Tabla II. Los diagnósticos de gestación correctos e incorrectos en ovejas se realizaron por medio de ultrasonido, 35 días después de la fecha de servicio.

	Vacías	Gestantes	Total
Diag. Correctos	17	46	63
Diag. Incorrectos	6	11	17
Total	23	57	80

± = 0.451; p=0.503

gestantes ($P > 0.05$). Esto se observa en la tabla II. Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Karen *et al.*,¹¹ quienes encontraron 63.3% en animales no dietados, y 92.3% en hembras dietadas por 12 horas. En este lapso de gestación, la presencia del embrión con latido de corazón es visible con transductores lineales arriba de 5 MHz.^{12,16} Según Karen *et al.*,¹¹ la variabilidad de los resultados se debería a la raza y edad de la oveja, si las ovejas estaban dietadas antes del estudio, la experiencia técnica del operador y la incidencia de pérdida embrionaria o fetal. Pero depende del tipo de transductor que se

utilice en el estudio.¹⁹ Para determinar el sexo de las crías se recomienda que sea a partir de los 43 días, cuando está presente el divertículo genital en el o los fetos.¹³

A los 45 días (tabla III), el porcentaje de diagnósticos correctos fue de 88.75% (71/80), y de incorrectos fue de 12.67% (9/80). De este porcentaje de diagnósticos incorrectos se presentaron 13.04% (3/23) en ovejas vacías, y en 10.52% (6/57) en las

Tabla III. Los diagnósticos de gestación correctos e incorrectos en ovejas se realizaron por medio de ultrasonido, 45 días después de la fecha de servicio.

	Vacías	Gestantes	Total
Diag. Correctos	20	51	71
Diag. Incorrectos	3	6	9
Total	23	57	80

$\chi^2 = 0.104$; $p=0.920$

gestantes ($P > 0.05$). Estos resultados fueron inferiores a los reportados por Karen *et al.*,^{11,14} en los que encontraron valores de 50% de gestación en ovejas que no fueron previamente dietadas al momento de realizar la ultrasonografía.

Sin embargo, en ese mismo estudio, cuando las hembras se dietaron por 12 horas, los resultados fueron superiores (96.8%) en comparación con el presente estudio. En parte, el éxito de diagnosticar gestaciones positivas se basa en la habilidad del operador para determinar a una edad muy temprana la preñez en ovejas, siendo el punto crítico saber ubicar la vejiga y, posteriormente, el aparato reproductor de la oveja para encontrar una posible preñez con base en la presencia de líquidos amnióticos y, por lo tanto, de embriones.^{20, 21}

Por otra parte, en la tabla IV se presentan los resultados del diagnóstico de la gestación a los 60 días pos-servicio, en los que los resultados de diagnósti-

Tabla IV. Los diagnósticos de gestación correctos e incorrectos en ovejas se realizaron por medio de ultrasonido, 60 días después de la fecha de servicio.

	Vacías	Gestantes	Total
Diag. Correctos	22	58	80
Diag. Incorrectos	0	0	0
Total	22	58	80

$\chi^2 = 0.491$; $p=0.002$

cos correctos fueron de 100%. Es decir, la posibilidad que se equivoque el operador a la edad de dos meses de gestación es nula. Consideramos que de esta edad, y hasta los 45 días, se puede determinar en forma muy precisa el tipo de parto de cada una

Tabla V. Comparación de los diagnósticos de gestación correctos e incorrectos en ovejas que se realizaron por medio de ultrasonido, a los 25 y 35 días después de la fecha de servicio.

	25 días	35 días	Total
Diag. Correctos	62	63	80
Diag. Incorrectos	18	17	80
	80	80	

$\chi^2 = 0.037$; $p=0.968$

de las ovejas que presenten una preñez.^{11,15} Asimismo, la determinación de la gestación con un transductor rectal sería más precisa en comparación con uno de tipo abdominal; esto es complicado en las razas de lana, cuando se aplica esta última técnica.²⁵

Sin embargo, para fines prácticos y económicos, se considera de vital importancia determinar el estado reproductivo de la hembra a una edad temprana, y de acuerdo al sistema de empadres que se maneje en un rebaño particular, se determinará en su momento si la hembra se queda en el hato para reemplazar o se deshecha.^{15,16} Los diagnósticos correctos se compararon entre los 25 y 35 días, siendo éstos de 77.5% y 78.75%, respectivamente, y se encontraron diferencias no significativas (tabla V).

Tabla VI. Los diagnósticos de gestación correctos e incorrectos en ovejas se realizaron por medio de ultrasonido, a los 25 y 45 días de la fecha de servicio.

	25 días	45 días	Total
Diag. Correctos	62	71	80
Diag. Incorrectos	18	9	80
	80	80	

$\chi^2 = 3.61$; $p=0.057$

Asimismo, se compararon los porcentajes de diagnósticos correctos obtenidos a los 25 (77.5%) y 45 días (88.75%) (tabla VI), y se encontró que las proporciones de diagnósticos correctos se incrementaron; sin embargo, la diferencia no fue significativa ($p = 0.057$). Estas diferencias en los resultados de baja efectividad se deberían a la falta de capacidad del técnico para diagnosticar preñeces muy tempranas o a las diferencias del peso corporal de las ovejas, a pesar de que no se evaluó en el presente trabajo.^{11,14,15} Asimismo, en las ovejas multíparas se lleva a cabo en forma temprana el descenso del útero grávido hacia la cavidad abdominal, y provoca que el transductor lineal quede fuera de su alcance para su diagnóstico eficaz.²³⁻²⁵

Las comparaciones de diagnósticos correctos entre los 25 y 60 días fueron de 77.5% y 100% (tabla VII), y hubo diferencias significativas ($P < 0.01$). Estos resultados fueron inferiores a los reportados por Anwar *et al.*,¹⁹ quienes encontraron valores de 97% de concepción con un ultrasonido transabdominal, con un transductor sectorial de 3.5 MHz en ovejas locales Balkhi de Pakistán. La probabilidad o el porcentaje de diagnosticar falsos negativos disminuye conforme se realice el estudio arriba de los 45 días, ya que a partir de esta edad se observa, en casi 80% de los casos, la presencia de placentomas y en menor proporción la presencia u observación de estructuras musculares (66.7 %).²³⁻²⁵

Tabla VII. Comparación de los diagnósticos de gestación correctos e incorrectos en ovejas que se realizaron por medio de ultrasonido, a los 25 y 60 días después de la fecha de servicio.

	25 días	60 días	Total
Diag. Correctos	62	80	80
Diag. Incorrectos	18	0	80
	80	80	

$\chi^2 = 20.28$; $p=0.000$

Tabla VIII. Comparación de los diagnósticos de gestación correctos e incorrectos en ovejas que se realizaron por medio de ultrasonido, a los 35 y 45 días después de la fecha de servicio.

	35 días	45 días	Total
Diag. Correctos	63	71	80
Diag. Incorrectos	17	9	80
	80	80	

$\chi^2 = 2.94$; $p=0.089$

Estos mismos autores mencionan que la presencia de la columna vertebral de los fetos puede ser visible a partir de los 50 a 60 días después del servicio, confirman que el diagnóstico de gestación, independientemente del ultrasonido a utilizar, el porcentaje de diagnosticar falsos negativos disminuye en forma significativa. Esto se observó cuando se compararon los diagnósticos entre los 35 y 45 días (figura 9) y 35 vs 60 días (figura 10).

La evaluación de la preñez a los 35 y 45 días resultó en 78.75% y 88.75%, respectivamente (tabla VII). La comparación estadística de estos porcentajes mostró que a pesar de un incremento de diagnósticos de la preñez a los 45 días, no hubo diferencia significativa entre los porcentajes encontrados ($p > 0.05$). Sin embargo, la diferencia entre los porcentajes de preñez a los 45 y 60 días (tabla VIII) sí fue significativa ($p < 0.002$).

Utilizar ultrasonografía transrectal eleva el porcentaje de falsos negativos en los primeros estadios de la preñez, debido, entre otros factores, a que las hembras no se dietaron antes del estudio de

Tabla IX. Comparación de los diagnósticos de gestación correctos e incorrectos en ovejas que se realizaron por medio de ultrasonido, a los 35 y 60 días después de la fecha de servicio.

	35 Días	60 Días	Total
Diag. Correctos	63	80	80
Diac. Incorrectos	17	0	80
	80	80	

$\chi^2 = 9.54$; $p = 0.002$

ultrasonografía, y que el gas intestinal o el alimento interfirieron en la visualización del útero gestante.^{11,14} Por otra parte, los porcentajes de falsos positivos que se presentan en diagnósticos tempranos entre los 25 y 35 días, se pueden deber a la posible presencia de piometras o condiciones desconocidas que dan lugar a la concentración de líquido anecoico intrauterino.^{25,26} Esto se presenta en un menor porcentaje cuando la ecografía se realiza de forma transabdominal.^{22,23}

Varios autores, de acuerdo a los trabajos de investigación que han realizado, mencionan que la mayor parte de falsos positivos, en estadios tempranos, se podrían deber a que las ovejas abortan entre los 25 y 30 días, y ocasionan un resultado menor en comparación a períodos posteriores.^{11,22,25}

CONCLUSIÓN

Los mejores resultados de diagnóstico de gestación se obtuvieron a los 60 días posservicio. A pesar que se obtuvieron los mejores resultados en periodos más prolongados, se puede realizar el diagnóstico de gestación a partir de los 25 días posservicio, con una alta confiabilidad, siempre y cuando se tenga personal altamente capacitado.

RESUMEN

Real time ultrasound in hair sheep was evaluated to determine pregnancy rate at different post-service

periods. Eighty Dorper ewes were used and pregnancy was diagnosed with a rectal transducer from day 25, and later at 35, 45, and 60 days. Greater percentage of correct diagnoses were obtained at 60 days ($P < 0.05$) after ewes were mounted. However, 25 days from the service date it is possible to determine pregnancy with 77.5% of assertions, not differing ($P < 0.05$) when carried out at 35 days (79%); but at 45 days, 89% pregnancy assertions were obtained ($P < 0.05$). It was concluded that from 25 days after service, pregnancy can be diagnosed with a minimal reliability of 77%.

Palabras clave: Ovejas, Diagnóstico de gestación, Ultrasonido.

ABSTRACT

Real time ultrasound in hair sheep was evaluated to determine pregnancy rate at different post-service periods. Eighty Dorper ewes were used and pregnancy was diagnosed with rectal transducer from day 25, and later at 35, 45 and 60 days. Greater percentage of correct diagnoses were obtained at 60 days ($P < 0.05$) after ewes were mounted. However, 25 days from the service date it is possible to determine pregnancy with 77.5% of assertions, not differing ($P < 0.05$) when carried out at 35 days (79%); but at 45 days, 89% pregnancy assertions were obtained ($P < 0.05$). It was concluded that from 25 days after service, pregnancy can be diagnosed with a minimal reliability of 77%.

Keywords: Ewes, Pregnancy diagnosis, Ultrasound.

REFERENCIAS

1. AMCO (Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos). 2008. Situación de la ovinocultura en México. Pachuca, Hidalgo. 83 p.

2. Quintela, L.A., C. Díaz, A.I. Peña, J. Becerra y P.G. Herradón. 1999. Diagnóstico precoz de gestación por ecografía transrectal en la oveja. *Archivos Zootecnia*. 48: 13-20.
3. Solís, C., Díaz, T., López, G., Caigua, A., García, H., Salvador, A., Bulnes, G. 2007. Evaluación de la técnica de ecografía transrectal en la detección de folículos ováricos en ovejas tropicales. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 15, 10-14.
4. Parraguez, V. H. 2007. La ecografía como herramienta para la producción de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos. V Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Mendoza, Argentina.
5. Amer, H. 2010. Ultrasonographic assessment of early pregnancy diagnosis, fetometry and sex determination in goats. *Animal Reproduction Science*. 117,226-231.
6. Medan, M., Watanabe, G., Absy, G., Sasaki, k., Sharawy, S., Taya, k., 2004. Early Pregnancy Diagnosis by Means of Means of Ultrasonograph as a Method of Improving Reproductive Efficiency in Goats. *Journal of Reproduction and Development*. 50, 391-397.
7. Padilla-Rivas, G.R., G.R., B. Sohnrey and W. Holtz. 2006. Early pregnancy detection by real-time ultrasonography in Boer goats. *Small Ruminant Research*. 58, 87-92.
8. Viñoles, C., A. Meikle and M. Forsberg. 2004. Accuracy of evaluation of ovarian structures by transrectal ultrasonography in ewes. *Animal Reproduction Science*. 80, 69-79.
9. Mendizabal, J.A., R. Delfa, A. Arana, A. Purroy. 2011. Body condition score and fat mobilization as management tools for goats on native pastures. *Small Ruminant Research*. 98, 121-127.
10. SPSS 17. 2008. Statistical Package for Social Sciences Windows version 12.0. Chicago, Illinois 323p.
11. Karen, A., J.F.Beckers, J., Sulon, B. El A., K. Szabados, S. Isamil, J. Reiczigel, O. Szenci. 2003a. Evaluation of false transrectal ultrasonographic pregnancy diagnoses in sheep by measuring the plasma level of pregnancy-associated glycoprotein's. *Reproduction, Nutrition and Development*. 43, 577-586.
12. Romano, J.E., y C.J. Christians. 2008. Early pregnancy diagnosis by transrectal ultrasonography in ewes. *Small Ruminant Research* 77, 51-57.
13. Santos, M.H.B., M.C. Rabelo, S.L., Guido, J.N.C., Torreão, E.S., Lopes. 2007. Determination of the Genital Tubercle Migration Period in Morada Nova Sheep Foetuses by Ultrasonography. *Reproduction in Domestic Animals*. 42, 214-217.
14. Karen, A., Krisztián Szabados, Jen Reiczigel, Jean-Francois Beckers and Ottó Szenci. 2003b. Accuracy of transrectal ultrasonography for determination of pregnancy in sheep: effect of fasting and handling of the animals. *Small Ruminant Research*. 50, 145-152.
15. Romano, J.E., James A. Thompson, David W. Forrest, Mark E. Westhusin, Michael A. Tomaszewski and Duane C. Kraemer. 2006. Early pregnancy diagnosis by transrectal ultrasonography in dairy cattle. *Theriogenology*. 67, 1034-1041.
16. Wurst, A.K., A.B. Dixon and E.K. Inskeep. 2007. Lack of effect of transrectal ultrasonography with restraint on lambing rate and prolificacy in ewes. *Small Ruminant Research*. 63, 234-241.
17. Yotov, S. 2005. Diagnostics of early pregnancy in Stara Zagora dairy sheep breed. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 8, 41-45.
18. Dixon, A.B., Knights, M. Winkler, J.L. March, D.J. Pate, J.L. Wilson, M.E. Dailey, R.A. Seidel, G. Inskeep, E.K. 2007. Patterns of late embryonic and fetal mortality and association with several factors in sheep. *Journal of Animal Science*. 85, 1274-1284.
19. Anwar, M., A. Riaz, N. Ullah and M. Rafiq. 2008. Use of ultrasonography for Pregnancy diagnosis in Balkhi sheep. *Pakistan Veterinary Journal*. 28, 1-3.
20. Hunnam, J.C., T.J., Parkinson, N. López-Villalobos, S. McDougall. 2009. Comparison of transcutaneous ultrasound over the right flank with transrectal ultrasound for pregnancy diagnosis in the dairy cow. *Australian*

- Veterinary Journal. 87, 318-322.
21. Martínez, R. R.D. 1999. Comparación de cinco técnicas de campo para detectar preñez en ovejas de pelo. *Veterinaria México*. 30, 193-198.
 22. Al, and M Haydee, 2008. Seasonal Variation of Reproductive Performance, Foetal development and Progesterone Concentrations of sheep in the Subtropics. *Reproduction Domestic Animals*. 43, 730-734.
 23. Santos, M.H.B., R.T.D. Moura, R.M. Chaves, A.T. Soares, J.P. Neves, H.D. Reichenbach, P.F. Lima, M.A.L. Oliveira. 2006. Sexing of Boer goat fetuses using transrectal ultrasonography. *Animal Reproduction*. 3, 359-363.
 24. Alexander, B., G. Coppola, G.F. Mastromonaco, E. St. John, E.R., Reyes, D.H. Betts, W.A. King. 2008. Early Pregnancy Diagnosis by Serum Progesterone and Ultrasound in Sheep Carrying Somatic Cell Nuclear Transfer-Derived Pregnancies. *Reproduction in Domestic Animals*. 43, 207-211.
 25. Ganaie, B.A., M.Z. Khan, R. Islam, D.M. Makhdoomi, S. Qureshi and G.M. Wani. 2009. Evaluation of different techniques for pregnancy diagnosis in sheep. *Small Ruminant Research*. 85, 135-141.
 26. Karen, A., Bouchra El Amiri, Jean-Francis Beckers, Jose Sulon, Marcel A.M. Taverne and Ottó Szenci. 2006. Comparison of accuracy of transabdominal ultrasonography, progesterone and pregnancy-associated glycoprotein's tests for discrimination between single and multiple pregnancy in sheep. *Theriogenology*. 66, 314-322.

Recibido: 7 septiembre 2012

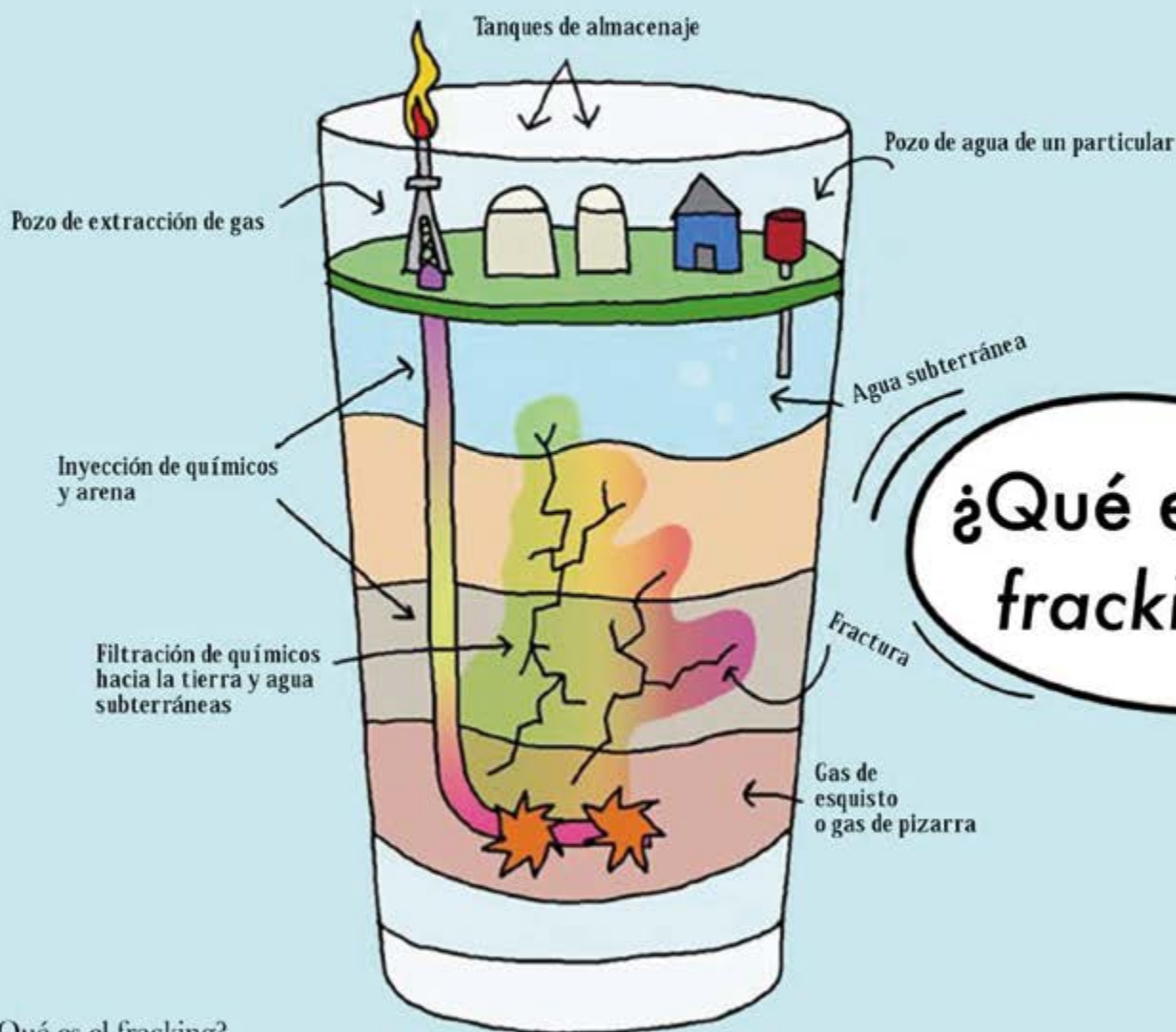
Aceptado: 26 octubre 2012



Foto: Dr. Hugo Bernal Barragán

CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- ¿Qué es el fracking?
- Modelo de policía en México
- Historia de las crisis del agua en el AMM
- Animación digital
- Periodismo científico

Historia de las crisis del agua en el área metropolitana de Monterrey (AMM),

previa a la llegada de las grandes represas (1597-1955)

LUIS G. ESPARZA HERNÁNDEZ*, CIRO G. S. VALDÉS LOZANO*,
PEDRO CÉSAR CANTÚ MARTÍNEZ*, GABRIELA DE LA MORA DE LA MORA*

La historia natural y social del valle de Monterrey puso en manos de los conquistadores una dotación de humedales prístina, con sus respectivos ecosistemas acuáticos naturales; cada uno de éstos ha dejado evidencias acumuladas por millones de años en que se han formado, y sus componentes han coevolucionado para configurar su propia capacidad de resiliencia. Sin embargo, la vertiginosa sucesión de las crisis del agua indica que la concepción de la infinitud del recurso agua ha imperado con la consecuente aplicación del modelo minero de "tierra arrasada".

Aunque no es producción humana, la existencia y renovación del agua en sitios como el ocupado por el AMM es muy frágil, y como parte de los recursos abióticos mantiene una relación recíproca, no casual con los recursos bióticos u organismos de los ecosistemas¹ en los que se dieron los asentamientos humanos en esta área, en la cual, de manera recurrente, asociadas con los ciclos de fuertes precipitaciones, se han presentado riadas en el llamado Río Santa Cata-

rina, que han ocasionado severas inundaciones en el AMM desde su fundación.

Es conocido que después de cada inundación del AMM, por las lluvias y las avenidas del Río Santa Catarina, ocurre una prolongada sequía, pero se ignora si en las crisis que se avecinan emergerán nuevos factores y procesos que se configuraron debido a las características de las crisis pasadas.

Se sabe poco del manejo del agua que se da entre crisis, y las nuevas generaciones desconocen la dolorosa y catastrófica transición hacia una crisis nueva.

Los humedales del AAM estaban alimentados por ríos que no sólo eran cauces con riberas por donde fluye y drena el agua,² sino algo más complejo relacionado con un corredor natural de agua y sedimentos que interactúa en el tiempo y en el espacio con los factores bióticos y abióticos de los ecosistemas terrestres (vegetación riparia, valles intermontanos,

* Universidad Autónoma de Nuevo León, IINSO.
Contacto: esparzahg@hotmail.com

Este diagrama ilustra la evolución de un río en su curso natural. Se muestra un río que fluye desde la izquierda hacia la derecha. El cauce principal se divide en varios brazos, formando meandros y eventually desembocando en un delta. Las etiquetas indican las siguientes partes del sistema:

- Cauce liso (rectifil)**: El tramo inicial del río.
- Ripio**: Las piedras y sedimentos que se acumulan en el fondo del cauce.
- Jadera**: Las zonas de acumulación de sedimentos en las curvas del río.
- Terraza**: Las plataformas de sedimentos que se forman a lo largo del curso del río.
- Parahiello**: Las zonas de acumulación de sedimentos en las curvas del río.
- Unión de montañas**: El punto donde el río recibe agua de las montañas.
- Roca madre**: La roca que forma el lecho del río.
- Fuente**: El origen del río.
- Lecho**: El fondo del río.
- Hipocéntrico**: El punto central de un terremoto.
- Flecha**: El punto de acumulación de sedimentos en el delta.
- Paleocanal**: El canal antiguo que se ha abandonado.

Ante la recurrencia de sequías cada vez más prolongadas en el AMM, las cuales amenazan con agotar las ya sobreexplotadas aguas subterráneas y superficiales (presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo), el gobierno del estado de Nuevo León propone el Proyecto Monterrey VI, que consiste fundamentalmente en realizar un transvase de la Cuenca del Pánuco, con todas sus implicaciones financieras, ecológicas y socioculturales.

¿Existe información histórica fiable y accesible que permita rescatar del olvido las fuentes primigenias de agua y las causas de su paulatina extinción, y esta información será útil para la toma de decisiones actuales y futuras?

METODOLOGÍA

RESULTADOS

Crisis del agua relacionadas con la ubicación, degradación y agotamiento de los recursos hídricos superficiales (1582-1780)

Nuestros colonizadores, al mando de don Luis de Carvajal y de la Cueva, en uno de sus intentos por establecerse, eligieron, en 1582, la parte más predominante, la parte árida y semiárida, hacia las minas de la sierra de San Gregorio Magno, hoy Cerralvo N.L., y fundaron la ciudad de León, considerada “la cuna de Nuevo León”.⁴ Trataron de enfrentar la escasez de agua por medio del diseño de casas construidas con materiales de la región que incluían noria, horno para hacer pan y aljibes que captaban el agua de lluvia ubicados en los sótanos de las casas,⁵⁻⁷ además de apoyarse en uno que otro manantial como “El Sabinal”.

Más tarde, Diego de Montemayor y las doce familias que lo acompañaban⁸ decidieron cambiar el poblado hacia las tierras aluviales de tipo granular de alta vulnerabilidad, ubicadas en la zona de manantiales de la subcuenca ubicada entre el Río Santa Catarina y el Río de Santa Lucía (que corría por lo que ahora es la calle de Juan Ignacio Ramón), con el

claro propósito de usarlos como fuente de agua lo más cercana posible y fundaron, en 1596, la Ciudad Metropolitana de Nuestra Señora de Monterrey, con las siguientes implicaciones, según Benjamín Valdez E.:¹⁰

...el río de Santa Lucía que era una cuenca baja al norte del río principal, recibía los desbordamientos cuando venían las grandes crecientes, aumentando el caudal de los escurrimientos formados por los ojos de agua y de los mantos freáticos origen de éstos, inundando de esa forma todos los asentamientos ribereños. Aun así contra toda adversidad, Diego de Montemayor da jurisdicción y término de 15 leguas hacia el oriente y otras 15 hacia el poniente, igual de norte a sur, tomando como eje y centro los Ojos de Agua de Santa Lucía.

Debido a la ubicación del poblado, de manera muy temprana ocurrió la primera crisis del agua, pues la inundación de 1611 obligó a reubicarlo, pero sólo algunos 700 m hacia el Río Santa Catarina en dirección al sur (lo que hoy ocupa la Plaza Zaragoza), manteniéndose latente el problema de la inundación, ya que aquí se encuentra uno de los meandros más pronunciados que servía entre otras funciones como un natural distribuidor en abanico de los aluviones y a la vez pared de infiltración que alimentaba los manantiales, como se observa en el siguiente plano de 1908.

Hacia 1791, cuando ya la ciudad se había expandido al Poniente, hacia la Loma de José Vera (“Chepe Vera”), tiempo en el cual ya se había construido el Palacio del Obispado, en un mapa elaborado por el guardián del Convento de Franciscanos y comisario de Misiones, fray Cristóbal Bellido y Fajardo, citado por Israel Cavazos,⁹ relata la rica biodiversidad del



Fig. 2. Palacio Municipal de Cerralvo, N. L.⁹

yor empleo de las norias contaminadas para consumo humano. La salud pública se agravó, y lo que más se pudo hacer fue construir dos presas ("La Grande", ubicada en lo que hoy es Diego de Montemayor, entre Juan Ignacio Ramón y 15 de Mayo, y "La Chiquita", ubicada en lo que hoy es el cruce de la calle Escobedo y Juan Ignacio Ramón) y el empedrado en su paso por el centro del Río Santa Lucía, como se observa en la figura 4.

Nuevas crisis del agua y sus efectos acumulados (1780-1955)

Dado los problemas de salubridad pública y la baja captación fiscal, tuvo que venir del obispo fray Rafael José de Verger ("el primer urbanista de Monterrey", de acuerdo al portal de la Arquidiócesis),¹⁴ quien planteó la estrategia de alcanzar el suministro de agua mediante la construcción a principios de la década de 1780 de un depósito elevado en La Loma del Obispado, alimentado por unos derechos de agua que compró, pertenecientes a otra subcuenca, apareciendo por primera vez el empleo de una fuente remota ubicada en el Municipio de Santa Catarina, N.L., destinada a satisfacer las necesidades de una población de más de 50,000 habitantes que, dicho sea de paso, aún carecía de sistema de alcantarillado que recolectara y transportara las aguas residuales y pluviales de la ciudad.



Fig. 4. Paso empedrado sobre el río Santa Lucía.¹⁵

Dicho sistema de abasto y distribución del agua potable la conducía hasta una fuente en la plaza pública, a donde acudía la gente a abastecerse del vital líquido, y que aún funcionaba durante la invasión norteamericana de 1848, la cual triunfó en buena medida por el control del mencionado depósito y de la cañería de distribución.

a) Gobierno del Gral. Bernardo Reyes Ogazón (1885-1887 y 1889-1909)

En la medida que se incrementaban las actividades económicas hacia 1890, impulsadas entre otras cosas por las exenciones otorgadas por el gobierno del Gral. Bernardo Reyes a la pujante industria y a la llegada del ferrocarril a la ciudad de Monterrey, se afianzó la estrategia de la búsqueda de fuentes de agua superficiales ubicadas en subcuencas cada vez más lejanas, como La Estanzuela y su depósito elevado en la Loma Larga o la obtención de agua subterránea, al construir la galería filtrante de San Jerónimo y la perforación de pozos hacia el poniente por el lecho del Río Santa Catarina hasta la confluencia del Arroyo "El Obispo"; lo anterior fue motivado para ofrecer el agua y posteriormente usarla y transformarla sin reflexionar sobre las opciones que representan las fuentes existentes, y buscar mediante otras formas de gestión que hubieran estado orientadas a conservar y recuperar el agua disponible, para preservar el recurso y garantizar el funcionamiento propio de los ecosistemas responsables de proporcionar el agua requerida acorde a los planes de expansión de la industriosa ciudad, pero permanecía latente una nueva crisis.

Por ejemplo, en comparación con las viviendas de Cerralvo, N.L., que en su diseño incluían la captación mediante aljibes del agua de lluvia, las construidas en la nueva sede de Monterrey ya no las contemplaron, y sus habitantes exhibieron un derroche

del recurso al no tratar de ganarle terreno o detener la expansión del gran Desierto Chihuahuense, buscando emplear acequias revestidas o al mostrar una actitud de aprecio real a las fuentes superficiales y subterráneas disponibles, que existieron gracias a los efluentes del río que alimentaba a los manantiales de Santa Lucía y su propio cauce.

Mucho menos se buscó efectuar un nuevo trazo de la ciudad que la alejara del peligro de las inundaciones y del encharcamiento del agua en las calles; no obstante se procuró atajarlo con el empedrado, pero sin resolverlo a fondo, por lo que posiblemente la escasez del recurso no debe atribuirse a la falta del agua misma, sino a causas de tipo social que propiciaron el inicio de su mala gestión.

La red de suministro y distribución del agua, basada en el esquema del obispo Verger, con el tiempo terminó con la rectoría del centro histórico para imponer el trazo urbano de manera paralela al Río Santa Catarina, hacia el poniente, y además la existencia de huertas y acequias, sobre todo las ubicadas al oriente, en donde se ubicaba el “pueblo de indios tlaxcaltecas de Nuestra Señora de Guadalupe”⁹ –que brindaban una identidad cultural y socioeconómica a los habitantes tanto del centro como los ubicados en las riberas aguas arriba y aguas abajo, así como con los demás usuarios más distantes (pescadores, mineros, molineros, etc.)–, que interactuaban, al igual que los demás, con los factores bióticos y abióticos y con las tendencias predominantes del desarrollo económico y social de esa época.

Después la inundación de 1636, la ciudad de Monterrey sufrirá otras tantas en 1637, 1642, 1648, 1716, 1752, 1756, 1775, 1782, 1810, 1881 y 1909, 1938, 1967 (tormenta tropical Beulah), 1978, 1988 (tormenta tropical Gilberto), 1995 (tormenta tropical Emily) y 2010 (tormenta tropical Alex), como se aprecia en la siguiente figura. Desde su fundación, la ciudad de Monterrey encara dos problemas ocasionados por el agua:

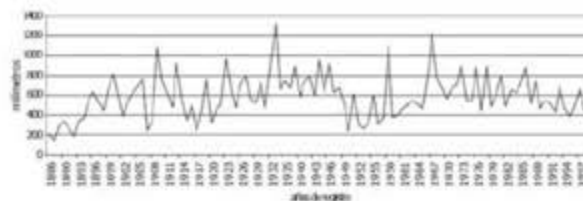


Fig. 5. Precipitaciones de 1886 a 1997.¹⁶

nados por el agua: periodos de escasez que dificultan su disposición y suministro y su llegada en colosales avenidas del Río Santa Catarina (estadísticamente ocurren cada 25 años), sin poder controlarla ni aprovecharla, aunque los manantiales se recargaban y sacaban algún provecho los molinos de trigo movidos por agua o uno que otro beneficio minero.

Así llegó al siglo XX a este pujante centro urbano e industrial, y ante la tormenta tropical procedente del Golfo de México que azotó en 1909 contra la parte culminante de la Sierra Madre Oriental, ocasionó la tercera crisis del agua y una vez más el río ciñó la existencia misma del corazón industrial, inundó gran parte de la ciudad, ocasionó la muerte de 5,000 personas¹⁷ e inundó la propia Fundidora de Fierro y Acero (ubicada en la margen del río) como se aprecia en la figura 6.



Fig. 6. El Río Santa Catarina, inundación de 1909.¹⁸

Aunque el gobierno del Gral. Reyes tuvo mayor captación de impuestos, no fue suficiente para solucionar de fondo al problema y optó mejor por concluir el Palacio de Gobierno cuando el centro histórico perdía rectoría, precisamente en momentos en que muchas industrias, al buscar alejarse del área inundable, estaban promoviendo el segundo subcentro hacia la parte árida y semiárida, es decir, hacia la Calzada Madero, rumbo al norte. El gobernador en turno solamente se dispuso a inaugurar la primera línea de drenaje sanitario y construir el Puente Juárez sobre el curso del Río Santa Lucía;¹¹ sin embargo, el problema del suministro de agua continuaba y las fuentes en manos de los concesionarios eran las mismas de muchos años atrás, y sólo proporcionaban 600 l/segundo para tan sólo 80 000 habitantes que representaban 25% de la población.

El gobernador Reyes propuso a los industriales la construcción de una presa en Boca de Potrero, en el municipio de Santa Catarina, aguas arriba del río; pero esta propuesta no prosperó a pesar de que hacia fines del siglo XIX y principios del XX se habían instalado en la ciudad importantes empresas que usaban y transformaban el agua: Cervecería Cuauhtémoc, Fundidora Monterrey, Peñoles, Asarco, etc., u otros procesos productivos que empleaban el agua como la producción de cemento.¹⁸

El Gral. Reyes tuvo que acudir, en 1896, al inversionista estadounidense Joseph A. Robertson, radicado en la ciudad, para ofrecerle la concesión de la construcción de la presa en el curso del Río Santa Catarina. El inversionista solicitó una exención de impuestos de más de 30 años¹³ y las concesiones futuras de construcción de presas a lo largo de dicho río, lo cual se le concedió; pero al iniciar los trabajos se percató de que existían abundantes mantos freáticos a poca profundidad y la presa no se construyó.

Tal vez la retirada del inversionista Robertson y la escasa o nula inversión en manos de los concesio-

narios se debió a la poca disponibilidad de la población y de los industriales para aceptar el pago de la tarifa que harían en caso de abrir contrato con alguna empresa que ofreciera el agua potable; y preferían arriesgar su salud abasteciéndose de agua de norias (pozos someros), aunque conllevara el peligro de adquirir infecciones y epidemias como la fiebre amarilla. Así currió en 1902, cuando el gobernador de Nuevo León proponía a un grupo de empresarios estadounidenses la construcción de nueva cuenta de la presa referida, éstos aceptaron y programaron construir; pero, por estos motivos de salubridad pública, el personal asignado se negó a trasladarse a nuestro país por el peligro de contagio.¹³

Al carecer de suficientes fondos, el gobierno del Gral. Reyes finalmente les propuso la oferta y distribución de agua a los canadienses James D. Stocker y William Walker, representantes de la empresa Mac Kensye Mann & Sewer Co, los cuales solicitaron la concesión por 99 años con la opción de que a los 40 años el gobierno podía adquirirla; se aceptaron sus condiciones y crearon Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (The Monterrey Water Works and Sewerage Company, Limited).

b) Diversas administraciones (1909-1950)

Durante los primeros 20 años de operación de esta compañía canadiense, la ciudad de Monterrey contó con el mejor servicio de agua potable en el país,¹⁹ pero esta empresa incumplió en buscar nuevas fuentes de abasto y ampliar la red de agua potable y alcantarillado, ocasionando que la mitad de la población no contara con una oferta de agua ni drenaje suficiente,¹⁷ y para 1945 el gobierno del estado la adquirió.

De acuerdo a Patricia Ávila G.,²⁰ los motivos de inconformidad con esta empresa canadiense, los cuales ocasionaban una deficiente oferta e inequitativa distribución, fueron éstos:

- a) La empresa ofreció un servicio de agua y drenaje para la población y no cumplió.
- b) La empresa vendía agua de buena calidad para irrigación, mientras que muchas personas carecían de agua potable.
- c) La empresa boicoteaba el trabajo de supervisión técnica y financiera del estado.
- d) Era usual que los propietarios de grandes predios compraran el agua para irrigación. Los ejidatarios usaban aguas negras.
- e) La empresa argumentó que no obtenía ganancias y reclamaba un adeudo al gobierno de más de 30 millones de pesos, como garantía de 10% del capital invertido.
- f) La presión popular, poco organizada por su carácter aislado y espontáneo, comenzaba a sentirse en la ciudad.

Para estas fechas, los diversos manantiales y los escurrimientos de la ciudad de Monterrey ya habían pasado a ser fuentes muy secundarias de abasto de agua, e incluso en la bibliografía ya no se le llamará Río Santa Lucía, sino simplemente “El Canalón”, al igual que el Río Talavera, muy seguramente pasó lo mismo con los demás ríos.

Por mucho, la principal fuente de agua la constituían, en orden de importancia, la Galería de San Jerónimo, y en seguida el manantial de La Estanzuela, que de acuerdo a la Cámara de Comercio de Monterrey,¹⁹ sólo tenían capacidad para abastecer 50% de la población; ante este desabasto, las industrias a las que no se les surtía de agua o era insuficiente ampliaron el número de pozos de su propiedad en el área metropolitana. También se observa que para estas fechas la compañía canadiense registraba 40% de fugas, ya fuera en la red o en los medidores, por lo que se indica que el desembolso destinado a mantenimiento de la red era mínimo.

Se desconoce si la causa de las “enfermedades hídricas como la tifoidea, paratifoidea, disentería y parasitosis intestinal, que asolaban a la gente más pobre” a principios de 1940, cuando era gobernador Arturo B. de la Garza,²¹ fueron ocasionadas por el desabasto de agua potable, por la mala calidad de la misma, o por la insalubridad que representaba el agua encharcada que provenía de las inundaciones y de la red de manantiales y sus escurrimientos que perjudicaba más a los sectores menos favorecidos de la sociedad regia, ubicados en las partes bajas y en las márgenes del Río Santa Catarina.

Lo cierto es que para 1938 había ocurrido otra desastrosa inundación seguida por varios años de sequía, que incluso ocasionó que la Galería de San Jerónimo se quedara seca y la ciudad sólo contó con el manantial de La Estanzuela, que apenas proporcionaba 40 l/segundo, y considerando las fugas se requerían 1104 l/segundo para una población superior a los 240,000 habitantes, por lo que aparece la cuarta crisis del agua en 1948. Y por primera vez en la historia de Monterrey se toma la medida de racionar el agua, para quienes se habían favorecido con las tomas domiciliarias, y se reafirmaba la estrategia principal de traer agua de fuentes remotas, y la complementaria de abastecerse de agua mediante alumbramiento de nuevos pozos profundos, y cobró mayor importancia el agua freática. Sin duda alguna se iniciaba la carrera por el agua profunda del área urbana de Monterrey.



Fig. 7. Vista del Puente de la Purísima Concepción (Fuente: *Revista Rízoma* No. 6).

Todo esto coadyuvó a que el Río Santa Lucía desapareciera del paisaje urbano, no obstante continuar con sus caudales por debajo de las construcciones en un principio y después se desecara y sepultara para construir calles, como la de Juan Ignacio Ramón. Sin embargo, el manantial de Santa Lucía se negaba a extinguirse totalmente, y el mejor destino que se le pudo dar fue concesionarlo a particulares, los cuales instalaron una alberca y servicio de baños públicos, como se observa en la figura 8, que data de 1932.



Fig. 8. Panorámica de la Alberca Monterrey (cortesía Israel Cavazos).

Esta alberca tenía baños de vapor (al fondo, en la figura), y después de un incendio de los mismos, su actividad se mantuvo hasta que en el gobierno municipal de Leopoldo González Sáenz, en su primer periodo, 1961-1963, se desecó este manantial y el sitio se transformó en la Fuente Monterrey, que aún se mantiene con el mural del arquitecto Joaquín A. Mora, alusivo a la fundación de Monterrey, rodeado por los grandes edificios adyacentes a la hoy Macroplaza de Monterrey; referente a otros ojos de agua ubicados por el mismo rumbo como los de Peña, Nogales y Jagüeyes, se desconoce cuándo, por qué y cómo fueron cegados.

