



# Agraria

Vol. 14, núm. 3, septiembre-diciembre, 2017 • ISSN 0186 8063



Universidad  
Autónoma Agraria  
Antonio Narro





Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro, vol. 14, núm. 3, septiembre-diciembre, 2017.

*Centéotl*, deidad azteca de la agricultura, es una advocación de Chicomecóatl, diosa del maíz. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en su afán de rescatar los valores del pasado histórico de México, la ha adoptado como logotipo de su revista científica, como símbolo que evoca y reafirma nuestras raíces culturales.

#### COMITÉ EDITORIAL

*Editor en Jefe*

Dr. Armando Robledo Olivo

*Editor Ejecutivo*

M.C. Víctor M. López González

*Editores*

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente

Dr. Karim de Alba Romenus

*Edición*

Delirio. Servicios Editoriales



*Diseño y formación*

Leticia Hernández

*Cuidado de la edición*

Anastasia Rodríguez

Fotografía de portada: Shutterstock

Maguey (*Agave salmiana Otto*)

*Agraria* está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México.

<http://www.uaaan.mx/agraria/>

E-mail: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx)

Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la institución editora de la publicación.

Se autoriza la reproducción de artículos si se cita la fuente.

*Agraria*, vol. 14, núm. 3, septiembre-diciembre, 2017, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través de la Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México. <http://www.uaaan.mx/agraria/> E-mail: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx) Tels. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax: +52 (844) 411 02 11. Editor responsable: Víctor Manuel López González. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título (en trámite); ISSN 0186-8063, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título: en trámite. Certificado de Licitud de Contenido: en trámite, que otorga la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa en Digital Color: Arteaga Norte núm. 225, zona centro, C.P. 25000, Saltillo, Coah. Tel. +52 (844) 481 58 42. Este volumen se terminó de imprimir en septiembre de 2017, y consta de 200 ejemplares.



# CONTENIDO

## PÁGINA

91

Descripción anatómica de estomas y tricomas foliares de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl (*Amaranthaceae*), proveniente de los municipios de Saltillo, Coah. y Lampazos de Naranjo, N.L., México

Anatomical Description of Stomata and Trichomes in leaves of *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl (*Amaranthaceae*), from the municipios of Saltillo, Coah. and Lampazos de Naranjo, N.L., Mexico  
José Francisco Rodríguez-Martínez, Samuel Valencia-Martínez,  
Laura María González-Méndez, Angélica Martínez-Ortiz

97

Calidad nutricional y digestibilidad *in vitro* del nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (*Agave salmiana Otto*)

Nutritional evaluation and *in vitro* digestibility of prickly pear cactus (*Opuntia rastrera*) and agave (*Agave salmiana Otto*)  
Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez, Giovanni Octavio Aparicio-Gómez,  
Fernando Ruiz-Zarate, Ana Verónica Charles-Rodríguez

105

Densidades de población y niveles de fertilización en la producción de grano de una variedad experimental de maíz amarillo  
Population densities and fertilization levels in grain yield of an experimental variety of yellow maize

Andrés Gustavo Rodríguez-Núñez, Norma Angélica Ruiz-Torres,  
Celestino Flores-López

111

Evaluación de la calidad de la leche en vacas Holstein, al sustituir avena (*Avena sativa*) por triticale (*X triticosecalewittmack*)

Evaluation of milk quality in Holstein cows, by substitution of avena (*Avena sativa*) by triticale (*X triticosecalewittmack*)  
Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez, José Gilberto Muñoz-Martínez,  
Ana Verónica Charles-Rodríguez, Fabio Morales-Núñez, Fernando Ruiz-Zarate

117

Incidencia y severidad de escoba de bruja asociado a la proliferación de la manzana en *Rosaceas*  
Incidence and severity of witches' broom associated with the proliferation of apple in *Rosaceas*

Yolanda Isabel Hernández-Hernández, Abiel Sánchez-Arizpe, Ma. Elizabeth Galindo Cepeda, Yisa María Ochoa-Fuentes, Alberto Flores-Olivas, Alejandro de la Cruz-Armas



# Descripción anatómica de estomas y tricomas foliares de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl (*Amaranthaceae*), proveniente de los municipios de Saltillo, Coah. y Lampazos de Naranjo, N.L., México

Anatomical Description of Stomata and Trichomes in leaves of *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl (*Amaranthaceae*), from the municipios of Saltillo, Coah. and Lampazos de Naranjo, N.L., Mexico.

José Francisco Rodríguez-Martínez<sup>1</sup>, Samuel Valencia-Martínez<sup>1</sup>,  
Laura María González-Méndez<sup>1\*</sup>, Angélica Martínez-Ortiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: laura.gonzalez@uaaan.mx [\*Autor responsable].

## RESUMEN

En este estudio se describe y compara la anatomía de estomas y tricomas foliares de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl (espantavaqueros) provenientes de los municipios de Saltillo, Coah. y Lampazos de Naranjo, N.L. Algunas muestras se colectaron y llevaron al laboratorio para someterlas a la técnica de raspado de epidermis y observarlas en el microscopio de luz; otras fueron preparadas para realizar observaciones en un microscopio electrónico de barrido. Las epidermis del raspado revelan que los estomas en esta especie se encuentran en la superficie abaxial epidérmica (hipostomáticos), y carecen de células anexas (patrón anomicítico). En las micrografías electrónicas de las muestras de Lampazos se observan estomas elevados respecto a las demás células epidérmicas, mientras que las de Saltillo se encuentran en el mismo nivel. Los tricomas son candelabrifom y tienen aspecto estrellado y poseen de 8 a 10 ramas cada uno. Se encontraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) en cuanto a la localidad: para el índice estomático, en Lampazos, el valor fue de 27.12%, mientras que el de Saltillo fue de 24.7%; la densidad estomática fue mayor en Saltillo con 214/mm<sup>2</sup>, en tanto que en Lampazos fue de 134.44/mm<sup>2</sup>; el área estomática fue mayor en Lampazos (359.50 mm<sup>2</sup>) que en Saltillo (227.83 mm<sup>2</sup>). La densidad de tricomas, en cambio, no mostró diferencia significativa entre ambas localidades. Las diferencias entre las variables estomáticas indican una influencia ambiental local, mientras que la densidad de tricomas, un carácter que muestra estabilidad.

**Palabras clave:** *Tidestromia lanuginosa*, estomas, tricomas

## ABSTRACT

The anatomy of stomata and trichomes in leaves of *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl (espantavaqueros), is described and compared in two localities of Northeastern Mexico. Samples were collected in the Municipios of Saltillo, Coah. and Lampazos de Naranjo, N.L., taken to the laboratory to be processed by an epidermal detachment technique, and the slides observed under a light microscope; while another group of samples were prepared for electronical scanning microscopy. Observations in epidermal detachment slides reveal that stomata are located in the abaxial surface of the leaf (hypostomatal), with no accessory cells surrounding the guard cells (anomicitic type); the electron micrographies show stomatal cells in a higher position than the other epidermal cells in the Lampazos samples, while at the same level in the Saltillo leaves. Trichomes are candelabrifom, star-shaped, with 8 to 10 branches each. Highly significant differences ( $p < 0.01$ ) were founded in stomatal index, being higher in Lampazos (27.12 %) than in Saltillo (24.7 %); a stomatal density higher in Saltillo (214.44 / mm<sup>2</sup>) than in Lampazos (134.44/mm<sup>2</sup>), and a stomatal area higher in Lampazos (359.50 mm<sup>2</sup>) than Saltillo (227.83 mm<sup>2</sup>). Such differences might be due to local environmental influence, and a possible difference in chromosome number (ploidy), as well. Trichome density, however, showed no statistical difference in both localities, indicating stability in this character.