Tal vez sin proponérselo o sin percatarse de ello, las autoridades, los habitantes del Valle de Monterrey y los demás usuarios de los escurrimientos su-

perficiales y subterráneos estaban afectando, para fines de 1930, el funcionamiento del ciclo hidrológico y la misma disponibilidad a nivel de la Cuenca del Río Bravo-San Juan, en la que el Río Santa Catarina es el más importante, por lo que el Ejecutivo Federal declara, en 1939, la subcuenca de este río como Área Natural Protegida con la categoría de Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM), en donde ya para estas épocas en esta superficie de 246 500 ha deberían quedar al margen del reparto agrario, y efectuarse importantes obras de reforestación y obras civiles para prevenir las inundaciones.

A pesar de la constitución, en 1939, del PNCM (por muchos años el más grande del país), México se ve obligado a firmar el convenio del Río Bravo con USA en 1944, según el cual se coadministrarán las aguas de la Cuenca Río Bravo-San Juan, y con esto el Valle de Monterrey no deberá disponer de manera unilateral de las aguas superficiales y subterráneas.

c) La búsqueda de la solución a la disponibilidad de agua y los intentos por controlar el Río Santa Catarina

Durante la administración del Dr. Ignacio Morones Prieto (1949-1952), a principios de la década de 1950, para la sociedad regiomontana y sus gobernantes los males de Monterrey eran fundamentalmente hidráulicos, y la solución la daba “el estado del arte”, y como aún estaba fresca en la memoria de los regiomontanos la última inundación de 1938, se decidió modificar la geomorfología del Río Santa Catarina, tratando de ajustar el río a la urbe y no a la inversa. Fueron más de siete kilómetros de terraplenes y taludes basados en miles y miles de toneladas de rocas traídas del Cerro del Topo y de Las Mitras, para conformar estos diques de contención para eliminar los meandros y darle una configuración en línea recta.

En la naturaleza no existen ríos rectos, y si alguno de ellos en algún tramo lo manifiesta, se le debe considerar anormal, inestable y en tránsito a un río meandriforme.²²

En el valle de Monterrey, rodeado hacia el sur por impresionantes sistemas montañosos, la historia geológica ha destruido en las alturas, y construido en las bajuras, por medio de un río aluvial que transita sobre el mismo material que ha arrastrado, por lo que la configuración del río será inestable y las márgenes también, además de erosionables con el pasar del tiempo, lo que coadyuvará la composición líquida y sólida del torrente.

En el tramo que se “rectificó” durante la gestión del Dr. Morones Prieto, el Río Santa Catarina se puede apreciar en la siguiente foto en dos estados: el meándrico y el anastomosado; no obstante, después de cada gran avenida, el caudal remanente se vuelve poco a poco pequeño, configurando su propio y nuevo recorrido con su respectiva sinuosidad que servirá de cauce en crecimiento para cuando vuelva el periodo de retorno, y embestir las márgenes, como se observa después de las avenidas extraordinarias de 1909 en la siguiente figura.

En el meandro previo al más pronunciado, el desbordamiento del río ocasionaba que el agua llegara hasta la Calle Hidalgo, e incluso llegó hasta la iglesia La Purísima.



Fig. 9. El Río Santa Catarina con sus meandros naturales.¹⁸

Con la “rectificación” del Río Santa Catarina, se anularon sus formaciones naturales meándricas y anastomosadas que servían para que el río se autorrestaurara y pudiera alcanzar el equilibrio dinámico. Además, el diseño del cauce del río se trasladó hacia el sur, sacrificando la populosa colonia “Independencia” y se le ganaron al río 90 ha: se construyeron cuatro puentes para garantizar la comunicación del norte con el sur en una localidad de 740 000 habitantes, como se aprecia en la figura 10.



Fig. 10. El Río Santa Catarina en la crecida del “Gilberto” en 1988, se aprecia el Puente del Papa.²³

La pendiente general del Río Santa Catarina es de 24 m/km, pero en el tramo correspondiente al centro de la ciudad es de 8m/km, lo que hace que en el tramo “rectificado” sus escurrimientos viajen a altas velocidades, y con estos gastos volumétricos extraordinarios y con esta velocidad en cualquier momento el nuevo diseño del cauce y toda obra aledaña puede constituir una obstrucción del río y ser arrasada por la embravecida corriente, como más adelante lo veremos.

Todo esto ocasionó que los pozos en el área metropolitana de Monterrey en manos de la industria aumentaran en número y en profundidad, y se intensificara la estrategia adoptada desde fines de la



época colonial, consistente en la búsqueda y obtención de agua superficial y subterránea en otras subcuencas como Mina, N.L.; pero que al no ser suficiente para la oferta de agua, se abre, por parte del gobierno federal (Secretaría de Recursos Hidráulicos), en 1954, la primera de las varias galerías filtrantes en La Huasteca. Con esta acción inicia la desecación del Río Santa Catarina, sin preocuparse por mantener un nivel del cauce que permita la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos continentales y de los ecosistemas terrestres asociados a las subcuencas de donde se origina el agua para exportarla a un lugar remoto, manteniéndose intactos los efectos de las crisis pasadas del agua.

Fue tal la carrera por los mantos freáticos, que ya para principios de la década de los cincuenta se mandatan distintos tipos de veda en el Área Metropolitana de Monterrey y áreas circunvecinas (Mina y Santa Catarina, N.L.)

DISCUSIÓN

De haber existido un proyecto amigable con la naturaleza por parte de nuestros conquistadores, se habrían respetado estos humedales como zona de manantiales y tierras de aluvión, al mantener el agua en sus cauces naturales y sanos los ecosistemas acuáticos, en los cuales no se debió construir ni arrojar al

río desechos; así se habría preservado esta porción virgen con su propia biodiversidad.

No tomaron en cuenta el conocimiento milenario de otros pueblos que incluso habitaron la península ibérica, como los romanos y los árabes, y el resultado no se hizo esperar mucho tiempo: en 1613 tuvieron que mudarse a causa de las inundaciones del sistema fluvial, y volvieron a repetir el error de trasladar el poblado al meandro más pronunciado del Río Santa Catarina, e ignoraron que éstos migran con el paso del tiempo.

Esta zona de incalculable valor ecológico, estético y cultural prestó trascendentes servicios ambientales a una emprendedora población y sus actividades productivas, pero continuaron asentados por segunda ocasión en el lugar equivocado sin dejar de contaminarlo.

En la bibliografía de la época no se encontró referencia a que el diseño de las viviendas, en lo que era la Ciudad Metropolitana de Nuestra Señora de Monterrey, haya contemplado la conservación, recuperación y protección del agua de lluvia mediante aljibes, como en Cerralvo.

Era tal la contaminación y degradación de los ríos y humedales ocasionadas por emplearlos como basureros y lugar de desecho de rastros y tenerías, que hacia 1790 ya no obtenían agua ni siquiera para uso doméstico, por lo que el obispo Verger llevó el agua rodada desde Santa Catarina, no sólo para las necesidades del Palacio del Obispado, sino también con el fin de establecer una fuente ubicada en una plaza pública a donde pudiera acudir la gente para beber agua limpia, y no correr el peligro de adquirir enfermedades infecciosas que se volvieron crónicas hasta muy entrado el siglo XX.

Sólo las clases sociales con suficiente poder adquisitivo pudieron alejarse de los pantanos y basureros en que convirtieron a los humedales y manantiales ubicados en la zona centro, y buscaron estar cerca

del trazo del tajo y del mismo depósito elevado ubicado en el Cerro del Obispado. Pero el agua del sistema de abasto promovido por el obispo Verger fue insuficiente, y construyeron en el lecho del Río Santa Catarina, cerca del Obispado, la Galería de San Jerónimo.

Otra importante implicación de este esquema de abasto y distribución del agua es que, a tiempo, en el valle de Monterrey, se evidenció la necesidad de traer agua en cantidad y calidad de subcuencas remotas, lo que obedecía a la contaminación de las fuentes que históricamente abastecían a la población del centro de la ciudad, como fue el ejercicio secular del ministerio del obispo Verger, y posteriormente por una necesidad de intervención del estado, el cual respondía a los intereses de los grupos demandantes de agua, representados por los propietarios que requerían trasladar las huertas y otras actividades agrícolas, y principalmente por la incipiente industrialización. Por ende, la fuente de agua de los manantiales del Cañón de la Huasteca en Santa Catarina se consideró para atender estas necesidades, por consecuencia, las primeras industrias que se fundaron en Nuevo León fueron en esta localidad: la Textil, la Sombrerería Universal, El Blanqueo, el molino de trigo Jesús María, posteriormente La Leona, etc.,⁴ ubicándose precisamente en el Municipio de Santa Catarina, de donde provenía el agua que alimentaba el sistema de abasto y distribución impulsado por el obispo Verger en 1854.

La inequidad en la distribución del agua se observaba especialmente hacia lo que hoy es Guadalupe, de donde se referían numerosas quejas, porque no les llegaba en cantidad y calidad el agua de las acequias provenientes del sistema de manantiales de Santa Lucía.

Durante la primera etapa de industrialización, se desplazaron la agricultura y el comercio como actividades principales, y la población urbana se

incrementaba años tras año. Y fue necesario buscar nuevas fuentes de agua en subcuencas remotas, como La Estanzuela, y la perforación de pozos en el lecho del Río Santa Catarina.

La gestión del agua vivió un momento histórico en la administración del Gral. Bernardo Reyes, ya que se le presentó la posibilidad de corregir la ubicación del centro de Monterrey, salvarlo de las catastróficas inundaciones y recuperar la zona de los ríos y manantiales. Aprovechó que se estaba formando un segundo subcentro hacia la parte árida del Valle de Monterrey, elegido por la industria para expandirse, y era previsible que se perdiera la rectoría del centro histórico, como ocurrió. No obstante esta arrolladora tendencia, el Gral. Bernardo Reyes optó por construir el Palacio de Gobierno en el centro histórico, destinando onerosos recursos que prolongaron la conclusión de la obra hasta 1908. Demoró su construcción a más de 13 años y, contradictoriamente, destinando recursos muy secundarios al abasto y distribución de agua y al inicio del el sistema de alcantarillado, que eran los más sentidos por la población y la misma industria. En estas condiciones, a todos sorprendió, en 1909, la inundación más catastrófica de que se tenga registro, provocada por el Río Santa Catarina y que ocasionó la muerte de 5,000 personas, lo que posiblemente contribuyó a la caída como gobernador del Gral. Reyes.

No obstante continuó, por parte de diversas administraciones gubernamentales, el proceso de extinción del sistema fluvial y de manantiales del centro histórico, sepultando ríos y construyendo calles sobre ellos, hasta que la administración del gobernador Dr. Ignacio Morones Prieto creyó solucionar el problema de fondo, al destruir la alineación meándrica y anastomosada del Río Santa Catarina y "rectificándolo" en línea recta. Incrementó la velocidad del caudal y los materiales de arrastre y, en consecuencia, el riesgo de destrucción de obras adyacen-

ahorro en el consumo, la aplicación de tecnologías ya existentes para el reúso, la reducción de fugas, la educación ambientalista y la fuerte coerción de conductas y acciones tendentes al asesinato ecológico y la promoción del diseño e implementación racional de nuevas políticas para incentivar el crecimiento poblacional. Urge crear nuevos polos de desarrollo industrial y comercial, en los que el agua tenga mayor disponibilidad como las partes de la vertiente del Golfo de México en Tamaulipas, etc., lo que reduciría la macrocefalia del AMM.

RESUMEN

Las crisis del agua en el AMM pueden estudiarse en dos periodos: de 1597 a 1955 y de 1956 a 2013; este estudio se enmarcó en el primero. Se encontró que las inundaciones del AMM han tenido su origen, debido a la ubicación histórica del AMM, que la contaminación del agua se inició con su mal uso por los primeros y posteriores habitantes, quienes verterían toda suerte de basura y desechos orgánicos e industriales, y generaron insalubridad. La crisis se agudizó con el crecimiento y la intensificación de la industria, y ocasionó un ineficiente abasto de agua, que obligó a construir sistemas de transporte de agua desde fuentes cada vez más distantes del AMM para abastecer sus requerimientos. Se encontró que este modelo ha sido recurrente. Se analizan históricamente las causas que explican estas crisis.

Palabras clave: Área Metropolitana de Monterrey, México: crisis históricas del agua, Ecosistemas acuáticos, Equidad, Ingeniería hidráulica.

ABSTRACT

The water crisis of the Metroplitan Area of Monterrey México (MAM) may be studied in two



Foto: Erick Estrada Belman

periods: from 1597-1955 and from 1956 to 2013; this study was framed in the first period. It was found that the inundations were due to the historical location of MAM. Another finding was that water pollution was caused by its mismanagement by the first settlers and further inhabitants who poured all sorts of trash, as well as organic and industrial wastes, thus generating unsanitary conditions. This was made worse by the growth and intensification of industry, causing an inefficient water supply, which forced the building of water transport systems from sources each time more distant from MAM to supply its demands. It was found that this model has been recurrent. The historical causes that explain these crises are explained.

Keywords: Metroplitan Area of Monterrey, México: historical water crisis, Aquatic ecosystems, Equity, Hydraulic engineering.

Agradecimientos

Agradecemos la lectura y los aportes al presente artículo a los científicos, cronistas e historiadores: Mario Manzano, Salvador Valenzuela, Antonio Aguilar, Julio Méndez y Jesús Esparza.

REFERENCIAS

- Emmel, T.C. Ecología y biología de poblaciones. Ed. Interamérica. México, 1975.
- Arizpe Ochoa, Daniel y Prada Sáez, María Aranzazú. Áreas de rivera sostenibles: una guía para su gestión. Portugal, 2008.
- Paré, Luisa y Gerez, Patricia. Al filo del agua: cogestión de la subcuenca del Río Pixquiac, Ver., México, 2012.
- Guerrero Aguilar, Antonio. Textos de historia regional. México, 2010.
- King Jimmie L. "La arquitectura vernácula del noreste de México". UDEM. México, s/f.
- Leal Velazco, Carlos Gustavo. "La Hacienda de San Pedro". Folletos de Historia del Noreste. UANL. 1988.
- IGG. "Historia de Nuevo León". México. 2007.
- <http://www.panoramio.com/photo/22572910>
- Cavazos, Israel. Monterrey: voces del viento. UANL. México, 2010.
- Valdez Fernández, Benjamín. "El Canal Santa Lucía: columna vertebral de la historia y presente de Monterrey". Rizoma: Revista de Cultura Urbana No. 6. México, 2007.
- <http://www.blogger.com/profile/02964936187064396369> y <http://archive.is/BQkvF>
- Del Hoyo Eugenio. Historia del Nuevo Reino de León (1577-1723). ITESM, Monterrey, N.L., 2005.
- Flores Longoria, Samuel y Maldonado, Enrique. Nuevo León: la odisea del agua. Gobierno del Estado de Nuevo León y Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. México, 2009.
- www.ORG/PAGES/Acerca/Obi/ob2.html
- <http://www.slideshare.net/RHE/inundacin-en-monterrey-1909>.
- Murillo S. María E. Estudio del efecto del cambio de uso del suelo en el escurrimiento en la subcuenca 24Bf "Monterrey" aplicando un sistema de información geográfica. Tesis de maestría ITESM. México, 2002.
- De la Garza Garza, Celina Maritza. "El agua y la sociedad: abastecimiento y contaminación del agua en el Área Metropolitana de Monterrey, N.L." Tesis de maestría, UANL. México, 1998.
- Gutiérrez Barba, Blanca Estela y Herrera Colmenero, Norma I. "La ingeniería ambiental en México". Ed. Limusa. México, 2001.
- Instituto de Investigaciones Jurídicas (IIJ) de la UNAM. El problema del agua en Monterrey. S/f México.
- Ávila García, Patricia. Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI. El Colegio de Michoacán-El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, s/f.
- Cerutti, Mario. Monterrey: Siete estudios contemporáneos. UANL. México, 1988.
- Rocha Felices, Arturo. Albert Einstein y el origen de los meandros. Perú, s/f.
- <http://de10.com.mx/8600.html>

Recibido: 23 de julio de 2013

Aceptado: 24 de abril de 2014

CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- La ciencia: apuntes para una discusión.
- Historia industrial en el noreste de México.
- Bancos de semillas en ambientes semiáridos.
- Borregos sagrados.
- Innovación educativa.



facebook

twitter

YouTube

Año 18,
Número 73
May.
Jun.
2015



Indexada en:



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Fundación

Ciencias de la Documentación

Dialnet

e-revist@s

PERIÓDICA

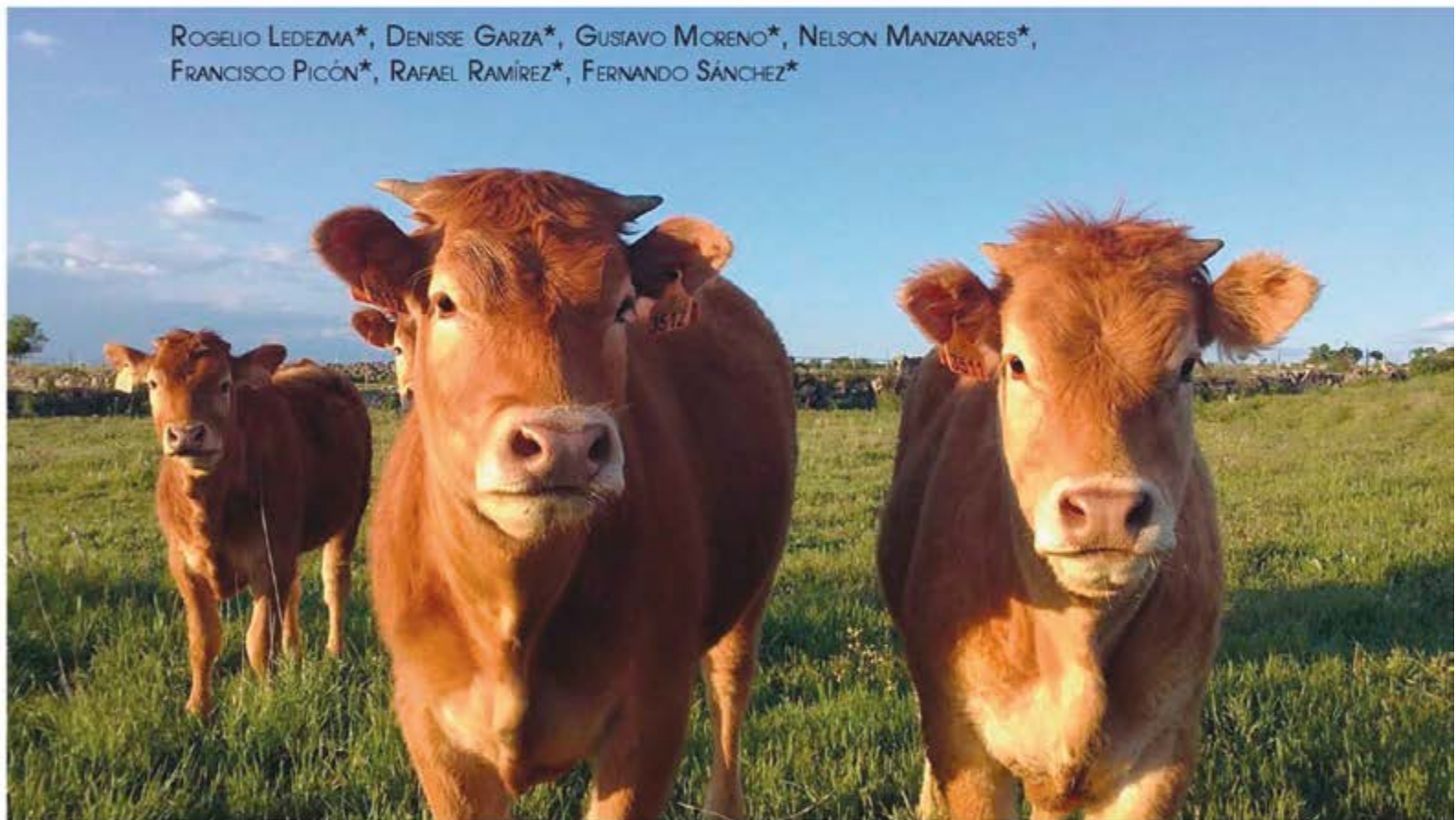
latindex

CATÁLOGO "Hemeroteca Latinoamericana"

Efecto del CIDR posinseminación

sobre la tasa de preñez en vacas de carne

ROGELIO LEDEZMA*, DENISSE GARZA*, GUSTAVO MORENO*, NELSON MANZANARES*,
FRANCISCO PICÓN*, RAFAEL RAMÍREZ*, FERNANDO SÁNCHEZ*



La producción animal, por ser una de las principales fuentes de alimentación de la humanidad, busca eficiencia en el área de reproducción. Para lograrlo, se ejecutan programas como sincronización del ciclo estral, inseminación artificial, transferencia de embriones y diagnóstico de gestación. Dentro de los protocolos de sincronización de estros, los

progestágenos son los más utilizados y se administran en diferentes formas,¹ el CIDR (Controlled Internal Drug Release) es uno de los dispositivos más utilizados como fuente de progesterona (P4) en bovinos.²

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: Ledezma210470@hotmail.com

La progesterona es una hormona secretada en su mayoría por el cuerpo lúteo (CL) y la placenta, y en menor medida por las glándulas adrenales. La P4 juega un papel fundamental en la gestación en bovinos, sobre todo durante el primer tercio, ya que de ésta depende la supervivencia embrionaria^{3,4} debido a su estrecha relación con el mantenimiento del CL⁵ y su influencia en cambios fisiológicos del útero. Por ello, uno de los objetivos principales de este trabajo fue evaluar el efecto del CIDR usado, aplicado a los siete días posinseminación artificial y mantenido intravaginalmente durante cero, siete o 14 días sobre la tasa de preñez, además se buscaba conocer el porcentaje de animales que regresan al estro (resincronización).

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Producción Agropecuaria de la UANL. Se utilizaron 137 vacas de raza Simmental (n=69), Simbrah (n=64) y Tuli (n=2) en un programa de sincronización del ciclo estral. Después de esto, solamente se usaron los animales que respondieron al tratamiento con un total de 65 de raza Simmental (n=36), Simbrah (n=28) y Tuli (n=1). La condición corporal promedio fue cinco en escala de 1-9,⁶ al inicio del experimento. Los animales se mantuvieron en un sistema de producción semiintensivo en praderas de zacates Pretoria y Klein, durante el estudio; además, fueron ofrecidas ad libitum sales minerales y agua.

La sincronización del estro se realizó por medio de la aplicación de un dispositivo intravaginal CIDR (Controlled Internal Drug Release; Pfizer®, 1.9 g progesterona natural) durante siete días, de manera paralela se administraron 2.76 mg de estradiol intramuscular (Estrol, Loeffler® 2.76 mg benzoato de estradiol en 1 ml), al retiro del dispositivo se administraron 25 mg de PGF₂ sintética (Lutalyse,

Pfizer, Dinoprost Trometamina 5 mg en 1 ml o Reprodin, Bayer® Cloprostenol sódico 25 mg en 1 ml). Se realizaron tres tratamientos para sincronizar los estros de las vacas; dos se realizaron en verano y el último en otoño.

La detección de los estros o celos, por medio de observación y la inseminación artificial (IA), se realizó 12 h después del inicio del estro. Los dispositivos CIDR usados en el protocolo de sincronización de estros se lavaron con agua corriente y se desinfectaron con cloruro de benzalconio. Antes de la reinsertión de los dispositivos, se desinfectaron nuevamente.

Al momento de la IA, los animales se dividieron en tres grupos al azar para la reinsertión del CIDR usado siete días posinseminación: grupo 1 o testigo o sin tratamiento (n=20), grupo 2 o reinsertión de CIDR, usado durante siete días (n=24), y Grupo 3 o reinsertión de CIDR, usado durante 14 días (n=21).

Muestras de sangre fueron colectadas por medio de la punción de la vena caudal de todos los animales tratamiento (n=65) para medir concentraciones de progesterona. El día cero fue considerado el día siete postIA (día de la inserción del CIDR usado), posteriormente se colectaron muestras sanguíneas, los días 14 (siete días o grupo 2) y 21 (14 días o Grupo 3), después de la IA, días que corresponden a la permanencia y retiro de los dispositivos CIDR usados.

Inmediatamente después del retiro del dispositivo intravaginal en cada uno de los tratamientos, se observó al ganado para identificar estros. Los animales que presentaron signos de estro en los nueve días posteriores al retiro del CIDR usado se consideraron como resincronizados. El diagnóstico de preñez se realizó 28 días después de la IA por medio de ultrasonografía (SSD 900, ALOKA®) con un transductor transrectal (7.5 MHz, ALOKA®).

Los datos de preñez por inseminación artificial se analizaron mediante el procedimiento GENMOD

de SAS. El modelo básico incluye las variables categóricas definidas anteriormente como variables dependientes. La variable independiente fue el tratamiento, con paridad incluida como covariable. La opción PDIF se utilizó para detectar diferencias entre los grupos. Se manejó el procedimiento PROC MIXED de SAS para comparar las concentraciones plasmáticas de progesterona en el día cero (inserción o no del CIDR usado), día 14 (siete días duración en la vagina del CIDR usado o grupo 2) y día 21 post IA (14 días duración en la vagina del CIDR usado o grupo 3) (2002).⁷

RESULTADOS

La presentación de estros en total fue 53.3% (137/73) de forma independiente a la estación del año, y el total de vacas en estro asignadas a los tratamientos fueron 65. Todos los animales que presentaron estro fueron inseminados de manera artificial y asignados a los diferentes tratamientos. Los porcentajes de preñez obtenidos no fueron significativos ($P>0.05$); sin embargo, numéricamente el porcentaje de gestación (66.6%) para el grupo 3 (14 días de permanencia del CIDR usado posinseminación) muestra una tendencia a ser mejor que los demás tratamientos. Los resultados de los porcentajes de preñez obtenidos para cada uno de los tratamientos durante el estudio se muestran en la tabla I.

Las concentraciones de progesterona sanguíneas entre tratamientos y entre animales preñados y no preñados fueron diferentes ($P<0.05$). La figura 1 muestra la diferencia de concentración de progesterona entre animales gestantes y no gestantes.

Las vacas no preñadas presentaron niveles de progesterona en sangre de 0.28 ± 0.39 , 1.16 ± 0.42 y 2.38 ± 0.45 ng/ml para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente.

La diferencia de las concentraciones entre grupos tratamiento fue dos veces mayor para los grupos 2

Tabla I. Tasa de preñez después de los tratamientos con o sin CIDR usado intravaginal ($n=65$; $P>0.05$).

Tratamiento	Vacas en estro (n)	Preñez	
		%	n
Testigo (sin CIDR usado)	20	60.0	(20/12)
7 días*	24	58.3	(24/14)
14 días*	21	66.6	(21/14)
Total/ Promedio	65	61.6	(65/40)

* Días de permanencia del CIDR usado aplicado siete días después de la IA.

(siete días de CIDR usado post-IA) o 3 (14 días de CIDR usado post-IA) que los niveles de los testigos (sin CIDR). Las concentraciones de progesterona mostraron un incremento de 2.7 ng/ml en los animales gestantes del grupo 2 (6.2 ng/ml). Estos resultados muestran una diferencia estadísticamente significativa en relación con los niveles más bajos que se encuentran en T1. Hubo un ligero incremento de 0.58 ng/ml entre el grupo 2 y el grupo 3 (6.8 ng/ml). Estos resultados muestran que hay un aumento en las concentraciones de progesterona en animales preñados contra animales no preñados (figura 1).

Después del retiro del CIDR usado al terminar con cada uno de los tratamientos, se presentaron

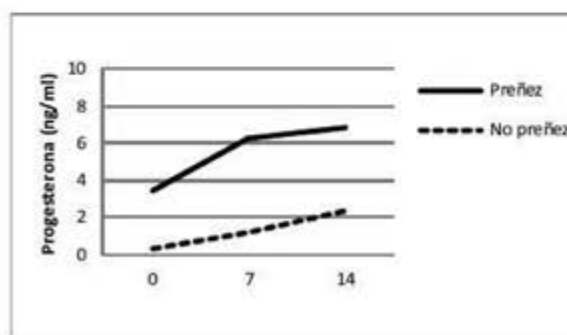


Fig. 1. Progesterona sanguínea en vacas preñadas ($n=40$) y no preñadas ($n=25$), con o sin inserción de CIDR usado a los siete días post IA (día 0; $P < 0.05$).

nuevamente los celos o estros (resincronización) en los animales no gestantes (tabla II). 17 animales fueron diagnosticados como no gestantes al momento de la examinación. De estos animales, siete presentaron una resincronización de estros posterior al retiro del CIDR usado ($n=5$ del grupo 2 y $n=2$ del grupo 3), y el resto ($n=10$) no mostró signos de estro ($n=5$ del grupo 2 y $n=5$ del grupo 3), por lo que se obtuvo un total de 41.2% de resincronización.

Tabla II. Porcentaje de resincronización del estro después de los tratamientos con o sin CIDR usado intravaginal ($n=17$).

Tratamiento	Vacas no Preñadas		Resincronización de estros	
	%	n	%	n
Testigo (sin CIDR usado)	40.0	(20/8)	00.0 ^c	(8/8)
7 días*	41.6	(24/10)	50.0 ^a	(10/5)
14 días*	33.3	(21/7)	28.6 ^b	(7/2)
Promedio/ Total	38.4	(65/25)	41.2	(17/7)

* Días de permanencia del CIDR usado aplicado siete días después de la IA. Superíndices indican diferencias significativas ($P<0.05$).

DISCUSIÓN

La reutilización de materiales que se usan en forma normal para la sincronización de estros favorece al empleo de estas prácticas de reproducción asistida.

El dispositivo CIDR (progesterona natural) se usa para sincronizar estros en rumiantes.² Este dispositivo se ha reutilizado por segunda vez con el objetivo antes mencionado.^{8,9} Por otra parte, la reutilización del CIDR después de la inseminación ha sido muy estudiada en vacas de leche para incrementar porcentajes de preñez, pero no ha ocurrido lo mismo en vacas de carne.

En este estudio, los porcentajes obtenidos de preñez en los diferentes tratamientos no fueron diferen-

tes. La tasa promedio de preñez obtenida fue casi 62.0% más alta que los porcentajes regularmente obtenidos en los ranchos en el norte de México en la primera IA (50.0%). Méndez *et al.*¹⁰ obtuvieron 47.0% de preñez en las mismas instalaciones donde se llevó a cabo este estudio. En la misma zona geográfica, se reportó un porcentaje de preñez de 46.0% y 24.0% en la primera inseminación artificial en vacas Simmental mantenidas en forma extensiva (agostadero) con alta y baja condición corporal, respectivamente.¹¹

En vacas lecheras, los resultados que se han encontrado después de la administración de progesterona por medio del CIDR post IA muestran un incremento en la tasa de preñez y disminución de pérdida de embriones.⁴ Aunque nuestros resultados no muestran diferencia estadística, numéricamente se observa que el tratamiento de 14 días obtiene un 66.6% de preñez, el cual, comparado con el grupo testigo, tiene un incremento de 6.6%; en otras palabras casi siete becerros más, con lo cual se obtienen ganancias y fácilmente se pudieran pagar los materiales y hormonas usadas en la sincronización de estros.

En un programa de transferencia de embriones (TE) en las mismas instalaciones del presente estudio, Ledezma *et al.*¹² encontraron resultados con tendencia similar a este trabajo, en el que se aplicó un dispositivo CIDR usado inmediatamente después de la transferencia del embrión, y se mantuvo durante siete o 14 días en la vagina de vacas de carne comerciales. En promedio, la diferencia aunque no fue significativa fue de 15.0% entre tratamientos con mejor porcentaje de preñez para el grupo de 14 días. Una mejoría en la tasa de preñez también fue reportada al usar tratamientos similares en TE.^{13,14}

El incremento de la concentración de progesterona en sangre en las vacas preñadas durante los tratamientos, sobre todo en el grupo en el que el CIDR

usado permaneció 14 días en la vagina después de la IA, favorece y pudiera explicar el incremento en la tasa de preñez de acuerdo a lo encontrado por Inskeep,³ quien concluye que son necesarias altas concentraciones de progesterona en la etapa embrionaria tardía y en principios de la etapa fetal para la supervivencia y continuidad de la preñez.

La resincronización de estros en las vacas no preñadas fue significativa, independientemente del tratamiento. Estos resultados muestran que siete días de permanencia del CIDR usado en la vagina son suficientes para que aquellos animales no preñados puedan mostrar estro y tener una nueva oportunidad para la inseminación y preñez. Alnimer *et al.*⁴ y Colazo *et al.*¹⁵ obtuvieron un porcentaje de resincronización de 50.6 y 78.2%, respectivamente. Estos autores concluyen que el CIDR postIA sincroniza el siguiente estro en la mayor parte de los animales no gestantes. En el presente trabajo, el promedio obtenido de resincronización de estros fue 41.2% (7/17) del total de animales no preñados que fueron sometidos al tratamiento con CIDR usado post IA.

CONCLUSIÓN

La reutilización del CIDR posinseminación podría aumentar los porcentajes de preñez hasta 12.0%, en comparación con los resultados regularmente obtenidos en el norte de México (50.0%). El porcentaje de preñez podría mejorarse en de los tratamientos en 6.6%, al poner en práctica este trabajo.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue aumentar los porcentajes de gestación en bovinos, estableciendo el uso del CIDR (Controlled Internal Drug Release) como coadyuvante del mantenimiento del Cuerpo Lúteo (CL). Se utilizaron 137 animales de

las razas Simmental, Simbrah y Tuli fueron sometidos al programa de sincronización de ciclo estral e inseminación artificial. Los animales que respondieron al programa (n=65) se dividieron en tres grupos a los cuales se les aplicó (siete días postIA) o no un CIDR usado por 0 (testigo, n=20), 7 (n=24) o 14 días (n=21) postinseminación. Los porcentajes de preñez obtenidos (66.6%) al aplicar el CIDR por 14 días postIA son más altos (6.6%) en comparación con el grupo testigo (60.0%). Aunque los resultados de preñez no fueron diferentes ($P>0.05$) entre tratamientos, existió una tendencia a mejorar la tasa de preñez, lo que podría significar de seis a siete becerros más, aplicando esta práctica de estudio, además de tener una resincronización de estros elevada (41.2%) en animales no preñados.

Palabras Clave: CIDR, Preñez, Resincronización de estros, Inseminación artificial.

ABSTRACT

The objective of this work was to increase pregnancy rates in cows, by establishing the use of CIDR (Controlled Internal Drug Release) to collaborate with the corpus luteum (CL) maintenance. 137 Simmental, Simbrah, and Tuli cows were used, which were submitted to an estrus cycle synchronization program and artificial insemination. Animals in oestrus (n=65) were divided into three groups, in which CIDR was applied (7 days post AI) or not for 0 days (control, n=20), 7 days (n=24) or 14 days (n=21) post insemination. The pregnancy percentages obtained (66.6%) by applying CIDR for 14 days post AI were higher (6.6%) in comparison with the control group (60.0%). Although the pregnancy results were not different ($P>0.05$) between treatments, there was a tendency to improve pregnancy rate, which could mean 6 to 7 more calves if this practice

is applied, as well as a high resynchronization of estrus (41.2%) in non-pregnant animals.

Keywords: CIDR, Pregnancy, Resynchronization of estrus, Artificial insemination.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación en Producción Agropecuaria de la UANL, por sus instalaciones, ayuda de su personal y apoyo técnico de Lilia Bazaldúa.

También, agradecemos el apoyo de los proyectos Promep/103.5/04/125 y Promep/103.5/05/3365, Paycit CN1143-05 y proyectos PIFI.

REFERENCIAS

1. Stevenson, J.S., Lamb, G.C., Johnson, S.K., Medina-Britos, M.A., Grieger, D.M., Harmon, K.R., Cartmill, J.A., El-Zarkouny, S.Z., Dahlen, C.R., Marple, T.J. (2003). Supplemental norgestomet, progesterone or melengestrol acetate increases pregnancy rates in suckles beef cows after times inseminations. *Journal of Animal Science*. 81, 571-586.
2. Mapletoft, R.J., Martínez, M.F., Colazo, M.G., Kastelic, J.P. (2003). The use of controlled internal drug release devices for the regulation of bovine reproduction. *Animal Reproduction Science*. 81, 28-36.
3. Inskeep, E.K. (2004). Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. *Journal of animal science*. 82, 24-39.
4. Alnimer, M.A. and Lubbadah, W.F. (2008). Effect of progesterone (P4) intravaginal device (CIDR) to reduce embryonic loss and to synchronize return to oestrus of previously timed inseminated lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 107, 36-47.
5. Bridges, P.J., Wright, D.J., Buford, W.I., Ahmad, N., Hernández, F. H., McCormick, M.L., Schrick, F.N., Dailey, R.A., Lewis, P. E., Inskeep, E.K. (2000). Ability to induce corpora lutea to maintain pregnancy in beef cows. *Journal of Animal Science*. 78, 2942-2949.
6. Whitman, R.H. (1975). Weigh changes, body condition and beef cow reproduction. Ph.D. Dissertation. Colorado State University, Fort Collins.
7. SAS. (2002). SAS/STAT User's Guide (version 9.0). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
8. Cavalieri, J., Hepworth, G., Fitzpatrick, L.A., (2004). Comparison of two estrus synchronization and resynchronization treatments in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 62, 729-747.
9. Colazo, M.G., Kastelic, J.P., Whittaker, P.R., Gavaga, Q.A., Wilde, R., Mapletoft, R.J., (2004). Fertility in beef cattle given a new or previously used CIDR insert and estradiol, with or without progesterone. *Animal Reproduction Science*. 81, 25-34.
10. Méndez, P.C., Ledezma, T.R., Moreno, D.G., Picon, R.F., Fimbres, D.H., Manzanera, M.N. (2008). Sincronización de estros usando el dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR) con o sin hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) en vacas de carne. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UANL.
11. Madrigal, A.M., Colín, N.J., Hallford, D.M., 2001. Influencia de la condición corporal y la bioestimulación sobre la eficiencia reproductiva en vacas de raza Simmental en agostadero. *Veterinaria México*. 32, 87-92.
12. Ledezma, R., Camacho, M., Picón, F., Moreno, G., Zárate, J. (2011). Efecto del CIDR aplicado en vacas de carne receptoras para transferencia de embriones sobre la tasa de preñez. *CiENCIAUANL*. 14(3), 281-287.
13. Purcell, S.H., Beal, W.E., Gray, K.R. (2005). Effect of a CIDR insert and flunixin meglumine, administered at the time of embryo transfer, on pregnancy rate and resynchronization of estrus in beef cattle. *Theriogenology*. 64, 867-878.
14. Looney, C.R., Nelson, J.S., Schneider, H.J., Forrest, D.W. (2006). Improving fertility in beef cow recipients. *Theriogenology*. 65, 201-209.

15. Colazo, M.G., Kastelic, J.P., Mainar-Jaime, R.C., Gavaga Q.A., Whittaker P.R., Small, J.A., Martinez M.F., Wilde R.E., Veira D.M., Mapletoft R.J. (2006). Resynchronization of previously timed-inseminated beef heifers with progestins. *Theriogenology*. 65, 557-572.

Recibido: 04/ 03/14

Aceptado: 18/07/14

CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Aves de Cuatrociénegas
- Educación ambiental en los medios de comunicación
- Expresión de la ira en mujeres con VIH
- Ansiedad precompetitiva en deportistas universitarios
- Tecnología que está cambiando la televisión

RevistaCiencia.UANL
 @Ciencia_UANL
 Revista CIENCIA UANL



Año 18,
Número 74
Jul.
Ago.
2015



Indexada en:



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Fundación
Ciencias de la Documentación

Dialnet

e-revist@s

PERIÓDICA

latindex

CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICANA"

Afectaciones en la producción de cerdos en una granja comercial en el noreste de México

FERNANDO SÁNCHEZ DÁVILA*, FIDENCIO GONZÁLEZ MARTÍNEZ*, ALEJANDRO S. DEL BOSQUE G.*, HUMBERTO IBARRA GIL*, FRANCISCO J. CASTILLO ESPINOSA*, GERARDO PADILLA RIVAS*, ROGELIO A. LEDEZMA TORRES*

En México, los porcinos ocupan el tercer lugar en importancia por su producción total de carne;¹ su participación en el producto interno bruto es mínima (0.3%), su relevancia reside en proporcionar un conjunto de productos importantes en la dieta de los estratos de bajos ingresos de la población.² No obstante el significativo desarrollo alcanzado por la porcicultura mexicana en los últimos 20 años, su característica fundamental sigue siendo su enorme heterogeneidad productiva.