**Key words:** *Tidestromia lanuginosa*, stomata, trichomes

## INTRODUCCIÓN

Las plantas silvestres son generalmente consideradas de menor importancia que las cultivadas, lo cual resulta evidente, pues de estas últimas depende la población humana; sin embargo, es importante recordar que su origen ha sido a partir de plantas silvestres, de las cuales se generan conocimientos taxonómicos, ecofisiológicos e, incluso, utilitarios, ya que pueden emplearse como indicadores de hábitat y clima, o de fertilidad y contaminación de suelos, así como plantas forrajeras, alimenticias y medicinales (Hernández *et al.*, 2006). *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. es una hierba anual de verano (Correl y Johnston, 1970), perteneciente a la familia Amaranthaceae (Watson y Dallwitz, 1991), conocida comúnmente como *espantavaqueros*. Sus hojas son de color gris-verde, obovadas, con tricomas candelabroiformes, tallos decumbentes, ascendentes o postrados (González-Ferrara, 1998); ocupa hábitats boscosos de pino-enebro, matorral desértico, comunidades de mezquite-yuca, pastizales, dunas costeras, depósitos basálticos, limosos, yesosos, calcáreos, aluviales, rocosos, volcánicos, arenosos, arcillosos y orillas de caminos, y en altitudes que oscilan desde los 0-1800 m (Sánchez del Pino y Flores Olvera, 2002; García, 1973).

La especie *Tidestromia lanuginosa* posee dos subespecies, reconocidas principalmente por características del polen y de los tricomas (Sánchez del Pino y Flores Olvera, 2006): la *lanuginosa*, que se distribuye desde el centro de Estados Unidos hasta el noreste de México, y la *eliassoniana*, desde el sudoeste de Estados Unidos hasta el noroeste de México (Sánchez del Pino y Flores Olvera, 2006); es una especie apreciada por los habitantes de las regiones donde crece, ya que forma parte de la dieta del ganado, además de que se utiliza como remedio en infusión para problemas del aparato urinario, analgésico e, incluso, como antidiabético (González Ferrara, 1998).

La información sobre la especie es escasa, ya que los estudios que existen sólo incluyen su descripción morfológica externa, distribución y usos tradicionales. No hay trabajos sobre la morfología de los estomas y tricomas, ni de la relación entre estos caracteres y el ambiente, por lo que esta investigación se realizó con el propósito de generar información básica respecto a estas estructuras, a partir de una comparación entre dos localidades contrastantes: Saltillo y Lampazos de Naranjo, donde las condiciones fisiográficas y climáticas son distintas. Con

esto se pretende determinar la influencia ambiental sobre los caracteres morfológicos de esta planta silvestre para abrir el camino a otros estudios, en particular los ecofisiológicos, y aprovechar su potencial utilitario.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de los ejemplares

El material vegetal se obtuvo de ejemplares colectados en 2008 y 2009; en junio en la periferia oriental de Lampazos de Naranjo, en el estado de Nuevo León, y en septiembre, en el ejido Cuautla del municipio de Saltillo, en el estado de Coahuila.

El clima de Lampazos es seco, estepario y cálido, mientras que el de Saltillo es seco templado, como se indica en el Cuadro 1 (García, 1973; INEGI, 2007). Se colectaron al azar tres plantas maduras en cada localidad, cinco hojas compuestas del tercio medio de cada planta y seis folíolos por hoja, que se llevaron al laboratorio de Anatomía e Histología Vegetal del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coah., para obtener preparaciones de raspado epidérmico. Otro grupo de muestras se llevaron a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Monterrey, N.L., para obtener micrografías electrónicas de barrido. El proceso en el caso de las electromicrografías fue el establecido por el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, que brindó el servicio.

### Técnica de raspado de epidermis

El procedimiento se realizó en el laboratorio de anatomía e histología del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se tomaron las cinco hojas de cada ejemplar, que se colocaron en cajas Petri marcadas con el dato de cada localidad, fecha y número de individuo; se les añadió agua destilada con unas gotas de cloro para ablandar el tejido y hacer fácil la remoción de tricomas; después de un periodo de una hora, se tomó cada hoja y con ayuda de un estereoscopio se removió la totalidad de tricomas que cubren el limbo; luego, con un bisturí y agujas de disección se aplicó la técnica del raspado para remover la capa epidérmica abaxial, que es donde se encuentran los estomas en *T. lanuginosa*. Cada porción de epidermis tomada se colocó en un portaobjetos, a la que se le agregó

una gota de colorante Fast Green y un cubreobjetos, como preparación semipermanente para su posterior documentación. Se hicieron 20 preparaciones por individuo y localidad.

### Microscopía electrónica

#### Pretratamiento y fijación de las hojas

Se tomaron cinco hojas al azar de cada localidad y se colocaron en viales de vidrio de tapa roscada, las cuales contenían una solución fijadora de glutaraldehído diluido al 5% en amortiguador de fosfato 0.1 M, con un pH de 7.2. Una vez en la solución de glutaraldehído diluido al 5%, las hojas se mantuvieron en la solución durante ocho horas, a temperatura ambiente, con el propósito de lograr la fijación por inmersión. Las hojas se pasaron a una solución lavadora de amortiguador de fosfatos 0.1 M y pH de 7.2, de la que se hicieron tres cambios de 10 minutos, para después llevarla a una refrigeración de 4° C. El material de la solución lavadora se separó, luego cada hoja se seccionó transversalmente y se colocó en viales secos sin tapa, y allí se dejó tres días antes del montaje.

#### Montaje y observación de las muestras

Los fragmentos de tejido se depositaron en cilindros de bronce de 1 cm de diámetro, del que se sujetaron con cinta adhesiva de doble lado, que se recubrieron con una capa fina de dos nanómetros de oro ionizado. La observación y documentación de electromicrografías se llevó a cabo con un microscopio electrónico de barrido modelo Jeol JSH-6490-LV, de la marca Jeol Instruments. Posteriormente, se efectuó la caracterización histológica de los estomas.

#### Toma de microfotografías y mediciones

Las preparaciones semipermanentes se observaron en campos de 10X y 40X y se capturaron con ayuda de un microscopio con cámara integrada de la marca La Bomed, modelo Digi-2 1500, y el paquete computacional para microfotografías DigiPro, versión 4.0. A partir de las observaciones, se caracterizaron morfológicamente estomas y tricomas, y se obtuvieron las mediciones con ayuda del programa Axiovision Release 4.7.1 para poder determinar el índice estomático, la densidad estomática (número de estomas/90,000 mm<sup>2</sup>), área promedio de estoma individual (mm<sup>2</sup>), y densidad de tricomas. Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar, y la Prueba de Tukey con una significancia de  $p \leq 0.01$ , para determinar las diferencias entre cada localidad (Olivares, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

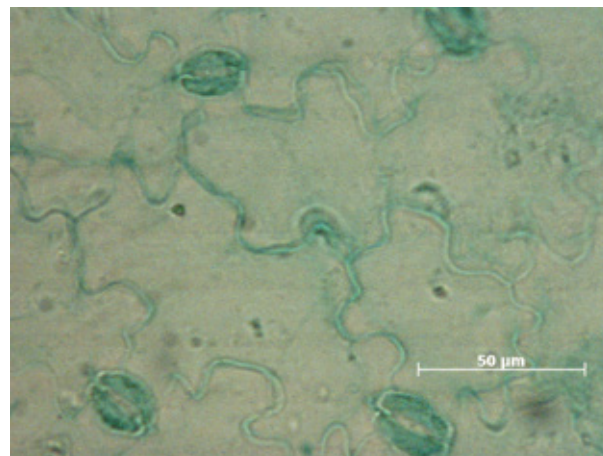
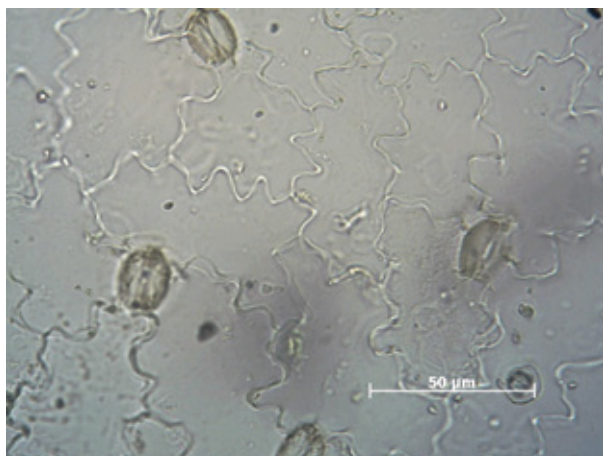
### Raspado epidérmico

Las micrografías revelan un patrón estomático anómico (Figura 1). Este patrón se caracteriza por la ausencia de células anexas, en concordancia con el de dos especies de *Amaranthus* encontrado por Ferrarotto en 1998. *T. lanuginosa* presenta hojas hipostomáticas adaxiales (envés), siendo, en cambio, anfistomáticas (haz y envés) en el género *Amaranthus* (Ferrarotto, 1998). La condición anfistomática es más común en especies cultivadas (Tichá, 1982). En el caso de las variables cuantificables, el índice estomático presentó diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre localidades: 27% en las muestras de Lampazos, y 24% en Saltillo, Coah. (Cuadro 2), lo que refleja que la densidad estomática fue mayor en Saltillo que en Lampazos, mientras que el área promedio por estoma fue superior en Lampazos; tales diferencias pueden atribuirse a las condiciones ambientales locales en interacción con el genotipo de la planta.

No se encontraron otros estudios comparativos en esta especie, solamente una determinación de valores promedio en dos especies de *Amaranthus* (Ferrarotto, 1998). En cada localidad, el clima fue determinante en la variación que se encontró en las plantas (Cuadro 1), lo cual concuerda con los hallazgos de Louguet *et al.* (1990) y Silva *et al.* (1999), quienes reportan que el tamaño y la densidad estomática varían con el déficit hídrico. Patton y Jones (1989) reportan diferencias por la radiación solar; Hernández *et al.* (2006) encontraron influencia debido a las condiciones del suelo y Parés *et al.* (2008), por niveles de salinidad. El área estomática de las hojas de las plantas de Lampazos, N.L. fue significativamente mayor ( $p \leq 0.01$ ) a las de Saltillo, Coah. (Cuadro 2); tal diferencia podría deberse al nivel de ploidía de las plantas. Respecto a lo anterior, Conde (1975) encontró en cinco morfoespecies de nopal (*Opuntia* spp) esta relación numérica, al realizar mediciones de anchura estomática, variable considerada como indicadora de ploidía. La densidad de tricomas, en cambio, no presentó diferencia estadística alguna en las muestras foliares de ambas localidades (Cuadro 2), lo cual indica estabilidad en este carácter. La pubescencia abundante de *T. lanuginosa* se debe a adaptaciones propias de plantas xerófitas que se encuentran en áreas expuestas a excesiva radiación solar y escasez de humedad (Dal Molin y González, 2005).

**Cuadro 1.** Clima y altitud de las localidades de estudio [García, 1973; INEGI, 2007].

Localidad municipio	Altitud (m.s.n.m)	Precipitación (acumulada anual)	Temperatura (media anual)	Tipo de clima (koeppen)
Lampazos, N.L.	335	425.0	22.0	$BS_0(h^i)hw^{ii}(e^i)$
Saltillo, Coah,	1560	303.9	21.7	$BS0kx^l(e)$



**Figura 1.** Estomas con patrón anomocítico encontrado en la epidermis foliar de *T. lanuginosa* en Saltillo, Coah. (izq.) y Lampazos, N.L. (der.) (40 X).

**Cuadro 2.** Análisis de varianza de las variables estudiadas en cada localidad de colecta de ejemplares.

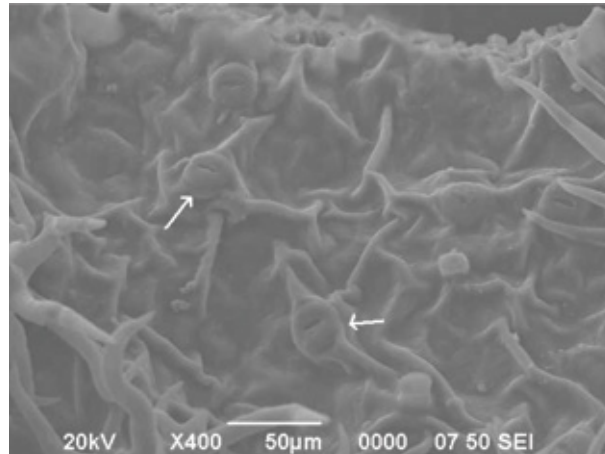
Localidades <sup>1</sup>	Índice estomático (%)	Densidad estomática (mm <sup>2</sup> )	Área promedio por estoma (μm <sup>2</sup> )	Densidad de tricomas (mm <sup>2</sup> )
Saltillo, Coah.	24,7033 b	214,44 a	229,83 b	137,77 a
Lampazos de Naranjo, N. L.	27,1280 a	134,44 b	359,50 a	134,81 a
C.V. (%)	8,16 **	26,39 **	16,20 **	11,46 n.s.

<sup>1</sup> Localidades con letra diferente indican significancia al nivel  $p < 0.01$ .

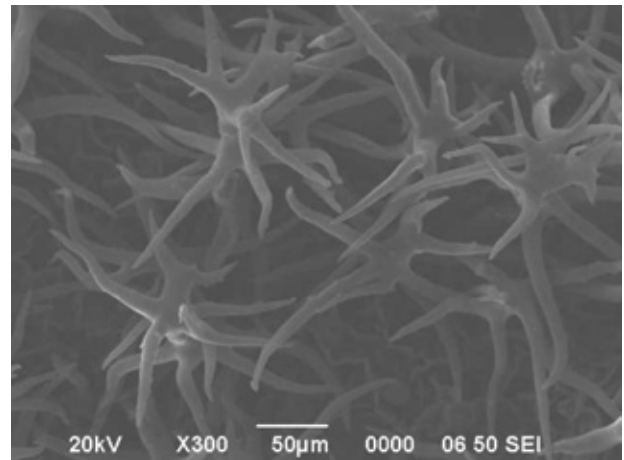
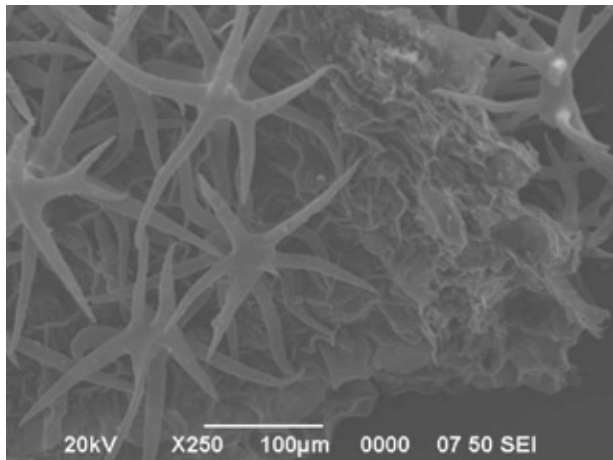
### Electromicrografías

Respecto a las demás células epidérmicas, las micrografías electrónicas de barrido revelan diferencias en la posición de los estomas (Figura 2). Los estomas de las hojas de Lampazos se presentan más elevados, mientras que los de Saltillo están en el mismo nivel.

Los tricomas de esta especie son candelabriformes, de 8 a 10 ramas y de aspecto estrellado, como puede apreciarse en la Figura 3. Esta observación concuerda con el estudio de Sánchez del Pino y Flores Olvera (2002).