Los parámetros más importantes para evaluar una granja porcina son los lechones nacidos vivos y destetados, el peso de la camada al nacimiento y al destete, así como los intervalos entre partos y el destete-estro, ya que son componentes importantes en la eficiencia biológica y económica de la producción porcina.^{4,6} El peso del lechón al nacer y al destete son factores que influyen grandemente en la sobrevivencia de los lechones, en los que bajos pesos al nacer significan valores altos de morbilidad y mortalidad hasta el destete.^{7,8} Asimismo, existen marcadas diferencias en líneas genéticas a nivel mundial, en las cuales se logra mantener un equilibrio entre el tamaño de la camada y peso al nacer, para evitar que se presenten bajos pesos al nacer.^{4,9} Ha de considerarse que el comportamiento maternal, época de parto, destete, monta y manejo juegan un rol importante para alcanzar una camada de buen peso al nacer y al destete, así como al tamaño y número de la misma; ya que en una granja porcina el objetivo es alcanzar 2.3 camadas por cerda al año.^{7,10,11} Paralelo a lo anterior, el intervalo entre partos es un parámetro reproductivo, compuesto por la duración de la gestación, que es fija; la duración de la lactancia, que puede modificarse, y los días improductivos o días en que la cerda está vacía, considerando que se puede influir en estos dos últimos a través de prácticas de manejo adecuadas.^{9,11} Los parámetros mencionados arriba pueden estar influenciados por factores que pueden mejorarse o corregirse al momento de evaluar la productividad de las cerdas a través de su vida productiva.^{4,12}

Es importante mencionar que, para cada población porcina, se deben considerar los factores ambientales para su análisis y así corregirlos en cada población en particular y poder estimar valores genéticos a utilizar para la predicción de valores genéticos de las características de importancia productiva.¹⁴ En Nuevo León, la falta de evaluaciones genéticas en cerdos se ha paralizado debido a la crisis que sobrevino en este sector en los últimos cinco años; sin embargo, las pocas granjas, actualmente (33) con una población promedio de 25,000 cerdas vientre, hacen factibles evaluaciones genéticas y más aún que se ha intensificado la inseminación artificial en esta especie, para lograr evaluaciones genéticas con una confiabilidad mejor¹ y, por lo tanto, elevar la productividad de las granjas porcinas de la región.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de factores ambientales sobre la productividad de cerdas híbridas y sus camadas en una granja comercial del noreste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los registros productivos de la granja porcina del campo experimental de la Unidad Marín de la Facultad de Agronomía de la UANL, ubicada en el km. 17.5 de la carretera Zuazua-Marín, en Marín, Nuevo León, México. La situación geográfica del campus corresponde a los 25° 54' latitud Norte y 99° 58' longitud Oeste, con una altitud de 451 msnm. El clima, en el verano, varía de 18 hasta 43°C; y en el invierno de 10°C hasta -2°C, con una temperatura media anual de 25°C. Los datos se capturaron en una hoja de cálculo de Excel para luego depurarlos; se excluyeron de ésta los registros que no mostraron la información completa, y quedó un total de 1000 observaciones de partos de 173 hembras reproductoras. En esta granja, 70% de las hembras de reemplazo (F1 = Yorkshire × Landrace) se compra y el resto se selecciona de la engorda, de acuerdo a los datos productivos de las madres, la mayoría de ellas F₂ (Yorkshire × Landrace × Duroc). El primer servicio

* Universidad Autónoma de Nuevo León. Contacto: fernando_sd3@hotmail.com

se proporcionó a los siete meses de edad, con un peso promedio de 110 kg. Para las cerdas de un parto o más, el periodo de destete fue de 30 días. La monta natural la realizó un solo técnico, dando de dos a cuatro montas/cerda después de iniciado el estro, posteriormente se cambiaron a las jaulas de gestación para esperar el siguiente estro. Cuando las cerdas retornaban al estro, se volvía a proporcionar otro servicio con el semental correspondiente. Como líneas maternas, siempre se procuró que tuvieran las razas Yorkshire y Landrace, en combinación de ambas o con razas de capacidad cárnica, como las razas Duroc, Hampshire. A las cerdas se les proporcionó un manejo sanitario de desparasitación con ivermectina, a razón de 0.06 mg/33 kg de peso vivo; vacunaciones 21 días antes del parto contra rinitis atrófica (*Bordetella bronchiseptica*), erisipela (*Erysipelotrix rhusiopathiae*), septicemia hemorrágica (*Pasteurella multocida*); y cinco días después del parto, contra leptospirosis (*Leptospira pomona*) y parvovirus porcino (virión de la familia de los parvovirus).

Durante la gestación, las cerdas se alimentaron con dos kg/animal/día, con una concentración que incluía 14% de proteína cruda y 2.7 Mcal/kg de alimento. A las hembras paridas se les proporcionaron dos kg/animal/día, con 16% de PC y 2.9 Mcal/kg de alimento, más 0.5 kg por cada lechón amamantado. Después del destete, se les ofreció un kg de concentrado extra, hasta una semana después de la presentación del estro.

Se analizaron 1000 partos de 173 cerdas, comprendidos de 1989 a 2006. Para explicar la variación de IDC = Intervalo destete-celo; NM= nacidos muertos; NVT= nacidos vivos totales; PN= peso al nacer (kg); PD= peso al destete (kg); LD= lechones destetados; PCT= peso de la camada total (kg); IEP= intervalo entre partos (días), se utilizó el siguiente modelo lineal, mismo que fue analizado mediante el software SPSS, 2005.⁴

$$Y_{ijkl} = m + NP_i + LM_j + GAS_k + ES_l + e_{ijkl}$$

Donde Y_{ijkl} es el valor de IDC, NM, NVT, LD, PN, PD, PCT, IEP, para cada cerda; m la media poblacional; NP_i el efecto del i-ésimo número de parto (1, ..., ≥10); LM_j es el efecto de la j-ésima línea materna ($Y \times L$, $YL \times H$, Y , $YL \times D$, $L \times D$, $Y \times H$, $YL \times DH$); GAS_k , el efecto del k-ésimo grupo de años de parto (89-91, 92-94, ..., 2004-2006); ES_l , el efecto del i-ésimo época de servicio (primavera - invierno); y e_{ijkl} es el error aleatorio asociado a cada observación.

Cuando los efectos de los resultados que se obtuvieron fueron significativos, se compararon medias mediante el pro-

grama estadístico de la Facultad de Agronomía de la UANL, versión 1.1,⁵ con la diferencia mínima significativa (DMS).

RESULTADOS

En la tabla I se presentan los promedios generales que se obtuvieron en la granja porcina bajo estudio. En general, los promedios están debajo de las granjas que presentan un nivel de tecnificación más elevado en la región y en el país. Se evaluó el efecto de número de parto, línea materna, grupo de años de parto y época de servicio, sobre IDC, NVT, NVH, NVM, LD, IEP y PCT. Con relación al número de parto, sólo se encontraron efectos significativos ($P < 0.05$) para el IDC, no así ($P > 0.05$) para NVM, LD, IEP y PCT (tabla II). En cuanto a la relación del tipo racial, se encontraron efectos significativos ($P < 0.05$) sobre el IDC y el IEP, pero no ($P > 0.05$) para el resto de las variables (tabla II). Para el efecto del grupo de años de parto (GAP), agrupados en tres años, sólo se encontraron efectos significativos ($P < 0.05$) para la variable IDC. En cuanto al efecto de la época de servicio (primavera, verano, otoño, invierno), no se encontraron efectos significativos ($P > 0.05$) para cada una de las variables estudiadas (tabla II).

DISCUSIÓN

Los promedios para cada una de las variables en el presente estudio son aceptables bajo las condiciones en que se trabaja esta granja en el noreste de México; sin embargo, estos resultados están por debajo de granjas más tecnificadas, en las que los procesos productivos y reproductivos están sometidos a un esquema de supervisión y monitoreo más intensivo.^{13,14}

El promedio general para intervalo destete-celo (IDC) resultó de (8.17 ± 2.3) días. Sin embargo, con un intervalo medio superior a 6.5 días, se debe considerar que existe anestro

Tabla I. Promedios generales de los parámetros estudiados en la granja porcina perteneciente a la FAUANL.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
NM	0	13	0.88	1.31	1.71
NVT	0	16	9.89	2.64	6.97
PN (kg)	0.16	4.12	1.50	0.33	0.11
LD	0	14	8.68	2.01	4.05
PD (kg)	1.26	13	6.61	1.90	3.52
PCT (kg)	4.90	102.8	55.89	15.60	243.43
IDC	0	86	8.17	12.99	168.71
IEP	139	521	159.91	28.35	803.70

NM=nacidos muertos; NVH=nacidos vivos hembras; NVM=nacidos vivos machos; NVT=nacidos vivos totales; PN=peso al nacer; LD=lechones destetados; PD=peso al destete; PCT=peso de la camada total; IDC=intervalo destete-celo; IEP=intervalo entre partos.

Tabla II. Cuadrados medios de factores ambientales sobre parámetros productivos en cerdas de la granja comercial porcina, perteneciente a la FAUANL.

Fuente variación	IDC	NVT	LD	IEP	PCT
Número parto	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE
1	1.33 \pm 1.2 ^a	9.02 \pm 0.2	8.81 \pm 0.2	165.78 \pm 2.4	54.25 \pm 1.5
2	13.95 \pm 1.1 ^a	9.36 \pm 0.2	8.95 \pm 0.2	160.71 \pm 2.3	59.54 \pm 1.3
3	9.52 \pm 1.08 ^b	9.74 \pm 0.2	9.01 \pm 0.2	155.49 \pm 2.5	59.36 \pm 1.3
4	7.30 \pm 1.2 ^b	10.36 \pm 0.2	8.51 \pm 0.2	162.75 \pm 2.7	57.11 \pm 1.4
5	8.72 \pm 1.3 ^b	10.08 \pm 0.3	8.53 \pm 0.2	157.16 \pm 2.9	50.96 \pm 1.5
6	6.98 \pm 1.3 ^b	10.25 \pm 0.3	8.38 \pm 0.2	162.34 \pm 2.9	52.53 \pm 1.5
7	10.40 \pm 1.4 ^b	10.52 \pm 0.3	8.77 \pm 0.2	159.66 \pm 3.3	54.30 \pm 1.7
8	6.53 \pm 1.6 ^b	10.67 \pm 0.3	8.37 \pm 0.2	155.52 \pm 3.8	53.16 \pm 1.9
9	7.40 \pm 1.0 ^b	9.75 \pm 0.2	8.60 \pm 0.2	160.38 \pm 4.5	57.13 \pm 1.2
10	-	-	-	154.61 \pm 3.1	-
Línea materna					
YxL	8.33 \pm 0.5 ^{ab}	10.09 \pm 0.1	8.77 \pm 0.1	160.73 \pm 1.2 ^{ab}	55.61 \pm 0.6
YLxH	6.83 \pm 2.2 ^{ab}	9.97 \pm 0.4	8.97 \pm 0.3	165.88 \pm 7.0 ^{ab}	59.75 \pm 2.6
Y	5.84 \pm 1.4 ^b	8.98 \pm 0.3	8.77 \pm 0.2	151.92 \pm 3.0 ^b	57.05 \pm 1.7
YLxD	7.51 \pm 2.1 ^{ab}	10.19 \pm 0.4	8.22 \pm 0.3	168.95 \pm 4.6 ^a	54.73 \pm 2.6
LxD	8.19 \pm 1.7 ^{ab}	10.22 \pm 0.3	8.32 \pm 0.3	157.15 \pm 3.8 ^{ab}	52.73 \pm 2.0
YxH	11.11 \pm 1.5 ^a	9.13 \pm 0.3	8.45 \pm 0.2	165.44 \pm 6.7 ^{ab}	56.24 \pm 1.9
YLxDH	7.59 \pm 1.4 ^{ab}	9.51 \pm 0.3	8.48 \pm 0.2	158.55 \pm 4.9 ^{ab}	57.36 \pm 1.7
GAP					
1989-1991	11.14 \pm 1.2 ^a	10.09 \pm 0.2	9.30 \pm 0.2	165.81 \pm 2.5	58.96 \pm 1.4
1992-1994	7.02 \pm 0.8 ^b	10.10 \pm 0.2	8.70 \pm 0.1	160.69 \pm 1.7	56.06 \pm 0.9
1995-1997	6.54 \pm 0.8 ^b	10.44 \pm 0.2	8.65 \pm 0.1	157.38 \pm 1.9	55.19 \pm 1.0
1998-2000	8.63 \pm 1.3 ^{ab}	9.93 \pm 0.3	8.47 \pm 0.2	157.69 \pm 2.9	54.82 \pm 1.6
2001-2003	10.88 \pm 1.1 ^a	8.75 \pm 0.2	8.43 \pm 0.2	163.09 \pm 2.3	54.07 \pm 1.3
2004-2006	7.69 \pm 1.2 ^b	9.35 \pm 0.2	8.58 \pm 0.2	153.23 \pm 2.8	56.62 \pm 1.4
Epoca de servicio					
Primavera	8.58 \pm 0.9	9.66 \pm 0.2	8.68 \pm 0.1	161.64 \pm 2.1	55.47 \pm 23.7
Verano	9.83 \pm 0.8	9.66 \pm 0.2	8.55 \pm 0.1	163.77 \pm 1.7	54.92 \pm 19.2
Otoño	8.22 \pm 0.8	9.99 \pm 0.2	8.84 \pm 0.1	156.01 \pm 1.8	56.99 \pm 19.8
Invierno	5.91 \pm 0.8	10.22 \pm 0.2	8.68 \pm 0.1	158.42 \pm 1.8	56.05 \pm 19.8

^{ab} Medias con distinta lateral, son estadísticamente diferentes (P<0.05); EE= error estándar.

posdestete; y en este caso se monitorean las cerdas para darles seguimiento y no afectar el intervalo destete-concepción.¹⁵ El promedio de aparición del celo posdestete encontrado difiere de los promedios reportados por otros autores, en los que en varios países reportan valores promedios superiores a nueve días.^{2,3,13} El intervalo destete-cubrición es uno de los factores que influyen de forma más determinante sobre los días no productivos y, por tanto, sobre la productividad de la granja (lechones destetados/cerda cubierta y año).^{2,15} Para el IDC, los promedios más altos se obtuvieron de las cerdas de segundo parto (13.95 \pm 1.1 días), al presentar una disminución marcada para las cerdas del tercero al noveno parto, y se obtuvo el promedio más bajo (6.53 \pm días) para las cerdas del octavo parto.

Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores con tendencias similares,⁶ al encontrarse los promedios más bajos para el tercero, cuarto y quinto partos. Estas diferencias se deberían a que las hembras jóvenes no terminan

todavía su desarrollo corporal y los nutrientes no son suficientes; por lo tanto, el cuerpo utilizará los tejidos de reserva y habrá una gran reducción del peso corporal, por lo que las cerdas con una excesiva disminución de este peso presentarán un IDC más largo, con la consiguiente disminución del porcentaje de preñez y la supervivencia embrionaria.^{6,10,11} Por otra parte, otros autores mencionan que las cerdas de segundo y tercer parto pueden soportar normalmente de uno a dos ciclos reproductivos por medio de sus recursos, sin que ello influya negativamente en el estatus de los lechones y en su rendimiento productivo; sin embargo, al tercer parto, si la alimentación no se corrige, se desgastarán las reservas, los rendimientos se afectarán y puede que sea necesario reemplazar esta cerda al no quedar gestante.

Este fenómeno se conoce como "caída del segundo parto", y a nivel mundial se presenta de 40% a 60% de las cerdas de segundo parto.^{6,10,11} Otra causa de este fenómeno, en las cerdas de segundo y tercer parto, es por el proceso de involu-

ción uterina, que usualmente es más largo en primerizas que van al segundo parto que en hembras adultas;^{15,16} aunque actualmente se utilizan fármacos para disminuir el IDC en cerdas que van al segundo parto, con mejoras en el porcentaje de estros (11.4%) y disminución en los porcentajes de cerdas repetidoras 14.1%.^{2,11}

En cuanto al efecto de la línea materna sobre el IDC, se encontraron los valores más bajos para las cerdas Yorkshire, con una media de 5.84 ± 1.4 días, y el valor más alto (11.11 ± 1.5 días) para la cruce de Yorkshire con Hampshire. Esto sugiere y reafirma que el comportamiento del IDC está relacionado con el genotipo de las cerdas, efecto que se acentúa en las líneas genéticas producidas para velocidad de crecimiento y carne magra de la canal, que es el caso para la raza Hampshire, la cual presentó un menor consumo de alimento y mayor pérdida de peso corporal durante el periodo de lactación, lo que resulta en un incremento del IDC, como respuesta a los cambios metabólicos de las cerdas³ y una mayor proporción de cerdas eliminadas por fallas reproductivas.¹¹

En relación al grupo de años de parto sobre el IDC, se encontraron los promedios más bajos (7.02 ± 0.8 y 6.54 ± 0.8 días) durante los periodos 1992-1994 y 1995-1997, respectivamente, siendo los más altos (11.14 ± 1.2 y 10.88 ± 1.1 días) para los grupos 1998-1991 y 2001-2003, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los presentados por otros autores,^{17,18} quienes reportan efectos significativos con variaciones a través de los años. Para lo anterior, es necesario proponer una estandarización del manejo a través de los años, siendo el caso que las diferencias observadas se deban a cambios climáticos drásticos, que en la zona donde se encuentra la granja de estudio se caracterice por fluctuaciones de temperatura y precipitaciones muy variables a través de los años. Para esta granja, donde se presenta lo anterior, conviene incluir en las evaluaciones genéticas el efecto de año sobre las características a evaluar, para no cometer sesgos en la evaluación del mérito genético.

En relación a la época de servicio, al comparar el efecto de este factor sobre el IDC no se encontraron efectos significativos ($P > 0.05$), se obtuvo el valor más bajo (5.91 ± 0.8 días) para la época de invierno y el valor más alto (9.83 ± 0.8 días) para la época de verano. Algunos autores han señalado anticipadamente la existencia de un efecto de la estación del año (época) sobre el intervalo destete-celo, pero ha sido durante el verano cuando ellos han encontrado un mayor impacto.^{2,18} Sin embargo, refiriéndose a esta granja en particular, en la actualidad la influencia de la estación tiende a ser mínima, debido a las recientes mejoras en las prácticas de manejo, en que un solo técnico realiza el manejo reproductivo desde hace 30 años sobre las cerdas destetadas, lo que influye en

una mejor uniformidad en el intervalo destete-celo y un incremento en el porcentaje de cerdas que retornan a estro dentro de los siete días posdestete durante las distintas estaciones del año.² No se encontraron efectos significativos ($P > 0.05$) para cada una de las variables estudiadas sobre NVT, cuyo promedio fue de 9.89 ± 0.2 .

Estos resultados concuerdan con los reportados para efectos de número de parto y línea genética,¹⁶ pero difieren de los reportados por otros autores²⁰ para efecto de número de parto; y difieren con los reportados por otros autores¹⁴ con relación al año de parto. Al no presentarse diferencias, se puede mencionar que el manejo reproductivo para esta granja se ha estandarizado a través de los años; las razas que se utilizan en esta granja como líneas maternas son la Yorkshire y Landrace, las más solicitadas a nivel mundial para la obtención de híbridos con alto potencial de prolificidad.

Para efecto de la época de servicio, concuerda con lo reportado por algunos autores;¹⁸ sin embargo, difieren de lo reportado por otros.^{13,14} Que no se presenten efectos de los factores ambientales sobre los lechones NVT se atribuye a que se ha hecho una selección homogénea de los remplazos a través de los años por la persona con experiencia encargada de la sala de partos, la cual realiza la selección desde hace 25 años.

En cuanto al efecto del número de partos, línea materna, grupo de años de parto y época de servicio, sobre lechones destetados (LD), no se obtuvieron diferencias significativas ($P > 0.05$); el efecto del número de partos sobre lechones destetados concuerda con lo reportado en granjas de México,¹⁴ pero difiere de otros autores,^{14,18} quienes reportan efectos significativos en correspondencia con el número de partos; sin embargo, es importante señalar que la cantidad de LD por número de partos tiene efectos semejantes con relación al tamaño de la camada al nacimiento, donde algunos autores mencionan que el número de cerdos destetados se mantiene muy similar entre hembras de diferente parto, debido a que hay una correlación positiva entre el tamaño de la camada al nacimiento y los lechones destetados.^{3,14} La uniformidad en lechones destetados se debería a que el manejo del nacimiento se proporciona uniformemente a través del año, aunado a que la granja es de una capacidad de 54 vientres, lo cual hace más factible el monitoreo de los lechones durante su estancia en la sala de maternidad. Se considera que la tasa de mortalidad del nacimiento al destete para los resultados obtenidos fue de 12.2%, siendo estos resultados similares a los reportados por otros autores,¹¹ quienes evaluaron cerdas $Y \times L$, y mencionaron que una de las principales causas de mortalidad de lechones del nacimiento al destete es el número de tetas funcional

de la cerda, peso al nacer, el tiempo del lechón para tomar calostro, así como la temperatura corporal a las dos horas después del nacimiento.

Para el efecto de las líneas maternas sobre lechones destetados, concuerda con lo reportado anteriormente;^{4,18} sin embargo, difiere para el efecto del grupo de años de parto. En cuanto al efecto en este parámetro con relación a la época de servicio, se han reportado resultados similares;¹⁹ sin embargo éstos difieren de otras investigaciones^{26,31} que reportan efectos significativos, al obtener el mayor número de lechones destetados durante la época seca, lo que tiene una fuerte relación con la época en que las cerdas son servidas. Para el presente estudio, el manejo y cuidado de los lechones por parte del personal técnico de la granja ha sido uniforme a través del año; en este caso el uso de cajones protectores con fuentes de calor evitó la mortalidad durante el invierno.

El promedio general de lechones destetados resultó de 8.68, contrasta con las estimaciones de otros trabajos,^{9,18,19} en los que se refleja que faltan cosas por hacer en el área de maternidad, si lo comparamos con lo reportado por otros autores, que consideran valores mayores o iguales a nueve como aceptables.¹⁹ De acuerdo con los valores encontrados en el presente trabajo, el número de lechones destetados mostró un nivel de mediana productividad, y estuvo por debajo de los sistemas porcícolas intensivos de la región. Además, los resultados obtenidos reflejaron los progresos alcanzados en caracteres adicionales al tamaño de camada que posean patrones competitivos de producción, tanto en lo que se refiere a las pérdidas que preceden al parto, como aquellas que expresan la productividad de la cerda y la camada como tal (nacidos vivos y mortalidad al destete). Estas pérdidas pueden asociarse al tipo de instalaciones empleada en la sala de maternidad, incluyendo factores como el diseño de la jaula de maternidad y el tamaño de la caseta y a la falta de operadores capacitados de las casetas más que a factores ambientales, dado que el número de nacidos vivos totales se encuentra dentro de los valores aceptables.¹²

El promedio del intervalo entre partos (IEP) fue de 159.91 \pm 28.35 días. Si se considera que el periodo de gestación de la cerda dura en promedio 115 días y el IDC no debe superar los siete días;¹⁹ en esta granja en particular donde los lechones se destetan a los 28 días el IEP, no debe superar los 150 días. De las observaciones analizadas para cuantificar el efecto de los factores genéticos (línea materna) y ambientales (número de parto, grupo de años parto y época de servicio sobre el IEP, no se encontraron efectos significativos ($P>0.05$)). Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores³ para efecto de número de partos y grupo de años de parto.

Sin embargo, el tipo racial repercutió significativamente ($P<0.05$) sobre el IEP, el intervalo más corto (151.92 \pm 3.0 días) fue para las líneas genéticas de la Yorkshire, y el IEP más largo (168.97 \pm 4.6 días) fue para las cerdas YL x D.

Estos valores en gran parte guardan una estrecha relación con el tiempo que las cerdas tardan para entrar en celo después del destete, lo que influye en este factor. Al cuantificar el peso de la camada total, por efecto del número de parto, línea genética, grupo de años de parto y época de servicio, no se encontraron diferencia significativas ($P>0.05$); sin embargo, estos resultados difieren de los reportados por otros autores¹⁵ para el número de parto, grupo de años de parto, en que encontraron efectos significativos, pero bajo condiciones semitropicales. Para lo anterior, grupos de investigadores han sugerido que el elemento más importante en el proceso tecnológico está dado por los recursos humanos con habilidades adecuadas, tanto para la asimilación de la tecnología como para su posterior aplicación. Lo anteriormente expuesto trae como consecuencia que haya fluctuaciones en el flujo de producción y, por tanto, afecta significativamente la eficiencia y estandarización del sistema intensivo de producción, que finalmente se refleja en el número de lechones destetados en esta granja.

En cuanto al efecto del tipo racial y época de servicio, los resultados difieren a los reportados por otros autores,¹⁶ los cuales no mostraron tendencias diferenciadas, pero similares a los reportados por en granjas de México¹⁴ en lo referente a línea materna. El número de cerdos destetados se mantuvo muy similar entre hembras, debido a que se observó una tendencia similar entre lechones nacidos totales y destetados. Estas tendencias se pueden mejorar siempre y cuando en esta granja se realice el proceso de reemplazos de las hembras, pues se documentó que existían hembras que permanecían en la granja hasta los doce partos, repercutiendo con lo anterior en el número de lechones destetados.²⁰

CONCLUSIONES

Los promedios fueron aceptables para cada una de las variables que se analizaron, aunque no superan el promedio de las granjas comerciales características de la región. Se obtuvieron efectos del número de parto de la cerda sobre el intervalo destete-celo, en lo que se debe tener un mejor manejo en las cerdas del segundo parto. Asimismo, seguir un efecto de las líneas maternas híbridas, en que con la inclusión de la raza Yorkshire se pueden lograr mejores rendimientos en cuanto a características productivas de los lechones y de la cerda misma. Se considera importante realizar correcciones previas para las evaluaciones genéticas en las granjas porcinas de la región.

RESUMEN

Al evaluar la productividad de cerdas de una granja comercial en el noreste de México para el número de parto, solamente se presentó un efecto ($P < 0.05$) sobre el intervalo destete-celo. Se presentó un efecto significativo ($P < 0.05$) de la línea materna sobre el intervalo destete-celo y el intervalo entre partos. El grupo de año influyó sobre el intervalo destete-celo, y se obtuvieron los valores más bajos en los grupos 1992-1994, 1995-1997 y 2004-2006. En cuanto a la época de servicio, no se encontraron efectos significativos para las variables estudiadas. Con relación a los factores ambientales es importante considerarlos desde el punto de vista reproductivo en este tipo de granja comercial.

Palabras clave: Cerdas, Granja Comercial, Destete.

ABSTRACT

In assessing the productivity of sows from a commercial farm in northeastern Mexico for parity number, only the effect on the interval from weaning to estrus was significant ($P < 0.05$). There was a significant effect ($P < 0.05$) in the maternal line on weaning-estrus interval and calving interval. Year group influenced the weaning-estrus interval, obtaining the lowest values in the groups 1992-1994, 1995-1997, and 2004-2006. As for the time of service, no significant effects were found for the variables studied. With regard to environmental factors it is important to consider them from the point of view in this kind of commercial farms.

Keywords: Sows, Commercial farm, Weaning.

REFERENCIAS

1. Sagarpa. 2009. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx>.
2. Segura, C.J., E.E. Mex., Alzina A.L., Segura C.V. M. 2011. Frequency of removal reasons of sows in Southeastern México. *Trop Anim Health Prod.* 43, 1583-1588.
3. Murillo G.C. Hernández L.M.A., Martínez G.R. 2007. Relación entre la pérdida de grasa dorsal de cerdas lactantes con el consumo de alimento, tamaño de la camada, peso de los lechones al destete y días de lactancia. *Revista Científica FCV-LUZ.* 12, 380-385.
4. Weber R., Keil N.M., Fehr M., R. Horat. 2009. Factors affecting piglet mortality in loose farrowing systems on commercial farms. *Livestock Science.* 124, 216-222.
5. Vanheukelom V., B. Driessen, R. Geers. 2012. The effects of environmental enrichment on the behaviour of suckling piglets and lactating sows: A review. *Livestock Science.* 143, 116-131.
6. Fix J.S., Cassady J.P., Holl J.W., W.O. Herring, M.S. Culbertson, M.T. See. 2010. Effect of piglet birth weight on survival and quality of commercial market swine. *Livestock Science.* 132, 98-106.
7. Wolf J., E. Šáková, E. Groeneveld. 2008. Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning. *Livestock Science.* 115, 195-205.
8. González H C., De Armas. R.I., Paz S C., Guevara V. G., Tamayo E Y. 2002. Influencia del número de partos y la época del año sobre indicadores reproductivos en una unidad porcina. *Producción Animal.* 14: 69-72.
9. Tantasuparuk W., Lundeheim N., Dalin A.-M., A. Ktmavongkrit and S. Einarsson. 2000. Effects of lactation length and weaning-to-service interval on subsequent farrowing rate and litter size in Landrace and Yorkshire sows in Thailand. *Theriogenology* 54, 1525-1536.
10. Baxter M. E., Jarvis S., Sherwood L., Farish M., Roehe R., Lawrence B. A., S. A. Edwards. 2011. Genetic and environmental effects on piglet survival and maternal behaviour of the farrowing sow. *Applied Animal Behaviour Science.* 130, 28-41.
11. Segura-Correa, J.C., J. Fernández-Vera, A. Alzina-López. 2013. Efecto de la peforelina sobre la expresión del estro, fertilidad y tamaño de camada de cerdas primíparas. *Revista Científica FCV-LUZ.* 23: 232-237.
12. Vasdal G., I. Østensen, M. Melišová, B. Bozd'chová, G. Illmann, I. L. Andersen. 2011. Management routines at the time of farrowing—effects on teat success and postnatal piglet mortality from loose housed sows. *Livestock Science.* 136, 225-231.
13. KilBride A.L., Mendl M., Statham P., Held S., Harris M., Cooper S., L.E. Green. 2012. A cohort study of preweaning piglet mortality and farrowing accommodation on 112 commercial pig farms in England. *Preventive Veterinary Medicine.* 104, 281-291.
14. García G.J.S; Herradura L. M.A; R.G Martínez. 2011. Efecto del número de parto de la cerda, la caseta de parición, el tamaño de la camada y el peso al nacer en las principales causas de mortalidad en lechones. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria* 2 (4), 403-414.
15. Leidem M., Vecchionacce H., Verde O., González C., Díaz L. 2001. Factores genéticos y ambientales que afectan características productivas en lechones predestete. *Unellez de Ciencia y Tecnología.* 50: 67-72.
16. Gómez M. Mario., S. C. José C., R. B. Jorge C. 1999. Efecto de año, bimestre y número de parto de la cerda en el tamaño y peso de la camada al nacer y al destete en una granja comercial. *Rev. Biomed* (10):23-28.
17. Moreno G.A. 2009. Análisis histórico del intervalo destete-servicio en un sistema intensivo de producción porcina en la región de la Piedad, Michoacán, México. Tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo.
18. Engblom, L., Lundeheim, N., Dalin, A. and Anderson, K., 2007. Sow removal in Swedish commercial herds. *Livestock Science,* 106, 76-86.
19. Claudio Oliviero, C., Kothe, S., Heinonen, M., Valros, A., Peltoniemi, O. 2013. Prolonged duration of farrowing is associated with subsequent decreased fertility in sows. *Theriogenology.* 79: 1095-1099.
20. Oliviero C., Kothe S., Heinonen M., Valros A., O. Peltoniemi. 2013. Prolonged duration of farrowing is associated with subsequent decreased fertility in sows. *Theriogenology.* 79, 1095-1099.

Recibido: 03/03/2013

Aceptado: 03/11/2014



Foto: Dr. Hugo Bernal Barragán



ISSN: 2007-1175

CiENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



Feminicidio en Nuevo León

Expansión urbana en Chihuahua

Conducción distraída

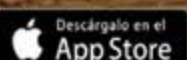
Poliestireno como aislante térmico



Año 20,
Número 86
octubre
diciembre
2017



Revista Ciencia UANL



f RevistaCiencia.UANL
@Ciencia_UANL
Revista CIENCIA UANL



Contribución al estudio de las neoplasias y pseudoneoplasias en el hurón

Rolando A. Silva Pérez*, Cecilia Ramírez Hernández*, Álvaro Barbosa Quintana**, Emilio Olivares Sáenz***, Yahaira Maciel Martínez*, Rafael Ramírez Romero*

RESUMEN

El hurón (*Mustela putorius furo*) se ha convertido en una mascota exótica muy popular. Las enfermedades neoplásicas de los hurones son una sección relevante en la patología quirúrgica veterinaria. En este trabajo se presentan la descripción morfológica y el diagnóstico de nueve neoplasias y tres pseudoneoplasias durante el periodo enero 2010-diciembre 2014. Los diagnósticos incluyen: tumor de células cebadas (2/12), linfoma (2/12), mesotelioma (1/12), epiteloma sebáceo (1/12), leiomyosarcoma (1/12), cordoma (1/12), carcinoma cortical adrenal (1/12). También se realizaron tinciones especiales e inmunohistoquímica (IHQ). Las lesiones pseudoneoplásicas resultaron: linfadenitis (1/12) esplenomegalia (1/12) y quiste de glándulas apócrinas (1/12).

Palabras clave: hurón, neoplasia, tumor, patología, inmunohistoquímica.

El hurón (*Mustela putorius furo*) es actualmente una mascota muy popular (Miwa *et al.*, 2009; Bakthavatchalu *et al.*, 2016). No obstante, su importancia va más allá de su inclusión como mascota exótica, dado que se le considera un modelo animal tanto para enfermedades infecciosas como metabólicas del hombre (Bakthavatchalu *et al.*, 2016; Belser, Katz y Tumpey, 2011). Las neoplasias son también un área de mayor relevancia, dada la oportunidad de comparar el desarrollo de lesiones tumorales espontáneas en el hurón con tumores en el hombre (Beuschlein, Galac y Wilson, 2012; Di Cerbo *et al.*, 2014; Chen, 2010).

Aunque en principio se consideró que las neoplasias eran raras en los hurones, ahora se sabe que, por el contrario, las neoplasias son frecuentes en el hurón geriátrico (Miwa *et al.*, 2009; Bakthavatchalu *et al.*, 2016; Chen, 2010; Avallone *et al.*, 2016), e incluso la presentación espontánea de algunas de ellas ha sido tema

ABSTRACT

The ferret (*Mustela putorius furo*) has become a very popular exotic pet. Neoplastic disease in ferrets is a relevant section in veterinary surgical pathology. This paper presents the morphological description and diagnosis of nine neoplasms and three pseudoneoplasms during the period of January 2010-December 2014. The diagnoses include: mast cell tumor (2/12), lymphoma (2/12) mesothelioma (1/12), sebaceous epithelioma (1/12), leiomyosarcoma (1/12), chordoma (1/12), adrenocortical carcinoma (1/12). Special stains and Immunohistochemistry (IHC) were also performed. The pseudoneoplastic lesions resulted in: lymphadenitis (1/12), splenomegaly and apocrine gland cyst (1/12).

Keywords: ferret, neoplasm, tumor, pathology, immunohistochemistry.

de investigación en oncología y epidemiología comparadas (Beuschlein, Galac y Wilson, 2012; Di Cerbo *et al.*, 2014). Por ejemplo, las neoplasias de las glándulas adrenales y el insulinoma ocurren frecuentemente en el hurón y su estudio ha sido extrapolado con los correspondientes tumores en el hombre (Beuschlein, Galac y Wilson, 2012; Di Cerbo *et al.*, 2014; Chen, 2010). Actualmente existen varios informes sobre neoplasias espontáneas en el hurón (Miwa *et al.*, 2009; Bakthavatchalu *et al.*, 2016; Chen, 2010; Avallone *et al.*, 2016).

* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

** Facultad de Medicina.

*** Facultad de Agronomía.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Contacto: raramirez@prodigy.net.mx

La patología quirúrgica es el procedimiento de elección cuando se trata de caracterizar lesiones que aparecen en el cuerpo de un animal o del hombre y se requiere de una primera apreciación de su morfología. No hay procedimiento superior (incluyendo el diagnóstico molecular) a la histopatología para esta primera aproximación clínico-patológica (Rosai, 2007).

En este estudio se muestra la caracterización de aquellas neoplasias y pseudoneoplasias que se presentan de manera natural en el hurón, así como la determinación de su patrón inmunohistoquímico en caso de ser requerido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El registro de Patología Diagnóstica Veterinaria (empresa dedicada a diagnóstico mediante estudios de patología) se utilizó para recuperar los bloques de parafina que contienen lesiones que previamente fueron diagnosticadas como neoplasias o lesiones semejantes a neoplasias, durante el periodo comprendido entre 2010-2014. Las muestras se recibieron de clínicas particulares que atienden pequeñas especies y animales exóticos, localizadas en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México, cuya información del punto central corresponde a las siguientes coordenadas: Oeste 100°18'39.30"; Norte 25°42'38.01"; altura 520 msnm. El proceso histológico se realizó en su totalidad en el Departamento de Anatomía Patológica del Hospital Universitario de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Los estudios de inmunohistoquímica (IHQ) se realizaron tanto en el Departamento de Anatomía Patológica de la UANL como en el Laboratorio de Patología del Hospital San José del Instituto Tecnológico de Monterrey.

Los bloques de parafina de los casos confirmados se procesaron por medio de la técnica de histopatología convencional. Además, se realizaron tinciones especiales de Ziehl-Neelsen, giemsa, mucicarmina y ácido peryódico de Schiff (PAS). En algunos casos también, azul de toluidina, azul alciano y tricrómica de Masson. También se utilizó la técnica de inmunohistoquímica en los casos que fue necesaria y posteriormente se fotografiaron sus características y se establecieron, conforme a la bibliografía especializada, aspectos comparativos de patología en otras especies incluyendo humanos.

El modelo estadístico implementado fue un muestreo simple de proporciones (Scheaffer, Mendenhall y Ott, 2007), con la finalidad de estimar la proporción o porcentaje de incidencia de los diferentes tipos de neoplasias que se presentan cuando un diagnóstico prelimi-

nar sugiere algún tipo de neoplasia o lesiones semejantes a las mismas.

El tamaño de muestra fue determinado mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2}$$

en donde z es el valor tabulado de la distribución normal estándar para una confiabilidad de 95% en la estimación por intervalo (1.96), p es la proporción la cual fue de 50%, q es $1-p$ y d es la precisión la cual fue de 0.29. Por lo tanto, de acuerdo a estos valores se determinó el tamaño de la muestra, siendo ésta de 11 muestras, concordando con el número de animales (11 hurones), en uno de los cuales se presentaron dos lesiones, dando un total de 12 muestras.

RESULTADOS

Los análisis histopatológicos de los 11 animales, todos mantenidos como mascotas, revelaron siete tipos diferentes de neoplasias; de las cuales las más frecuentes fueron el mastocitoma (2/12) y el linfoma (2/12), ambos con una proporción de 0.16, seguidos por el cordoma condroide, epiteloma sebáceo, mesotelioma, leiomioma (piloleiomioma) y carcinoma cortical de adrenales (1/12), cada uno con una proporción de 0.08. Las pseudoneoplasias fueron tres, quiste de glándulas apocrinas (1/12), esplenomegalia (1/12) y linfadenitis (1/12), teniendo una proporción 0.08 cada una.

En cuanto a los sistemas donde se presentaron las neoplasias y pseudoneoplasias, el de mayor incidencia fue el sistema tegumentario, con cuatro neoplasias (4/12; dos mastocitomas, un epiteloma sebáceo y un leiomioma), con una proporción de 0.33 y un pseudoneoplasia (1/12; un quiste de glándulas apocrinas), con una proporción de 0.08; 0.41 en total. El siguiente fue el sistema hemolinfático en donde se presentaron dos neoplasias (2/12; 2 linfomas), con una proporción de 0.16 y dos pseudoneoplasias (2/12; un esplenomegalia y un linfadenitis) con la misma proporción, 0.32 en total. En cambio, el sistema endocrino, músculo esquelético y cavidad abdominal presentaron un caso (1/12; carcinoma cortical adrenal, cordoma y mesotelioma, respectivamente), teniendo como proporción 0.08 cada uno de ellos. De acuerdo con estos resultados, no existe una neoplasia prevaeciente en la muestra estudiada, sin embargo, se encontró que el sistema tegumentario y el sistema hemolinfático presentaron una mayor incidencia.

Las neoplasias más características y representativas de este trabajo fueron el linfoma, el mastocitoma, el cordoma condroide, el carcinoma de corteza adrenal y el mesotelioma. La descripción de las neoplasias antes mencionadas se realizó de acuerdo a lo observado en cada caso; asimismo, se presentan imágenes representativas de algunas de ellas.

Linfoma

Macho de 4 años, castrado; el otro caso sin datos, respectivamente. En el riñón se observó una extensa infiltración multinodular coalescente de aspecto hiper celular denso que distorsiona la arquitectura renal, este infiltrado se extiende tanto en corteza como en médula renal y también hay extensas áreas de necrosis. Las células infiltrantes son linfocitos grandes neoplásicos que toman una forma elíptica y ocasionalmente polygonal con núcleo abierto granular y nucléolo prominente. Otros cambios incluyen descamación epitelial obliterando túbulos colectores y ocasional mineralización (figura 1). En el otro caso, del cual no se proporcionaron datos, la lesión fue intestinal y provocó infiltración linfoblástica en lámina propia de mucosa, extendiéndose hasta submucosa. La muscular se mantuvo escasamente infiltrada, pero la serosa se encontró infiltrada por células neoplásicas. Ambos casos resultaron positivos a CD3. Los animales murieron al poco tiempo del diagnóstico.

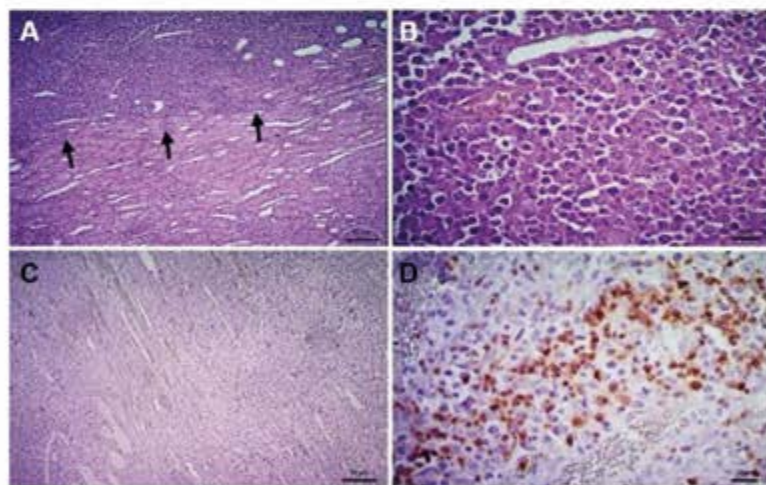


Figura 1. Linfoma renal. A. tejido linfoide neoplásico infiltrante (flechas) (H&E; barra: 50 µm). B. proliferación de linfocitos, notese pleomorfismo, citomegalia y kariomegalia (H&E; barra: 10 µm). C. IHQ (marcador CD20) negativa (barra: 50 µm). D. IHQ (marcador CD3) positiva (barra: 10 µm).

Mastocitoma

Hembras de 3 y 5 años de edad, una de ellas castrada. Neoplasias muy celulares, compuestas por células cuboidales grandes con morfología histiocítica en ambas muestras. En la neoplasia más grande las células tumorales alcanzan casi el estrato basal de epidermis; en la neoplasia pequeña las células tumorales están delimitadas en dermis profunda e hipodermis. Las células neoplásicas en ambas son polygonales cuboidales o bien ovoides cuando se encuentran aisladas, con núcleo grande vacuolado o granular y nucléolo discernible, no se reconocieron mitosis. El citoplasma es basófilo y en la mayoría pueden distinguirse pequeños gránulos. Las células forman pequeños conglomerados y en algunas zonas cordones bien definidos, el estroma es escaso y forma trabéculas de tejido conectivo. Las neoplasias están limitadas, pero no hay una cápsula definida. La presencia de eosinófilos es escasa. En estos casos los animales sobrevivieron.

Cordoma condroide

Macho de 5 años de edad. Neoplasia heterogénea con múltiples componentes tisulares. Se aprecia bien delimitada y en su mayoría encapsulada. Los componentes son: células oblongas o polygonales con citoplasma extensamente vacuolado y en menor proporción, células con citoplasma finamente vacuolado. Estas células

muestran diferenciación adiposa en la mayor parte del tumor (posteriormente se confirmó que se trataba de células lisalíforas). Además, se apreció una extensa matriz colágena entreverada entre estas células. En algunas zonas se reconoce inclusive una diferenciación de cartilago y tejido óseo parcialmente diferenciado, todos estos elementos ocurren en diferentes zonas con participación preponderante del componente celular vacuolado. Ocasionalmente estas células presentan varios núcleos (multinucleadas) con aspecto megacariocítico, en algunas zonas demuestran un arreglo hemangioendotelial. No se apreciaron mitosis pero sus núcleos son altamente pleomórficos y muestran formas bizarras en su cromatina. Otros componentes en el tumor son zonas de hemorragia, necrosis y zonas de calcificación (figura 2). El animal murió poco después del diagnóstico.

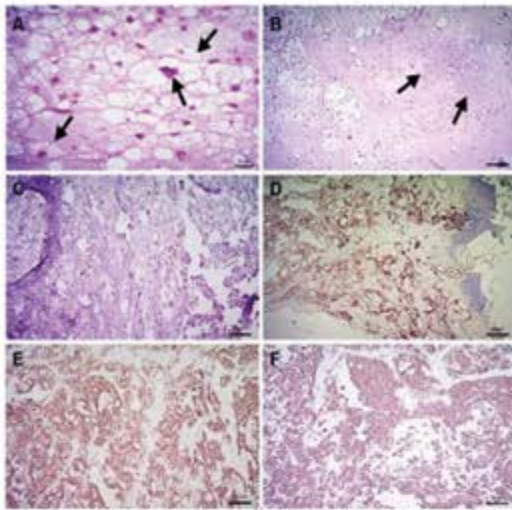


Figura 2. Cordoma condroide. A. células vacuoladas (fisaliforas) embebidas en una matriz mixoide (flechas) (H&E; barra: 10 μ m). B. células vacuoladas coalescentes, además depósito condroide en osificación (flechas) (H&E; barra: 50 μ m). C. IHQ (marcador TTF-1) negativa (barra: 50 μ m). D. IHQ (marcador S-100) positiva (barra: 50 μ m). E. IHQ (marcador citoqueratina) positiva (barra: 50 μ m). F. IHQ (marcador vimentina) positiva (barra: 50 μ m).

Carcinoma de corteza adrenal

Animal sin datos. En la glándula adrenal se observa un componente de aspecto cavitado formando dilataciones amplias llenas de sangre. Aquí las células tumorales son cuboidales y organizadas en cordones bien demarcados que tapizan las cavitaciones. En algunas zonas no hay sangre en el interior, sino un material proteináceo homogéneo. En otras zonas las células se vuelven más ovoides y se organizan de manera compacta sólida, aquí hay algunas mitosis. Las células muestran nucléolo prominente y un citoplasma grumoso eosinofílico (figura 3). No se tienen datos complementarios sobre la evolución del paciente.

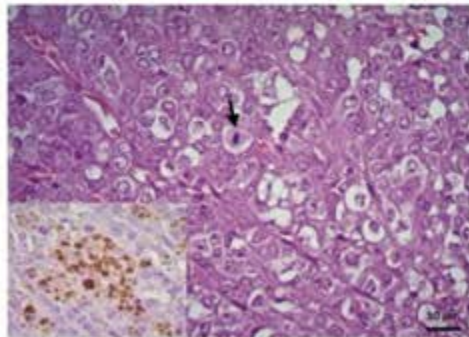


Figura 3. Glándula adrenal, carcinoma de corteza adrenal. Se aprecia una proliferación parcialmente organizada en cordones, células cuboidales pleomorfas, en ocasiones se aprecian mitosis (flecha) (H&E; barra: 10 μ m). Inserto, IHQ (marcador calretinina) positiva, inmunoreactividad granular en citoplasma de algunas células neoplásicas (barra: 10 μ m).

Mesotelioma

Animal sin datos. Se observó una proliferación de células cuboidales organizadas en estrato simple, con polarización en su base sobre membrana basal gruesa y hialina. Asimismo, muestran la misma proliferación que forma protrusiones polipoides o simplemente densas e hipercelulares en las que el estroma es escaso. Dentro de las partes más densas e hipercelulares se advierte mitosis eventual (1-2/10x) y zonas de necrosis en donde la necrosis individual y cariorrexis (apoptosis) es común. Hacia su exterior la neoplasia muestra una marcada proliferación de tejido conectivo fibroso y hemorragias, hay inclusive zonas hialinas extensas de tejido conectivo que se mineralizan (figura 4). No se obtuvieron datos sobre la evolución del paciente.

Pseudoneoplasias

En cuanto a las lesiones no neoplásicas, se incluye la descripción de la linfadenitis en linfonodo mesentérico y el hiperesplenismo, ambas por su forma y localización correspondieron al sistema hemolinfático, sin embargo, se presenta únicamente imagen del hiperesplenismo. La primera lesión correspondió a una hembra castrada, de 1 año de edad. Se observó tejido linfoide con algunos remanentes de la arquitectura folicular, la cual se ha reemplazado por la formación de múltiples granulomas y extensas zonas de necrosis caseosa. Asimismo, hay áreas con una intensa proliferación de tejido conectivo fibroso y neovascularización. Los granulomas están compuestos predominantemente por neutrófilos y macrófagos activos epitelioides, pero no se apreciaron células gigantes. En su mayoría los piogranulomas muestran necrosis caseosa sin participación bacteriana, la formación de la cápsula es pobre, pero hay zonas con amplia vascularización. El animal murió al poco tiempo del diagnóstico. El caso de hiperesplenismo correspondió a una hembra de 5 años aproximadamente. En el fragmento de bazo se apreció una estructura histológica normal con atenuación de los folículos linfoides en la pulpa blanca y pequeños islotes celulares en la roja y depósitos de hemosiderina. Estos islotes contienen células precursoras hematopoyéticas (figura 5). El animal murió poco tiempo después, pero no se estableció el diagnóstico *post mortem*.

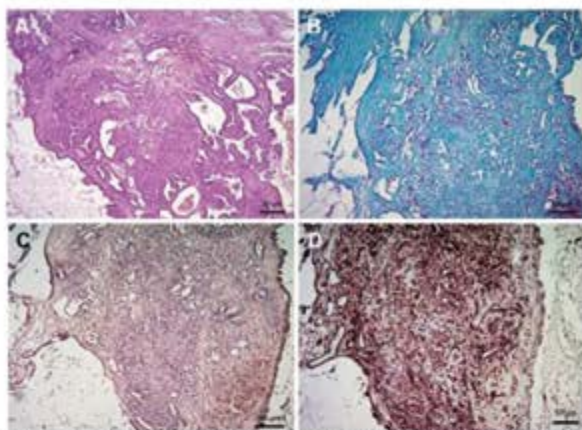


Figura 4. Masa sobre mesenterio, mesotelioma. A. proliferación adenomatoide con amplias cavitaciones y proyecciones polipoides (H&E, barra: 50 μ m). B y C, tinciones azul alciano y mucicarmina, respectivamente, demuestran negatividad a componentes de secreción glandular (barra: 50 μ m). D. IHQ (marcador vimentina) positiva (barra: 50 μ m).

DISCUSIÓN

Las neoplasias y pseuoneoplasias encontradas en el presente estudio fueron mesotelioma, linfoma, leiomiomasarcoma, mastocitoma, epiteloma sebáceo, cordoma, carcinoma cortical adrenal, linfadenitis, hipersplenismo y quiste de glándulas apócrinas. Sin embargo, no existe una neoplasia o pseudoneoplasia claramente prevalente en la muestra estudiada. Por otra parte, aunque no se tienen todos los antecedentes en cada caso, la mayoría de los animales con neoplasias fueron adultos entre 3 y 5 años de edad. A esta edad el hurón comienza a presentar problemas geriátricos incluyendo neoplasias (Bakthavatchalu *et al.*, 2016). Las otras lesiones fueron variables, la linfadenitis en una hembra joven (1 año) y el hipersplenismo en una adulta (5 años).

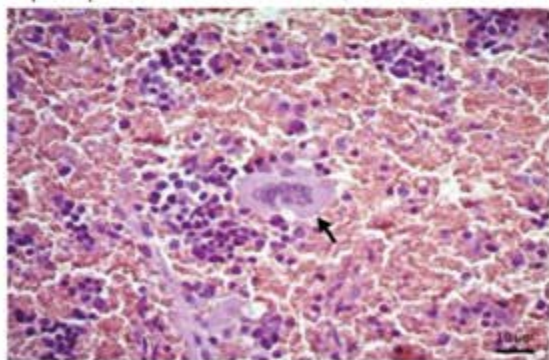


Figura 5. Bazo, hipersplenismo. Extensión de la pulpa roja y depósitos de hemosiderina, folículos linfoides mal definidos y disminución de la pulpa blanca, se observa una célula multinucleada de gran tamaño, concordante con un megacariocito (flecha), característico de hematopoyesis extramedular en hipersplenismo (H&E, barra: 10 μ m).

En el presente estudio el sistema que presentó una mayor incidencia de neoplasias y pseudoneoplasias fue el sistema tegumentario, seguido por el sistema hemolinfático. Aunque el sistema endócrino ha resultado más afectado en otros estudios, también los sistemas tegumentario y hemolinfático se incluyen entre los sistemas más afectados (Miwa *et al.*, 2009; Avallone *et al.*, 2016). Asimismo, la neoplasia incluida en sistema endócrino fue el carcinoma de corteza adrenal. Por otra parte, el insulinoma, referido frecuentemente en la bibliografía (Miwa *et al.*, 2009; Avallone *et al.*, 2016), no se identificó en este trabajo, quizá por el escaso número de muestras incluidas.

En el sistema tegumentario los mastocitomas resultaron una neoplasia frecuente en piel, lo que ya se ha reconocido en otros estudios (Miwa *et al.*, 2009; Avallone *et al.*, 2016). También el adenoma sebáceo y el leiomiomasarcoma han sido mencionados en el sistema tegumentario (Miwa *et al.*, 2009; Avallone *et al.*, 2016). El quiste apócrino aquí asociado a un mastocitoma en el mismo animal es una lesión comúnmente asociada a mastocitomas en el perro (Meuten, 2017).

En el sistema hemolinfático llama la atención una presentación de linfoma linfoblástico en riñón. Esta presentación es muy rara en perro, pero no así en gatos ni en hurones (Avallone *et al.*, 2016; Meuten, 2017; Ammersbach *et al.*, 2008). Por otra parte, los estudios de inmunohistoquímica demostraron en ambos casos que los linfocitos T (CD3 positivos) fueron las células neoplásicas con mayor población linfoide identificada en estas neoplasias. Con anterioridad se ha referido que, en el hurón, tanto los linfocitos T como B pueden ser poblaciones celulares neoplásicas (Ammersbach *et al.*, 2008). Otra condición en el sistema hemolinfático es la esplenomegalia (hipersplenismo) que aquí se reconoció, esta patología que no tiene una etiología específica no es rara en hurones (Miwa *et al.*, 2009).

Otra neoplasia relevante de la que en principio se sospechó de carcinoma en tiroides, resultó un cordoma de probable origen esfenoidal, lo que no es común en el hurón, ya que el sitio más frecuente es la cola del animal (Avallone *et al.*, 2016). La revisión posterior del caso y la negatividad al marcador TTF-1 descartó la posibilidad de que se tratara de un tumor tiroideo y se confirmó cordoma condroide.

El mesotelioma es un tumor poco común, tanto en medicina humana como en medicina veterinaria. En la patología médica el mesotelioma maligno se ha asociado a la influencia contaminante tóxica del asbesto, lo cual no está relacionado con mesoteliomas en anima-

les domésticos (Williams, Garner y Kawasaki, 1994). En pequeñas especies es muy raro (Meuten, 2017); sin embargo, han sido referidos dos casos en el hurón con una presentación muy similar a la que aquí se registró (Williams, Garner y Kawasaki, 1994).

Finalmente, el carcinoma cortical adrenal es una complicación frecuente (endocrinopatía adrenal) en hurones castrados, tanto machos como hembras (Bakthavatchalu *et al.*, 2016; Chen, 2010); sin embargo, en el presente estudio no se obtuvieron más datos en el caso correspondiente.

El presente trabajo contribuye al conocimiento sobre las neoplasias en hurones, particularmente sus características histopatológicas.

REFERENCIAS

- Ammersbach, M., *et al.* (2008). Laboratory findings, histopathology, and immunophenotype of lymphoma in domestic ferrets. *Vet Pathol*, 45(5), 663-673.
- Avallone, G., *et al.* (2016). Neoplastic diseases in the domestic ferret (*Mustela putorius furo*) in Italy: classification and tissue distribution of 856 cases (2000-2010). *BMC Vet Res*, 5; 12(1), 275.
- Bakthavatchalu, V., *et al.* (2016). Endocrinopathy and Aging in Ferrets. *Vet Pathol*, 53(2), 349-365.
- Belser, J., Katz, J.M., y Tumpey, T.M. (2011). The ferret as a model organism to study influenza A virus infection. *Dis Model Mech*, 4 (5), 575-579.
- Beuschlein, F., Galac, S., y Wilson, D.B. (2012). Animal models of adrenocortical tumorigenesis. *Mol Cell Endocrinol*, 351(1), 78-86.
- Chen, S. (2010). Advanced diagnostic approaches and current medical management of insulinomas and adrenocortical disease in ferrets (*Mustela putorius furo*). *Vet Clin Exot Anim*, 13(3), 439-452.
- Di Cerbo, A., *et al.* (2014). Onco-epidemiology of domestic animals and targeted therapeutic attempts: perspectives on human oncology. *J Cancer Res Clin Oncol*, 140(11), 1807-1814.
- Miwa, Y., *et al.* (2009). Neoplastic diseases in ferrets in Japan: a questionnaire study for 2000 to 2005. *J Vet Med Sci*, 71(4), 397-402.
- Meuten, D.J. (ed.). (2017). *Tumors in domestic animals*, 5th ed. Wiley Blackwell, Ames, Iowa.
- Rosai, J. (2007). Why microscopy will remain a cornerstone of surgical pathology. *Lab Invest*, 87(5), 403-408.
- Scheaffer, R.L., Mendenhall, W., y Ott, L. (2007). *Elementos de muestreo*. Madrid, 6 ed., Paraninfo Ed., España.
- Williams, B.H., Garner, M.M., y Kawasaki, T.A. (1994). Peritoneal mesothelioma in two ferrets (*Mustela putorius furo*). *J Zoo Wildl Med*, 25(4), 590-594.

Recibido: 26/05/2016

Aceptado: 26/07/2017



Foto: Dr. Hugo Bernal Barragán

CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



Feminicidio en Nuevo León

Expansión urbana en Chihuahua

Conducción distraída

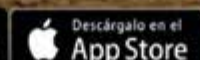
Poliestireno como aislante térmico



Año 20,
Número 86
octubre
diciembre
2017



Revista Ciencia UANL



f RevistaCiencia.UANL
@Ciencia_UANL
Revista CIENCIA UANL



Respuesta fenológica de especies maderables a los factores ambientales del noreste de México

Maginot Ngangyo Heya*, Rahim Foroughbakch Pournavab*, Artemio Carrillo Parra***, Lidia Rosaura Salas Cruz**

RESUMEN

Los eventos fenológicos ilustran la sincronización de los procesos biológicos con los cambios climáticos. En cinco especies maderables del matorral espinoso tamaulipeco (*Acacia berlandieri*, *Havardia pallens*, *Helietta parvifolia*, *Ebenopsis ebano* y *Acacia wrightii*) se observaron quincenalmente, durante 12 meses, las etapas de desarrollo en hojas, flores y frutos, por cuantificación porcentual. Se obtuvo que el estrés por sequía prolongada en verano provocó un cambio del desarrollo vegetativo y reproductivo. La foliación registró mayor continuidad con el tiempo, y varió menos con los factores climáticos, mientras que las fases reproductivas fueron más cortas y discontinuas, registrando mayor variación con el clima.

Palabras clave: factores ambientales, fenología, matorral espinoso tamaulipeco, especies maderables.

Desde hace algunas décadas, el planeta ha experimentado un significativo cambio climático global, caracterizado principalmente por un incremento en la temperatura global y en la concentración de CO₂ atmosférico (Wigley, Jones y Raper, 1997; Hansen *et al.*, 2000; Hansen *et al.*, 2002). Estas alteraciones afectan las condiciones climáticas en todas las regiones del mundo, la estacionalidad ambiental y con ello las respuestas de los organismos al ambiente (Hughes, 2000), y de forma muy particular, la fenología de las plantas (Farnsworth *et al.*, 1995; Thorhallsdottir, 1997; Spano *et al.*, 1999).

Este último término deriva del griego *phaino* que significa manifestar, y *logos*, que significa tratado, y se entiende entonces como el estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas (Volpe, 1992; Villalpando y Ruiz, 1993; Schwartz, 1999). Como son procesos naturales, estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurren y viceversa, de manera que se puede referir a las secuencias fenológicas relativas al clima y sobre todo al microclima cuando ni uno ni otro se conoce debidamente.

ABSTRACT

*Phenological events illustrate the synchronization of biological processes with climate change. From the Tamaulipan shrublands, five timber species (*Acacia berlandieri*, *Havardia pallens*, *Helietta parvifolia*, *Ebenopsis ebano* y *Acacia wrightii*) were observed fortnightly, during 12 months, the developmental stages in leaves, flowers and fruit, per percentage quantification. It showed that the stress, due to prolonged drought in summer, caused changes in vegetation and reproductive development. Foliation registered greater continuity with time and varied less with climate factors, while the reproductive phases were shorter and discontinuous, registering greater variation with climate.*

Keywords: environmental factors, phenology, Tamaulipan shrublands, timber species.

Los procesos fenológicos proveen información sobre los ritmos funcionales de plantas y comunidades vegetales (Abd El-Ghani, 1997), donde los eventos fenológicos pueden ser determinados por condiciones bióticas o abióticas ambientales. De ahí, se puede decir que los ciclos fenológicos representan adaptaciones morfológicas y fisiológicas de las especies para la utilización de los recursos (Abd El-Ghani, 1997; Kemp y Gardetto, 1982). El ciclo de estas respuestas adaptativas de las plantas permite identificar una diversidad de fenofases que están, en mayor o menor grado, reguladas por la estacionalidad (Battey, 2000). En este sentido, los patrones fenológicos pueden indicar que los recursos son utilizados por diferentes especies en diferentes épocas del año. Por lo que cada vez más, cobra mayor importancia el uso de escalas fenológicas que permi-

* Facultad de Ciencias Biológicas.

** Facultad de Agronomía.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

*** Universidad Juárez del Estado de Durango.

Contacto: nheyamaginat@yahoo.fr

ten a la vez referirse a las observaciones y prácticas de manejo de cultivos en una etapa de desarrollo determinado. Esto puede ser útil para desarrollar programas de manejo, recuperación de pastizales y para explicar la adaptación de las especies al ambiente (Fresnillo-Fedorenko *et al.*, 1996).

Las plantas del desierto exhiben fenologías fuertemente relacionadas con la disponibilidad de humedad y temperatura, así como fotoperiodo y disponibilidad de nutrientes. Los eventos fenológicos en estas plantas son disparados principalmente por la precipitación y temperaturas adecuadas (Beatley, 1974; Rossi *et al.*, 1999). El matorral espinoso tamaulipeco es una vegetación de zonas áridas y semiáridas, que consiste en árboles de porte medio alto y arbustos (Ludwig, Reynolds y Whitson, 1975; Rzedowski, 1978; Garrett, 2002), y se extiende en 125,000 km², desde la planicie costera del Golfo de México hasta la ribera sur de Texas en Estados Unidos de América (Foroughbakhch *et al.*, 2005). Estos ecosistemas guardan un delicado equilibrio con el clima, lo que representa particular importancia dentro del manejo forestal, ya que con ello se puede determinar cómo responden a las condiciones climáticas regionales, y por tanto, a los cambios climáticos (Chmielewski y Rötzer, 2001) y las épocas propicias para efectuar actividades silvícolas (Aguirre, 1992).

El conocimiento de estas respuestas adaptativas de la fenología puede constituir un excelente indicador en el manejo de agroecosistemas y recursos forestales. Por lo tanto, el presente trabajo pretende determinar la fenología de especies maderables del matorral espinoso tamaulipeco, para utilizarla como una herramienta que podría llevar a un mejor entendimiento de la variación estacional en la aparición de nuevas hojas, flores y frutos, a fin de poder determinar la magnitud de los cambios e incluso poder predecirlos y establecer patrones fenológicos indispensables para el aprovechamiento y manejo adecuados de este recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el matorral-escuela de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) UANL, en el municipio de Linares, Nuevo León, que se encuentra dentro de las coordenadas 24° 47" de latitud Norte y 99° 32" de longitud Oeste en una región de la planicie entre 430 a 450 m de altitud en el piedemonte de

la Sierra Madre Oriental, México (Foroughbakhch, Hernández-Piñero y Carrillo-Parra, 2014). El clima regional se define como semiárido y subhúmedo [(A) C (Wo)] en el esquema de Köppen modificada por García (2004). Con dos estaciones de lluvias (verano y otoño) y una temporada seca entre noviembre y abril. La temperatura media anual es de 22.3°C con temperaturas superiores a 40°C durante el verano, y heladas de diciembre a marzo. La precipitación media anual es de 749 mm (Foroughbakhch *et al.*, 2001), con la relación de precipitación a la evaporación libre de 0.48 y la precipitación de la evaporación potencial de 0.62 (Návar y Bryan, 1994).

Selección de especies y diseño experimental

El criterio de selección consistió en elegir las especies leñosas características del matorral tamaulipeco, considerando su valor de importancia (Cabral y Treviño, 1989) y basándose en la información proporcionada por Foroughbakhch, Peñaloza y Stienen (1987) en un área del matorral tamaulipeco (tabla 1).

El diseño experimental consistió en 24 parcelas de 10 x 10 m, distribuidas en dos diferentes tipos de vegetación: a) 15 parcelas se ubican en plantaciones forestales con cinco especies nativas seleccionadas, a razón de tres repeticiones por especie, con aproximadamente 25 árboles por parcela, separados a 3 m de distancia; b) nueve parcelas en el matorral nativo, delimitadas al azar a lo largo de transectos realizados para el inventario forestal correspondiente a este estudio.

Variables climáticas

Los datos de las condiciones climáticas del periodo de estudio se consiguieron en los registros de la Comisión Nacional del Agua (2014). La figura 1 presenta las variaciones de precipitación pluvial y la temperatura del aire durante ese periodo.

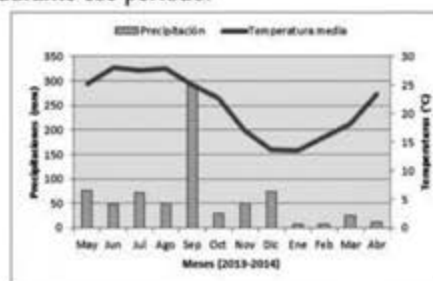


Figura 1. Climograma del periodo de estudio.

Tabla I. Características de cinco especies maderables seleccionadas para el estudio (Hormazabal, 1986; Niembro-Rocas, 1990; Velazco-Macias *et al.*, 2011).

Familia	Especies	Características y forma de vida	Usos
Mimosaceae	<i>Acacia berlandieri</i> Benth	Arbusto espinoso de 2-5 m de altura y 8-10 cm de diámetro, invadiendo hierbas, tallo leñoso de dureza natural resistente para construcción, distribuida al noroeste y centro de México.	Artesanías, leña, forraje.
Mimosaceae	<i>Acacia wrightii</i> Benth.	Árbol/arbusto de 6-8 m (12 m), 10-30 cm en diámetro, distribuido en el norte de México y sur de Texas, USA.	Leña, carbón, alimentos (semillas), madera, forraje.
Mimosaceae	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Barneby	Árbol de 4-10 (15) m, 50 (120) cm diámetro, madera dura, oscura con una muy buena resistencia natural. Distribuida en norte de México, suroeste de Texas, en tierras bajas.	Postes, leña, carbón, madera, protección de animales, alimentos (frutas).
Mimosaceae	<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose.	Arbusto espinoso de 3-5 m, madera densa, baja resistencia natural. Distribución norte y noroeste de México y suroeste de Texas.	Leña, construcción y fabricación de muebles.
Rutaceae	<i>Helietta parvifolia</i> (Gray.) Benth.	Arbusto grande o árbol pequeño de 2-10 (12) m, invasor temprano en suelos calcáreos, sistema de raíz profunda con alta resistencia natural de madera, es distribuida in noroeste de México y Texas.	Postes, estantes, madera, carbón, medicinas.

Métodos de muestreo

Se seleccionaron y marcaron nueve árboles a monitorear por parcela. El estado fenológico de cada árbol fue medido cada 15 días durante un año (de mayo 2013 a abril 2014), para ello se utilizó un método de evaluación visual y cuantitativa en términos porcentuales, cubriendo todo el periodo de manifestación de las siguientes fenofases: desarrollo vegetativo y reproductivo en inicio, plenitud y declinación, de acuerdo a Villasana y Suárez (1997).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los valores porcentuales se transformaron mediante la función raíz cuadrada del arcoseno (Zar, 2010), y se realizaron pruebas de normalidad de los datos para cada variable mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov. Se hicieron pruebas de comparación de medias Tukey, a un nivel de confianza de 95% ($p=0.05$). Estos análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS v. 21.0.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados del estudio fenológico de cada especie se presentan en función de las fenofases vegetativa (foliación) y reproductiva (floración y fructificación).

Foliación

El desarrollo vegetativo presentó diferencias significativas ($P<0.05$) tanto entre especies como por tipo de formación vegetal, con un patrón similar de una irregularidad temporal y cuantitativa de las diferentes fenofases (figura 2).

La formación de nuevas hojas se presentó principalmente durante las estaciones primavera-otoño (de mayo a octubre) del año de estudio, con los picos en primavera (abril, mayo). La tasa de renovación de hojas osciló entre 50 y 100%, siendo *Havardia pallens* la especie con mayor renuevo (95-100%) y *Helietta parvifolia* la de menor renuevo (50%). Por otra parte, *Ebenopsis ebano*, *Acacia berlandieri* y *A. wrightii* renovaron sus hojas a 70-85%, 70-80% y 55-70%, respectivamente. Este desarrollo de los renuevos coincidió con los altos valores de precipitaciones, que presentaron promedios de 76 mm en mayo, y hasta 291 mm en septiembre. Sin embargo, la renovación foliar se acercó apenas a un 10%, sería tal vez por las altas temperaturas registradas entre mayo (25.3°C) y octubre (22.7°C), con el valor máximo (28°C) en junio y agosto.

Todas las especies presentaron un cambio gradual de hojas en las diferentes épocas, en las cuales las hojas maduras se mantuvieron en la mayor parte del año.

En invierno, cuando la temperatura llega a su valor más bajo (13.5°C), se registró la máxima pérdida de hojas, del orden de 75 a 95%. Esto corrobora lo que Reid *et al.* (1990), han reportado: que en los matorrales

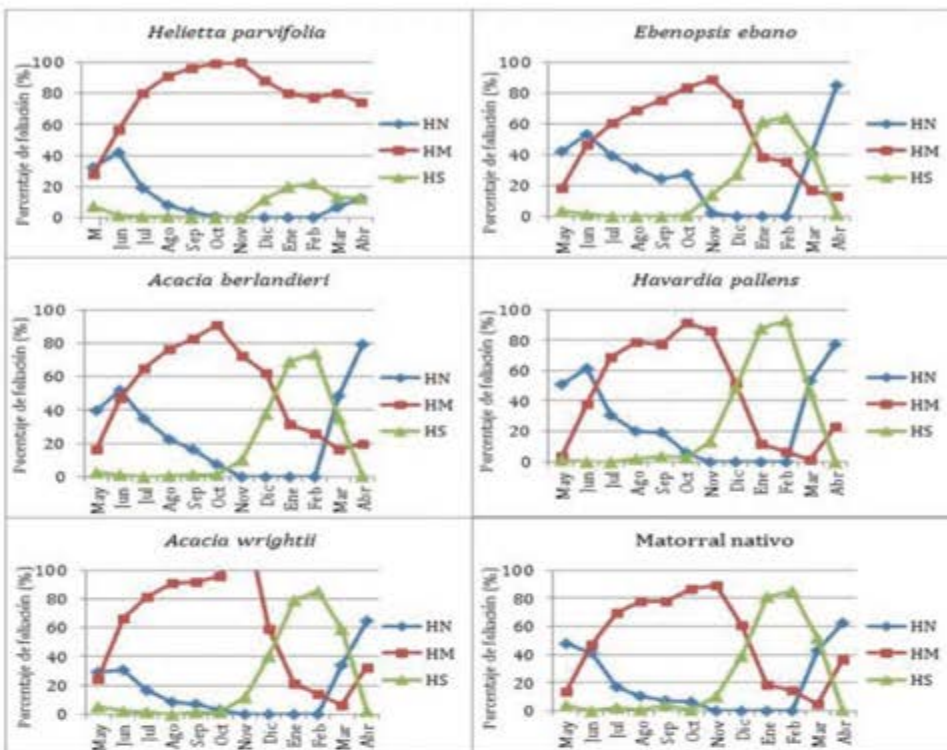


Figura 2. Desarrollo vegetativo de cinco especies del matorral espinoso tamaulipeco de mayo 2013 a abril 2014. HN = Hojas nuevas, HM = Hojas maduras, HS = Hojas secas.

del noreste de México, las bajas temperaturas invernales influyeron notablemente sobre la pérdida de follaje de 58 especies leñosas en 1989. De igual manera, los mismos autores enfatizaron el efecto de la sequía y altas temperaturas del medio verano sobre la pérdida de hojas. Sin embargo, no se presentó una pérdida significativa de hojas en el presente estudio, lo que representa un cambio preocupante que puede afectar la disponibilidad a largo plazo de este recurso, ya que se considera la pérdida de hojas como un mecanismo de adaptación, en respuesta a la sequía causada por mayores temperaturas. Además, la pérdida de hojas es una vía de retorno de los minerales al suelo, con la finalidad de mantener la productividad de las plantas.

Se puede apreciar que *Helietta parvifolia* no perdió completamente sus hojas en ninguna época del año, tampoco las renueva completamente; pero la duración e intensidad de las diferentes etapas del desarrollo vegetativo puede constituir adaptaciones a los cambios observados en las condiciones climáticas.

Floración

El desarrollo floral fue irregular en términos cuantitativos, se observaron cuatro eventos (figura 3), con diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre especies. La etapa de formación de botones para la ma-

yoría de las especies fue la más larga (mayo-noviembre) correspondiendo al largo periodo de calor (temperaturas de 22.7 a 28°C), con excepción de *A. wrightii* (mayo-julio), *H. parvifolia* (80%) y *H. pallens* (90%) presentaron los picos máximos en el mes de junio. Para la vegetación nativa, el pico de flores inmaduras se registró en septiembre (50%). Las flores inmaduras se tardaron más en aparecer en *E. ebano*, presentándose hasta en agosto, al igual que las flores maduras, que se observaron hasta octubre, con una intensidad de 35%.

El periodo de maduración de flores fue muy breve y con un solo pico de baja intensidad para *A. berlandieri* (10%) y *A. wrightii* (30%), mientras que fue considerable, con dos picos para *H. parvifolia* (70% en agosto y 65% en septiembre) y *H. pallens* (65% en agosto y 35% en septiembre). Se puede apreciar que el proceso de maduración frutal es más lento con *E. ebano* en comparación con las demás especies, las cuales maduraron en forma simultánea. El matorral nativo presentó una secuencia sucesiva en términos de duración e intensidad, con la aparición de botones en mayo (20%), las flores inmaduras en junio (10%) y las flores maduras en agosto (8%). No se han registrados flores seniles en *E. ebano* y *A. berlandieri*. En cuanto a *H. parvifolia* y *H. pallens*, las flores se desprendieron hasta octubre (otoño), registrándose porcentajes de 25 y 65% de flores seniles, respectivamente. El menor valor se registró con *A. wrightii* (5%) en el mes de junio (primavera).

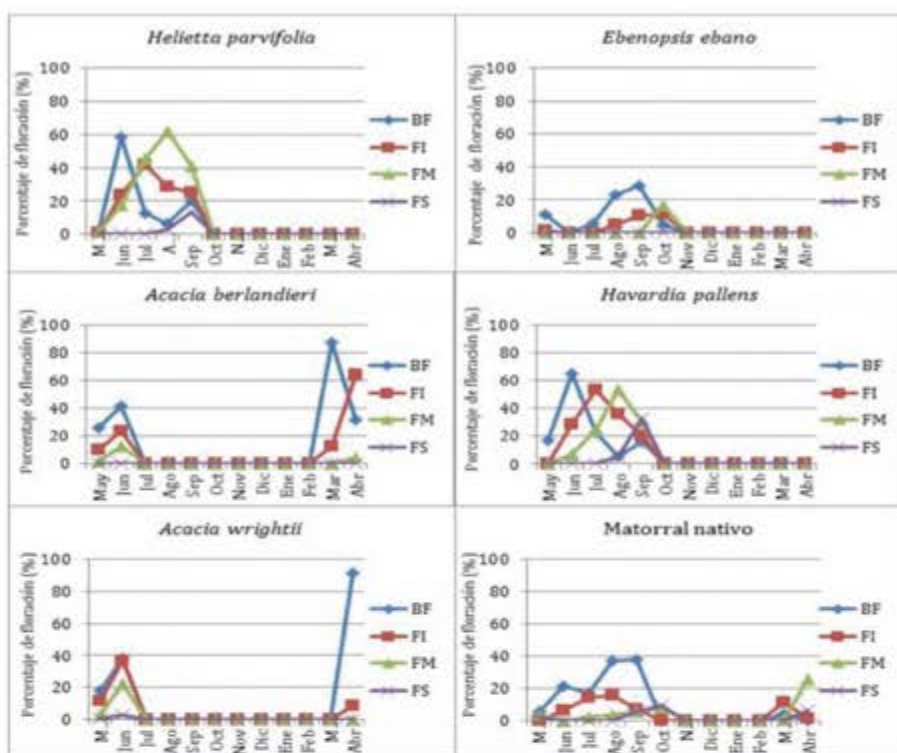


Figura 3. Producción de flores en cinco especies del matorral espinoso tamaulipeco de mayo 2013 a abril 2014. BF = Botón floral, FI = Flores inmaduras, FM = Flores maduras, FS = Flores seniles.

De acuerdo a las observaciones en *H. pallens* y *Z. fagara*, Alvarado (2003) supone que aquellas especies que evolutivamente han optado por desarrollar con mucha anticipación sus botones florales, posiblemente han ajustado la antesis de los mismos con determinadas condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura, precipitación o fotoperíodo), con lo cual corren el riesgo de llevar a maduración los botones al presentarse una determinada condición ambiental, y si esta

condición no es sostenida, las flores posiblemente no completarán su desarrollo, por lo que la planta opta por abortarlos tempranamente y no invertir recursos en flores que difícilmente alcanzarán el objetivo final de producir semillas; y para compensar estas pérdidas de estructuras reproductoras, la planta ha desarrollado estrategias como: a) formar una gran cantidad de botones y ante una determinada condición ambiental favorable

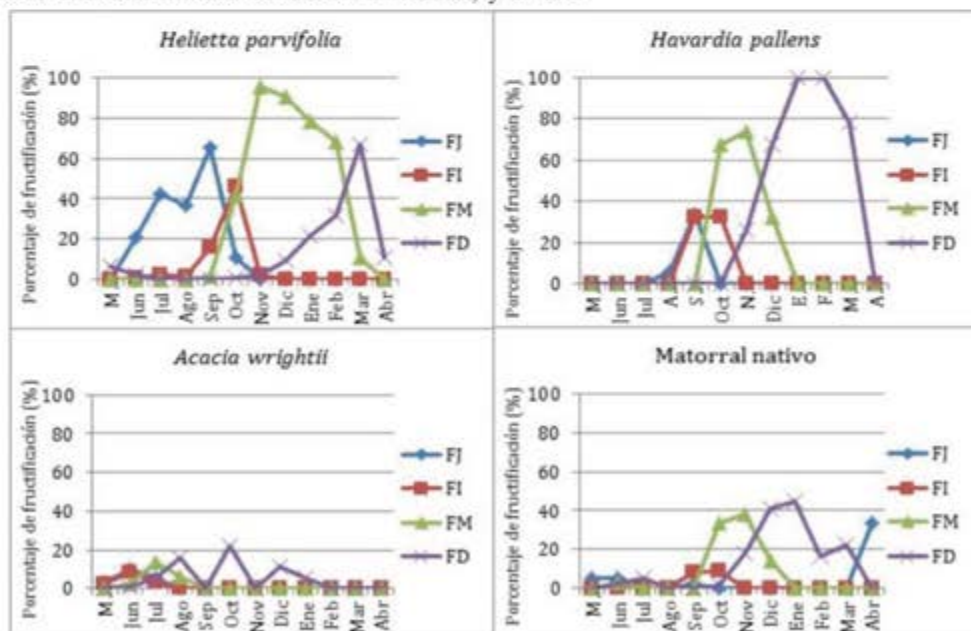


Figura 4. Fenograma de fructificación en especies del matorral espinoso tamaulipeco de mayo 2013 a abril 2014. FJ = Frutos jóvenes, FI = Frutos inmaduros, FM = Frutos maduros, FD = Frutos dehiscentes.

madurar solamente una parte de ellos, b) la capacidad de desarrollar nuevamente y con rapidez nuevas estructuras reproductoras y c) flores pequeñas para poder producir muchas y en caso de pérdida el costo sea mínimo. De este modo, la floración es considerada como una de las etapas fenológicas más sensibles a cambios climáticos, como lo reportan Spano *et al.* (1999).

Fructificación

Evento consecutivo a la floración, la fructificación fue muy variada en función de las especies (figura 4). Se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre especies y por formación vegetal. No se observaron frutos en *E. ebano* debido a los eventos de aborto floral que ocurrieron en esta especie. Para *A. berlandieri*, la actividad frutal se limitó a unos frutos inmaduros (<10%) registrados a finales de primavera (julio), que no pudieron madurar y se desprendieron inmediatamente.

En las demás especies, las respuestas frutales se distinguieron de manera positiva, con los cuatro eventos bien marcados. Desde la fase embrionaria a la senescencia, los frutos permanecieron más en *H. parvifolia* (junio-marzo), seguido de *H. Pallens* y la vegetación nativa (septiembre-marzo), y de *A. wrightii* (junio-enero). Con excepción de *A. wrightii*, la maduración de los frutos empezó en septiembre, después de cuatro a seis semanas del inicio de la fructificación, lo que coincidió con las altas precipitaciones registradas en este mes (291.3 mm). En la mayoría de los casos, la duración de las fases de frutos embrionarios a inmaduros es relativamente breve. Sin embargo, la dispersión de las semillas fue bastante lenta, ocupando varios meses.

Con respecto a la época de dispersión de frutos y semillas, los resultados indican que éstos son más abundantes en el verano y a principios del invierno, lo cual es consecuencia de los picos de floración registrados en primavera y otoño. Según Sharp y Davis (1989), los procesos fenológicos de las plantas están determinados por factores ambientales como agua, luz y temperatura. Sin embargo, en las plantas de zonas áridas, la disponibilidad de agua quizá sea el factor limitante (Sayed, 1998; Pavón y Briones, 2001); lo que se ha observado con los eventos fenológicos de las especies estudiadas, particularmente floración y desarrollo vegetativo. La temperatura se presenta entonces como principal factor climático que afecta la fenología de las plantas de zonas áridas y semiáridas, de acuerdo con Menzel (2000), quien indicó que los incrementos en la temperatura del aire pueden ser detectados fácilmente en los datos

fenológicos. Los eventos fenológicos de primavera se han mostrados como particularmente sensibles a la temperatura, y según Menzel (2000), el calentamiento que se ha experimentado en las últimas décadas ya ha mostrado efectos en la fenología, provocando en la mayoría de los casos un adelantamiento de los eventos fenológicos de primavera y un alargamiento de la época de desarrollo.

Es evidente la presencia en la región de un patrón de precipitación bimodal, con lluvias en primavera y otoño, separadas en medio verano por un notable periodo de sequía y altas temperaturas, y en invierno también por sequía y temperaturas bajas, lo cual ha determinado notablemente los eventos fenológicos de las especies en estudio, ya que la mayor parte de estos eventos se presentaron en primavera y otoño, además de finales de invierno, previo a las lluvias. Esto es congruente con reportes de sistemas estacionales de desarrollo tanto vegetativo como reproductivo (Murali y Sukumar, 1994; Smith-Ramírez y Armesto, 1994; Ghazanfar, 1997; Ramírez, 2002).

CONCLUSIÓN

La mayoría de las especies estudiadas desprendió sus hojas y las renovó gradualmente en las épocas favorables del año. La fructificación en la mayoría de los casos se presentó inmediatamente después de la floración y por tanto, el número de eventos fue similar, con excepción de *E. ebano* y *H. pallens* en las que se presentaron eventos de aborto de flores, por lo que no llegaron a fructificar. Los frutos pasaron rápidamente del estado embrionario a frutos inmaduros, y permanecieron en esta etapa durante dos a tres meses hasta alcanzar su madurez alrededor del mes de agosto. Los frutos maduros fueron particularmente abundantes en los meses de julio-agosto y noviembre. Estas variaciones tanto en duración como en intensidad del desarrollo vegetativo y reproductivo del matorral espinoso tamaulipeco se presentaron de acuerdo a las condiciones climáticas, constituyéndose como una herramienta factible para el manejo de este recurso, de manera que se pueden predecir los potenciales cambios en su dinámica, para asegurar su permanencia y sustentabilidad. Los rangos obtenidos justifican el gran potencial de los estudios fenológicos para entender la influencia de los factores climáticos sobre las plantas.