**Figura 2.** Electromicrografía de epidermis foliar de *T. lanuginosa*, de Lampazos, N.L., que muestra la posición elevada de los estomas respecto a las demás células epidérmicas (400X).



**Figura 3.** Electromicrografías de tricomas candelabriformes en epidermis de *Tidestromia lanuginosa* en muestras provenientes de Saltillo, Coah. (izq.) 250X, y Lampazos, N. L. (der.), 300X.

## CONCLUSIONES

A pesar de que no se cuenta con trabajos anatómicos de esta especie, los resultados de este estudio muestran la importancia que puede tener el conocimiento acerca de la manifestación morfológica, resultado de la interacción genotipo-ambiente y lograr una mejor comprensión acerca de la adaptación de las plantas a las zonas áridas, a fin de aprovechar su potencial alimenticio, industrial y medicinal. Asimismo, es recomendable realizar estudios genéticos de estas plantas, ya que el grado de ploidía puede ser distinto en hábitats y regiones diferentes, lo que puede propiciar una manifestación morfológica diferente y correlativa a una fisiología en particular.

## LITERATURA CITADA

- CONDE, L.F. 1975. Anatomical comparisons of five species of *Opuntia* (Cactaceae). ANN MISS BOT GARD 62: 425-473.
- CORRELL, D. S., M.C. Johnston. 1970. Manual of the Vascular Plants of Texas. Ed. Texas Research Foundation. Renner, Texas, E. U. A. 1881 p.
- DAL MOLIN, P. y A.M. González. 2005. Anatomía foliar de algunas especies arbóreas del Parque Chaqueño. Rojassiana 7(1): 142-152.
- FERRAROTTO, M.S. 1998. Arquitectura foliar de *Amaranthus dubius* Mart y *Amaranthus cruentus* L. (Amaranthaceae) ACTA BOT VENEZ 21(1): 75-85.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Koeppen. Instituto de Geografía, UNAM, México. pp. 88 y 152.
- GONZÁLEZ-FERRARA, M.M. 1998. Plantas medicinales del Noreste de México. VITRO-NOVATERRA-IMSS. Monterrey, México. p. 83.
- HERNÁNDEZ, Y., F. Portillo, M. Portillo, C. Navarro, M. Rodríguez, J. Velasco, 2006. Densidad estomática en materiales de plátano (*Musa* AAB, AAAB y ABB) susceptibles y resistentes a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet). Rev. Fac. Agron. Julio, 2006, vol. 23, No. 3 [citado el 28 de julio de 2009], pp. 294-300.
- INEGI. 2007. Anuario Estadístico. Coahuila de Zaragoza. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, p. 641.
- \_\_\_\_\_. Anuario Estadístico. Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. p. 641.
- JOHANSEN, D.A. 1940. Plant Microtechnique. Mc. Graw Hill. USA. 523 pp.
- LOUGHET, P.A., A. Coudret, J. Couot-Gasteller y G. Lasceve. 1990. Structure and Ultrastructure of stomata. BIOCHEM PHYSIOL PFLANZEN 186: 273-287.
- MARTÍNEZ-GORDILLO, M. y S. Espinosa-Matías. 2005. Tricomas foliares de *Croton*, sección *Barthamia* (Euphorbiaceae). ACTA BOT MEX 72: pp. 39-51.
- OLIVARES, S. E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL, Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.
- PARÉS, J. M., M. Arizaleta, M.E. Sanabria y G. García. 2008. Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y grosor foliar en plantas de *Carica papaya* L. ACTA BOT VENEZ 31(1): 27-34.
- PATTON, L. y M.B. Jones. 1989. Some relationships between leaf anatomy and photosynthetic characteristics of willows. NEW PHYT 111: 657-661.
- SÁNCHEZ DEL PINO, I. y H. Flores-Olvera. 2002. New Taxa and a New Combination in *Tidestromia* (Amaranthaceae) from North America. JOUR BOT NOM 12 (3): 399-407.
- SÁNCHEZ DEL PINO, I. y H. Flores-Olvera. 2006. Phylogeny of *Tidestromia* (Amaranthaceae, Gomphrenoideae) based on morphology. SYST BOT 31 (4): 689-701.
- SILVA, H., J.P. Martínez, C. Baginsky, y M. Pinto. 1999. Efecto del déficit hídrico en la anatomía foliar de seis cultivares de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.). REV CHIL HIST NAT. 72: 219-235.
- TICHÁ, I. 1982. Photosynthetic characteristics during ontogenesis of leaves. 7. Stomatal density and sizes. PHOTOSYNTHETICA 16: 375-471.
- WATSON L. y M. J. Dallwitz, 1991. The families of angiosperms: automated descriptions with interactive identification and information retrieval. AUST SYST BOT 4: pp. 681-95.

# Calidad nutricional y digestibilidad *in vitro* del nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (*Agave salmiana Otto*)

Nutritional evaluation and *in vitro* digestibility of prickly pear cactus (*Opuntia rastrera*) and agave (*Agave salmiana Otto*)

Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez<sup>1</sup>, Giovanni Octavio Aparicio-Gómez<sup>2</sup>,  
Fernando Ruiz-Zarate<sup>1</sup>, Ana Verónica Charles-Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: [jesus\\_fuentes@hotmail.com](mailto:jesus_fuentes@hotmail.com) (\*Autor de correspondencia). <sup>2</sup>Tesista. Departamento de Producción Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

## RESUMEN

El nopal y el maguey se han usado por mucho tiempo como forraje de emergencia en las épocas de sequías e invierno, cuando la producción de forrajes y granos es muy escasa. Estudios sobre el nopal y maguey muestran que estos productos presentan gran cantidad de agua, aunque como alimento aportan pocas proteínas, por lo que es necesario adicionarles ingredientes proteicos y energéticos para mejorar su calidad nutricional. Debido a tales características, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el contenido nutricional y digestibilidad *in vitro* de dos especies de nopal y maguey, en dos localidades del municipio de Arteaga, Coahuila, a diferentes tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs.). Las especies de nopal evaluadas presentaron valores semejantes en el contenido de materia seca, extracto etéreo, proteína cruda, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra, mientras que en el contenido de materia orgánica, ceniza, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno se pudieron observar diferencias ( $P < 0.05$ ). En el caso del maguey, las dos especies presentaron valores semejantes en el contenido de materia seca, mientras que en el contenido de materia orgánica, ceniza, extracto etéreo, proteína cruda, fibra detergente ácida, fibra detergente neutra, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno se pudieron observar diferencias ( $P < 0.05$ ).

Los valores de digestibilidad de materia seca *in vitro* para *Opuntia rastrera* de Arteaga, en los siete tiempos estudiados, fueron de: 44.72, 48.24, 65.22, 74.44, 77.36, 84.13, 76.28%, y para Bella Unión de: 33.38, 42.77, 47.41, 52.56, 58.58, 66.65, 58.52%, respectivamente, en tanto que para el *Agave salmiana* de Arteaga, fueron de: 53.41, 58.31, 65.58, 74.44, 83.86, 91.54, 83.76%, y el de Bella Unión de: 59.71, 68.43, 75.18, 78.22, 83.51, 92.54, 86.49%, por lo que se concluyó que es ampliamente recomendable la utilización de las dos especies para la alimentación de animales, ya que ambas tienen una composición nutricional muy similar y un alto valor en cuanto a digestibilidad.