REFERENCIAS

- Abd El-Ghani, M.M. (1997). Phenology of Ten Common Plant Species in Western Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*. 35:673-683.
- Aguirre, C.O. (1992). *Investigación del crecimiento radial de diversas especies forestales*. Facultad de Ciencias Forestales, UANL (inédito) 19 p.
- Alvarado V., M.A. (2003). *Análisis fenológico y algunos aspectos reproductivos en especies selectas del matorral xerófilo del noreste de México*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 145 p.
- Batley, N.H. (2000). Aspects of seasonality. *Journal of Experimental Botany*. 51(352): 1769- 1780.
- Beatley, J.C. (1974). Phenological events and their environmental triggers in Mojave desert ecosystems. *Ecology*. 55: 856-863.
- Cabral, I., y Treviño, B. (1989). *Efecto de corte en la dinámica de crecimiento de especies de uso múltiples del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México*. Simposio Agroforestal de México: sistemas y métodos de uso múltiple del suelo. Facultad de Ciencias Forestales, UANL (memorias) tomo II: 457-469.
- Chmielewski, F.M, y Rötzer, T. (2001). Response of Tree Phenology to Climate Change Across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*. 108:101-112.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2014). *Servicio meteorológico nacional, resúmenes mensuales de lluvia y temperatura*. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=112
- Famsworth, E.J., et al. (1995). Phenology and Growth of three Temperate Forest Life Forms in Response to Artificial Soil Warming. *Journal of Ecology*. 83:967-977.
- Fresnillo-Fedorenko, D.E., et al. (1996). Phenology of *Medicago minima* and *Enodium cicutarium* in Semi-arid Argentina. *Journal of Arid Environments*. 33:409-416.
- Foroughbakhch, R., Peñaloza, R., y Stienen, D.H. (1987). Increasing the productivity in the matorral of northeastern Mexico: domestication of ten multipurpose tree species. In: *Symposium of the USDA*, 1. Tucson. CD-ROM.
- Foroughbakhch, R., et al. (2001). Evaluation of 15 indigenous and introduced species for reforestation and agroforestry in Northeastern Mexico. *Agroforestry Syst.* 51: 213-221.
- Foroughbakhch, R., et al. (2005). Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*. 216: 359-366.
- Foroughbakhch, R.P., Hernández-Piñero, J.L., y Carrillo-Parra, A. (2014). Adaptability, growth and firewood volume yield of multipurpose tree species in semiarid regions of Northeastern Mexico. *Int. J. Agric. Pol. Res.* 2 (12): 444-453. <http://dx.doi.org/10.15739/IJA-PR.016>.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana*. 3ra edición. UNAM, México D.F. P 252.
- Garrett, H. (2002). *Texas Trees*. Traylor Trade Publishing Lanham. Lanham, MD. USA. 253p.
- Ghazanfar, S.A. (1997). The phenology of desert plants: a 3-year study in a gravel desert wadi in northern Oman. *Journal of Arid Environments*. 35:407-417.
- Hansen, J., et al. (2000). Global warming in the twenty-first century: an alternative scenario. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 97(18): 9875-9880.
- Hansen, J., et al. (2002). Global warming continues. *Science*. 295(5553): 275.
- Hormazabal, F. (1986). *Especies forestales exóticas de interés económico para Chile* (Vol. 32). Santiago: Instituto Forestal, 61-111.
- Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent. *TREE*. 15(2): 56-61.
- Kemp, P.R., y Gardetto, P.E. (1982). Photosynthetic pathway types of evergreen rosette plants (Liliaceae) of the Chihuahuan Desert. *Oecologia*. 55, 149-156.
- Ludwig, J.A., Reynolds, J.F., y Whitson, P.D. (1975). Size-biomass relationships of several Chihuahuan desert shrubs. *Amer. Midl. Natur.* 94:45 1-46 1.
- Menzel, A. (2000). Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorol.* 44(2): 76-81.

- Murali, K.S., y Sukumar, R. (1994). Reproductive Phenology of a Tropical Dry Forest in Mudumalai, Southern India. *Journal of Ecology*. 82:759-767.
- Návar, J., y Bryan, R.B. (1994). Fitting the analytical model of rainfall interception of Gash to individual shrubs of semiarid vegetation in northeastern Mexico. *Agric. For. Meteorol.* 68: 133-143.
- Niembro-Rocas, A. (1990). *Árboles y arbustos útiles de México*. México, DF: Limusa.
- Pavón, N.P., y Briones, O. (2001). Phenological Patterns of Nine Perennial Plants in an Intertropical Semi-Arid Mexican Scrub. *Journal of Arid Environments*. 49:265-277.
- Ramírez, N. (2002). Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the Venezuelan central plain. *Am. J. Bot.* 89 (5):836-842.
- Reid, N., et al. (1990). Floristic and Structural Variation in the Tamaulipan Thornscrub, Northeastern Mexico. *Journal of Vegetation Science*. 1:529-538.
- Rossi, B.E., et al. (1999). Comparative Phenology and Floral Patterns in Larrea Species (Zygophyllaceae) in the Monte Desert (Mendoza, Argentina). *Journal of Arid Environments* 43:213-226.
- Rzedowski, S.H. (1978). *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA, México, D. F. 432p.
- Sayed, O.H. (1998). Phenomorphology and Ecophysiology of Desert Succulents in Eastern Arabia. *Journal of Arid Environments*. 40:177-189.
- Schwartz, M.D. (1999). Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. *Int. J. Biometeorol.* 42(3): 113-118.
- Sharp, R.E., y Davis, W.J. (1989). Regulation of growth and development of plants growing with restricted supply of water. In: Hamlyn, G. J., Flowers, T. J. and Jones, M.B. (eds.), *Plants under stress*. Cambridge University Press, pp. 71-93.
- Smith-Ramírez, C., y Armesto, J.J. (1994). Flowering and Fruiting Patterns in the Temperate Rainforest of Chiloé, Chile-Ecologies and Climatic Constraints. *Journal of Ecology*. 82: 353-365.
- Spano, D., et al. (1999). Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *Int. J. Biometeorol.* 42(3): 124-133.
- Thorhallsdottir, T.E. (1997). Flowering phenology in the central highland of Iceland and implications for climatic warming in the Arctic. *Oecologia*. 114(1): 43-49.
- Velazco-Macias, C.G., et al. (2011). Endemic Flora from Nuevo León, Mexico and Adjacent States. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*. 5, 275-298.
- Villasana, R.A., y Suárez de G., A. (1997). Estudio Fenológico de Dieciséis Especies Forestales Presentes en la Reserva Forestal Imataca Estado Bolívar-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. 41(1):13-21.
- Villalpando, J.F., y Ruiz, J.A. (1993). *Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura*. UTEHA, México. 134 p.
- Volpe, C.A. (1992). Citrus Phenology. In: *Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology*, p. 103-122.
- Wigley, T.M.L., Jones, P.D., y Raper, S.C.B. (1997). The observed global warming record: What does it tell us? *Proc. Natl. Acad. Sci.* 94: 8314-8320.
- Zar, J.H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th ed.). New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 947.

Recibido:06/05/2016

Aceptado:04/10/2017





ISSN: 2007-1175

CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



El invasor no es como lo pintan

Orquídeas mexicanas amenazadas

Tortugas marinas: seres ancestrales

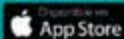
Carlos Solís Rojas: pasión por los arácnidos



Año 21,
Número 91
septiembre
octubre
2018



Revista Ciencia Uanl



RevistaCienciaUANL
@Ciencia_UANL
RevistaCIENCIAUANL



Lodos residuales de origen doméstico: disminución de coliformes fecales y *Salmonella* spp.

Lucero Mariel López Moreno*, Bárbara Azucena Macías Hernández*, Néstor Guevara García*, José Alberto López Santillán*, Patricio Rivera Ortiz*

DOI: /10.29105/cienciauanl21.91-1

RESUMEN

El elevado contenido de microorganismos patógenos que presentan los lodos residuales genera una problemática en su disposición. Se evaluó la disminución de coliformes fecales y *Salmonella* spp., sometido a vermiestabilización y estabilización alcalina, empleando relaciones lodo-hidróxido de cal de 0.5-9.5, 1.0-9.0, 1.5-8.5 y 2.0-8.0 kg, así como 10.0-0.39, 10.0-0.26 y 10.0-0.13 kg lodo-lombriz. En cuanto a coliformes fecales, ambos tratamientos lograron conseguir la clasificación "C" para uso forestal y agrícola sin contacto directo, establecida en la NOM-004-SEMARNAT-2002. Sin embargo, la disminución de *Salmonella* spp. no consiguió ser suficientemente efectiva para cumplir con dicha clasificación.

Palabras clave: microorganismos, patógenos, lodos residuales, vermiestabilización, estabilización alcalina.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) han sido establecidas en diversos países con la finalidad de reutilizar el agua desechada en procesos domésticos e industriales y prevenir la contaminación de ecosistemas. Los lodos residuales, también conocidos como biosólidos (Renner, 2000), son subproductos formados de partículas orgánicas y minerales no retenidas en los tratamientos físicos o biológicos del agua (Peñarete, 2012; Oropeza, 2006). Usualmente contienen de 93 a 99% de humedad, así como entre 0.5 y 2% de sólidos (EPA, 1999). Asimismo, son considerados desechos peligrosos e indeseables debido al contenido de metales pesados y microorganismos patógenos que presentan (coliformes fecales, *Salmonella* spp. y huevos de helmintos) (European Commission, 2010).

En el ámbito mundial, miles de millones de toneladas de lodos residuales son generadas cada año (Renner, 2000). Tan sólo en Estados Unidos se producen alrededor de once millones de toneladas en peso seco

ABSTRACT

*The high content of pathogenic microorganism that are present in sewage sludge generate a problema in its disposition. The decreased of faecal coliforms and *Salmonella* spp., subdued to vermicomposting and alkaline stabilization was evaluated, applying relationship sludge-Lime hydroxide of 0.5-9.5, 1.0-9.0, 1.5-8.5 and 2.0-8.0 kg, as well as 10.0-0.39, 10.0-0.26 and 10.0-0.13 kg sludge-worm. In respect of faecal coliforms, both treatments were able to get the "C" ranking for forestry use and farming use without direct contact, established in the NOM-004-SEMARNAT-2002. Nevertheless, the reduction of *Salmonella* spp. Failed to get sufficiently effective to fulfill this ranking.*

Keywords: microorganism, pathogens, sewage sludge, vermicomposting, alkaline stabilization.

(Kelessidis y Stasinakis, 2012). En México, no existe una cifra oficial reportada sobre la generación de los lodos residuales (Oropeza, 2006). Sin embargo, el volumen de aguas residuales (AR) tratadas se ha incrementado en los últimos 22 años, lo que provoca un aumento en la cantidad de lodos residuales producidos. Para 2010 ya existían 2,603 PTAR municipales en operación, tratando 93.6 m³ s⁻¹ de AR, es decir, 44.76% de los 209.1 m³ s⁻¹ recolectados en los sistemas de alcantarillado. Sólo en el estado de Tamaulipas, para 2013, se encontraban instaladas 44 PTAR, las cuales realizaban el tratamiento de 5,692.1 L s⁻¹ (Conagua, 2013).

En México, el principal problema de la disposición de lodos residuales es el alto contenido de microorganismos patógenos que presentan (Barrios *et al.*, 2000). Por lo tanto, son ocasionalmente incinerados o utilizados como material de relleno (Renner, 2000), descar-

* Universidad Autónoma de Tamaulipas.
Contacto: bmaciash@docentes.uat.edu.mx

gados en sistemas de alcantarillado, cuerpos de agua, tiraderos, terrenos o en las mismas fuentes de suministro sin un tratamiento previo y, en el mejor de los casos, dispuestos en rellenos sanitarios (Oropeza, 2006; Castrejón *et al.*, 2002), lo cual puede generar severos problemas de contaminación (Castrejón *et al.*, 2002).

Algunos autores demuestran que los lodos residuales cuentan con la capacidad de ser utilizados como abono agrícola (Tsadillas *et al.*, 1995; Hernández *et al.*, 2005; Nagar, Sarkar y Datta, 2006), debido a su elevado contenido de materia orgánica (CEAJ, 2011), para lo cual requieren de un tratamiento previo a su disposición (Torres, Madera y Martínez, 2008).

Estabilizar lodos mediante la adición de cal es un proceso sencillo que permite destruir o eliminar microorganismos productores de gases fétidos, así como microorganismos patógenos y mejorar las características de secado (Romero, 2005); disminuyendo las concentraciones de coliformes fecales dentro de los límites de la clase A de la NOM-004-SEMARNAT-2002 (Castrejón *et al.*, 2002).

Otra de las técnicas utilizadas es la vermiestabilización o vermicomposteo, la cual consiste en la estabilización y secado de lodos utilizando lombrices de tierra. Investigaciones previas demuestran que el producto final de este tratamiento suele contener niveles elevados de nitrógeno y fósforo (European Commission, 2010), así como un menor contenido de microorganismos patógenos en comparación con otros métodos de estabilización (Khawairakpam y Bhargava, 2009).

Con la finalidad de producir un lodo residual "Clase A", con base en lo establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002, se evaluó la disminución de coliformes fecales y *Salmonella* spp. en lodo residual obtenido de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, expuesto a distintas concentraciones de cal hidratada y lombriz californiana.

METODOLOGÍA

El lodo residual utilizado se obtuvo de la PTAR domésticas de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Durante el primer muestreo se colectaron 200 kg de lodo residual, los cuales fueron sometidos a vermiestabilización utilizando lombriz californiana (*Eisenia foetida*). De la misma forma, en el segundo muestreo se colectaron 200 kg de lodo residual destinados a estabilización alcalina mediante la adición de cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Para conformar el volumen total de muestra se utilizó el método del cuarteo, tal y como se establece en la NOM-004-SEMARNAT-2002.

Una porción del material colectado en ambos muestreos fue trasladado al Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Agrícola (LIDA), perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, donde se mantuvo en refrigeración a 4°C con la finalidad de analizar humedad en % mediante método gravimétrico (secado a estufa a 105°C×24 h) y saturación. Asimismo, se determinó el número más probable (NMP) de coliformes totales, fecales, mediante la prueba indirecta (prueba presuntiva en caldo lactosado y prueba confirmativa flama del medio EC) y *Salmonella* spp., conforme con lo descrito en la NOM-004-SEMARNAT-2002. El pH se midió a través del método potenciométrico en periodos de 24 h, en una relación 1:0.5 agua destilada-muestra y la materia orgánica (MO) utilizando el método de Walkley-Black.

Para llevar a cabo el experimento se diseñó un modelo completamente al azar con siete tratamientos y dos testigos. Tanto los tratamientos como el testigo fueron desarrollados por triplicado, utilizando un total de 27 cajas de reja plástica de 48x28 cm y 15 cm de altura, cubiertas con una bolsa negra de polietileno, con la finalidad de contener el sustrato añadido. Los valores obtenidos de NMP g⁻¹ de coliformes fecales y *Salmonella* spp., así como los parámetros físicos, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con un *Alpha* de 0.05, comparando los tratamientos, utilizando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21.

Tratamiento alcalino

Los tratamientos 1, 2, 3 y 4 fueron conformados por lodo residual-cal hidratada en una relación de 95-5, 90-10, 85-15 y 80-20%, respectivamente. Para estos tratamientos se colocó un testigo de 100% de lodo residual correspondiente a 10 kg. Una vez pesada la cantidad de lodo-cal, se procedió a mezclar de forma manual hasta su completa homogenización. En dichos tratamientos se monitoreó la temperatura, así como el pH, esperando alcalinizar el material por encima de 12 unidades durante un período de 72 horas, tal y como recomienda la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2003), para lograr la reducción significativa de microorganismos patógenos.

Transcurridas 72 horas, se colectó una porción de material de cada uno de los tratamientos en bolsas plásticas estériles debidamente etiquetadas, para proceder con los análisis antes mencionados.

Vermiestabilización

Por otra parte, los tratamientos 5, 6 y 7 fueron conformados por 10 kg de lodo residual variando el peso vivo de lombriz añadido (0.39, 0.26 y 0.13 kg, respectivamente), conforme al tiempo de exposición (30, 60 y 90 días). En este caso se llevó un control de la temperatura interna de los tratamientos, realizando riegos periódicos manuales con la finalidad de mantener el material entre 14 y 30°C, temperatura ideal para el desarrollo de *Eisenia foetida*. A los 0, 30, 60 y 90 días de tratamiento, se colectó sustrato en bolsas de polietileno estériles debidamente etiquetadas para analizar los parámetros correspondientes.

RESULTADOS

Tratamiento alcalino

Una vez analizados los parámetros físicos del lodo residual (tabla I), se observó una disminución en la humedad contenida de 83.45 hasta 59.64%, conforme aumentó la relación lodo-hidróxido de cal agregada, debido a que éste es considerado un material secante. Asimismo, la capacidad de absorción de humedad del lodo residual disminuyó a medida que la cantidad de Ca(OH)_2 aumentaba, 95.26% en el testigo, mientras que en el que contenía mayor cantidad de Ca(OH)_2 (T4), el porcentaje fue de 63.47%, considerándose como alto. Se observó que los valores de humedad y saturación son estadísticamente diferentes (ANOVA $p < 0.05$). Por lo que es importante considerar la relación lodo-cal.

Tal y como recomienda la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2003), el pH incrementó por encima de 12, logrando mantenerse durante 72 horas. La disociación de Ca(OH)_2 en los tratamientos causa una elevación del pH (Palomo-Rodríguez *et al.*, 2010). El análisis mostró que incluso el tratamiento con menor concentración de cal hidratada reflejó una disminución en el contenido de microorganismos patógenos presentes 99%.

Al incrementar la relación lodo-cal, mayor remoción de coliformes fecales y *Salmonella* spp. fue observada, obteniéndose valores iniciales de 460'000,000 NMP g⁻¹ de coliformes fecales y 2,400'000,000 NMP g⁻¹ de *Salmonella* spp., los cuales disminuyeron a medida que el contenido de cal aumentaba (tabla II). Los valores muestran diferencia estadística por lo que sí se observó una disminución significativa para el tratamiento 4 con respecto a los otros (ANOVA $P < 0.05$).

Tabla I. Propiedades físicas de lodo residual tratado con cal.

Tratamiento	Relación lodo- Ca(OH)_2 (kg)	Humedad (%)	Saturación (%)
Testigo	10.0-0.0	83.45	95.26
1	9.5-0.5	78.78	85.52
2	9.0-10.0	69.98	73.38
3	8.5-1.5	66.78	72.88
4	8.0-2.0	59.64	63.47

Tabla II. NMP g⁻¹ ST de coliformes fecales y *Salmonella* spp., en lodo residual estabilizado alcalinamente.

Tratamiento	Relación lodo- Ca(OH)_2 (kg)	Coliformes fecales (NMP g ⁻¹ ST)	<i>Salmonella</i> spp. (NMP g ⁻¹ ST)
Lodo Inicial	10.0-0.0	460,000,000	2,400,000,000
1	9.5-0.5	300,000	1'201,201
2	9.0-10.0	300,000	600,601
3	8.5-1.5	210,000	<3
4	8.0-2.0	21,000	<3

NMP g⁻¹ ST: número más probable por gramo de sólidos totales.

Sin embargo, los resultados son elevados al ser comparados con lo reportado por otros autores (Castrejón *et al.*, 2002; Viguera-Carmona *et al.*, 2013). Si bien se obtuvo un decremento en casi 100% de microorganismos patógenos, las concentraciones utilizadas de cal hidratada no fueron suficientemente efectivas para lograr cumplir el límite máximo permisible de *Salmonella* spp. para uso agrícola sin contacto directo establecido en la normatividad (<300 NMP-g ST). En cuanto a coliformes fecales se refiere, el lodo residual estabilizado, en todas las concentraciones aplicadas, logró cumplir con dichos parámetros (<2,000,000 NMP g⁻¹ ST).

Vermiestabilización

En la vermiestabilización de lodos se observó un aumento en el contenido de materia orgánica a los 30, 60 y 90 días de tratamiento de 2.24, 4.47 y 6.71%, respectivamente. Las diferencias fueron significativas de acuerdo al análisis de varianza realizado ($p < 0.05$). Asimismo, a mayor contenido de materia orgánica se observó una acidificación del sustrato (tabla III). Hait y Tare mencionan que el vermicomposteo de lodos residuales promueve la formación de compuestos orgánicos ácidos, lo cual reduce los niveles de pH (Hait y Tare, 2011).

Tabla III. Propiedades físicas del lodo residual vermiestabilizado.

Parámetros	Tratamiento			
	Lodo Inicial	7 (30 días)	6 (60 días)	5 (90 días)
Relación lodo-lombriz (kg)	10.0-0.0	10.0-0.39	10.0-0.26	10.0-0.13
Humedad (%)	79.78	79.59	74.02	51.59
Saturación (%)	95.26	96.91	78.36	89.21
Materia Orgánica (%)	45.06	46.09	47.42	48.90
pH	6.95	7.06	6.60	6.42

Se logró mantener e incluso incrementar las poblaciones de lombriz californiana utilizada en lodo residual fresco, sin ser requerido un compostaje previo o la adición de algún otro tipo de sustrato. A los 30 y 60 días de tratamiento las poblaciones de lombriz californiana se mantuvieron estables, incluso con un ligero incremento. Lo anterior debido al aumento en peso y número de individuos. A los 90 días de tratamiento se redujeron las poblaciones de lombriz californiana encontradas. Si bien se presentó mayor número de individuos, el peso vivo de lombriz disminuyó, observándose organismos de menor grosor. Resultados similares han sido reportados (Villar *et al.*, 2016), lo cual se atribuye a que el contenido nutricional aprovechable para las poblaciones de lombriz decrece rápidamente en las primeras etapas del compostaje (Gunadi y Edwards, 2003).

Todas las concentraciones de lombriz californiana añadidas a los 30, 60 y 90 días de tratamiento resultaron ser eficientes en cuanto a disminución de coliformes totales y fecales (99.93%). En la totalidad de los tratamientos establecidos se logró disminuir el contenido de coliformes fecales, cumpliendo con la clasificación "excelente o bueno", establecida en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (<2,000,000 NMP g⁻¹ ST). Sin embargo, para *Salmonella* spp. se reportó una disminución de 99.98% a los 60 y 90 días de tratamiento (tabla IV), siendo insuficiente para alcanzar las especificaciones impuestas en la normatividad (<300 NMP-g ST), debido a la elevada concentración de *Salmonella* spp. presente en el lodo residual fresco. Estudios anteriores han conseguido cumplir con el límite máximo permisible Clase "A" (uso en contacto público directo) establecido en la normatividad, sin embargo, los sustratos utilizados presentaban un contenido menor en cuanto a microorganismos patógenos (Eastman *et al.*, 1999; Khwairakpam y Bhargava, 2009).

Tabla IV. NMP g⁻¹ ST de coliformes fecales y *Salmonella* spp., en lodo residual vermiestabilizado

Tratamiento	Relación lodo-lombriz (kg)	Coliformes fecales (NMP g ⁻¹ ST)	<i>Salmonella</i> spp. (NMP g ⁻¹ ST)
Lodo inicial	10.0-0.0	460,000,000	2,400,000,000
7 (30 días)	10.0-0.39	300,000	1,100,000
6 (60 días)	10.0-0.26	300,000	460,000
5 (90 días)	10.0-0.13	300,000	460,000

NMP g⁻¹ ST: número más probable por gramo de sólidos totales.

CONCLUSIÓN

Todas las concentraciones lodo residual-cal, lodo residual-lombriz californiana, en cuanto a NMP g⁻¹ ST de coliformes fecales, lograron cumplir con la clasificación "C" (uso forestal y agrícola sin contacto directo). Tal y como menciona Castrejón *et al.*, la adición de cal hidratada a lodos residuales demostró ser una alternativa viable para la disminución del contenido de microorganismos patógenos presentes (Castrejón *et al.*, 2002). Resultados similares fueron encontrados entre los tratamientos con menores concentraciones de cal añadida (10 y 5%) y lombriz californiana en cuanto a NMP g⁻¹ ST de coliformes fecales. Lo cual sugiere que los tratamientos con 20 y 15% de Ca (OH)₂ son mayormente efectivos comparados con la vermiestabilización, en cuanto a eliminación de coliformes fecales, además de ser económicos y causar efectos rápidos.

Incrementar el tiempo de exposición al tratamiento alcalino podría ser la solución para conseguir un lodo residual "Excelente o bueno" (Semarnat, 2003), que pueda ser dispuesto o aprovechado en contacto directo y de forma segura, mediante un tratamiento de bajo costo. Debido a que la calidad en los lodos residuales tratados con *E. foetida* tampoco cumplió con las especificaciones establecidas para uso forestal, mejoramiento de suelos o uso agrícola, es necesario realizar pruebas en las que se incremente la relación concentración/tiempo de contacto de lombriz californiana, para poder llegar a disminuir el contenido de *Salmonella* spp. Asimismo, es importante la altura de la cama, ya que se ha observado que la granulometría fina que presentan los LR es una probable causa de la baja remoción de microorganismos patógenos.

Otros resultados sugieren que el lodo residual fresco puede ser utilizado como sustrato para la cría y reproducción de lombriz californiana, obteniendo un compost de mayores capacidades fertilizantes en cuanto a materia orgánica, en comparación con el lodo obtenido en tratamientos alcalinos.

REFERENCIAS

- Barrios, J.A., Rodríguez, A., González, A., *et al.* (2000). Destrucción de coliformes fecales y huevos de helmintos en lodos físicoquímicos por vía ácida. FEMISCA. AIDIS. Morelia, Michoacán. México. *Memorias XII Congreso Nacional 2000*. 1(1): tomo 1. 913 p.
- Castrejón, A., Barrios, J.A., Jiménez, B., *et al.* (2002). *Evaluación de la calidad de lodos residuales de México*. FEMISCA AIDIS Tomo 1. Morelia, Michoacán, México. 913 p.
- CEAJ. (2011). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados*. Dirección de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. México. 482 p.
- Conagua. (2013). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*. Comisión Nacional del Agua. México, D.F. 306 p.
- Eastman, B.R., Kane, P.N., Edwards, C.A., *et al.* (1999). *Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States*. U.S. Stermer and Environmental Protection Agency Municipal and Industrial Solid Waste Division Office of Solid Waste. 81 p.
- EPA. (1999). *Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States*. United States. 81 p.
- EPA. (2003). *Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge under 40 CFR part 503*. Office of Water. Office Science and Technology Sludge. Risk Assessment Branch. Washington. 177 p.
- European Commission. (2010). *Sewage sludge*. Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/index.htm>
- Hernández, J.M., Olivares, E., Villanueva, I., *et al.* (2005). Aplicación de lodos residuales, estiércol bovino y fertilizante químico en el cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare Pers.*). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 21: 31-36.
- Gunadi, B., y Edwards, C.A. (2003). The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). *Pedobiologia*. 47: 321-329.
- Hait, S., y Tare, V. (2011). Vermistabilization of primary sewage sludge. *Bioresour Technol*. 102: 2812-2820.
- Kelessidis, A., y Stasinakis, A.S. (2012). Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Manage*. 32: 1186-1195.
- Khawairakpam, M. y Bhargava, R. (2009). Vermitechnology for sewage sludge recycling. *Journal of Hazardous Materials*. 161: 948-954.
- Nagar, R., Sarkar, D., y Datta, R. (2006). Effect of Sewage Sludge Addition on Soil Quality in Terms of Metal Concentrations. *Environmental Contamination Toxicology*. 76: 823-830.
- Oropeza, G.N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. *Caos Conciencia*. 1: 51-58.
- Palomo-Rodríguez, M., Viramontes, U.F., Espinoza-Arellano, J.J. *et al.* (2010). Comportamiento de la carga nutrimental en drenes agrícolas del Valle de Juárez. *Ciencia en la Frontera*. 8(1): 7-13.
- Peñarete, M.W. (2012). *Efecto de la aplicación de biosólidos sobre las propiedades físicas e hidrodinámicas de un suelo cultivado con caña de azúcar (Saccharum officinarum)*. Tesis de Maestría en Ingeniería. Facultad de Ingeniería-Universidad del Valle. Santiago de Cali. 81 p.
- Renner, R. (2000). Sewage sludge pross and cons. *Environmental Science and Technology*. 34: 430-435.
- Romero, J.A. (2005). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Primera reimpresión. Bogotá. 1248 p.
- Semarnat. (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-004-SE-MARNAT-2002, *Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final*. Diario Oficial de la Federación.
- Torres P., Madera, C.A., y Martínez, G.V. (2008). Estabilización alcalina de biosólidos compostados de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas para aprovechamiento agrícola. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 1: 4432-4444.
- Tsadillas, C.D., Matsi, T., Barbayiannis, N., *et al.* (1995). The influence of sewage sludge application on soil properties and on the distribution and availability of heavy metal fractions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 26: 2603-2619.
- Vigueras-Carmona, S.E., Zafra-Jiménez, G., García-Rivero, M., *et al.* (2013). Efecto del pretratamiento sobre la biodegradabilidad anaerobia y calidad microbiológica de lodo residuales secundarios. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 12: 293-301.
- Villar, I., Alves, D., Pérez-Díaz, D., *et al.* (2016). Changes in microbial dynamics during vermicomposting of fresh and composted sewage sludge. *Waste Management*. 48: 409-417.

RECIBIDO: 05/07/2016

ACEPTADO: 08/08/20108



ISSN: 2007-1175

CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



El invasor no es como lo pintan

Orquídeas mexicanas amenazadas

Tortugas marinas: seres ancestrales

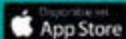
Carlos Solís Rojas: pasión por los arácnidos



Año 21,
Número 91
septiembre
octubre
2018



Revista Ciencia Uanl



RevistaCienciaUANL



@Ciencia_UANL



RevistaCIENCIAUANL

Composición florística y diversidad de la regeneración leñosa del matorral en Marín, Nuevo León

Jaime F. García*, Francisco Zavala-García*

DOI: 10.29105/cienciauanl21.91-2

RESUMEN

Los matorrales del noreste de México son ecosistemas bajo intensa presión agropecuaria. Para evaluar la composición, la diversidad α y la regeneración leñosa. En un área de matorral con historial de pastoreo, en Marín, N. L., se establecieron ocho parcelas rectangulares de 25x10 m (250 m²), se censaron todos los individuos ($d0.10\text{ m} \geq 1\text{ cm}$). Se calcularon los indicadores ecológicos de abundancia (AR_i), dominancia (DR_i), frecuencia (FR_i), índice de valor de importancia (IVI), índice de Margalef (D_{Mg}), índice de Shannon (H') y se estimó la riqueza de la vegetación leñosa. Se registraron 25 especies distribuidas en 21 géneros y 15 familias. Las especies con mayores IVI fueron *Z. fagara*, *P. laevigata* y *A. farnesiana* con 13.22, 11.46 y 9.26%, respectivamente. El índice de Margalef (D_{Mg}) y la diversidad α registraron valores de $D_{Mg} = 3.01$ y $H' = 2.87$. La dinámica de abundancia de especies indica que cuando se incrementa el % AR_i el número de especies disminuye. El alto número de individuos/ha en las clases diamétricas menores (1-3 cm) muestra que el sistema se encuentra en un estado de regeneración de individuos

Palabras clave: agropecuaria, riqueza de especies, índice de valor de importancia, diversidad.

ABSTRACT

*The shrublands of northeastern Mexico are ecosystems under an intense farming pressure. In order to evaluate composition, diversity α and woody regeneration. In an area of shrubland with grazing history in Marín, N.L., Eight rectangular parcels of 25x10 m (250 m²) were established. All individuals were counted ($d0.10\text{ m} \geq 1\text{ cm}$). The Environmental indicators of abundance (AR_i), dominance (DR_i), frequency (FR_i), importance value index (IVI), Margalef index (D_{Mg}), Shannon index (H') were calculated, and the richness of woody vegetation was estimated. The total of 25 species distributed in 21 genres and 15 families were recorded. The species with highest IVI were *Z. fagara*, *P. laevigata* and *A. farnesiana* with 13.22, 11.46 and 9.26%, respectively. Margalef index (D_{Mg}) and diversity α recorded values of $D_{Mg} = 3.01$ and $H' = 2.87$. The dynamic of affluence of species indicate when the % AR_i increases, the number of species decreases. The high number of individuals /ha in the smallest diameter classes (1-3 cm) reveals that the system is located in a state of regeneration of individuals.*

Keywords: Farming, richness of species, value of importance index, diversity.

En el noreste de México, una amplia extensión del área se encuentra cubierta por matorrales (aproximadamente 200,000 km²) distribuidos en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y el sur de Texas (Udvarý, 1975), este ecosistema está densamente poblado por árboles y arbustos, cerca de la mitad de las especies son espinosas (Heiseke y Foroughbakhch, 1985; Reid, Marroquín y Beyer-Münzel, 1990), la vegetación se caracteriza por un amplio espectro de patrones de crecimiento, diversidad en la producción de flores y frutos, y contrastantes desarrollos fonológicos (Reid, Marroquín y Beyer-Münzel, 1990). Las especies leñosas han sido utilizadas como postes para construcciones rurales, así

como fuente de alimentación, combustible, textiles y como medicina tradicional (Alanís, 1981; Téllez y Foroughbakhch, 1990). Este ambiente es un importante fuente de servicios ambientales, por lo que ha sido sometida en los últimos años a diferentes actividades en beneficio del hombre, como el sobrepastoreo, la tala selectiva, la ganadería y la agricultura de temporal, lo que ha modificado la estructura y composición de especies (Foroughbakhch *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2012), además de acarrear como consecuencia la pérdida de

* Universidad Autónoma de Nuevo León
Contacto: jaimefgarcia@hotmail.com

calidad y la degradación del ecosistema, seguida de una reducción de la cubierta vegetal que cubre y protege el suelo (González *et al.*, 2004). Existen estudios que describen la composición, utilización, estructura y ecología de la vegetación en el noreste de México (Heiseke y Foroughbakhch, 1985; Reid, Marroquín y Beyer-Münzel, 1990; Alanís, 1981; Téllez y Foroughbakhch, 1990; Foroughbakhch *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2012; González *et al.*, 2004). Sólo el estudio de Jiménez *et al.* (2012), en el matorral espinoso tamaulipeco, evaluó la respuesta de este ecosistema frente a la actividad agrícola. No hay estudios en la región que permitan conocer la capacidad de regeneración de este ecosistema frente a las actividades agropecuarias. Con la meta de obtener conocimiento aplicable a la toma de decisiones para la implementación de planes de regeneración y restauración del ecosistema fue realizado el presente estudio.

La investigación tuvo como objetivos: 1) determinar los indicadores ecológicos actuales de abundancia (AR_i), dominancia (DR_i), frecuencia (FR_i) e índice de valor de importancia (IVI); 2) índice de Margalef (D_{Mg}); 3) índice de Shannon (H'); 4) determinar la dinámica de abundancia de especies de plantas en el ecosistema y 5) estimar la riqueza actual de la vegetación leñosa (≥ 1 cm de diámetro).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la Facultad de Agronomía, campus Marín, km 17.5 en el municipio de Marín, Nuevo León, con una elevación de 375 msnm. Las coordenadas de ubicación son 25° 53' latitud Norte y 100° 03' longitud Oeste, con una temperatura promedio anual de 22°C y una precipitación anual promedio de 573 mm (García, 1973). El suelo está constituido, en su mayoría, por los tipos rendzina, castañozem, feozem y xerosol (Inegi, 1993). El área de estudio se distribuye en el campus Marín de la FA-UANL, desde 1980 el ecosistema ha sido modificado debido a que grandes áreas fueron abiertas al cultivo con fines de producción o investigación. Para evaluar la regeneración de especies leñosas, en un área de matorral, con historial de pastoreo, principalmente ganado bovino y caprino. En septiembre de 2015 se seleccionaron cuatro sitios remanentes de matorral, de un total de cinco, que representan 80% del área de estudio. Cada sitio distribuido en un área aproximada de 2350 m² (DE

± 129.7 m). Para determinar el área mínima de muestreo se establecieron al azar tres tamaños de parcela, 10x10, 10x25 y 10x40 m, con dos repeticiones por tamaño. Se registraron más especies en las parcelas 10x25 y 10x40 m, $S=22$, la forma rectangular de las parcelas se utilizó debido a la facilidad de establecimiento y medición en vegetación densa. Posteriormente, en cada uno de los cuatro sitios de muestreo se establecieron al azar dos parcelas rectangulares de 250 m² (10x25 m), a una distancia mínima de 50 m entre ellas, dos más fueron ubicadas en terreno de lomerío en suelo pedregoso, las seis restantes presentaban similitud en sus características fisiográficas con pendiente $< 5\%$.

Toma de datos

En los sitios de muestreo se realizó un censo de todas las especies leñosas, midiéndoles la altura total (h) y diámetro ($d_{0.10}$). La medición del diámetro se efectuó a 0.10 m sobre la base del suelo, ya que es una medida estándar empleada para la regeneración de especies leñosas (Alanís *et al.*, 2008; Jiménez *et al.*, 2009). Se evaluaron los individuos con un diámetro $d_{0.10} \geq 1$ cm, y a partir de los datos obtenidos en las parcelas de muestreo, utilizando la metodología descrita por Jiménez *et al.* (2012), por especie, se determinó la abundancia, de acuerdo al número de árboles, su dominancia, en función del área basal, y su frecuencia con base en su existencia.

Análisis de los datos

Los resultados de las variables estudiadas se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de taxón denominado *índice de valor de importancia (IVI)*, que adquiere valores porcentuales en una escala del 0 al 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Abundancia (AR_i)

Para estimar la abundancia se utilizó la siguiente ecuación:

$$Ai = \frac{Ni}{S}$$

$$Ai = \left[\frac{Ai}{\sum Ai} \right] * 100$$

$$i = 1 \dots n$$

Donde A_i es la abundancia absoluta, AR_i la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i y S la superficie de muestreo (ha).

Dominancia (DR_i)

La dominancia relativa y absoluta se evaluó mediante las siguientes formulas:

$$Di = \frac{ABi}{S(ha)}$$

$$DRi = \left[\frac{Di}{\sum Di} \right] * 100$$

$$i = 1 \dots n$$

Donde D_i es la dominancia absoluta, DR_i la dominancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, Ab el área de copa de la especie i y S la superficie (ha).

Frecuencia (FR_i)

La frecuencia relativa y absoluta se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$Fi = Pi / NS$$

$$FRi = \left[\frac{Fi}{\sum Fi} \right] * 100$$

$$i = 1 \dots n$$

Donde F_i es la frecuencia absoluta, FR_i la frecuencia relativa de la especie i , con respecto a la frecuencia total; P_i es el número de sitios en la que está presente la especie i y NS el número total de sitios de muestreo.

Índice de valor de importancia (IVI)

El índice de valor de importancia (IVI) se define como:

$$IVI = \frac{ARi + DRi + FRi}{3}$$

Riqueza de especies

Para evaluar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef (D_{Mg}) mediante la siguiente ecuación:

$$DMg = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Diversidad alfa

Para la diversidad alfa (α) se utilizó el índice de Shannon-Wiener (H'), mediante las ecuaciones:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

$$p_i = n_i / (N)$$

Donde S es el número de especies presentes, N el número total de individuos, n_i el número de individuos de la especie i y p_i la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i).

Dinámica de la abundancia relativa de las especies

Para determinar la dinámica de abundancia relativa de especies (AR_i) los % de la abundancia relativa fueron divididos en cinco clases. >0-2, >2-4, >4-6, >6-8 y >8-10 y correlacionados con el número de especies.

Riqueza actual de la vegetación leñosa (≥ 1 cm de diámetro)

Un análisis de regresión lineal con ANOVA (0.05) fue realizado para determinar si la pendiente b_1 difirió de 0, y establecer la relación entre las clases diamétricas ($d_{0.10m}$) expresadas en centímetros y clasificadas en seis categorías. >1-3, >3-4, >4-5, >5-7, >7-11 y >11, con la densidad de plantas $D = (N/ha)$.

RESULTADOS

En el área evaluada se registraron quince familias, 21 géneros y 25 especies. *Fabaceae* y *Mimosaceae* son las familias que registraron más especies con cinco y cuatro, respectivamente; seguidas de *Boraginaceae*, *Ulmaceae* y *Rhamnaceae* con dos especies; para las familias restantes sólo se registró una especie (tabla I). Las especies son predominantes en matorrales del Noreste de México (Jurado *et al.*, 2006).

Tabla 1. Especies leñosas presentes en el área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Forma de vida
<i>Acacia amentacea</i> D.C.	gavia	<i>Mimosaceae</i>	arbustiva
<i>Acacia berlandieri</i> Benth	guajillo	<i>Mimosaceae</i>	arbórea
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	huizache	<i>Mimosaceae</i>	arbórea
<i>Acacia wrightii</i> Benth.	uña de gato	<i>Mimosaceae</i>	arbustiva
<i>Bernardia myricaefolia</i> (Scheele) Watts.	oreja de ratón	<i>Euphorbiaceae</i>	arbustiva
<i>Celtis laevigata</i> Willd.	palo blanco	<i>Ulmaceae</i>	arbórea
<i>Celtis pallida</i> Torr.	granjeno	<i>Ulmaceae</i>	arbustiva
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	anacahuita	<i>Boraginaceae</i>	arbustiva
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst	brasil	<i>Rhamnaceae</i>	arbórea
<i>Diospyros texana</i> Scheele	chapote prieto	<i>Ebenaceae</i>	arbórea
<i>Ebenopsis ébano</i> (Berl.) Barneby & Grimes.	ébano	<i>Fabaceae</i>	arbórea
<i>Ehretia anacua</i> (Terán & Berland.) I.M.Johnst.	anacua	<i>Boraginaceae</i>	arbórea
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	vara dulce	<i>Fabaceae</i>	arbustiva
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	panalero	<i>Oleaceae</i>	arbustiva
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	tenaza	<i>Fabaceae</i>	arbórea
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Romer&Schultes) Zucc.	coyotillo	<i>Rhamnaceae</i>	arbustiva
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I.M.Johnst.)	cenizo	<i>Scrophulariaceae</i>	arbustiva
<i>Malpighia glabra</i> auct. non L	manzanita	<i>Malpighiaceae</i>	arbustiva
<i>Parkinsonia aculeata</i> L	retama	<i>Fabaceae</i>	arbórea
<i>Porlieria angustifolia</i> Engelm. A. Gray	guayacán	<i>Zygophyllaceae</i>	arbustiva
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb&Bonpl. ex. Wild.) M.C. Johnston	mezquite	<i>Fabaceae</i>	arbórea
<i>Randia rhagocarpa</i> Standl	cruceto	<i>Rubiaceae</i>	arbustiva
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn.	coma	<i>Sapotaceae</i>	arbórea
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	palma china	<i>Agavaceae</i>	arbórea
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg	colima	<i>Rutaceae</i>	arbustiva

Tabla II. Abundancia (N/ha), dominancia (m²/ha), frecuencia e índice de valor de importancia de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco.

Especies	Abundancia relativa		Dominancia relativa		Frecuencia (%)	IVI
	familia		m² /ha⁻¹ Rel.			
	N/ ha⁻¹ Rel.					
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg	478	17.01	2.19	15.69	6.96	13.22
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb&Bonpl. ex. Wild.) M.C. Johnston	255	9.07	2.56	18.34	6.96	11.46
<i>Acacia amentacea</i> D.C.	216	7.69	2.01	14.40	5.70	9.26
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	200	7.12	1.11	7.95	6.96	7.34
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn.	189	6.73	0.98	7.02	5.70	6.48
<i>Parkinsonia aculeata</i> L	185	6.58	1.08	7.74	3.80	6.04
<i>Celtis pallida</i> Torr.	166	5.91	0.93	6.66	4.43	5.67
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	149	5.30	0.89	6.38	3.80	5.16
<i>Randia rhagocarpa</i> Standl	122	4.34	0.53	3.80	5.06	4.40
<i>Acacia wrightii</i> Benth.	116	4.13	0.48	3.44	3.80	3.79
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	108	3.84	0.09	0.64	5.70	3.39
<i>Diospyros texana</i> Scheele	78	2.78	0.1	0.72	3.80	2.43
<i>Porlieria angustifolia</i> Engelm. A. Gray	71	2.53	0.1	0.72	3.80	2.35
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst	66	2.35	0.1	0.72	3.80	2.29
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	60	2.14	0.19	1.36	3.16	2.22
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	60	2.14	0.18	1.29	3.16	2.20
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I.M.Johnst.)	49	1.74	0.16	1.15	3.16	2.02
<i>Malpighia glabra</i> auct. non L	48	1.71	0.02	0.14	3.16	1.67
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Romer&Schultes) Zucc.	45	1.60	0.03	0.21	3.16	1.66
<i>Celtis laevigata</i> Willd.	39	1.39	0.02	0.14	3.16	1.57
<i>Bernardia myricaefolia</i> (Scheele) Watts.	33	1.17	0.03	0.21	3.16	1.52

<i>Bernardia myricaefolia</i> (Scheele) Watts.	33	1.17	0.03	0.21	3.16	1.52
<i>Ehretia anacua</i> (Terán & Berland.) I.M.Johnst.	27	0.96	0.09	0.64	1.90	1.17
<i>Acacia berlandieri</i> Benth	22	0.78	0.02	0.14	3.16	1.36
<i>Ebenopsis ébano</i> (Berl.) Barneby & Grimes.	20	0.71	0.04	0.29	1.90	0.97
<i>Yucca filifera</i> Chabauud	8	0.28	0.03	0.21	0.63	0.38
Total	2810	100.00	13.96	100	100	100

Valores de importancia

Abundancia. De acuerdo al número de individuos por hectárea, cuatro especies fueron las más abundantes, *Zanthoxylum fagara* (Rutaceae) con 478 individuos por hectárea (N/ha), seguida por *Prosopis laevigata* (Fabaceae) con 255 N/ha, *Acacia amentacea* (Mimosaceae) con 216 N/ha y *Acacia farnesiana* (Mimosaceae) con 200 N/ha (tabla II). La presencia de estas especies ha sido reportada por Jiménez *et al.* (2012) y Mora *et al.* (2013), en matorrales del NE. La abundancia de estas especies en el área de estudio sugiere que pueden ser indicadoras de la regeneración en la fase temprana de la sucesión.

Dominancia. Las especies dominantes pertenecen a las familias Fabaceae, Rutaceae y Mimosaceae. Con 2.56 m²/ha de cobertura de copa; *P. laevigata* es la especie más dominante, le sigue *Z. fagara* con 2.19 m²/ha y *A. amentacea* con 2.01 m²/ha (tabla II). Los 13.96 m²/ha de la cobertura del área de estudio representan 0.140% de la cobertura total, lo que indica una fase temprana de regeneración de plantas leñosas.

Frecuencia. Las especies con mayor frecuencia fueron *Z. fagara*, *P. laevigata* y *A. farnesiana*, presentes en las ocho parcelas evaluadas, con 48.4% de frecuencia relativa; la especie inmediata inferior es *A. amentacea* con 5.70% de frecuencia relativa. Las especies menos frecuentes son *Y. filifera*, *E. ebano*, *A. berlandieri* y *E. anacua* presentes en tres de los ocho sitios de muestreo (tabla II).

Índice de valores de importancia (IVI). El mayor peso ecológico, con un IVI de 13.22% lo tuvo *Z. fagara*, le siguen *P. laevigata* y *A. amentacea* con 11.46 y 9.26% de IVI, respectivamente. Las especies con menor peso ecológico fueron *Y. filifera* y *E. ebano* con 0.63 y 1.9 de IVI (tabla II), el género con mayor peso ecológico fue *Acacia*, con 21.7% de IVI. Los resultados muestran que 32% de las especies registradas concentran 64.6% de valor de importancia ecológica del área, mientras que Jiménez *et al.* (2012) mencionan que 21% de las especies registradas concentran 62% de IVI. En contraste, los resultados de Mora *et al.* (2013) muestran que 61% de las especies registradas concentran 66% del valor de importancia. Al contrastar los resultados del presente estudio con los obtenidos por Alanís *et al.* (2008) en un ecosistema bajo actividades pecuarias, y Jiménez *et al.* (2009; 2012), en matorrales con historias de actividades de matarsa y agrícola, se encontraron diferencias en los indicadores ecológicos y el valor de importancia, resalta *A. amentacea* presente en los cuatro ecosistemas.

Riqueza de especies. En los ocho sitios de muestreo se encontró un total de 25 especies, lo que representa la riqueza específica. El índice de biodiversidad de Margalef (D_{Mg}) tuvo un valor de 3.01 que, comparado con otros estudios en distintos tipos de vegetación (Alanís *et al.* (2010a; 2010b), Canizales *et al.* (2009), Villavicencio *et al.* (2005)), indica una riqueza que pudiera

estar relacionada con un grado medio de disturbio del área.

Diversidad alfa. El índice de Shannon-Weaver de diversidad alfa fue de $H' = 2.87$. Lo que indica relativa mayor diversidad, contrastado con lo reportado por Alanís *et al.* (2008), Jiménez *et al.* (2009), Alanís *et al.* (2010a; 2010b), Canizales *et al.* (2009), y Mora-Donjuán *et al.* (2014), quienes estudiaron la composición y diversidad vegetal de matorrales con diferentes historias.

Dinámica de abundancia relativa de las especies. El porcentaje de abundancia relativa fue negativamente correlacionado con el número de especies ($R^2 = -0.95$). El patrón del % de abundancia relativa de las especies presentó un alto número de especies con un bajo porcentaje de abundancia relativa (0-2%), posteriormente aumenta >2 , mientras el número de especies disminuye (figura 1). Una tendencia similar fue registrada por Jiménez *et al.* (2012), quienes evaluaron la regeneración leñosa de un matorral con historial agrícola.

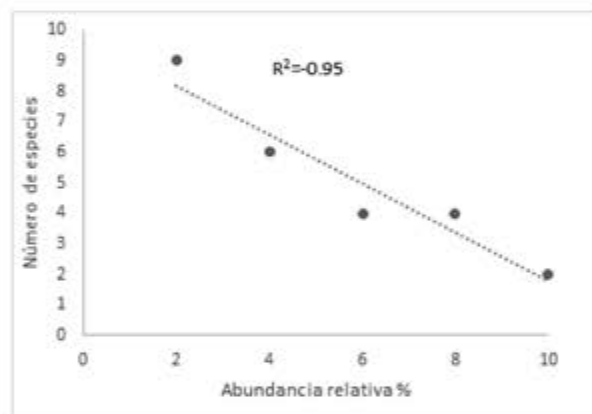


Figura 1. Tendencia de la abundancia relativa de las especies en el área evaluada.

Riqueza actual de la vegetación leñosa (≥ 1 cm de diámetro)

Las clases diamétricas fueron negativamente asociadas a la densidad de plantas ($F = 13.1$, $p < 0.02$, $R^2 = 0.76$). La figura 2 muestra que conforme se incrementa la clase diamétrica, disminuye la densidad de plantas, se observa además la dominancia de la clase diamétrica más pequeña (1-3 cm) con 1309 N/ha. Seguida de la clase 3-4 cm de diámetro que presentaron 693 N/ha. Ambas clases representan 71.5%. El alto número de individuos/ha en las clases diamétricas menores sugiere un estado activo de regeneración del sistema. Similar tendencia fue reportada por Jiménez *et al.* (2012) y Alanís *et al.* (2010), en ambos ecosistemas se registró una gran cantidad de individuos de porte bajo y pocos individuos

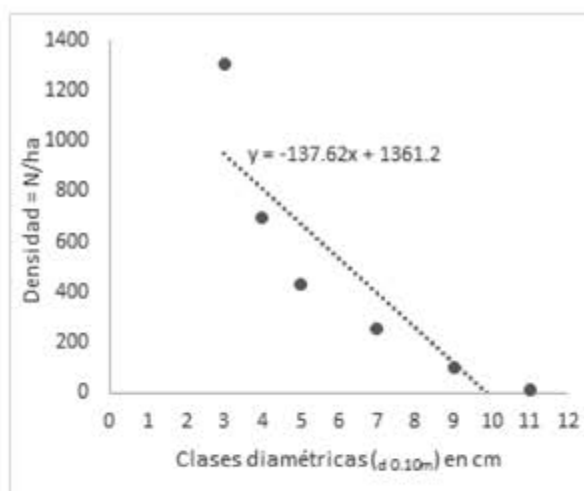


Figura 2. Densidad de individuos de acuerdo a clases diamétricas en el área evaluada.

con diámetros > 7 cm.

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación muestran: 1) una riqueza de especies $S = 25$, valor asociado a la capacidad de regeneración del matorral; 2) *Z. fagara* es la especie que muestra mayor valor de importancia en el ecosistema con 13.22%; 3) el índice de biodiversidad de Margalef y el índice de diversidad alfa presentan valores asociados a diversidad y riqueza media de especies; 4) un estado de regeneración activo del ecosistema causado por la abundancia de individuos con una baja abundancia relativa de 0-2%; 4) la dominancia de individuos en las clases diamétricas menores (1-3 cm) indica que el sistema se encuentra en un estado dinámico de regeneración de individuos.

La información generada en la presente investigación pudiera utilizarse para elaborar programas de manejo, restauración y rehabilitación de ecosistemas (matorrales) del noreste de México, en el contexto de ecosistemas alterados por actividades agropecuarias. Los manejadores de ecosistemas deberán considerar la promoción del reclutamiento de plantas mediante la intensificación de activaciones tales como la conservación del suelo.

AGRADECIMIENTOS

A la FA-UANL, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de la presente investigación. A Juan Ibarra por su ayuda en el trabajo de campo

REFERENCIAS

- Alanís, E., Jiménez, J., Aguirre, O.A., *et al.* (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*. 11(1):56-62.
- Alanís, G. (1981). Aprovechamiento de la flora nativa en el estado de Nuevo León. En: González V., C.E., I. Casas D. y R. Padilla I. (editores). *Memoria de la Primera Reunión sobre Ecología, Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH, Monterrey. Publicación Especial. (31):220-227.
- Alanís, R.E., Aranda, R.R., Mata, J.M., *et al.* (2010a). Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio en San Luis Potosí, México. *Ciencia UANL*. 8(3): 287-293.
- Alanís, R.E., Jiménez, J., Pando, M., *et al.* (2010b). Caracterización de la diversidad arbórea en áreas restauradas postincendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Acta biol. Colomb.* 15(2): 309-324.
- Canizales, P., Alanís, E., Aranda, R., *et al.* (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 15(2): 115-120.
- Foroughbakhch, R., Hernández, P.J., Alvarado, V.M., *et al.* (2009). Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agroforestry Systems*. (77): 181-192.
- García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México: UNAM.
- González, H., Cantú, I., Gómez, M., *et al.* (2004). Plant water relations of thornscrub shrub species, northeastern Mexico. *Journal of Arid Environments*. (58): 483-503.
- Heiseke, D., y Foroughbakhch, P.R. (1985). El matorral como recurso forestal: Evaluación de dos tipos de matorral en la región de Linares N.L. México. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares. *Rep. Cient.* (1). 31 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1993). *Censo General de Población y Vivienda 1990*. México.
- Jiménez, J., Alanís, E., Aguirre, O., *et al.* (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista Madera y Bosques*. 15(3):5-20.
- Jiménez J., Alanís E., Ruiz J.L., *et al.* (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el NE de México. *Ciencia UANL*. 15(2): 66-71.
- Jurado, E., García, J.F., Flores, J., *et al.* (2006). Leguminous seedling establishment in Tamaulipan thornscrub of Northeastern Mexico. *Forest Ecol. Manage.* (221): 133-139.
- Mora, C.A., Alanís, E., Jiménez, J., *et al.* (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecol. Apl.* 12(1): 29-34.
- Mora-Donjuán, C.A., Rubio-Camacho, E.A., Alanís-Rodríguez, E., *et al.* (2014). Composición y diversidad vegetal de un área de matorral desértico micrófilo con historial pecuario en el noreste de México. *Polibotánica*. (38): 53-66.
- Mostacedo, B., y Fredericksen, T.S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Editora El País, Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Reid, N., Marroquín, J., y Beyer-Münzel, P. (1990). Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, northeastern Mexico. *Forest. Ecol. Manage.* (36): 61-79.
- Téllez, R., y Foroughbakhch, P.R. (1990). Plantas aprovechadas por el ganado caprino en una zona de matorral mediano espinoso del noreste de México. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. *Rep. Cient.* (21): 37 pp.
- Udvardy, M.D.F. (1975). A classification of the biogeographical provinces of the world. IUCN, Morges, Switzerland. *Occas. Pap.* 18: 48 pp.
- Villavicencio, G.R., Bauche, P., Gallegos, A., *et al.* (2005). Caracterización estructural y diversidad de comunidades arbóreas de La Sierra de Quila. *Boletín IBUG*. 13(1): 67-76

RECIBIDO: 05/07/2016

ACEPTADO: 08/08/20108



CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



Oso negro en México: un gigante en peligro de extinción
La Sierra del Rosario en Durango

El mundo colorido de los mamíferos
Hacer frente a la contaminación del aire

Año 22,
Número 95
mayo
junio
2019



Revista Ciencia Uanl



RevistaCienciaUANL



@Ciencia_UANL



RevistaCIENCIAUANL

Efecto de pulpa seca de naranja (*Citrus sinensis*) en la dieta de cabras en déficit energético

Carolina Astrid Montiel Uresti*, Hugo Bernal Barragán*, Fernando Sánchez Dávila*, Rogelio Alejandro Ledezma Torres*, Nydia Corina Vásquez Aguilar*

DOI: /10.29105/cienciauanl22.95-1

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres niveles (T1=0, T2=13% y T3=26%) de pulpa de naranja en dietas para cabras a base de pasto Buffel y DDGS, sobre datos productivos y reproductivos. Las cabras del T3 pesaron al final 10.1% más ($P=0.04$) que las de T1, las cuales perdieron en 31 días 5.8% de peso y 8% de condición corporal. BUN, glucosa sérica y la actividad ovárica fueron similares entre tratamientos. En conclusión, la pulpa seca de naranja adicionada a la dieta mejoró peso y condición corporal, pero no redujo efectos negativos del déficit energético sobre la reproducción de cabras.

Palabras clave: suplementación de cabras, cáscara de naranja, peso y condición corporal.

ABSTRACT

The effect of three levels (T1=0, T2=13% y T3=26%) of dried citrus pulp added to diets based on Buffel-grass and DDGS upon productive and reproductive parameters of goats was evaluated. The final body weight of goats in T3 was 10.1% greater ($P=0.04$) than T1, which lost in 31 days 5.8% of body weight, and 8% of body condition score. BUN, serum glucose, and ovarian activity were similar among treatments. In conclusion, dried citrus pulp improved body weight and condition score, but did not reduced the negative effects on reproduction caused by the energy deficit in goats.

Keywords: supplementation of goats, orange peels, weight and body condition.

Debido al alto costo de la alimentación, con frecuencia se tiene un incorrecto suministro de energía y nutrientes para cubrir las necesidades energéticas y nutricionales de los animales. El consecuente déficit energético puede afectar la eficiencia reproductiva en rumiantes y repercutir en grandes pérdidas productivas y económicas (Scaramuzzi *et al.*, 2006). Subproductos de la agroindustria pueden contribuir a mejorar el suministro de nutrientes y energía a los animales, de forma económica y sin competir con fuentes de alimento de consumo humano. En el presente trabajo se propuso la utilización de subproductos agroindustriales, como cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), proveniente de la industria local cítrica, y

DDGS (granos secos de destilería con solubles) resultantes de la agroindustria del etanol a partir de granos (Bampidis y Robinson, 2006; Vásquez-Aguilar, 2014), como propuesta para conseguir un balance energético positivo, mejorar la ganancia de peso e incrementar la tasa reproductiva de rumiantes (Liñán-González, 2015; Garza-Brenner, 2014). El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de tres niveles de cáscara de naranja adicionados a la dieta de cabras sobre cambios de peso corporal, condición corporal (CC), actividad ovárica (AO), concentración sanguínea de progesterona (P4), glucosa y nitrógeno ureico sanguíneo (BUN).

*Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: hubernal05@yahoo.com.mx

MATERIALES Y MÉTODOS

La prueba de alimentación y registro de datos se llevó a cabo de octubre a noviembre de 2015 (31 días) en la Unidad Académica Marín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Durante el periodo de estudio se registraron temperaturas en un rango de 12 a 39°C y una humedad relativa promedio de 70% (INIFAP, 2015). Treinta y seis cabras no gestantes alpino francés y Saanen (peso inicial promedio 43.25 kg \pm 0.9 EEM) se asignaron aleatoriamente a uno de los tres tratamientos evaluados. Diecinueve cabras de los tres tratamientos (ocho, cinco y seis cabras de T1, T2 y T3, respectivamente) fueron tomadas aleatoriamente de las 36 cabras, y alojadas en jaulas individuales con superficie de 2 m², con el fin de medir consumo de alimento (CA) por animal. Las restantes diecisiete cabras fueron alojadas en tres corrales grupales (cinco a seis animales de cada tratamiento por corral), con superficie de 21 m² cada uno.

Se formularon tres dietas experimentales (tabla I) isoproteicas, para cubrir los requerimientos nutricionales y energéticos para mantenimiento de cabras no gestantes de 40 a 50 kg de peso vivo (NRC, 2007). Se ofreció alimento (1.5 a 1.7 kg/día) y se registró el rechazo alimenticio de las cabras alojadas en las jaulas. El agua se ofreció *ad libitum*. Se tomaron muestras de los ingredientes utilizados y las dietas elaboradas se analizaron para conocer su contenido de cenizas, extracto etéreo y proteína (AOAC, 2005). Las fracciones de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (ADF) y lignina en la dieta se determinaron mediante el método de Van Soest, Robertson y Lewis (1991). La hemicelulosa (FDN-FDA) y la celulosa (FDA-Lignina) se calcularon por diferencia (Ramírez-Lozano, 2007). Al inicio y al final del experimento los animales se pesaron con una báscula digital para ganado (GallagherTM modelo W210; G01205), y se evaluó la condición corporal con base en la escala del 1 al 5 (Villaquiran *et al.*, 2004).

Se tomaron muestras sanguíneas al inicio y final del experimento por punción de la vena yugular, las cuales fueron centrifugadas (Centrifuge modelo 5810R; Eppendorf, Hamburgo, Alemania) a 4500 rpm a 4°C, durante 20 minutos. Una alícuota de cada muestra sérica fue colocada en tubos Eppendorf de 1 ml y conservada a -20°C para medir la concentración de progesterona (P4), con un ensayo inmuno-enzi-

mático (ELISA; Mexlab[®], Jalisco, México). Los coeficientes de variación intra e interensayo medidos a niveles de 8 a 45 ng de progesterona/ml fueron 3.3 y 5.9%, respectivamente.

Tabla I. Dietas experimentales (%), contenido calculado de proteína (%) y energía metabolizable (Mcal EM/kg MS).

Ingredientes	Tratamiento (%)		
	1	2	3
Forraje de pasto Buffel	88.6	75.1	61.7
DDGS	9.8	10.2	10.5
Pulpa seca de naranja	0.0	13.1	26.2
Sal mineralizada	1.6	1.6	1.6
Total de dieta	100.0	100.0	100.0
Contenido calculado			
Energía (Mcal EM/kg MS)	1.8	2.0	2.1
Proteína (% MS)	8.2	8.3	8.3

El contenido de glucosa en suero sanguíneo se determinó con un kit colorimétrico comercial (Randox[®], México), con respuesta lineal hasta 400 mg glucosa/dL y sensibilidad de 0.23 mg glucosa/dL, por cada cambio de 0.01 unidades de absorbancia. El nitrógeno ureico (BUN) fue determinado por un método enzimático colorimétrico (Randox[®], México), cuyos coeficientes intra e interensayo para el análisis de nitrógeno ureico determinados a niveles de 19.0 y 53.8 mg N ureico/dL de suero sanguíneo fueron menores a 4.6 y 6.1%, respectivamente.

En el día 18 se evaluó la actividad ovárica de las 36 cabras mediante la observación de folículos (FO) y cuerpos lúteos (CL) a través de ecografía transrectal (Dynamic Imaging modelo Concept/LC, MedWow[®], New Jersey, USA), compilando las observaciones en tres posibles grupos de actividad ovárica: 1) con actividad ovárica en ambos ovarios, 2) con actividad ovárica sólo en un ovario y 3) sin apreciación de actividad ovárica. El día 20 experimental se inició con el protocolo de sincronización Ovsynch (Holtz *et al.*, 2008), que inició con aplicación intramuscular (IM) de 50 µg de acetato de gonadorelina (Sanfer[®], México). En el día 27 se aplicaron 5 mg de dinoprost trometamina (Lutalyse[®] Zoetis, México) IM en el cuello. Cuarenta y ocho horas después se aplicaron nuevamente 50 µg de acetato de gonadorelina IM. Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se llevó a cabo 16 hrs después de esta segunda aplicación de GnRH (Juárez-Reyes *et al.*, 2008). Treinta días después de la IATF se evaluó la eventual presencia de fetos mediante ultrasonografía transrectal, usando el mismo equipo que en la evaluación de la actividad ovárica.

Para probar el efecto de los tratamientos sobre las variables continuas con similaridad de homogeneidad de distribución, se realizó un análisis de varianza empleando el programa SPSS. Las diferencias significativas entre medias fueron comprobadas mediante la prueba de Tukey, al nivel de $P \leq 0.05$. Las variables discontinuas actividad ovárica y tasa de gestación fueron analizadas por método no-paramétrico de X^2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valor nutricional del forraje de pasto Buffel, subproductos y tratamientos experimentales

La composición química de los ingredientes y las dietas experimentales se muestran en la tabla II. La diferencia del contenido analizado de 9.8% de proteína con respecto a 8.3% que se había formulado (tabla I) se debió sobre todo porque el pasto Buffel utilizado tuvo 8% de proteína, en lugar de 6% de proteína cruda que se había considerado al calcular las dietas experimentales. Cabras de 40.2 kg de peso recibieron una dieta de mantenimiento similar a la del presente estudio, con 1.73 Mcal EM/kg y 9.5% de proteína cruda (Nogueira *et al.*, 2017).

Consumo de alimento

El consumo promedio del experimento fue de 1394 g \pm 16.6 EEM. Las cabras del T2 consumieron más (1536 g \pm 31; $P < 0.05$) que las del T1 (1233 g \pm 26), y más ($P < 0.05$) que el T3 (1413 g \pm 29). El consumo promedio de pulpa seca durante el experimento fue de 0, 201 y 370 g/día para T1, T2 y T3, respectivamente. El CA mayor del T2 se atribuye a la palatabilidad que brinda este subproducto, aunque quizá niveles mayores de inclusión no sean convenientes. Otros autores (Sharif *et al.*, 2018) evaluaron la inclusión de hasta 40% de pulpa seca de cítricos en la dieta de borregos en crecimiento, sin haber registrado reducción en el consumo de alimento. Sin embargo, Fegeros *et al.* (1995) recomendaron que, para borregas lactantes, la pulpa seca de cítricos se incluya en un máximo de 10% en la dieta, ya que el consumo alto de pulpa seca de naranja en animales adultos puede estar asociado con reducción de consumo, así como en la producción y calidad de la leche. Dado el contenido de proteína similar en los tres tratamientos (9.98, 9.79, y 9.58%, tabla II), los crecientes consumos de alimento de los animales sometidos a T2 y T3 asociados a un mayor contenido de energía de las

dietas adicionadas con pulpa seca de naranja, dio como consecuencia consumos de proteína 21.9% (T2) y 9.7% (T3) mayores al del T1 (123 g de proteína/día).

Tabla II. Contenido de materia seca (MS, g/kg) y valor nutricional (g/kg de MS) analizado de ingredientes y dietas experimentales.

Concepto	Forraje de pasto Buffel	Pulpa seca de naranja	DDGS	T1	T2	T3
Materia seca	904	903	878	912	920	913
Proteína	80	59	294	99.8	97.9	95.8
Cenizas	104	64	53	108	112	105
Grasa	7	15	57	15	13	12
Fibra detergente neutro	855	353	638	763	726	721
Hemicelulosa	347	130	437	315	313	307
Celulosa	422	205	124	366	347	345
Lignina	87	19	78	82	66	69

Peso y condición corporal

El peso corporal final de las cabras que recibieron el T3 fue 10.1% mayor ($P = 0.04$) al de las cabras del T1 (tabla III); mientras que las del T2 tuvieron pesos intermedios. Los animales del T1 (déficit energético) perdieron 5.8% de su peso vivo inicial ($P < 0.05$), mientras que las cabras del T3 tuvieron, al finalizar los 31 días de prueba, un peso corporal 2.8% mayor al inicial. Previamente (Gómez-Pasten *et al.*, 2010), cabras de entre 47 y 53 kg sometidas durante 36 semanas a una restricción de alimento de entre 20 y 40% del requerido para mantenimiento registraron pérdidas de peso corporal de entre 10% y 20%.

La condición corporal (CC) de los animales al inicio del experimento fue similar para los tres tratamientos. Sin embargo, al finalizar el periodo experimental de 31 días, la condición corporal final de los animales del T3 fue mayor ($P = 0.05$) a la de los animales del T1. En estudios previos, al suplementar niveles moderados de *Citrus sinensis*, como los utilizados en el presente experimento, han contribuido a aumentar el peso vivo y la CC de los animales (Liñán-González, 2015; Garza-Brenner, 2014).

Concentración de nitrógeno ureico en sangre (BUN) y glucosa

No hubo diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$; tabla IV) en los valores medidos en suero sanguíneo de nitrógeno ureico (BUN, por sus siglas en inglés: *Blood Urea Nitrogen*) y glucosa. Los resultados de BUN tendieron a acercarse más hacia el valor considerado como el más bajo del rango estimado como normal (13-26 mg/dL, 17), los cuales pueden ser atribuidos ya sea a una dieta de-

ficiente en proteína, o también se pueden deber a una dieta con adecuada cantidad de energía (Juárez-Reyes *et al.*, 2008).

Tabla III. Peso (kg) y condición corporal (unidades) de las cabras durante el experimento.

Día experimental	T1 0% cáscara de naranja	T2 13% cáscara de naranja	T3 26% cáscara de naranja	EEM	P
Peso corporal					
0	43.41	42.54	43.81	0.9	0.65
31	40.89 ^b	43.24 ^{ab}	45.03 ^a	1.24	0.04
Condición corporal					
0	3.62	3.55	3.58	0.08	0.72
31	3.31 ^b	3.59 ^b	3.71 ^a	0.12	0.05

EEM=Error estándar de las medias; P=Probabilidad de error; medias con letras minúsculas diferentes dentro de fecha (hilera) indican diferencia significativa ($P<0.05$) entre tratamientos.

En los animales del T1, el déficit energético pudo haber derivado en degradación de grasa corporal para cubrir los requerimientos de energía para mantenimiento y para metabolismo de proteína; sin embargo, la concentración de BUN permaneció constante ($P = 0.293$; tabla IV), no obstante la reducción del peso y la condición corporal (tabla III) (Ramírez-Lozano, Martell y González, 2001). Los resultados de glucosa se acercaron más hacia el límite superior del rango de valores considerados como normales (48 a 76 mg/dL; *Manual Merk de Veterinaria*, 2007). Previamente (Letelier *et al.*, 2008) se reportaron concentraciones de 63 y 72 mg de glucosa/dL para cabras alimentadas a nivel de mantenimiento, y entre 72 y 80 mg glucosa/dL para cabras recibiendo dos veces el requerimiento de mantenimiento. Juárez-Reyes *et al.* (2008) midieron entre 32 y 60 mg de glucosa/dL de suero sanguíneo en pastoreo de arbustivas. La glucosa sanguínea es un buen indicador del consumo de energía en ganado (Mellado *et al.*, 2004), sin embargo, en el presente estudio no se obtuvieron valores menores de glucosa en los animales del T1, comparados con los de T2 y T3, como se hubiera esperado. Quizá las diferencias nutricionales entre las dietas experimentales no fueron lo suficientemente grandes como para que se presentaran diferencias en concentraciones de glucosa en sangre. Además, los animales pueden compensar parcialmente una reducción de la gluconeogénesis, que normalmente ocurre a partir de ácido propiónico producido en el rumen de animales bien alimentados, a partir de la utilización de moléculas de glicerol provenientes de la degradación de grasa corporal de animales con déficit energético (Macías-Cruz *et al.*, 2017).

Tabla IV. Contenidos de nitrógeno ureico (BUN; mg/dL), glucosa (mg/dL) y progesterona (ng/ml) en suero sanguíneo de cabras alimentadas con tres niveles de cáscara de naranja en la dieta.

	T1 0% cáscara de naranja	T2 13% cáscara de naranja	T3 26% cáscara de naranja	EEM	P
BUN (mg/dL)	13.62	14.13	15.46	0.81	0.293
Glucosa (mg/dL)	72.39	74.66	73.84	0.76	0.141
Progesterona (ng/ml)	10.33	5.25	4.21	1.83	0.052

EM=Error estándar de la media; P=Probabilidad de error; medias con letras minúsculas diferentes dentro de fecha (hilera) indican diferencia significativa ($P<0.05$) entre tratamientos.

Concentración sérica de progesterona (P4) y actividad ovárica y tasa de gestación

En el presente estudio la concentración media de progesterona en suero sanguíneo de los animales del T1 fue mayor ($P=0.052$), comparado con los valores medidos en T2 y T3, con niveles crecientes de cáscara de naranja (tabla I). A excepción del día experimental 19, cuando para el T3 se midieron valores de progesterona menores de 1 ng/ml, en todas las demás fechas y tratamientos, los valores de progesterona oscilaron entre 3 y 13 ng de progesterona/ml. En cabras, durante la etapa folicular, se presentan las concentraciones de progesterona menores a 1 ng/ml, al momento en que se presenta el estro (Macías-Cruz *et al.*, 2017; Sánchez-Dávila, Del Bosque-González y Bernal-Barragán, 2018). Niveles séricos altos de progesterona en animales en déficit energético pueden resultar al liberarse progesterona almacenada en grasa corporal metabolizada para cubrir requerimiento energético, y esto puede tener efecto supresor de la respuesta de la hipófisis a la acción de GnRH hipotalámica, lo que puede derivar en menor frecuencia de estros, menor tasa de ovulación y menor fertilidad, que en animales con una mejor alimentación (Mani, McKelvey y Watson, 1996). La actividad ovárica (AO; figura 1) fue similar ($P>0.05$) entre tratamientos. Elevadas concentraciones de progesterona medidas en casi todas las muestras de los diversos tratamientos evaluados en el presente estudio son acordes con el hallazgo de la actividad ovárica (presencia de cuerpos lúteos o folículos) y los resultados de tasa de gestación nula, que se registraron en el presente trabajo.

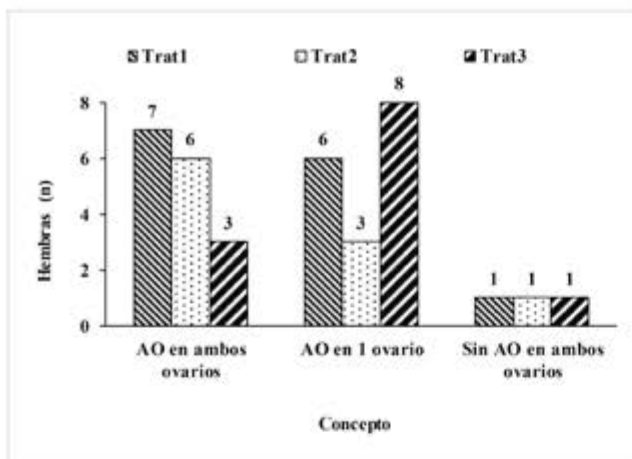


Figura 1. Actividad ovárica (AO) de cabras en déficit energético o suplementadas con 13 o 26% de cáscara seca de naranja en la dieta a base de pasto Buffel y DDGS (n=10 a 14 cabras por tratamiento).

El éxito en la reproducción de las cabras depende de la conjunción de diversos factores de tipo fisiológico, así como aspectos nutrimentales, de salud y medioambientales (Mellado *et al.*, 2004). En el presente trabajo, la inclusión de 13 y 26% de cáscara de naranja a una dieta deficitaria de energía y nutrientes como la del T1, tuvo resultados positivos para mantener y mejorar el peso y la condición corporal de los animales de T2 y T3, pero no fue suficiente para lograr obtener el efecto de *flushing*, que consiste en la mejora de los parámetros reproductivos como consecuencia de una suplementación de energía y proteína por un periodo corto de tiempo (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio muestran que la inclusión de 13 y 26% de cáscara de naranja en la dieta de cabras alimentadas a un nivel cercano al de mantenimiento, e incluidas en un programa de sincronización de estros e inseminación artificial a tiempo fijo, contribuyó a mejorar el peso vivo y la condición corporal de los ejemplares, sin embargo, este efecto positivo sobre el peso y condición corporal no se reflejó también en la eficiencia reproductiva.

REFERENCIAS

AOAC. (2005). *Official methods of analysis*. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, V.A.
Bampidis, V.A., y Robinson, P.H. (2006). Citrus by-products as ruminal feeds: A review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 128: (175-217).

Fegeros, K., Zervas, G., Stamouli, S., *et al.* (1995). Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. *J. Dairy Sci.* 78: 1116-1121.
Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes, M.A., Scaramuzzi, R.J., *et al.* (2009). Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.* 116: 85-94.
Garza-Brenner, E. (2014). *Efecto de la suplementación con dos subproductos agroindustriales y reinserción de CIDR sobre el comportamiento productivo y reproductivo en vacas charoláis*. Tesis Maestría. UANL, Gral. Escobedo. 63 pp.
Gómez-Pasten, M., Mora-Izaguirre, O., Meléndez-Soto R.M., *et al.* (2010). Efecto de una subalimentación prolongada sobre peso y la condición corporal de cabras adultas. *Rev. Méx. Cienc. Pecu.* 1(3): 205-219.
Holtz, W., Sohnrey, B., Gerland, M., *et al.* (2008). Ovsynch synchronization and fixed-time insemination in goats. *Theriogenology*. 69: 785-792.
INIFAP. (2015). *Red de Estaciones Agroclimáticas de Nuevo León*. Estación: Facultad de Agronomía UANL, Marín, NL. Disponible en: <http://www.clima.inifap.gob.mx/redini-fap/est.aspx?est=36154>
Juárez-Reyes, A.S., Nevarez-Carrasco, G., Cerrillo-Soto, M.A., *et al.* (2008). Dietary chemical composition, plasma metabolites and hormones in range goats. *J. Appl. Anim. Res.* 34: 81-86.
Letelier, C., González-Bulnes, A., Hervé, M., *et al.* (2008). Enhancement of ovulatory follicle development in Maiden sheep by short Supplementation with steam-flaked corn. *Reprod. Dom. Anim.* 43: 222-22.
Liñán-González, M.A. (2015). *Respuesta fisiológica de cabras reproductoras a la suplementación con subproductos agroindustriales cáscara de naranja, DDGS y urea*. Tesis Maestría. UANL, Gral. Escobedo. N.L. 82 pp.
Macías-Cruz, U., Vicente-Pérez, R., Correa-Calderón, A., *et al.* (2017). Undernutrition pre- and post-mating affects serum levels of glucose, cholesterol, and progesterone, but not the reproductive efficiency of crossbred hair ewes synchronized for estrus. *Livestock Science*. 205: 64-69.
Mani, A.U., McKelvey, W.A.C., y Watson, E.D. (1996). Effect of undernutrition on gonadotrophin profiles in non-pregnant, cycling goats. *Anim. Reprod. Science*. 43: 25-33.
Manual Merk de Veterinaria. (2007). 6 ed. Editorial Océano, Barcelona, España.

- Mellado, M., Valdez, R., Lara, L.M., *et al.* (2004). Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. *Small Ruminant Research*. 55: 191-198.
- Nogueira, D.M., Eshtaeba A., Cavalieri, J., *et al.* (2017). Short-term supplementation with maize increases ovulation rate in goats when dietary metabolizable energy provides requirements for both maintenance and 1.5 times maintenance. *Theriogenology*. 89:97-105.
- NRC. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Ramírez-Lozano, R.G. (2007). *Los pastos en la nutrición de los rumiantes*. UANL. México. 217 pp.
- Ramírez-Lozano, R.G., Martell, A.E., y González, F.L. (2001). Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate Buffel y nueve zacates nativos del NE de México. *Ciencia UANL*. 4: 314-321.
- Sánchez-Dávila, F., Del Bosque-González, A.S., y Bernal-Barragán, H. (2018). Reproduction in goats. Chapter 5. Pp. 87-105. In: *Goat Science*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70003>. ISBN 978-953-51-5495-2.
- Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.C., Downing, J.A., *et al.* (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of metabolic and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 339-354.
- Sharif, M., Ashraf, M.S., Mushtaq, N., *et al.* (2018). Influence of carrying levels of dried citrus pulp on nutrient intake, growth performance and economic efficiency in lambs. *Jour. Applied Anim. Research*. 46(1): 264-268.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonsoluble polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Vásquez-Aguilar, N.C. (2014). *Determinación de fracciones de carbohidratos y proteínas y del valor nutricional de pasto Buffel (Cenchrus ciliaris L.) asociado con dos subproductos agroindustriales*. Tesis Maestría. UANL, Gral. Escobedo, N.L. 86 pp.
- Villaquiran, M., Gipson, T.A., Merkel, R.C., *et al.* (2004). *Body Condition Score in Goats*. American Institute for Goat Research.

Recibido: 10/08/2018

Aceptado: 26/10/2018



Foto: Estefanía D. Ramos Piña



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Presa La Juventud, sitio potencial para observación de aves
- El Jardín Botánico Efraím Hernández Xolocotzi
- **Agave espadín como posible recurso para comunidades ixtleras**
- Fenología reproductiva de *Mammillaria heyderi* Muehlenpf. y *Mammillaria sphaerica* A. Dietr.



Año 24,
Número 105
enero - febrero 2021

ISSN: 2007-1175



Presa La Juventud: un sitio potencial para la observación de aves

Marilyn Castillo-Muñoz*, Jorge Leonardo Guzmán-Hernández*, Lidia R. Salas-Cruz*

La observación de aves o *birdwatching* es una actividad basada en la naturaleza que consiste en observar e identificar las aves silvestres dentro de sus hábitats naturales. Esta actividad ofrece múltiples beneficios ya que despierta la curiosidad entre los habitantes por el entorno natural, proporciona una herramienta para la educación ambiental, ayuda al bienestar físico y mental y promueve la conservación de la naturaleza. Además, la observación de aves es una actividad recreativa que se vuelve turística cuando el observador se traslada a los lugares idóneos para avistar y fotografiar las aves que más le interesan. Se ha clasificado a

los observadores de aves con base en cuántos viajes de observación de aves realizan al año, en sus habilidades de identificación o el interés en la actividad, incluyendo cuatro categorías: casuales, novatos, intermedios y avanzados (McFarlane, 1994; Hvenegaard, 2002; Scott *et al.*, 2005). En general, los observadores casuales y novatos tienen un bajo nivel de habilidad y experiencia, motivados por el gusto por la naturaleza y su deseo de mejorar sus habilidades para observar aves. Por otra parte, los observadores intermedios y avanzados cuentan con un mayor nivel de habilidad y compromiso, motivados principalmente por la conservación

Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: marilyn.castillom@gmail.com

de las aves y de los sitios que visitan. Además, este segmento de observadores “obsesionados” tiende a buscar especies raras y, por lo regular, mantienen listados de las aves que han visto durante toda su vida (McFarlane, 1994; Hvenegaard, 2002).