**Palabras clave:** Análisis bromatológico, digestibilidad *in vitro*, *Opuntia rastrera*, *Agave salmiana*

## ABSTRACT

Cactus and Agave have long been used as emergency fodder during times of drought and winter in which forage and grain production is very low. Studies show that cactus and agave have lots of water and provide a limited amount of protein, so that the addition of protein and energy are necessary ingredients to improve nutritional quality. Therefore this study aimed to determine the nutritional content and *in vitro* digestibility of cactus and agave at different incubation times (0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hrs.), at two locations in Arteaga, Coahuila. In the two locations where the cactus was obtained similar values were presented in dry matter, ether extract, crude protein, acid detergent fiber and neutral detergent fiber, while organic matter, ash, crude fiber and nitrogen free extract showed considerable differences ( $P < 0.05$ ). In the case of agave, the two localities presented similar values in dry matter, while organic matter, ash, ether extract, crude protein, acid detergent fiber, neutral detergent fiber and nitrogen free extract showed considerable differences ( $P < 0.05$ ).

The values of *in vitro* dry matter digestibility at different times were studied for *Opuntia rastrera* at Arteaga and were: 44.72, 48.24, 65.22, 74.44, 77.36, 84.13, and 76.28% for Bella Unión were: 33.38, 42.77, 47.41, 52.56, 58.58, 66.65, 58.52% respectively, whereas for the *Agave salmiana* at Arteaga, in the seven times were: 53.41, 58.31, 65.58, 74.44, 83.86, 91.54, 83.76% and Bella Unión were: 59.71, 68.43, 75.18, 78.22, 83.51, 92.54, 86.49% respectively.

It is widely recommended to use the two species for animal feed, as both have a similar nutritional composition, and a high value in terms of digestibility which are very acceptable.

**Key words:** bromatological analysis, *in vitro* digestibility, *Opuntia rastrera*, *Agave salmiana*

## INTRODUCCIÓN

Nuestro país, al igual que muchos más en todo el mundo, presenta una notable demanda de producción de alimentos: carne, leche, además de otros, que deben ser de mayor calidad pero de menor costo, debido al gran crecimiento y expansión de la tasa demográfica. Para lograrlo, se requiere atender muchos factores que intervienen en la producción, como el nutricional –del cual depende en gran medida, la sanidad, reproducción y crecimiento–, ya que en los últimos años los costos de producción se han incrementado drásticamente y constantemente, pues representan hasta 80% en las explotaciones intensivas.

Para toda explotación pecuaria es prioritario tener la mayor producción y de mejor calidad, pero al menor costo, por lo que es importante ampliar los conocimientos sobre algunas especies forrajeras que se subutilizan en la alimentación de los animales, ya que puedan tener igual o mejor calidad forrajera que las utilizadas en la actualidad. En esta investigación se emplearon las especies *Opuntia rastrera* y *Agave salmiana Otto* como alternativa para la alimentación de los animales, ya que en nuestro país no tienen una amplia explotación comercial. Aunado a lo anterior, las regiones ganaderas de zonas áridas y semiáridas, tienen pocas precipitaciones pluviales, lo que ocasiona que exista poca producción de forraje verde, y en casos extremos, nula, por lo que estas especies pueden ser la clave para una mejor producción pecuaria en el país.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido nutricional y la digestibilidad *in vitro* del nopal y maguey a diferentes tiempos de incubación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de los materiales colectados en los ejidos de Arteaga y de Bella Unión del municipio de Arteaga, Coahuila, ubicados a 25° 26' 00" LN, 100° 49' 03" LO, con una altitud de 1,745 msnm, se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La zona de estudio tiene un clima BMW (X) de muy seco a semicálido (Mendoza, 1983), con invierno fresco, extremoso, lluvias en verano y una precipitación media anual de 298.5 mm; el periodo más lluvioso es de junio a octubre, y el más seco es el mes de marzo; la temperatura media anual es de 19.8° C.

Las plantas se cortaron entre la segunda y tercera penca en el caso del nopal, y del maguey entre la segunda y tercera hoja, en triplicado. Se colectaron, en promedio, alrededor de 15 kg de muestra de las dos especies. Se realizó el análisis bromatológico de acuerdo con los procedimientos de la AOAC (1980), y el de las fracciones de fibra (FC, FDA y FDN), celulosa y lignina según el procedimiento descrito por Mendoza (1987). Posteriormente se hizo la determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, de acuerdo con el procedimiento de Tilley y Terry (1962), con las modificaciones de Goering y Van Soest (1970), la cual se interrumpió en los siguientes tiempos de incubación: 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs.

Para la evaluación de los datos de los cuatro tratamientos respecto al contenido nutricional, se utilizó un análisis de varianza: T1= Nopal Arteaga, T2= Nopal Bella Unión, T3= Maguey Arteaga y T4= Maguey Bella Unión, a los cuales se les asignaron tres repeticiones, respectivamente, en un diseño de bloques completamente al azar con el paquete SAS (Versión 9.0). Para la determinación de la DIVMS se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4X7 con cuatro tratamientos, tres repeticiones cada uno y siete tiempos de incubación, que se expresa con la siguiente fórmula:

$$Y = A + B (1 - \text{EXP} (CT))$$

Dónde:

A = fracción altamente degradable, B = fracción potencialmente degradable, B se calcula como  $B = (a + b) - A$ , C = velocidad de degradación. El tiempo de retraso se calcula a partir de la ecuación ajustada, es decir, el valor de t cuando  $Y = A$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis bromatológico del nopal

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del contenido nutricional de la variedad de *Opuntia* utilizada para las localidades de Arteaga y Bella Unión. En el contenido de materia seca, extracto etéreo, proteína cruda, fibra detergente ácido y fibra detergente neutra, se puede apreciar que las dos especies presentan valores semejantes, mientras que en el de materia orgánica, ceniza, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno se observan diferencias ( $P < 0.05$ ). Al realizar una comparación con el estudio de Mata *et al.* (2011), quienes evaluaron el valor nutricional de dos variedades de nopal (*Opuntia spp.*), reportaron

para el forrajero los siguientes resultados: proteína, entre 1.2 y 2.65%; extracto etéreo, entre 1.42 y 1.85%; fibra cruda, entre 9.23 y 10.54%, y ceniza entre 12.05 y 16.23%, y encontraron que extracto etéreo se encuentra dentro de este rango, mientras que ceniza, fibra cruda y proteína presentan resultados muy por arriba de los rangos obtenidos por Flores (1977), pero en cuanto a MS estuvieron dentro de este rango. Para FDA y FDN de las dos especies utilizadas se obtuvieron valores por arriba a los citados por Medina *et al.* (2006), quienes mencionan que el contenido de FDA se encuentra alrededor de 16% y el de FDN entre 30 y 45%, aproximadamente.

### Análisis bromatológico del maguey

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos de la composición química de la variedad de Agave utilizada para la localidad de Arteaga y Bella Unión. Se puede apreciar que las dos especies presentan valores semejantes en contenido de materia seca, mientras que en el de materia orgánica, ceniza, extracto etéreo, proteína cruda, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno se pueden observar diferencias ( $P < 0.05$ ). Al comparar estos resultados con los de Baraza *et al.* (2008), en los cuales se reporta

4.7% de proteína cruda en *A. Salmiana* silvestre y de 5.1 hasta 6.6% en *A. salmiana* cultivado, se encontró que están por arriba de los citados, lo cual se debe a algunos factores como: edad, época en la que se colectaron las muestras y lugar, mientras que para extracto etéreo, cenizas, fibra cruda, fueron semejantes a los obtenidos por González (1994) y Martínez (1994). Sin embargo, los resultados para FDN y FDA son similares a los de Baraza *et al.* (2008), ya que reportan un contenido de 33.3 y 28.2% de FDN y FDA, en *A. Salmiana* silvestre, respectivamente.

### Digestibilidad *in vitro* del nopal

En el Cuadro 3 se presentan los valores de digestibilidad entre *Opuntia rastrera* en los diferentes intervalos de tiempo en que se llevó a cabo la digestibilidad de cada muestra de las dos localidades. Se puede observar que los valores que se obtuvieron son muy diferentes para las dos muestras, las cuales alcanzan su mayor grado de digestibilidad en un tiempo de incubación de 48 horas, con una digestibilidad de 84.13% para Arteaga y de 66.65% para Bella Unión, para luego disminuir en un tiempo de incubación de 72 horas. Los valores que se obtuvieron del nopal son muy similares a los de Abrego (2009), quien a las 72 horas observó una DIVMS de 80.31% con nopal

**Cuadro 1.** Análisis bromatológico del nopal (*Opuntia rastrera*) de dos localidades de Arteaga, Coah.

Muestra	MS	MO	C	E.E	PC	FDA	FDN	FC	ELN
Arteaga	10.17 <sup>a</sup>	70.43 <sup>b</sup>	25.14 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	9.14 <sup>a</sup>	33.99 <sup>a</sup>	56.61 <sup>a</sup>	31.15 <sup>a</sup>	35.96 <sup>b</sup>
Bella Unión	10.40 <sup>a</sup>	81.41 <sup>a</sup>	13.17 <sup>b</sup>	1.59 <sup>a</sup>	9.59 <sup>a</sup>	33.75 <sup>a</sup>	54.26 <sup>a</sup>	24.59 <sup>b</sup>	53.48 <sup>a</sup>

<sup>ab</sup> literales diferentes en columnas indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 2.** Análisis bromatológico del maguey (*Agave salmiana Otto*) de dos localidades de Arteaga, Coah.

Muestra	MS	MO	C	E.E	PC	FDA	FDN	FC	ELN
Arteaga	15.50 <sup>a</sup>	56.85 <sup>b</sup>	41.51 <sup>a</sup>	1.05 <sup>b</sup>	5.35 <sup>b</sup>	42.93 <sup>b</sup>	82.78 <sup>b</sup>	41.13 <sup>b</sup>	35.96 <sup>a</sup>
Bella Unión	15.20 <sup>a</sup>	86.72 <sup>a</sup>	11.24 <sup>b</sup>	1.68 <sup>a</sup>	8.25 <sup>a</sup>	46.51 <sup>a</sup>	87.52 <sup>a</sup>	46.37 <sup>a</sup>	32.44 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> literales diferentes en columnas indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 3.** Relación tiempo y digestibilidad de *Opuntia Rastrera* en dos localidades de Arteaga, Coah.

Tiempo de digestibilidad (horas)	Digestibilidad de <i>Opuntia Rastrera</i> Arteaga (%)	Digestibilidad de <i>Opuntia Rastrera</i> Bella Unión (%)
0	44.724 <sup>a</sup>	33.376 <sup>a</sup>
3	48.228 <sup>b</sup>	42.770 <sup>b</sup>
6	65.216 <sup>c</sup>	47.405 <sup>c</sup>
12	74.438 <sup>d</sup>	52.558 <sup>d</sup>
24	77.364 <sup>e</sup>	58.579 <sup>e</sup>
48	84.131 <sup>f</sup>	66.647 <sup>f</sup>
72	76.277 <sup>g</sup>	58.516 <sup>g</sup>

abcdefg literales diferentes en columnas indican diferencia significativa (P<0.05).

*in natura*, sin ningún subproducto de cervecería, y de 77.95% con nopal al 80% + 10% de melaza y 10% de subproductos de cervecería; a las 24 horas detectó una digestibilidad de 71.79% con nopal al 70% + 10% de melaza y 20% de subproductos de cervecería, y a las 72 horas, este mismo autor registró, en nopal ensilado adicionado con subproductos de cervecería, una digestibilidad de 76.28%, mientras que a las 24 horas, con nopal al 70% + 10% de melaza y 20% de subproducto de cervecería, y con nopal al 60% + 10% de melaza y 30% de subproducto de cervecería tuvo un 75.18% de digestibilidad; el nopal, sin ningún subproducto de cervecería ni melaza, tuvo la mayor digestibilidad de 61.32% hasta las 96 horas. González (1964) menciona que en una prueba de digestibilidad aparente en la que se utilizaron tres vacas criollas con tres raciones: R1) 40 kg de nopal solo, R2) 40 kg de nopal + 0.500 kg de harinolina y R3) 40 kg de nopal+ 0.700 kg de sorgo, se observó que la ración de nopal + harinolina fue superior a las de nopal + sorgo, al tener el coeficiente de digestibilidad de 93.4, 75.7 y 71.9%, respectivamente.

La principal diferencia entre el nopal y otras fuentes de forraje fue la degradación de los nutrientes en el rumen, ya que mientras la degradación potencial de los demás forrajes en el rumen frecuentemente alcanza 48 horas, los nutrientes del nopal se degradan entre 6 y 12 horas, de modo que puede asumirse que no existe extracción significativa de nutrientes después de 24 horas (Ben Thlija, 1987).

#### Digestibilidad *in vitro* del maguey

Los resultados de los valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca del maguey a diferentes intervalos de tiempo de las dos localidades, mediante el método Daisy, se muestran en el Cuadro 4, en el cual se observa que los valores obtenidos son muy similares, ya que su mayor grado de digestibilidad se alcanza a un tiempo de incubación de 48 horas, con un porcentaje de 91.54% para Arteaga y de 92.54% para Bella Unión, que luego disminuye con una incubación de 72 horas.

Los valores del maguey son muy parecidos a los obtenidos por Gómez (2003), quien comenta que tuvo mayor digestibilidad: 90.74 y 90.33% en el tiempo 72 y 48 horas en *agave salmiana* y *agave americana*, respectivamente. García (1984) reportó que la mayor digestibilidad se presenta en los tratamientos de flor, y de melaza y flor con 95 y 94%, respectivamente, ya que los tratamientos realizados con quiote y melaza presentaron valores de 49 y 41%. Barrera (1987), en su experimento realizado con el guishe de la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), reportó valores de digestibilidad de 56%, a 72 horas de incubación, en tanto que Martínez (1994) reportó valores de digestibilidad de *Agave salmiana* y *Agave atrovirens karw*, de 62.40 y 64.52%, respectivamente.

López *et al.* (2001) determinaron la digestibilidad *in situ* de la materia seca del maguey maduro (*Agave salmiana*) y de residuos de mezcalera (pencas de desvirado, quiotes en prefloración y bagazo),

y encontraron que la penca de desvirado fresca tuvo la mayor degradación ruminal ( $P < 0.05$ ), seguida del maguey fresco y de la penca de desvirado oreada, mientras que el maguey entero fresco presentó la tasa de desaparición (Kd/h) más alta, en tanto que el maguey oreado y la penca de desvirado fresca tuvieron los valores subsecuentes.

Por otra parte, Arizpe (1975) menciona que la digestibilidad del maguey es alta, sin embargo es difícil llenar las necesidades de mantenimiento de un animal proporcionando únicamente maguey, por lo que se debe mezclar con ingredientes de mejor calidad. García-Herrera (2010), a su vez, señala que, en animales con raciones bien formuladas en las que se combinan diversos alimentos para lograr una óptima digestión, existe una digestibilidad del maguey arriba de 80%, dependiendo de la parte de la planta (penca, piña y quiote), de la edad y del estado fisiológico. Urrutia *et al.* (1982) reportan la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo de maíz con un valor de digestibilidad de 50.08% a las 72 horas de incubación, lo que indica baja digestibilidad. Chorney *et al.* (1993) reportan valores altos para la alfalfa (75.1%), ensilado de maíz (73.2%) y avena (83.7%) de DIVMS, que son semejantes a los obtenidos en el T5 (24 hrs.) y T7 (72 horas). Valdés y Jones (1987) obtuvieron una DIVMS de 63.3%, en promedio, en 30 zacates y de 58.5% en 25 leguminosas. Fisher *et al.*

(1989) mencionan que, a las 48 horas, la extensión de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca generalmente se correlaciona bien con los coeficientes de digestión *in vivo*. Sin embargo, no todos los forrajes tienen su máxima extensión de desaparición a las 48 horas, lo cual pudo suceder por otros factores, como: genéticos, variedad, estado de madurez, edad de la planta, estación del año, frecuencia de corte, entre otros, además de físicos y químicos del suelo (De Alba, 1971; Espinoza, 1987; Flores, 1977). De acuerdo con los resultados antes mencionados, *Opuntia* y *Agave* son más digestibles que los zacates, el rastrojo de maíz y las leguminosas.