Diversos estudios han demostrado que la observación de aves y experiencias recreativas basadas en la vida silvestre representan un recurso importante para las conductas proambientales (por ejemplo, disminución en el consumo de recursos, la reutilización de productos, excursiones amigables con la naturaleza), debido a su aceptación entre el público y su facilidad de obtener experiencias directas con la naturaleza (Kaplan, 2000; Ehrlich y Kennedy, 2005; Nisbet *et al.*, 2009; Cooper *et al.*, 2015). Sin embargo, estas experiencias basadas en vida silvestre también pueden llevar a conductas inapropiadas y ocasionar un impacto negativo sobre los sitios en donde se realiza la actividad, incluyendo la perturbación a las aves silvestres por el uso de grabaciones o por acerca-

miento inadecuado, el incremento de depredación de nidos, contaminación y destrucción del hábitat por parte del visitante o fugas económicas de las comunidades que se visitan (Sekercioglu, 2002; Gill, 2007; Karp y Root, 2009; Kronenberg, 2014; Huhta y Sulkava, 2014). Desde el observador novato hasta el más experimentado, tienen un impacto sobre las poblaciones de aves silvestres. Por estas razones, es necesario que se informe a los visitantes sobre los impactos que ocasionan a las aves durante su visita y contar con guías entrenados que realicen dicha actividad de una manera ética y responsable con el fin de reducir los impactos negativos sobre las aves (Corre *et al.*, 2013).

Adicionalmente, el potencial de la observación de aves para proveer recursos económicos merece ser reconocido e implementado como una estrategia de desarrollo económico que permita proteger los espacios naturales (Cagan y Sekercio, 2002). En 2016, alrededor de 4.1 millones de personas en los Estados Unidos realizaron observación de aves desde casa,



en reservas naturales o en viajes, y tan sólo en ese año se registró un ingreso de 75.9 mil millones de dólares debido a la observación de aves y fotografía de fauna silvestre, con gastos relacionados a la transportación, alimentación, equipo fotográfico y de observación (U.S. Fish and Wildlife Service, 2016). En México, el aviturismo no se ha logrado explotar de manera adecuada por falta de conocimientos, capacitación y apoyo. En 2006 se estimó que alrededor de 78,820 observadores de aves, principalmente extranjeros, dejaron una derrama económica al país de \$23.9 millones de dólares (Cantú y Sánchez, 2011). En algunos estados del país se ha realizado la inversión que permite el desarrollo ecoturístico y se ha evaluado el impacto económico que tiene la observación de aves (García de la Puente y Cruz, 2014; Revollo-Fernández, 2015; Galicia *et al.*, 2018). Por ejemplo, en el

municipio Los Cabos, en Baja California Sur, se realizó un análisis sobre la inversión local comparada con la ganancia esperada, y se encontró que el gasto promedio diario de un aviturista oscila entre los 80 y 200 dólares y que, aunado a una captación adecuada, este ingreso representaría una derrama económica importante para las comunidades del municipio (García de la Puente y Cruz, 2014). Si bien el aviturismo ha traído consigo beneficios económicos para algunos estados de la república, en Nuevo León las actividades recreativas basadas en la observación de naturaleza aún se encuentran en desarrollo. Actualmente, en el estado se encuentran algunos guías privados, así como grupos independientes que ofrecen actividades basadas en la naturaleza, incluyendo a *Kingfisher-Birdwatching* Nuevo León, Cerro Grande *Natura and City Tours* y Abeja y Planta.

A principios del siglo XX surgieron los primeros viajes para observar aves en México, los cuales fueron realizados por estadounidenses que financiaron sus expediciones por medio de colecta de especímenes para investigación científica. Más adelante surgieron los primeros observadores de aves mexicanos en diferentes estados de la república, y no fue hasta la segunda mitad del siglo XX que hubo un incremento exponencial en la observación de aves en México, debido en gran parte a la publicación de libros relacionados y las visitas guiadas (Gómez de Silva y Alvarado-Reyes, 2010). Además, desde hace más de tres décadas se han creado asociaciones locales de observadores de aves, como el Club de Observadores de Aves del Noreste, en Monterrey, Nuevo León. Otro avance importante en la historia de la observación de aves en México es



Imagen: Leonardo Guzmán.

el uso de plataformas de ciencia ciudadana, a través de las cuales el público puede involucrarse, coleccionar y aportar una cantidad importante de datos a través de numerosas localidades y por periodos prolongados de tiempo (Bonney *et al.*, 2009). De esta manera, plataformas como *eBird* proporcionan un servicio a los observadores de aves y permite que sus registros formen parte de un conjunto de datos que pueden ser usados con fines científicos y de conservación. A la fecha, en la plataforma Naturalista se han reportado alrededor de 176,615 observaciones, con 7,760 especies de flora y fauna en el estado (Naturalista, 2020), mientras que la aportación de registros realizados por observadores de aves en *eBird* ha aumentado a 466 especies el listado avifaunístico para Nuevo León (*eBird*, 2020).

La Presa La Juventud es un sitio donde se realizan actividades al aire libre como la pesca deportiva y convivencia familiar. Asimismo, este sitio ha atraído la atención de observadores de aves, fotógrafos y público en general que disfruta de la observación de la naturaleza. Debido al interés del público sobre la biodiversidad y su participación a través de plataformas de ciencia ciudadana, se han registrado más de 760 observaciones en Naturalista y 242 especies de aves en la plataforma *eBird*. Dichos registros han convertido a la Presa La Juventud en un gran sitio de interés para la observación de aves en Nuevo León, incrementando el potencial que tiene este sitio para realizar dichas actividades de educación y concientización ambiental. Desde 2001, actividades como la observación de aves y la fotografía de naturaleza se han realizado en el sitio a través de visitas regulares del Club de Observadores de Aves del Noreste (Coane), talleres y recorridos guiados por *Kingfisher-Birdwatching* Nuevo León, así como visitas ocasionales de observadores de aves independientes y naturalistas entusiastas. Además, en 2017 se realizó un recorrido guiado para observar aves en la Presa La Juventud organizado por *Royal Flycatcher Birding Tours & Nature Photography* con más de 20 asistentes extranjeros como parte del Rio Grande Valley Birding Festival de Texas. De acuerdo con la información disponible en *eBird*, hasta la fecha se han publicado 401 listas de aves en dicha plataforma y aproximadamente 60 usuarios han contribuido con sus observaciones al listado general de la avifauna del sitio. De esta manera, la Presa La Juventud se ha convertido en un “hotspot” para observadores de aves intermedios y avanzados que buscan aumentar sus listados de aves y especies raras, y en menor frecuencia es utilizado por observadores de aves novatos que disfrutan de la actividad y desean mejorar sus habilidades.



Imagen: Marilyn Castillo.

En la Presa La Juventud se pueden observar especies de aves residentes como carpintero cheje (*Melanperes aurifrons*), carbonero cresta negra (*Baeolophus atricristatus*), garza blanca (*Ardea alba*), correcaminos nortño (*Geococcyx californianus*), cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*), rascador oliváceo

(*Arremonops rufivirgatus*), o martin pescador de collar (*Megaceryle torquata*), aunque también es posible observar especies migratorias que utilizan este hábitat como sitio de anidación como el colorín siete colores (*Passerina ciris*) y el cuclillo pico amarillo (*Coccyzus americanus*) (figura 1).



Figura 1. Aves observadas en la Presa de la Juventud, Marín, Nuevo León. (A) correcaminos nortño (*Geococcyx californianus*); (B) colorín siete colores (*Passerina ciris*); (C) tecolote del Este (*Megascops asio*); (D) cuclillo pico amarillo (*Coccyzus americanus*); (E) monjita americana (*Himantopus mexicanus*); (F) martin pescador de collar (*Megaceryle torquata*) (imágenes: A y C, Marilyn Castillo-Muñoz; B, D, E y F, Jorge Leonardo Guzmán-Hernández).

Además, la Presa La Juventud cuenta con registros de aves raras o poco comunes para Nuevo León que resultan muy interesantes para los observadores más experimentados, incluyendo muchas especies de aves acuáticas como el pato coacoxtle (*Aythya valisineria*), mergo cresta blanca (*Lophodytes cucullatus*), playero pectoral (*Calidris melanotos*), playero zancón (*Calidris himanto-*

pus), achichilique pico amarillo (*Aechmophorus occidentalis*), falaropo pico largo (*Phalaropus tricolor*), cigüeña americana (*Mycteria americana*) y espátula rosada (*Platalea ajaja*).

De acuerdo con los datos disponibles en eBird, entre 2017 y 2019 se subieron a la plataforma 67 listados, registrando 21,876 individuos y 205

especies de aves, lo cual representa casi 85% del total de la avifauna registrada para la Presa La Juventud. En general, durante todo el año es posible observar al menos 70 especies o incluso más de 100 especies durante los picos migratorios, con excepción de junio y julio que muestran una disminución considerable en la riqueza de especies con respecto a los demás meses (figura 2a). En cuanto a



Imagen: Leonardo Guzmán.

la abundancia, durante los meses de septiembre y octubre se registraron más de 3,000 individuos, mientras que durante los meses de verano (junio, julio y agosto) se registraron menos de 1,000 individuos (figura 2b). Los órdenes más representativos de acuerdo con el número de especies son Passeriformes (aves de percha), Charadriiformes (aves playeras) y Anseriformes (patos y parientes) (figura 2c). Además, la Presa La Juventud ofrece a los distintos tipos de observadores de aves la oportunidad de observar una gran variedad de especies de interés, desde las más comunes y fáciles de identificar hasta las más raras y difíciles de encontrar en Nuevo León.

Por ejemplo, para un novato que comienza en esta actividad es posible que durante sus primeras salidas observe entre 20 y 60 aves que son fáciles de identificar y observar, ya que muchas de estas especies son llamativas por su color o su canto. Para un observador de nivel intermedio que ya tiene más experiencia realizando la actividad, es posible que observe entre 40 y 120 especies que sean de su interés durante sus visitas al sitio, ya sea para agregarlas a su listado personal o mejorar sus habilidades como observador y fotógrafo de aves. Finalmente, para los observadores más avanzados que buscan las "especialidades" del estado y que desean agregar especies raras a sus listados personales, pueden visitar la Presa La Juventud para observar entre 20 y 40 especies que son de potencial interés para ellos (figura 2d).

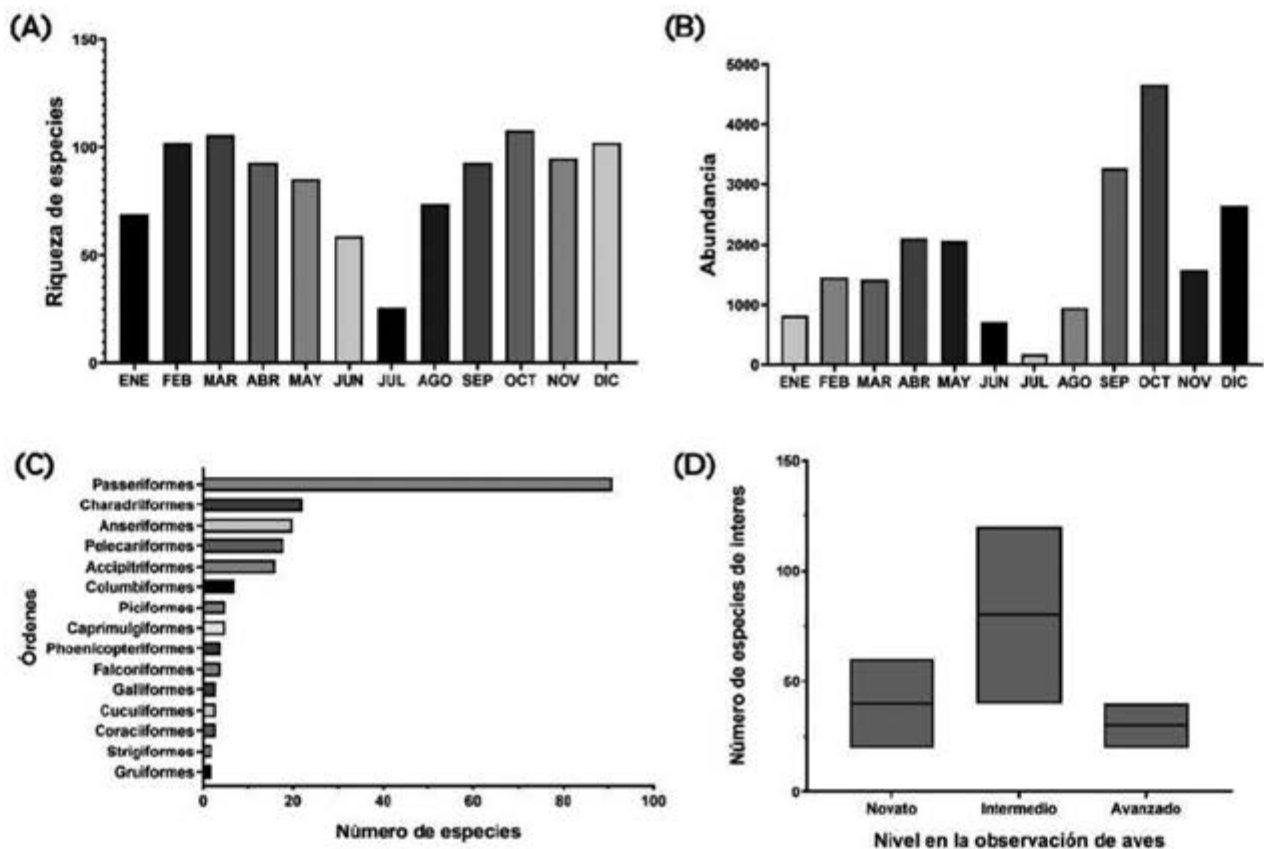


Figura 2. Distribución de la abundancia y riqueza de especies de la Presa La Juventud en el periodo comprendido entre 2017 y 2019. (A) Riqueza de especies y (B) abundancia a lo largo del ciclo anual. (C) Órdenes de la clase Aves ordenados de mayor a menor número de especies. (D) Número de especies potencial de acuerdo al nivel de experiencia del observador de aves (novato, intermedio o avanzado).

Cabe resaltar que la gran mayoría de los avistamientos de aves raras se han realizado durante eventos migratorios, siendo la migración de otoño/invierno la mejor época para visitar la Presa con el fin de registrar la mayor cantidad de especies de aves y encontrar aves raras que añadir al listado personal de los observadores de aves. Considerando lo anterior, una regulación adecuada en la Presa La Juventud y una constante

promoción de la observación de aves como actividad turística en Nuevo León puede permitir el desarrollo del aviturismo que aproveche los beneficios de este sitio de manera sustentable, estableciendo espacios para la educación ambiental, generando empleos a nivel local y que al mismo tiempo promueva la conservación de las aves y sus hábitats.

REFERENCIAS

- Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., *et al.* (2009). Citizen Science: A developing tool for expanding science, knowledge and scientific literacy. *BioScience*. 59(11):977-984.
- Cagan H., y Glu, S. (2002). Impacts of birdwatching on human and avian communities. *Environmental Conservation*. 29:282-289.
- Cantú, J.C., y Sánchez, M.E. (2011). Observación de aves: industria millonaria. CONABIO. *Biodiversitas*, 97:10-15.
- Cooper, C., Larson, L., Dayer, A., *et al.* (2015). Are wildlife recreationists conservationists? Linking hunting, birdwatching, and pro-environmental behavior. *The Journal of Wildlife Management*. 79(3):1-12.
- eBird (2020). *An online database of bird distribution and abundance*. eBird, Ithaca, New York. Disponible en: <http://www.ebird.org>
- Ehrlich, P.R., y Kennedy, D. (2005). Millenium assessment of human behavior. *Science*. 309:562-563.
- Galicia, E., Torres-Irinero, E., y Gasca-Leyva, E. (2018). Economic value of Caribbean Flamingo (*Phoenicopterus ruber*) at Celestun Biosphere Reserve, Yucatan, Mexico: A birdwatching tourism approach. *Ornitología Neotropical*. 29(1):135-141.
- García de la Puente-Orozco, J.E., y Cruz-Chávez, P.R. (2014). Economic potential of birding in Los Cabos. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*. 9(2):717-723.
- Gill, J.A. (2007). Approaches to measuring the effects of human disturbance on birds. *Ibis*. 149:9-14.
- Gómez de Silva, H., y Alvarado-Reyes, E. (2010). Breve historia de la observación de aves en México en el siglo XX y principios del siglo XXI. *Huitzil*. 11(1):9-20.
- Huhta, E., y Sulkava, P. (2014). The impact of nature-based tourism on bird communities: A case study in Pallas-Yllastunturi National Park. *Environmental Management*. 53(5):1005-1014.
- Hvenegaard, G.T. (2002). Birder specialization differences in conservation involvement, demographics, and motivations. *Human Dimensions of Wildlife*. 7(1):21-36.
- Kaplan, S. (2000). Human nature and environmentally responsible behavior. *Journal of Social Issues*. 56:491-508.
- Karp, D.S., y Root, T.L. (2009). Sound the stressor: how Hoatzins (*Opisthocomus hoazin*) react to ecotourist conversation. *Biodiversity and Conservation*. 18:3733-3742.
- Kronenberg, J. (2014). Environmental impacts of the use of ecosystem services: case study of birdwatching. *Environmental Management*. 54(3):617-630.
- McFarlane, B.L. (1994). Specialization and motivations of birders. *Wildlife Society Bulletin*. 22:361-370.
- Naturalista, Conabio (2020). *Biodiversidad del estado de Nuevo León*. Disponible en: https://www.naturalista.mx/observations?place_id=11169
- Nisbet, E.K., Zelenski, J.M., y Murphy, S.A. (2009). The nature relatedness scale: linking individuals' connection with nature to Environmental concern and behavior. *Environment and Behavior*. 41:715-740.
- Revollo-Fernández, D.A. (2015) Does money fly? The economic value of migratory birdwatching in Xóchimilco, México. *Modern Economy*. 6:643-663.
- Scott, D., Ditton, R.B., Stoll, J.R., *et al.* (2005) Measuring specialization among birders: utility of a self-classification measure. *Human Dimensions of Wildlife*. 10:53-74.
- Sekercioglu, C.H. (2002). Impacts of birdwatching on human and avian communities. *Environmental Conservation*. 29(3):282-289.
- U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior, and U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. (2016). *National Survey of Fishing, Hunting, and Wildlife-Associated Recreation*. Disponible en: https://www.fws.gov/wsfrprograms/subpages/nationalsurvey/nat_survey2016.pdf

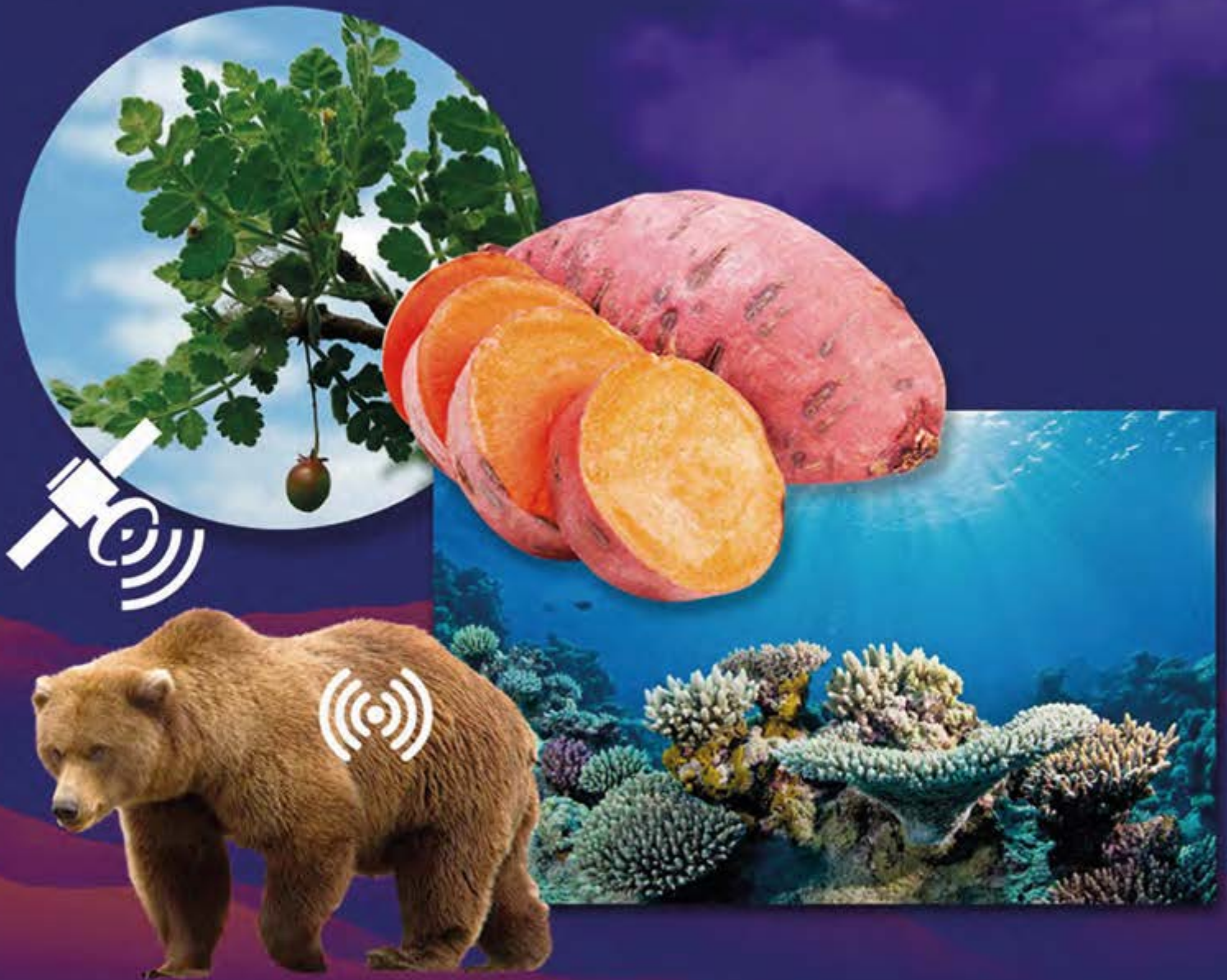


Foto: Estefanía D. Ramos Piña



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Cuajilotes y copales: árboles sagrados del México antiguo
- El camote (*Ipomoea batatas* L.), una puerta al inframundo
- Osos silvestres y radiotelemetría
- Simbiosis alga-coral y blanqueamiento coralino



Año 24,
Número 110
noviembre - diciembre 2021

ISSN: 2007-1175



El Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía UANL, como patrimonio etnobiológico del estado de Nuevo León

Lidia Rosaura Salas-Cruz*, Francisco Zavala-García*, José Elías Treviño-Ramírez*, Jesús Andrés Pedroza-Flores*, Humberto Ibarra-Gil*, Maginot Ngangyo-Heya*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl24.110-1>

RESUMEN

El estado de Nuevo León muestra gran riqueza de especies vegetales debido a los relieves, climas y suelos contrastantes a lo largo de su territorio. Para conocer y estudiar dichas especies, en muchas ocasiones se requiere el resguardo en sitios especializados como bancos de germoplasma. El banco de germoplasma FA-UANL contribuye en ese sentido desde hace más de 40 años a conocer, resguardar y difundir el uso de especies agrícolas, principalmente anuales de importancia regional y nacional. En la colección base destacan variedades tanto criollas como comerciales de maíz, frijol, avena, trigo, sorgo. Además, se cuenta con variedades mejoradas de avena, trigo y sorgo, desarrolladas por investigadores de la misma Facultad y Universidad. Es una gran contribución al patrimonio biológico nacional que permite compartir germoplasma con otros bancos.

Palabras clave: Banco de Germoplasma, semillas, especies cultivadas, biodiversidad vegetal, conservación.

En los últimos años ha sido muy notorio el acelerado deterioro ambiental que trae como consecuencia un desequilibrio ecológico en los ecosistemas, dicha situación provoca, entre otras cosas, la pérdida de especies vegetales, y una de las medidas para evitarlo es el resguardo del material genético vegetal en bancos de germoplasma como una estrategia de conservación *ex situ*.

Los bancos de germoplasma son sitios para la conservación *ex situ* de material genético, principalmente semillas, aunque también pueden conservarse plántulas, tejidos, células somáticas, gametos, embriones, ácidos nucleicos, etc. Los métodos para preservar el germoplasma vegetal consisten en el control de temperatura (cuarto frío), humedad e iluminación, o bien pueden emplearse medios *in vitro* o por crioconservación.

ABSTRACT

The state of Nuevo León has a vast richness of plant species due to the contrasting reliefs, climates, and soils throughout its territory. In order to know and study these species, it is often necessary to keep them in specialized sites such as germplasm banks. The FA-UANL germplasm bank has contributed toward this regard for more than 40 years to know, protect and disseminate the use of agricultural species, mainly annual of regional and national importance. The base collection includes both native and commercial varieties of corn, beans, oats, wheat, and sorghum. In addition, there are improved varieties of oats, wheat, and sorghum, developed by researchers from the same department and university. It is a significant contribution to the national biological legacy that allows sharing germplasm with other banks.

Keywords: Germplasm Bank, seeds, crops, plant biodiversity, conservation.

Es a partir de los años sesenta que surgieron numerosos bancos de germoplasma en todo el mundo (Engels y Visser, 2007). Actualmente, el proyecto *Seeds of Discovery*, en una bóveda ubicada en una isla remota a medio camino entre Noruega y el Polo Norte, un grupo de científicos del Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos construyeron lo que se podría denominar la "copia de seguridad" de la biodiversidad agraria del planeta. Las semillas de los recursos genéticos almacenados en éste y otros bancos de germoplasma alrededor del mundo constituyen la base de la agricultura y la seguridad alimentaria y nutricional de la humanidad. Son la savia vital que nutre el desarrollo de variedades que rin-

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
Contacto: lidia.salascruz@uanl.edu.mx

den más y que son más resistentes a los efectos del cambio climático (Seeds of Discovery, 2017).

En México existen muchos bancos de germoplasma con variadas colecciones acorde a cada tipo de plantas desarrolladas en los diversos ambientes de nuestro país. Destacan las colecciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 2021) con más de 28,000 colecciones de semillas de maíz y 150,000 de trigo; en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY, 2021), se cuenta con una colección *ex situ* de alrededor de 1,500 muestras; el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal (Bangev, 2021) cuya base de datos contiene 8,337 ejemplares; el Banco de Germoplasma del Maíz en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) tiene una capacidad de almacenamiento de 435 metros cúbicos y puede albergar hasta 100,000 muestras de maíz; el Centro Nacional de Re-

ursos Genéticos (CNRG, 2021) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con una capacidad de almacenamiento de 800,000 accesiones de diferentes cultivos.

En Nuevo León se cuenta con un Banco de Germoplasma dentro del Campus Marín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, que durante más de 40 años ha existido para el resguardo, conservación, utilización y mejoramiento de colecciones de semillas de cultivos, principalmente anuales de importancia regional y nacional. Dentro de las especies que se mantienen en la colección base destacan numerosas variedades tanto criollas como comerciales de maíz, frijol, avena, trigo y sorgo (figura 1). Además, se cuenta con variedades mejoradas de avena, trigo y sorgo que han sido desarrolladas por investigadores de la misma Facultad y Universidad (tabla I).



Figura 1. Colección de semillas en el Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía-UANL. (A) y (B) Colección base, (C) muestra de semillas de maíz, (D) muestra de semillas en frascos de vidrio, (E) muestra de semillas de sorgo.

Tabla I. Variedades de *Sorghum bicolor* (L.) Moench desarrolladas en la Facultad de Agronomía-UANL y resguardadas en el Banco de Germoplasma FA-UANL.

Variedad obtenida	Número de registro	Fecha	Obtento
WHEATRO	1318	Marzo 2015	Francisco Zavala García, Héctor Williams Alanís, Gilberto Alanís Pérez, Héctor Reyes Romero, José Elías Treviño Ramírez, María del Carmen Rodríguez Vázquez.
MEXINDU	1319	Marzo 2015	
ROGER	1360	Agosto 2015	
7ROGER	1430	Diciembre 2015	
7KEY	1427	Diciembre 2015	
WYR	1429	Diciembre 2015	
TEMPLADA	1428	Diciembre 2015	
POTRANCA	1713	Junio 2017	
38ANE	1712	Junio 2017	

El Banco de Germoplasma FA-UANL tiene una capacidad de aproximadamente 200 m² de construcción repartidos en cuatro áreas: 1. Bóveda de conservación de colección base, 2. Recepción y cuarentena de semillas, 3. Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas y 4. Área de germinación. A continuación, se describen las características y actividades realizadas en cada una de las áreas.

1. Bóveda de conservación de colección base. Son dos espacios: el primero de ellos de aproximadamente 56 m³ acondicionado como cuarto frío para el resguardo de las colecciones de semillas a corto y mediano plazo. Mantiene una temperatura de entre 0 y 4°C, baja humedad relativa (<15%). En esta área se encuentra conservada una suma de 3,000 muestras de semillas en los cultivos de maíz y sorgo, colocadas en contenedores de vidrio, plástico o sobres de aluminio herméticamente sellados (figura 2). El sistema de enfriamiento es a través de un compresor que mantiene la temperatura mencionada, pero se carece de un generador auxiliar para casos de emergencia.

El otro espacio es una bóveda más grande con dimensiones aproximadas de 80 m³; sin embargo, esta bóveda carece de compresor, por lo que no funciona como cuarto frío de almacenamiento, actualmente sólo se emplea como lugar de almacenaje de alguna semilla

a granel. Ambos espacios, en sus paredes, cuentan con un recubrimiento de poliuretano de aproximadamente 4" de espesor, que les ayuda a mantener la temperatura baja (figura 3).

2. Recepción y cuarentena de semillas. Es un área en donde son recibidas las muestras de semilla antes del ingreso a la colección base, durante el periodo de recepción se registran los datos de procedencia; el lugar también se utiliza para el manejo de semilla para evitar cambios bruscos de temperatura.
3. Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas. Cuenta con equipos necesarios para realizar algunas de las pruebas estándar de calidad de semillas, como el test de germinación, velocidad de germinación, prueba de viabilidad con tetrazolio, test de envejecimiento acelerado, determinación de pureza, porcentaje de humedad. La infraestructura, en términos de equipo, básicamente se circunscribe a cristalería, balanzas y determinadores de humedad y secado de muestras (figura 4).
4. Área de germinación. Es un espacio acondicionado para realizar pruebas de germinación en condiciones controladas, pero el área requiere mayor atención dadas las condiciones por la falta de manejo continuo.



Figura 2. Muestras de semillas colocadas en diferentes contenedores.



Figura 3. Espacios de la bóveda de conservación de la colección base. A) Cuarto frío, B) espacio de almacenaje.



Figura 4. Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas. Algunos equipos utilizados en las pruebas de calidad.

Cabe mencionar que la documentación del germoplasma se realiza en libros de campo, con informaciones de datos de pasaporte de las colectas. Sin embargo, lo ideal sería el uso de algún software o programa de cómputo para tener una base de datos digitalizada de las colecciones de semillas, acorde a los lineamientos nacionales (Conabio) e internacionales (*Seeds of Discovery*), para tal fin se gestionan los recur-

sos necesarios que permitan el acceso a una mayor cantidad de personas interesadas en el germoplasma resguardado. En la tabla II se mencionan algunos de los trabajos de investigación desarrollados en el Banco de Germoplasma o como apoyo en el incremento de las colecciones de semillas resguardadas en los últimos años.

Tabla II. Trabajos de investigación relacionados con el Banco de Germoplasma FA-UANL en los últimos años.

Tipo de investigación	Año	Título	Autor
Proyecto Conabio	2012	Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo en Nuevo León. <i>Bases de datos SNIB-Conabio</i> , proyecto FZ015.	Zavala García, F.
Artículo científico	2016	Aptitud combinatoria y heterosis entre líneas de dos tipos de maíz para grano. <i>Interciencia</i> . 41(1):47-54.	Rodríguez-Pérez, G., Zavala-García, F., Treviño-Ramírez, J.E., Ojeda-Zacarias, C., Mendoza-Elos, M., Herrera, S.A.R., & Ortiz, F.C.
Artículo científico	2016	Selection strategies of full-sib families in two landraces corn populations. <i>Phyton, International Journal of Experimental Botany</i> . 85:194-202.	Rodríguez Pérez, G., Zavala García, F., Gutiérrez Diez, A., Treviño Ramírez, J.E., Ojeda Zacarias, M.C., & Mendoza Elos, M.
Artículo científico	2016	Water stress effect on cell wall components of maize (<i>Zea mays</i>) Bran. <i>Notulae Scientia Biologicae</i> . 8(1):81-84.	Eleazar, L.C., Pică, F.J., AS-Orona, V.U., Guez-Fuentes, H.R., Vidales-Contreras, J.A., Carranza-De La Rosa, R., & Guillermo, N.O.
Artículo científico	2016	Estrategias de selección en familias de hermanos completos en dos poblaciones de maíces criollos. <i>Phyton</i> (Buenos Aires). 85(2):194-202.	Rodríguez Pérez, G., Zavala García, F., Gutiérrez Diez, A., Treviño Ramírez, J.E., Ojeda Zacarias, M.C., Mendoza Elos, M.
Artículo científico	2017	Flavonoid type soluble phenolics and antioxidant capacity in creole pigmented maize (<i>Zea mays</i>) genotypes. <i>ITEA</i> . 113(4):325-334.	Quintanilla-Rosales, V.L., Galindo-Luna, K., Zavala-García, F., Pedroza-Flores, J.A.,; Heredia, J.B., Urias-Orona, V., Muy-Rangel, M.D., & Niño-Medina, G.
Artículo científico	2017	Características agronómicas asociadas a la producción de bioetanol en genotipos de sorgo dulce. <i>Agronomía Mesoamericana</i> . 28(3):549-563.	Williams-Alanís, H., Zavala-García, F., Arcos-Cavazos, G., Rodríguez-Vázquez, M.D.C., & Olivares-Sáenz, E.
Artículo científico	2018	Somatic embryogenesis induction from immature embryos of <i>Sorghum bicolor</i> L. (Moench). <i>Phyton</i> . 87:105.	Ea, E.S., Sánchez-Peña, Y.A., Torres-Castillo, J.A., García-Zambrano, E.A., Ramírez, J.T., Zavala-García, F., & Sinagawa-García, S.R.
Artículo científico	2018	Exploración de germoplasma nativo de maíz en Nuevo León, México. <i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i> . 5(SPE8):1477-1485.	Acosta-Díaz, E., Zavala-García, F., Valadez-Gutiérrez, J., Hernández-Torres, I., Amador-Ramírez, M., Padilla-Ramírez, J.
Artículo científico	2018	Las especies silvestres de <i>Phaseolus</i> (Fabaceae) en Nuevo León, México. <i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i> . 5(SPE8):1459-1465.	Acosta-Díaz, E., Hernández-Torres, I., Amador-Ramírez, M.D., Padilla-Ramírez, J., Zavala-García, F.
Proyecto Prodep	2018	Caracterización, conservación y aprovechamiento de especies forrajeras en zonas áridas del noreste de México mediante Banco de Germoplasma.	Salas-Cruz, L.R.

Artículo científico	2018	Estimación de componentes genéticos en Líneas endogámicas de maíz (<i>Zea mays</i> L.). <i>Agrociencia</i> . 53(2):245-258.	Rodríguez-Pérez, G., Zavala-García, F., Treviño-Ramírez, J.E., Ojeda-Zacarias, C., Mendoza-Elos, M., Cervantes-Ortiz, F., Gámez-Vázquez, A.J., Andrio-Enríquez, E., Torres- Flores, J.L.
Artículo científico	2018	The Effect of Drought Stress on Nutraceu-tical Properties of <i>Zea mays</i> Bran. <i>Gesunde Pflanzen</i> . 70(4):179-184.	Lugo-Cruz, E., Zavala-García, F., Ro-dríguez-Fuentes, H., Urias-Orona, V., Vidales-Contreras, J.A., Carranza-De La Rosa, R., & Niño-Medina, G.
Artículo científico	2019	Estado de conservación de once especies de frijol silvestre (<i>Phaseolus</i> spp. <i>Fabaceae</i>) en el noreste de México. <i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i> . 10(2):417-429.	Báez-González, A., Acosta-Díaz, E., Pa-dilla-Ramírez, J., Almeyda-León, I., Za-vala-García, F.
Tesis de doctorado	2019	Caracterización del contenido nutricional, compuestos polifenólicos y capacidad antiox-idante de maíces pigmentados (<i>Zea mays</i> L.) nativos del sur de Nuevo León. Doctorado en Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía, UANL.	Rodríguez-Salinas, P.A.
Artículo científico	2020	Characterization of Trehalose-6-phosphate Synthase and Trehalose-6-phosphate Phos-phatase Genes and Analysis of its Differential Expression in Maize (<i>Zea mays</i>) Seedlings under Drought Stress. <i>Plants</i> . 9(3):315.	Acosta-Pérez, P., Camacho-Zamora, B.D., Espinoza-Sánchez, E.A., Gutiérrez-Soto, G., Zavala-García, F., Abraham-Juárez, M.J., & Sinagawa-García, S.R.
Artículo científico	2020	Identification of predatory and parasitoid in-sect species associated with <i>Melanaphis sac-chari</i> (Hemiptera: <i>Aphididae</i>), a <i>Sorghum</i> pest in Nuevo León, Mexico. <i>Florida Entomologist</i> . 103(1):145-147.	Jaimes-Orduña, J., Tamez-Guerra, P., Zavala-García, F., & Pérez-González, O.
Artículo científico	2020	Evaluation of the Use of Energy in the Pro-duction of Sweet Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) under Dierent Production Sys-tems. <i>Energies</i> . 12(9):1713.	López-Sandin, I., Gutiérrez-Soto, G., Gutiérrez-Díez, A., Medina-Herrera, N., Gutiérrez-Castorena, E., & Zavala-García, F.
Proyecto PAI-CyT UANL	2020	Banco de Germoplasma de especies nativas y naturalizadas de Nuevo León. Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICyT). Clave: CT1114-20.	Salas-Cruz, L.R.
Tesis de maestría	2020	Evaluación fisiológica y de compuestos bio-activos en maíces nativos ante estrés de tem-peratura y sequía. Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía, UANL.	Ayala Meza, C.J.

Artículo científico	2020	Termotolerancia en líneas de sorgo [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] para grano. <i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i> . 11(1):221-227.	Galicia-Juárez, M., Sinagawa-García, S., Gutiérrez-Diez, A., Williams-Alanís, H., Zavala-García, F.
Tesis de maestría en proceso	2020	Exploración de razas de maíz (<i>Zea mays</i>) en búsqueda de diferentes citoplasmas para el uso en mejoramiento genético y programas de formación de híbridos. Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía, UANL.	Domínguez-Gándara, R.A.
Tesis de maestría en proceso	2020	Evaluación fenotípica y bioquímica del maíz bajo la aplicación de nanopartículas. Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía, UANL.	Espinoza-Alonso, Á.

La conservación de la riqueza fitogenética regional y nacional es de suma importancia para asegurar la disponibilidad y variedad de especies de importancia alimentaria para las generaciones futuras. Mediante la conservación *ex situ* en bancos de germoplasma se asegura una conservación a largo plazo de especies subvaloradas y subutilizadas en instalaciones con adecuadas condiciones de almacenamiento, tanto de temperatura como de humedad relativa (Aragón y De la Torre, 2015). El Banco de Germoplasma FA-UANL contribuye en ese sentido a conocer, resguardar y difundir el uso de las especies agrícolas, variedades, razas, etc., que permiten contar con alimentos de calidad. Es también una gran contribución al patrimonio biológico nacional debido a la posibilidad de compartir material genético con otros bancos de germoplasma y aumentar las colecciones respectivas.

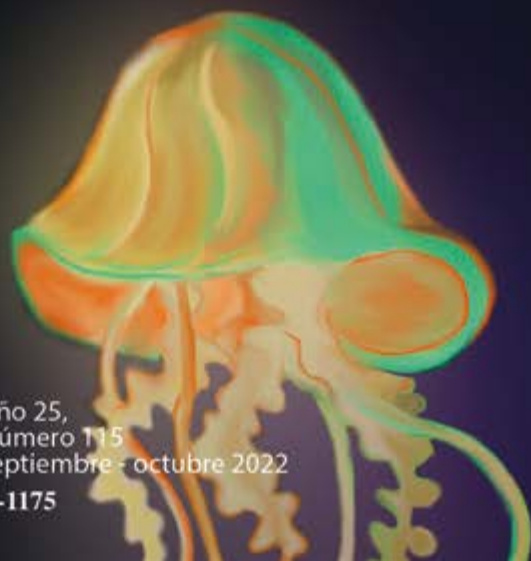
REFERENCIAS

- Aragón, C.F., y De la Torre, F. (2015). Conservación de las especies subvaloradas como recursos genéticos agrícolas. *Revista Digital Universitaria UNAM*. 16(5):1-13. <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num5/art37/BANGEV>, UACH. (2021). *Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, México*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/bangev-uach.html>
- CICY. (2021). *Banco de Germoplasma*. Disponible en: <https://www.cicy.mx/sitios/germoplasma>
- CIMMYT. (2021). *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*. Disponible en: <https://www.cimmyt.org/es/>
- CNRG. (2021). *Centro Nacional de Recursos Genéticos*. Disponible en: https://vun.inifap.gob.mx/portalweb/_Centros?C=007
- Engels, J., y Visser, L. (2007). *Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma-manuales de Bioversity para bancos de germoplasma*. No. 6 (No. 6). Bioversity International.
- FAO. (2014). *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: Rev. ed. Pp. 166.
- Seeds of Discovery. (2007). *Seeds of Discovery*. Disponible en: <https://seedsofdiscovery.org/>



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Invasiones biológicas
- El mezquite: un superalimento ancestral
- ¿Cómo se origina la luminiscencia?
- Entrevista: David Mota Sánchez, *cazador de insectos*



Año 25,
Número 115
septiembre - octubre 2022

ISSN: 2007-1175



Determinación de la producción de gas *in vitro*, contenido de nutrientes y energía metabolizable de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos

Hugo Bernal Barragán*, Víctor Manuel Perrusquía Tejeida*, Nydia Corina Vásquez Aguilar*, Humberto González Rodríguez*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.115-1>

RESUMEN

Utilizando el método de producción de gas *in vitro*, de la Universidad Hohenheim, Alemania, se caracterizó el valor nutricional de forrajes de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), de las arbustivas chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.) y huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), y de tres suplementos (grano de sorgo, harina de soya y cáscara de naranja), para la alimentación de pequeños rumiantes del noreste de México. La información del contenido nutricional y de energía metabolizable determinados de seis muestras de cada forraje y suplemento puede contribuir a formular dietas que mejoren el comportamiento productivo y la sostenibilidad de sistemas pecuarios.