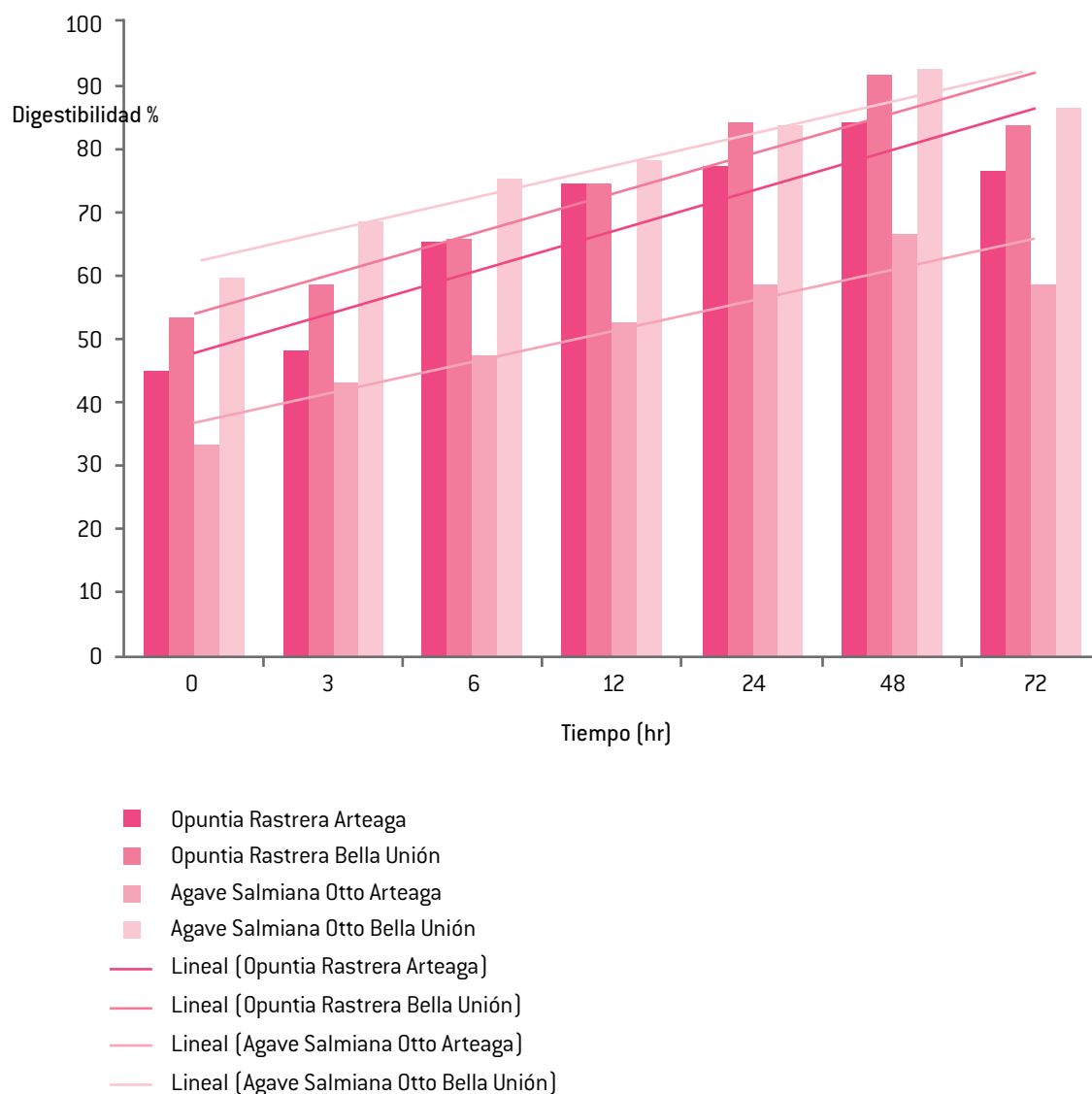
En la Figura 1 se puede apreciar la digestibilidad de la especie de *Opuntia rastrera* y *Agave salmiana Otto*, de acuerdo con los tiempos en que se efectuaron y a las localidades en que fueron colectadas las muestras.

Durante la fase inicial existe un lapso en el cual la degradación es menor debido a que hay una adaptación de las bacterias del rumen al alimento, a lo que se le conoce como fracción A; luego que se adaptan las bacterias se da un incremento en la degradación, a esto se le conoce como fracción B. La degradación llega a un punto en el que se mantiene por cierto tiempo, para posteriormente descender porque ya no existe más sustrato que permita continúe la degradación del alimento.

**Cuadro 4.** Relación tiempo y digestibilidad de *Agave Salmiana Otto* para cada localidad.

Tiempo de digestibilidad (horas)	Digestibilidad de <i>Agave salmiana Otto</i> Arteaga (%)	Digestibilidad de <i>Agave salmiana Otto</i> Bella Unión (%)
0	53.407 <sup>a</sup>	59.713 <sup>a</sup>
3	58.308 <sup>b</sup>	68.426 <sup>b</sup>
6	65.577 <sup>c</sup>	75.179 <sup>c</sup>
12	74.443 <sup>d</sup>	78.218 <sup>d</sup>
24	83.864 <sup>e</sup>	83.513 <sup>e</sup>
48	91.538 <sup>f</sup>	92.538 <sup>f</sup>
72	83.755 <sup>g</sup>	86.488 <sup>g</sup>

<sup>abcdefg</sup> literales diferentes en columnas indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).



**Figura 1.** Comparación de la digestibilidad entre Opuntia rastrera y Agave salmiana entre localidades.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados, finalmente se logró la evaluación de las dos variedades utilizadas: *Opuntia Rastrera* y *Agave Salmiana Otto*. En cuanto al contenido de su composición nutritiva, existen diferencias significativas entre el nopal y el magüey, ya que el primero presenta mejores características nutritivas, aunque respecto al contenido de fibra, el magüey es superior al nopal. Ambas son plantas que presentan un valor nutritivo aceptable, por lo que pueden consumirlas los animales, por lo menos durante las épocas de sequía, ya que además

de ser una buena fuente de alimento, también les proporcionan agua donde este recurso es difícil de conseguir en pastoreo.

Al realizar una comparación de los resultados de digestibilidad entre el nopal y el magüey, ambas plantas presentan un rango aceptable en cuanto a su digestibilidad, por lo que se recomiendan como una buena alternativa para el uso alimenticio del ganado. De acuerdo con los valores estudiados, las muestras analizadas alcanzaron la degradación a las 48 hora, lo cual indica que entre más se exponga el alimento a los microorganismos mayor será la degradación, hasta llegar al punto en el que ya no exista sustrato.