Palabras clave: energía metabolizable, alimentos, ovinos, caprinos, producción de gas *in vitro*.

ABSTRACT

Using the *in vitro* gas test of the University of Hohenheim, Germany, the nutritional value of forages of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) of the shrubs Blackbrush (*Acacia rigidula* Benth.) and Huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), and of three supplements: sorghum grain, soybean meal, and orange peel, was characterized for feeding small ruminants from northeastern Mexico. The information on the nutritional content and metabolizable energy determined from six samples of each forage and supplement can contribute to formulating diets to improve the productive performance and sustainability of livestock systems.

Keywords: Metabolizable energy, feedstuffs, sheep, goats, *in vitro* gas production.

La ganadería del noreste de México requiere de la producción de suficiente cantidad y calidad de biomasa de los forrajes que constituyen la base de la alimentación del ganado. Fluctuaciones de las condiciones climatológicas de esta zona ocasionan que el suministro y disponibilidad de nutrientes y

energía para el ganado, a partir de forraje de buena calidad, no siempre esté garantizado. Por tanto, el uso de suplementos para la alimentación del ganado es una estrategia que puede ser empleada para complementar la dieta a base de forrajes (Montiel *et al.*, 2019).

* Universidad Autónoma de Nuevo León, General Escobedo, México.

Contacto: nydia.vasquezag@uanl.edu.mx

Al integrar la información de la composición química, la digestibilidad y la producción de gas *in vitro* mediante el método desarrollado en la Universidad de Hohenheim, Alemania (Menke y Steingass, 1988), se podrá tener información más completa y precisa del valor nutricional de los forrajes y suplementos (Vásquez, 2014), lo cual permitirá diseñar dietas más eficientes.

Con el objetivo de determinar el valor nutricional y contenido de energía metabolizable, en el presente estudio se determinaron la composición química y los parámetros de digestibilidad y degradabilidad ruminal *in vitro* en seis muestras de alimentos importantes para la ganadería del noreste de México: pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.) y huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), así como de seis muestras de los suplementos grano de sorgo, harina de soya y cáscara de naranja colectadas durante el año.

Se estableció la hipótesis de que el valor nutricional y el contenido de energía metabolizable del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.) y

huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), así como de los suplementos, grano de sorgo, harina de soya y cáscara de naranja mostrará considerable variación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron muestras representativas de forraje de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), así como hojas del arbusto chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.) y huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), aleatoriamente de varios sitios de pastoreo en el Campo Experimental de la Unidad Académica Marín, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), en los meses de diciembre 2019, así como enero, febrero y septiembre-noviembre de 2020.

La colecta de las muestras de forrajes se llevó a cabo emulando el comportamiento de pastoreo de los ovinos y caprinos, por lo que el pasto Buffel se cortó a 5-10 cm del suelo incluyendo semillas, hojas y tallos de cada planta. En el caso de las muestras de arbustos, se colectaron únicamente las hojas de ramitas localizadas a una altura de entre 1 y 1.5 m (figura 1).



Figura 1. Colecta de muestras de hojas del arbusto *Acacia farnesiana*.

Se colectaron muestras de grano de sorgo y de harina de soya de forrajeras del área conurbada de Monterrey. Las muestras de cáscara de naranja se colectaron frescas de distintas jugueras, y fueron cortadas en trozos pequeños para facilitar su manipulación. Las muestras colectadas fueron secadas durante 48 h a 60°C en una estufa de aire forzado (modelo DKN402C, Yamato, Japón) y molidas en un molino Wiley (modelo 4, Arthur A. Thomas Co., PA, USA) para pasar a través de una malla de 1 mm, y almacenadas hasta su análisis en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos de la Facultad de Agronomía-UANL.

Los forrajes y suplementos se analizaron en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos, de la Facultad de Agronomía-UANL, de acuerdo con la metodología de la AOAC (2005), para determinar los contenidos de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas. Las fracciones de fibra (fibra detergente neutro, FDN y fibra detergente ácido, FDA) se determinaron empleando el analizador de fibra ANKOM (modelo A2000, ANKOM, NY, USA), mediante los procedimientos descritos por Vásquez (2014), también para el contenido de lignina, mediante el método de lignina ácido detergente (LDA). Los contenidos de hemicelulosa (FDN-FDA) y celulosa (FDA-lignina) se calcularon por diferencia, según Vásquez (2014).

La producción de gas *in vitro* (PG 24h) se analizó de acuerdo con la metodología propuesta por Menke y Steingass (1988), utilizando jeringas de vidrio, de 100 ml, calibradas, para incubar 200 mg de muestras de los forrajes y de los suplementos (figura 2). Como inóculo, se utilizaron 30 ml de una mezcla 2:1 (v/v) de saliva artificial y líquido ruminal obtenido de borregos provistos con fistula ruminal (figura 3), alimentados con 75% de heno de pasto y 25% de concentrado.



Figura 2. Método de producción de gas *in vitro* (Gas Test, Hohenheim, Alemania), utilizando jeringas de vidrio de 100 ml calibradas.



Figura 3. Borregos fistulados donadores de líquido ruminal.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se determinó incubando las muestras de los alimentos en bolsas F57 de ANKOM (con poro de 25 μm) durante 48 horas a 39°C, en una mezcla 2:1 (v/v) de saliva artificial y líquido ruminal, de acuerdo con el procedimiento Daisy^{II} (ANKOM, NY, USA). El contenido de energía metabolizable (EM) y la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) fueron estimados a partir de la PG 24h, de acuerdo con las ecuaciones propuestas por Menke y Steingass (1988).

Los resultados para los forrajes y los suplementos fueron analizados estadísticamente por separado para los tres forrajes y los tres suplementos, de acuerdo con un diseño completamente al azar, realizando un análisis de varianza (ANOVA), con seis repeticiones para cada uno de ellos. Se compararon las medias por el método Tukey, a un nivel de significancia de $P = 0.05$, utilizando el paquete estadístico SPSS (IBM, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor nutricional del pasto Buffel del presente estudio fue menor al reportado en estudios previos (Carvahlo *et al.*, 2017; Melesse *et al.*, 2017). El contenido de proteína cruda de las hojas de huizache fue mayor que en el forraje de pasto Buffel (tabla I), en concordancia con Castrejón y Corona (2017). En general, los forrajes analizados en Marín, N.L., tuvieron contenidos de proteína cruda menores, pero contenidos de celulosa mayores a los observados en Linares y Los Ramones, denotando esto el efecto que las condiciones ambientales y geográficas tienen sobre el valor nutricional de los forrajes (Chávez Espinoza *et al.*, 2021).

Los valores más altos de producción de gas *in vitro* (Gas test; Hohenheim, Alemania), así como

de la DIVMS, de DIVMO y de extracto etéreo en las hojas de huizache (tabla I) contribuyeron a su contenido de energía metabolizable mayor (Melesse *et al.*, 2017) al del pasto Buffel y de las hojas de chaparro prieto, dos forrajes cuyos contenidos mayores de FDN, FDA y de celulosa ($P < 0.001$) determinan una menor digestibilidad para pequeños rumiantes (Carvahlo *et al.*, 2017).

El contenido de proteína medido en la cáscara de naranja fue 16% menor al reportado por Montiel *et al.* (2019), y 46% menor ($P < 0.001$) al registrado en el presente estudio para el grano de sorgo. El contenido de proteína de la harina de soya del presente estudio fue 45% mayor al de los granos secos de destilería (DDGS) utilizados por Montiel *et al.* (2019) para suplementar deficiencias de proteína en forrajes consumidos por ovinos y caprinos.

Tabla I. Valor nutricional, fracciones de fibra (base MS) y valores medios de producción de gas (Gas Test, Hohenheim) *in vitro* a 24 horas (PG 24h), DIVMS y DIVMO, de los forrajes de pasto Buffel, huizache y chaparro prieto.

Parámetro (base MS)	Forraje			Estadístico	
	Pasto Buffel	Huizache	Chaparro prieto	EEM	Valor P
Proteína cruda (%)	7.60 ^c	17.26 ^a	13.76 ^b	0.536	0.001
Energía metabolizable (kcal/kg)	1200 ^b	1806 ^a	1076 ^b	45.660	0.001
Extracto etéreo (%)	1.97 ^b	7.33 ^a	1.56 ^b	0.209	0.001
Cenizas (%)	8.33 ^b	12.56 ^a	7.32 ^b	0.489	0.001
FDN (%)	73.71 ^a	34.64 ^c	48.28 ^b	0.814	0.001
FDA (%)	49.62 ^a	28.99 ^c	43.45 ^b	0.965	0.001
Hemicelulosa (%)	24.09 ^a	5.64 ^b	4.83 ^b	0.727	0.001
Celulosa (%)	47.86 ^a	27.44 ^c	41.99 ^b	0.880	0.001
LDA (%)	1.75 ^a	1.55 ^a	1.45 ^a	0.168	>0.050
PG 24h (mL/200 mg/24 horas)	19.22 ^b	23.71 ^a	13.33 ^c	1.382	0.001
DIVMS (%)	45.96 ^b	61.62 ^a	48.52 ^b	1.194	0.001
DIVMO (%)	40.80 ^b	51.87 ^a	37.67 ^b	1.196	0.001

^{a,b,c} Letras diferentes en hilera indican diferencias significativas (P<0.05).

Tabla II. Contenido de proteína, energía metabolizable, cenizas, extracto etéreo, fracciones de fibra (base MS) y valores medios de producción de gas (Gas Test, Hohenheim) *in vitro* a 24 horas (PG 24h), DIVMS y DIVMO, de los suplementos grano de sorgo, harina de soya y cáscara de naranja.

Parámetro (base MS)	Suplemento			Estadístico	
	Grano de sorgo	Harina de soya	Cáscara de naranja	EEM	Valor P
Proteína cruda (%)	9.04 ^b	42.77 ^a	4.91 ^c	0.867	0.001
Energía metabolizable (kcal/kg)	2314 ^b	2434 ^{ab}	2864 ^a	150.41	0.036
Extracto etéreo (%)	1.79 ^a	1.65 ^a	2.09 ^a	0.145	0.113
Cenizas (%)	3.96 ^b	6.51 ^a	4.45 ^{ab}	0.622	0.015
FDN (%)	22.29 ^a	16.31 ^c	19.14 ^b	0.810	0.001
FDA (%)	8.52 ^b	7.81 ^b	14.83 ^a	0.510	0.001
Hemicelulosa (%)	13.76 ^a	8.50 ^b	4.30 ^c	0.916	0.001
Celulosa (%)	6.86 ^b	5.22 ^b	13.94 ^a	0.559	0.001
LDA (%)	1.65 ^b	2.19 ^a	0.88 ^c	0.130	0.001
PG 24h (mL/200 mg/24 horas)	49.58 ^b	36.25 ^c	66.29 ^a	3.782	0.001
DIVMS (%)	85.60 ^b	90.02 ^{ab}	93.94 ^a	1.289	0.001
DIVMO (%)	65.59 ^c	70.51 ^{ab}	78.91 ^a	3.197	0.020

^{a,b,c} Letras diferentes en hilera indican diferencias significativas (P<0.05).

El mayor contenido de FDN y de hemicelulosa del sorgo determinó una menor producción de gas *in vitro* (Gas test; Hohenheim; $P < 0.001$) y de energía metabolizable ($P = 0.036$) a la de cáscara de naranja (tabla II), lo que permite constatar que la cáscara de naranja es un excelente concentrado energético para dietas de ovinos y caprinos (Vásquez, 2014; Montiel *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

Se describieron particularidades en la composición química y de las fracciones de fibra de los alimentos evaluados en el presente estudio y se describió cuantitativamente su aporte energético. Las hojas de huizache y la cáscara de naranja deshidratada son importantes fuentes de nutrientes y energía para los pequeños rumiantes del Noreste de México.

REFERENCIAS

- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Carvalho, G.G.P., Rebouças, R.A., Campos, F.S., *et al.* (2017). Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. *Animal Feed Science and Technology*. 228:140-148.
- Castrejón F.A., y Corona, L. (eds.). (2017). *Características nutrimentales de gramíneas, leguminosas y algunas arbóreas forrajeras del trópico mexicano*. México: UNAM. 172 pp.
- Chávez Espinoza, M., Bernal Barragán, H., Vásquez Aguilar, N.C., *et al.* (2021). Cell-wall composition and digestibility of five native shrubs of the Tamaulipan Thornscrub in northeastern Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 24(4):1-15.
- IBM. (2013). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- Melesse, A., Steingass, H., Schollenberger, M., *et al.* (2017). Screening of common tropical grass and legume forages in Ethiopia for their nutrient composition and methane production profile *in vitro*. *Tropical Grassland*. 5(3):163-175.
- Menke, K.H., Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*. 28:7-55.
- Montiel Uresti, C.A., Bernal Barragán, H., Sánchez Dávila, F., *et al.* (2019). Efecto de pulpa seca de naranja (*Citrus sinensis*) en la dieta de cabras en déficit energético. *Ciencia UANL*. 22(95): 31-36.
- Vásquez, N.C. (2014). *Determinación de fracciones de carbohidratos y proteínas y del valor nutricional de pasto Buffel (Cenchrus ciliaris L.) asociado con dos subproductos agroindustriales*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. 86 pp.



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- **Mezcales y otras delicias de la SMO**
- **Biocombustibles gaseosos y digestión anaerobia**
- **Avispas agalladoras en Nuevo León**



Año 27,
Número 125
mayo - junio 2024



Desarrollo biotecnológico para la producción de probióticos viables de chucrut a escala industrial

Claudio Guajardo-Barbosa
ORCID: 0000-0003-4601-9404

Julio César Beltrán-Rocha
ORCID: 0000-0002-8063-725X

Ulrico Javier López-Chuken
ORCID: 0000-0002-2100-9982

Alma Delia Nava-Torres
ORCID: 0000-0002-1714-8410

Myriam Elías-Santos
ORCID: 0000-0002-4179-0251

Rahim Foroughbakhch-Pournavab
ORCID: 0000-0002-9783-9464

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.125-4>

RESUMEN

A nivel global, millones de personas padecen problemas gastrointestinales derivados de un desbalance en la microbiota intestinal ocasionada por la mala alimentación y el excesivo uso de antibióticos. Alternativamente, para disminuir esta problemática se generan alimentos funcionales a base de probióticos de origen lácteo; no obstante, éstos normalmente contienen trazas de metabolitos de origen animal, principalmente hormonas y medicamentos. Por este motivo existe, en años recientes, una marcada tendencia hacia la adopción de dietas vegetarianas que excluyen el consumo de probióticos lácteos. El presente avance biotecnológico contribuye en la solución de esta demanda al desarrollar, a nivel industrial, un producto liofilizado con microorganismos probióticos viables de origen vegetal.

Palabras clave: probióticos, chucrut, desarrollo biotecnológico, industria.

ABSTRACT

Globally, millions of people suffer from gastrointestinal problems derived from an imbalance in the intestinal microbiota caused by poor diet and excessive use of antibiotics. Alternatively, to reduce this problem, functional foods based on probiotics of dairy origin are being generated; however, these products usually contain metabolites traces of animal origin, mainly hormones and drugs. For this reason, there has been a marked trend in recent years towards the adoption of vegetarian diets that exclude the consumption of dairy probiotics. The present biotechnological advance contributes to the solution of this demand by developing at an industrial level a freeze-dried product with viable probiotic microorganisms of vegetable origin.

Keywords: probiotics, chucrut, biotechnology development, industry.

USO DE PRODUCTOS PROBIÓTICOS LÁCTEOS

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, y la Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS, 2002), los probióticos se definen como

microorganismos vivos que al ser ingeridos en cierta proporción brindan beneficios al hospedero. Asimismo, sus características dependen de las materias primas de las que se generan (tabla I). Las principales desventajas en los probióticos lácteos es que se derivan de la leche animal, la cual es considerada una de las mayores fuentes de consumo de estrógenos en la nutrición humana.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

** Hervar Fam., S.A. de C.V.

Contacto: rahim.foroughbakhchpr@uanl.edu.mx

Está reportado que la leche del último periodo de la gestación y los primeros días de lactancia contiene cantidades importantes de estrógeno del tipo estrona E1 (Pierre *et al.*, 2006). Las razones de este contenido derivan de que la dieta del ganado incluye fito- y micoestrógenos, uso de medicamentos y el estado hormonal de la vaca cuando es ordeñada (Socas *et al.*, 2017). A todo lo anterior se le suma el uso ilegal de esteroides anabolizantes para el crecimiento del ganado, los cuales, en el metabolismo animal, atraviesan las glándulas mamarias y se transfieren a la leche (Noppe *et al.*, 2008).

CHUCRUT COMO FUENTE DE PROBIÓTICOS DE ORIGEN VEGETAL

El chucrut es un alimento fermentado a base de col (*Brassica oleracea* L.), rico en probióticos. Se consume en Europa Oriental y Central desde hace más de diez siglos. Este alimento lo llegaron a emplear los antiguos romanos en algunos

inviernos cuando las cosechas eran malas y escaseaba el alimento. Gracias a su fermentación mantenía sus propiedades nutricionales y organolépticas (Zabat *et al.*, 2018).

Las bacterias ácido-lácticas fueron clasificadas inicialmente por Orla-Jensen en 1919. En la segunda mitad del siglo XX se dio a conocer que el chucrut contenía este tipo de bacterias, destacando la abundancia de *Lactiplantibacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp. Los probióticos de origen vegetal han tomado gran importancia en el mercado de los alimentos funcionales, especialmente por sus beneficios a la salud, por ejemplo, dentro del género *Lactobacillus* se sabe que *Lactiplantibacillus plantarum* o, como se le denominaba anteriormente, *Lactobacillus plantarum* (Zheng *et al.* 2020), reduce los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre (Nguyen *et al.*, 2007). El consumir chucrut tiene la capacidad de cambiar y mejorar la estabilidad del microbioma intestinal, también alivia y reduce los síntomas del síndrome del intestino irritable (IBS por sus siglas en inglés) generando una mejor calidad de vida (Nielsen *et al.*, 2018; Zabat *et al.*, 2018).

Tabla I. Comparación de los suplementos probióticos según su origen (Vijaya *et al.*, 2015; Agrawal *et al.*, 2022).

Probióticos lácteos	Probióticos de origen vegetal
<ul style="list-style-type: none">• Intolerantes a la lactosa no pueden consumirlo.• No lo pueden consumir personas con alergia a las proteínas de la leche.• No lo pueden consumir personas con dislipidemia.• Contienen hormonas de origen animal.	<ul style="list-style-type: none">• No tienen lactosa.• Aptos para personas vegetarianas.• Contienen compuestos anticancerígenos.• Sin grasas saturadas y sin colesterol.• No contienen hormonas de origen animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue efectuado en el Instituto de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL y en la empresa Hervar Fam, S.A. de CV. Antes de empezar el proceso de elaboración del churut, todo el material fue desinfectado de acuerdo a la norma MNX-F-605-NORMEX 2016. Se desecharon las primeras hojas que recubren la col y parte del tallo central, recuperando las tiernas. Para cortarlas se utilizó un equipo marca Torrey modelo PV-90, con el que se obtuvieron trozos de 0.5 cm de ancho a los que se les añadió sal de mar en grano (sin refinar y sin aditivos) en una proporción de 1.5% con respecto al peso de las hojas ralladas. Posteriormente, esta mezcla se prensó con el fin de liberar parte del agua contenida, este líquido permitió crear un ambiente anaerobio al sumergir los trozos, dando paso a la fermentación de los microorganismos probióticos a una temperatura de incubación de 20°C.

Al terminar el prensado, se transfirió el resultado a un fermentador de acero inoxidable Foshan DM-F700 de 200 kg de capacidad (figura 1). Con la finalidad de compactar la mezcla y evitar formación de burbujas de aire y espuma durante el proceso fermentativo, se cubrió la superficie con las hojas externas de la col y se aplicó presión sosteniéndola con placas de cerámica.

Al llegar a la fase de crecimiento máximo de la población de células probióticas, se drenó la masa sólida de col fermentada, se pesó y se separó en seis grupos, a tres se les añadió, como crioprotector, 5% de sacarosa (Beganovic *et al*, 2014) desinfectada con dióxido de etileno y tres a los que no se añadió crioprotector. Posteriormente se procedió a liofilizar en un equipo KEMOLO FD-50 con una capacidad de 50 Kg (figura 2). Las condiciones generales de liofilización fueron las siguientes: temperatura de sublimación de -37 a -10°C durante 24h y una temperatura final de 25°C.

Parámetros de crecimiento microbiano en col

Durante la fermentación se realizó la medición de ácido láctico según el método descrito en la NMX-F-420-1982. Para verificar las fases de la cinética del crecimiento microbiano se realizó el conteo en placa cada tres días usando el medio de cultivo de Man, Rogosa y Sharpe (MRS) específico para *Lactobacillus* spp.



Figura 1. Fermentador FOSHAN DM-F700.



Figura 2. Liofilizador KEMOLO FD-50.

Viabilidad de los microorganismos probióticos

Se procedió a determinar el porcentaje de viabilidad realizando el conteo de UFC/g en medio MRS antes y después del liofilizado. Se cuantificaron las UFC/g (expresados en peso seco) con la siguiente fórmula: % Viabilidad = $100 - ((A-B) \times 100/A)$. Donde: A = Conteo bacteriano (UFC/g) previo a la liofilización y B = Conteo bacteriano (UFC/g) posterior a la liofilización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la fermentación se originó una acelerada formación de ácido láctico con una reducción entre los días 3 y 6, para posteriormente aumentar el rendimiento hasta llegar a la fase estacionaria en el día 17 con una producción de 3.2 mg

de ácido láctico por 100 g de cultivo (figura 3). En contraste a la generación de ácido láctico obtenido (3.25 mg/100g) a una temperatura de incubación de 20°C, un estudio realizado por Fadhil *et al.* (2019) obtuvo una concentración de 9.6 mg/100 g a 25°C, señalándose que dicha diferencia radicó en las distintas temperaturas de incubación utilizadas.

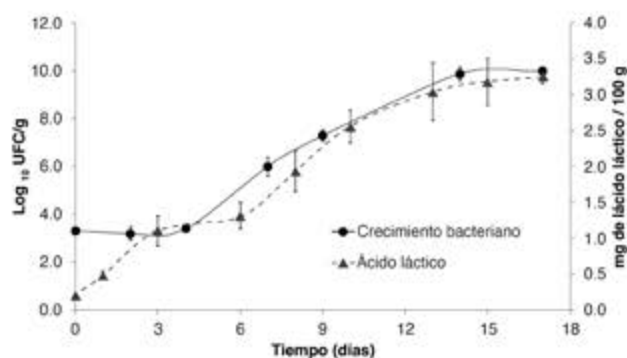


Figura 3. Cinética de crecimiento bacteriano y producción de ácido láctico.

Cinética de crecimiento bacteriano

En el inicio de la fermentación (fase de adaptación) la concentración de *Lactobacillus* spp. autóctonos era de 1,000 UFC/g. Posteriormente, la fase exponencial se generó entre los días 5 a 15, presentándose la fase estacionaria al día 17 con un crecimiento de 10^{10} UFC/g (figura 3), lo cual indica que la cepa predominante fue más resistente al ácido láctico. Cabe destacar que la concentración obtenida en el presente desarrollo (10^{10} UFC/g) fue superior a lo reportado por Di Biase *et al.* (2022), quienes obtuvieron un crecimiento máximo de 10^8 UFC/g.

Viabilidad celular en el chucrut

La col fermentada sin crioprotector presentó una viabilidad de *Lactobacillus* spp., después de la liofilización, de $36.5\% \pm 22.0$; en cambio, el uso de sacarosa a 5% como crioprotector produjo una viabilidad de $89.3\% \pm 18.5$ (figura 4). Este dato coincide con una investigación efectuada por Beganovic *et al.* (2014) en la que usó sacarosa a modo de crioprotector en distintas cepas de *Lactobacillus* y obtuvo una viabilidad que osciló entre 87.6 y 96%.

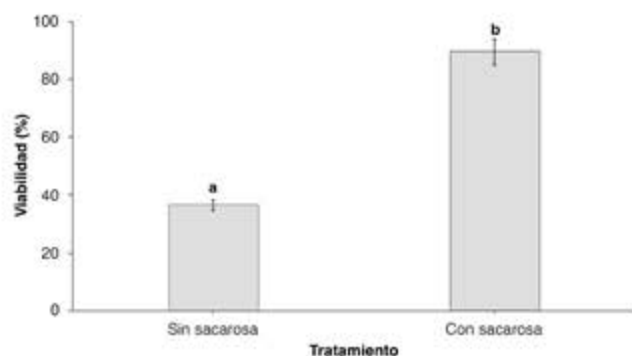


Figura 4. Viabilidad de los microorganismos sin crioprotector y con crioprotector (ANOVA de una vía (n=3). $P>0.05$. Letras diferentes indican diferencias significativas).

CONCLUSIONES

La mayor producción de ácido láctico y la finalización del proceso de fermentación en la elaboración de chucrut se definieron a los 17 días de cultivo, tiempo en el que se presentó la fase estacionaria. La sacarosa fue un aditivo de importancia debido a que al ser usado como crioprotector durante el liofilizado aumentó la viabilidad celular de los *Lactobacillus* spp. en el resultado final.

REFERENCIAS

- Agrawal, M.Y., Gaikwad, S., Srivastava, S., *et al.* (2022). Research Trend and Detailed Insights into the Molecular Mechanisms of Food Bioactive Compounds against Cancer: A Comprehensive Review with Special Emphasis on Probiotics, *Cancers*, 14 (22), 5482.
- Beganović, J., Kos, B., Pavunc, A.L., *et al.* (2014). Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures, *Microbiological Research*, 169, 7-8.
- Di Biase, M., Le Marc, Y., Bavaro, A.R., *et al.* (2022). A Predictive Growth Model for Pro-technological and Probiotic Lactobacillus paracasei Strains Fermenting White Cabbage, *Frontiers in Microbiology*, 13.
- Fadhil, R., Hayati, R., y Agustina, R. (2019). Quality characteristics of sauerkraut from cabbage (*Brassica oleracea*) during fermentation and variation of salt concentration, *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8 (10), 2906-2909.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, y Organización Mundial de la Salud. (2002). *Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Joint FAO/WHO Working Group Report on Drafting Guidelines for*

the Evaluation of Probiotics in Food, London, Ontario, Canada, 11.

Nguyen, T.D.T., Kang, J.H., y Lee, M.S. (2007). Characterization of *Lactobacillus plantarum* PH04, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects, *International Journal of Food Microbiology*, 113(3), 358-361.

Nielsen, E.S., Garnås, E., Jensen, K.J., *et al.* (2018). Lacto-fermented sauerkraut improves symptoms in IBS patients independent of product pasteurisation-a pilot study, *Food and Function*, 9 (10), 5323-5335.

Noppe, H., Le Bizec, B., Verheyden, K., *et al.* (2008). Novel analytical methods for the determination of steroid hormones in edible matrices, *Analytica Chimica Acta*, 611(1), 1-16.

Orla-Jensen, S. (1919). The lactic acid bacteria, *Fred Hostand Son*, 3(2).

Pierre-Nicolas, J., Pouliot, Y., Gauthier, S.F., *et al.* (2006). Hormones in bovine milk and milk products: A survey, *International Dairy Journal*, 16(11), 1408-1414.

Socas-Rodríguez, B., Lanková, D., Urbancová, K., *et al.* (2017). Multiclass analytical method for the determination of natural/synthetic steroid hormones, phytoestrogens, and mycoestrogens in milk and yogurt, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 409(18), 4467-4477.

Vijaya Kumar, B., Vijayendra, S.V.N., y Reddy, O. V.S. (2015). Trends in dairy and non-dairy probiotic products-a review, *Journal of Food Science and Technology*, 52 (10), 6112-6124.

Zabat, M.A., Sano, W.H., Wurster, J.I., *et al.* (2018). Microbial community analysis of sauerkraut fermentation reveals a stable and rapidly established community, *Foods*, 7(5).

Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., *et al.* (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(4), 2782-2858.

Recibido: 30/09/2022
Aceptado: 23/11/2022

Descarga aquí nuestra versión digital.







CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- **Mezcales y otras delicias de la SMO**
- **Biocombustibles gaseosos y digestión anaerobia**
- **Avispas agalladoras en Nuevo León**



Año 27,
Número 125
mayo - junio 2024

Valor nutricional y energético de cuatro especies de pastos de agostaderos del noreste de México

**Nydia Corina Vásquez Aguilar*, Litzzy Javier Morales*,
Juan Emmanuel Segura Carmona*, Hugo Bernal Barragán***

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.125-6>

* Universidad Autónoma de Nuevo León, General Escobedo, México.
Contacto: hugo.bernalbr@uanl.edu.mx

Si se desea contribuir al desarrollo de sistemas pecuarios sostenibles que brinden beneficios económicos a los ganaderos en la producción de alimentos nutritivos y de alta calidad, es importante que se tenga un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, incluyendo los pastos, que representan el medio alimenticio fundamental para la ganadería, por el aporte de nutrientes y energía a partir de fuentes económicas (Melesse *et al.*, 2017).

Los forrajes disponibles en el ámbito pecuario son la principal reserva de nutrientes destinados a los sistemas productivos ganaderos en el régimen vaca-becerro, por lo que resulta de gran importancia su caracterización química en cuanto a materia seca, cenizas, carbohidratos, energía y proteína (Ortega-Aguirre *et al.*, 2015).

En los agostaderos del estado de Nuevo León se cuenta con diversas especies de prados que pueden ser utilizados en los sistemas ganaderos, por ser una fuente de alimento potencialmente renovable y de bajo costo, comparado con los precios de los granos, por lo que se considera conveniente identificar cuáles forrajes son más nutritivos y digestibles.

En el presente estudio se analizó la composición química y la producción de gas *in vitro* en líquido ruminal, para estimar el contenido de energía y la digestibilidad de la materia orgánica de cuatro muestras colectadas en agostaderos de la Unidad Académica Marín, de la Facultad de Agronomía-UANL, de pastos Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), tres barbas (*Aristida purpurea* Nutt.), barbón rosado (*Pappophorum*

bicolor Fourn.) y zacate camalote (*Paspalum pubiflorum* Rupr.), con el fin de determinar su potencial forrajero. Esto ayudará a incentivar la utilización de las especies con mayor calidad alimenticia que favorezcan la nutrición del ganado en el noreste de México (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron cuatro muestras de igual número de especies identificadas, según las descripciones de Valdés Reyna (2015), como Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), tres barbas (*Aristida purpurea* Nutt.), barbón rosado (*Pappophorum bicolor* Fourn.) y zacate camalote (*Paspalum pubiflorum* Rupr.), de los agostaderos de la Unidad Académica Marín, de la Facultad de Agronomía-UANL, localizada en el municipio de Marín, N.L. (25° 53'N: 100° 03'W), México. La precipitación promedio anual es de 600 mm, y el tipo de vegetación que predomina es el matorral espinoso tamaulipeco (MET) (Inegi, 2014). El muestreo se realizó entre el 15 de junio y el 15 de julio de 2021, cuando las plantas alcanzaron su pleno desarrollo y se encontraban en fase de floración, y que además contaran con tallos vegetativos y reproductivos.

Las muestras fueron identificadas y posteriormente secadas por 48h a 60°C en una estufa de aire (Yamato Scientific America, Japan), hasta llegar a peso constante. Se molieron en un molino Wiley (Arthur A. Thomas Co. Filadelfia, PA) y se pasaron a través de una malla de 1 mm.

En el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos se llevó a cabo la determinación de materia seca (AOAC 930.15), cenizas (AOAC 942.05), grasa cruda (AOAC 920.39), proteína cruda (AOAC, 2005). La determinación de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina ácido detergente se realizó mediante los procedimientos de Van Soest *et al.* (1991). Los contenidos de hemicelulosa (FDN-FDA) y celulosa (FDA-Lignina) se calcularon por diferencia.

La determinación de la producción de gas *in vitro* se realizó empleando la técnica desarrollada por Menke y Steingass (1988), incubando 1 g de muestra a 39°C durante 24 horas en Módulos ANKOM de 250 mL (Ankom Technology, NY, USA), utilizando 80 mL de un inóculo formado por una proporción 1:2 de líquido ruminal y una solución buffer enriquecida con un compuesto de macro y microminerales.

Se utilizaron dos borregos de la raza Saint Croix, de 3 años de edad, suplementados con 1.3 kg/día de una dieta a base de 75% forraje y 25% concentrado, provistos de una cánula para obtener el líquido ruminal utilizando una manguera con un filtro en el extremo, que fue introducida en el saco ventral del rumen, manteniendo el líquido en condiciones controladas de anaerobiosis y temperatura a 39°C, purgando con CO₂ durante el proceso.

La energía metabolizable (EM) y la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) fueron estimados a partir de la producción de gas *in*

vitro a las 24 horas de incubación (PG 24h), y considerando los contenidos de proteína cruda, extracto etéreo y cenizas de cada una de las correspondientes muestras analizadas, de acuerdo con las ecuaciones propuestas por Menke y Steingass (1988).

Los resultados fueron analizados estadísticamente de acuerdo con un diseño completamente al azar, realizando un análisis de varianza (ANOVA) en cuatro forrajes colectados de igual número de sitios de muestreo ($n=4$). Las determinaciones analíticas se realizaron por duplicado. Se llevó a cabo una comparación de medias por el método Tukey, a un nivel de significancia de $P = 0.05$. Se utilizó el paquete estadístico SPSS (IBM, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de la composición química de las cuatro especies evaluadas en el presente estudio se muestran en la tabla I. La cantidad de PC de *Aristida purpurea* (5.39%) fue menor al de *Cenchrus ciliaris* (8.00%) y al de *Paspalum pubiflorum* (13.50%; $P<0.001$). Se registraron diferencias significativas ($P<0.001$) entre especies en cenizas (tabla I), sin embargo, la grasa cruda fue similar ($P>0.05$). La composición química del pasto Buffel en el presente estudio concuerda con la reportada por Salazar-Cubillas y Dickhoefer (2021) y por Melesse *et al.* (2017), pero en la bibliografía es escasa la información sobre la composición química de las otras tres especies.

Tabla I. Contenido (% de MS) de cenizas, proteína cruda (PC), grasa cruda (extracto etéreo, EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, hemicelulosa y celulosa.

Variable	Forraje				Estadístico	
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	<i>Aristida purpurea</i>	<i>Pappophorum bicolor</i>	<i>Paspalum pubiflorum</i>	EEM	Valor P
Cenizas	11.13 ^b	6.69 ^d	8.94 ^c	13.75 ^a	0.508	<0.001
PC	8.00 ^b	5.39 ^c	7.25 ^{bc}	13.50 ^a	0.558	<0.001
EE	1.83 ^{NS}	1.94 ^{NS}	2.08 ^{NS}	2.01 ^{NS}	0.145	>0.05
FDN	69.38 ^b	77.37 ^a	75.36 ^a	58.76 ^c	0.695	<0.001
FDA	44.99 ^b	54.47 ^a	54.81 ^a	46.13 ^b	0.589	<0.001
Lignina	6.42 ^c	9.98 ^a	9.47 ^a	7.82 ^b	0.272	<0.001
Hemicelulosa	24.38 ^a	22.90 ^a	20.54 ^b	12.63 ^c	0.499	<0.001
Celulosa	38.57 ^b	44.48 ^a	45.33 ^a	38.31 ^b	0.595	<0.001

a, b, c, d Letras diferentes en hileras indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre especies. ^{NS} No significativo. EEM: error estándar de la media.

Los totales de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), celulosa y lignina fueron mayores ($P < 0.001$) en *A. purpurea* y *P. bicolor*, en comparación con *C. ciliaris* y *P. pubiflorum* (tabla I). En cambio, la hemicelulosa fue mayor en *C. ciliaris* y en *A. purpurea* que en *P. bicolor* y en *P. pubiflorum* (tabla I).

Los valores de la producción de gas *in vitro* a las 24 horas de incubación (mL/200 mg), digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (%) y contenido de energía metabolizable (kcal EM/kg MS)

fueron mayores ($P<0.001$) en *Cenchrus ciliaris* y *Paspalum pubiflorum* que en los otros dos forrajes analizados (tabla II). Los resultados del presente estudio indican también que la digestibilidad de la materia orgánica y la energía metabolizable están inversamente asociados con la suma de FDN, FDA y lignina, como ha sido reportado previamente por Melesse *et al.* (2017).

Tabla II. Valores medidos de PG 24h (mL gas/200 mg), digestibilidad (%) *in vitro* de materia orgánica (DIVMO) y contenido de energía metabolizable (EM, kcal EM/kg MS).

	Forraje				Estadístico	
Variable	<i>Cenchrus ciliaris</i>	<i>Aristida purpurea</i>	<i>Pappophorum bicolor</i>	<i>Paspalum pubiflorum</i>	EEM	Valor P
PG 24h	56.98 ^a	35.2 ^b	42.36 ^b	58.4 ^a	3.477	<0.001
DIVMO	76.37 ^a	52.95 ^b	61.61 ^b	81.8 ^a	3.489	<0.001
EM	2517 ^a	1720 ^b	2008 ^b	2669 ^a	136.714	<0.001

a, b, c Letras diferentes en hileras indican diferencias significativas ($P<0.05$) entre especies.

Los resultados obtenidos permiten identificar el valor nutricional específico que tienen diversas especies de pastos que se encuentran presentes durante el verano en la Unidad Académica Marín, de la Facultad de Agronomía-UANL, y que sirven de referencia a los presentes en predios del noreste de México (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas), ya que información publicada recientemente (Salazar-Cubillas y Dickhoefer, 2021; Melesse *et al.*, 2017) proviene de otras especies colectadas en condiciones geográficas y ambientales diferentes a las locales.

La información de valor nutricional generada en el presente estudio les resulta útil a los ganaderos de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas que desean establecer sistemas sostenibles de racionamiento para su ganado, que repercutan en mejor estado de salud de los animales, en mayor desempeño productivo y con alto beneficio económico, ya que el valor nutricional influye en los costos de manutención.

Como ejemplo se pueden calcular las diferencias en costos de alimentación si se desea cubrir los requerimientos de energía (31.37 Mcal EM/día) y de proteína cruda (1190 g PC/día) de vacas de ganado de carne de 600 kg en el primer mes de lactancia, que consumen 12.30 kg de materia seca de pasto/vaca/día (NRC, 2016). Si se considera como referencia un costo hipotético de \$3.80/kg de materia seca de pasto, \$8.50/kg de maíz como suplemento energético, y \$15.60/kg de un suplemento proteico, en este caso harina de soya, los costos diarios de alimentación del ganado con el forraje de mayor valor nutricional de este estudio (*Paspalum pubiflorum*) serían de \$46.80/día. Si en lugar de *P. pubiflorum* se tuviera *C. ciliaris*, los costos diarios serían 16% mayores. En caso de que fuera *Pappophorum bicolor*, se tendría aún mayor necesidad de suplementar maíz y harina de soya, y los costos se incrementarían 58%, y si fuera *Aristida purpurea*, el costo sería 79% mayor.

CONCLUSIONES

En conclusión, el valor nutricional de los pastos de agostaderos del noreste de México presenta una gran variabilidad que puede ser determinada utilizando una combinación de métodos analíticos para conocer su composición química, así como procedimientos biotecnológicos de incubación de muestras

que ayudan a determinar la producción de gas *in vitro*. La información obtenida puede servir en el diseño de sistemas de alimentación y suplementación racional, que definan como prioridad alta el manejo adecuado del recurso forrajero con el objetivo de reducir costos de suplementación con concentrados.

REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- IBM. (2013). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0*, Armonk, NY: IBM Corp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Conjunto nacional de información de uso del suelo y vegetación escala 1:250,000, Serie VI*, Departamento de Uso del Suelo, Dirección General de Geografía.
- Melesse, A., Steingass, H., Schollenberger, M., *et al.* (2017). Screening of common tropical grass and legume forages in Ethiopia for their nutrient composition and methane production profile *in vitro*, *Tropical Grassland*, 5(3), 163-175.
- Menke, K.H., Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid, *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
- National Research Council. (2016). *Nutrient requirements of beef cattle*, National Research Council (NRC), National Academies Press, Washington DC, 475 pp.
- Ortega-Aguirre C., Lemus-Flores, C., Burgain-Prado, J.O., *et al.* (2015). Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consu-

mo animal en cuatro especies de pastos de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18, 291-301.

Salazar-Cubillas, K.C., Dickhoefer U. (2021). Evaluating the protein value of fresh tropical forage grasses and forage legumes using in vitro and chemical fractionation methods, *Animals*, 11(10), 2853.

Valdés-Reyna, J. (2015). *Gramíneas de Coahuila*. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (Conabio), México.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition, *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.

Recibido: 20/10/2022

Aceptado: 13/01/2023

Descarga aquí nuestra versión digital.



Agradecimientos

La publicación de este número especial de *CienciaUANL*, con motivo de la celebración del 70 Aniversario de la Facultad de Agronomía UANL, es el resultado de la participación y colaboración de muchas personas, entre las que destacan: Dr. Guillermo Elizondo Riojas (director) y Lic. Melissa del Carmen Martínez Torres (editora) de *CienciaUANL*; MC Carlos Alberto Hernández Martínez, director de la Facultad de Agronomía UANL. Maestra Ana Lylia Avantes Valenzuela (directora) y Lic. Sandra M. Hernández González (responsable de Servicios Documentales) de la Biblioteca de Ciencias Agropecuarias y Biológicas de la UANL. También realizaron importantes trabajos para esta edición los profesores Dra. Nydia Corina Vásquez Aguilar y Dr. Juan Emmanuel Segura Carmona. Todos ellos apoyaron en forma decisiva al Dr. Hugo Bernal Barragán. Así mismo, la M.C. Nora Estela García Treviño (subdirectora) y la Srita. Estefanía D. Ramos Piña (fotógrafa), de la Subdirección de Vinculación y Servicio Social de la FA-UANL. Muchas gracias a todas y todos por sus contribuciones para realizar y completar este número especial de aniversario de la Facultad de Agronomía UANL.