## LITERATURA CITADA

- ABREGO, G. A. 2009. Evaluación bromatológica y digestibilidad *in vitro* de nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado con subproductos de cervecería. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 13 th Edn. Association of agricultural chemists. Washington, DC.
- ARIZPE, G.J.P. 1975. Digestibilidad del Maguey. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Monterrey Nuevo León, México. pp. 11, 14, 16, 18 y 21.
- BARAZA, E., Ángeles, S., García, A., and Valiente-Banuet, A. 2008. Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México. *Interciencia* 33(12): 891-896.
- BARRERA MARTÍNEZ, J. E. 1987. Valor nutritivo del guishe de la lechuguilla (agave lechuguilla t.) y su utilización en la alimentación de cabras de desecho, sustituyendo al rastrojo de maíz. Tesis UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- BEN THLIJA, A., 1987. Nutritional value of several *Opuntia* species. M. Sc. Thesis. 84 p.
- CHERNEY, D. J. R., J. H. Cherney and R. F. Lucey. 1993. *In vitro* digestion kinetics and quality of perennial grasses as influenced by forage maturity. *J. Dairy Sci* 76: 790-797.
- DE ALBA, J. 1971. Alimentación del ganado en América latina. Segunda edición. La Prensa Médica Mexicana. México. pp. 475
- ESPINOZA A., J. 1987. Caracterización morfológica y bromatológica del nopal forrajero en diferentes ambientes de la sierra de paila, Coahuila. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- FISHER, D. S., J. C. Burns and K. R. Pond. 1989. Kinetics of *in vitro* cell wall disappearance and *in vivo* digestion. Published. In *Agron. J.* 81: 25-33.
- FLORES, V.C.A. 1977. El nopal como forraje. Tesis profesional UACH. México. p. 179.
- GOERING, M.K., y Van Soest, P.J. (1970). Forage fibre analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA Agriculture Handbook. No. 379.
- GÓMEZ, V. A. 2003. Digestibilidad *in vitro* de dos variedades de Maguey (*Agave salmiana* y *Agave americana*). Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- GONZÁLEZ, M.J. 1964. Digestibilidad del nopal (*Opuntia chrysacantha berg*). Tesis Lic. I.T.E.S. M. Monterey, N.L. México.
- GONZÁLEZ, G.S.R. 1994. Valor nutricional de dos Especies de Maguey, *Agave salmiana* y *Agave atrovirens karw*, forrajeras utilizadas en las zonas Áridas del Norte de México, en relación a sus características Fenológicas. Tesis UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 21.
- LÓPEZ, A. S., J.M. Pinos-Rodríguez, I.D. Martínez, D.A. Chávez, J.R. Aguirre y M.L Rodríguez. 2001. *In situ* digestibility to value ruminal degradability of the maguey (*Agave salmiana*). En: Memoria de la 5ta Reunión Científica y Tecnológica, Agrícola, Pecuaria y Forestal. S.L.P. P 4-11.
- MARTÍNEZ, C. J. L. 1994. Valor Nutritivo de Dos Especies de Maguey (*Agave atrovirens*. Karw y *A. salmiana*) en el Sur de Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- MATA, C. A. 2011. Degradación *in vitro* de dos variedades de opuntia mediante enzimas producidas por la cepa ruminal VML-2. Tesis de licenciatura UAAAN Saltillo, Coahuila, México.
- MENDOZA, H.J.M. 1983. Diagnóstico climático para zonas de influencia inmediata de la UAAAN. Departamento de Agro-meteorología. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-5.
- TILLEY J M A Y TERRY R A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18:104-111.
- URRUTIA, M.J., Martínez, L.R y Shimada, A.S. 1982. Valor nutritivo del rastrojo de Maíz y ensilaje de maíz con y sin mazorca con hidróxido de sodio para borregos en crecimiento. *Técnicas Pecuarias*. México, D.F. pp. 7-16.



# Densidades de población y niveles de fertilización en la producción de grano de una variedad experimental de maíz amarillo

## Population densities and fertilization levels in grain yield of an experimental variety of yellow maize

Andrés Gustavo Rodríguez-Núñez<sup>1</sup>, Norma Angélica Ruiz-Torres<sup>1</sup>,  
Celestino Flores-López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, <sup>2</sup> Departamento Forestal.  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315,  
Saltillo, Coah., México. Tel. (844) 4110236. andresrdz.1409@gmail.com [\*Autor responsable].

### RESUMEN

De la producción nacional de maíz sólo 8% corresponde al maíz amarillo, del que se importaron seis millones de toneladas en 2013. Para subsanar el déficit y reducir la importación de este grano, es necesario incrementar su producción y rendimiento a través de prácticas agronómicas. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la interacción entre dos niveles de fertilización y tres densidades de población en el rendimiento de grano de maíz amarillo. Este experimento se estableció en el ciclo de P-V 2014, en la localidad El Mezquite, municipio de Galeana, Nuevo León, México. Se utilizó semilla de una variedad experimental de color amarillo derivada de la cruce entre Pool 33 y Pool 34, provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Se evaluaron tres densidades de población: 60, 70 y 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, y dos niveles de fertilización: 120-60-60 y 180-60-60 de N-P-K, respectivamente. El experimento se analizó con un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2x3: dos niveles de fertilización, tres densidades de población, con cuatro repeticiones. Se evaluaron los siguientes caracteres agronómicos: altura de planta (APTA), altura de mazorca (AMAZ), floración masculina (FM), floración femenina (FF) y rendimiento (REN). Los resultados no mostraron diferencias significativas para densidades de población y niveles de fertilización en las variables evaluadas, lo que probablemente se debió a que el maíz estudiado era una variedad adaptada a la región, por lo que no requería de altos insumos para mejorar su producción.

**Palabras clave:** déficit, importación, prácticas agronómicas, interacción

### ABSTRACT

Of the national maize production only 8% corresponded to yellow corn in 2013, six million tons were imported. Therefore, it is required to increase production of yellow corn grain, to address the deficit and reduce imports, implementing agronomic practices to increase their performance. The objective of this study was to determine the effect of the interaction between two levels of fertilization and three population densities in grain yield of yellow corn. The experiment was set up in the cycle of P-V 2014 in El Mezquite municipality of Galeana, Nuevo Leon. Seed of an experimental variety of yellow variety derived from a cross between Pool 33 and Pool 34 from the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) was used. Three population densities (60, 70 and 80 thousand plants ha<sup>-1</sup>) and two fertilization levels (120-60-60 and 180-60-60 of N-P-K, respectively), were evaluated. The experiment was analyzed under an experimental design randomized blocks with factorial 2x3 [two fertilization levels three population densities] with four replications. Agronomic characters plant height (APTA), ear height (AMAZ), male flowering (FM), silking (FF), and efficiency (REN) were evaluated. The results showed no significant differences in population densities and fertilizer levels in the evaluated variables.

**Key words:** deficits, import, agronomic practices, interaction

## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social, en el mundo el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo agrícola más importante. En relación con su producción, en 2012 ocupó el primer lugar mundial, seguido del arroz de cáscara y el trigo (FAO, 2013). Entre los ciclos comerciales 2004/05 y 2014/15, la producción de maíz en el mundo presentó un crecimiento promedio anual de 3.5% para ubicarse en 1,008.7 millones de toneladas, lo que representa el nivel de producción más alto de la historia (FIRA, 2015).

En México, el maíz es el cultivo de mayor importancia porque contribuye con el 18% del valor de la producción del sector agrícola y concentra 33% de la superficie cultivada en el territorio nacional, la cual es de 7.5 millones de hectáreas, con un volumen de producción de grano de cerca de 22.7 millones de toneladas (SIAP, 2014), del que 8% corresponde al maíz amarillo, lo cual provoca que nuestro país sea deficitario al importar entre siete y diez millones de toneladas (FND, 2014). Ante tal situación, es importante el incremento de la producción de maíz de grano amarillo que permita subsanar el déficit y reducir la importación.

El uso de nuevas tecnologías que incluyan la aplicación de insumos agrícolas, como fertilización, combinadas con densidades de población y materiales criollos adaptados a cada región, es una alternativa para los productores del campo mexicano.

Para incrementar los rendimientos es conveniente un manejo agronómico, que considere la combinación eficiente de los siguientes factores: dosis de fertilización, densidades de población, uso de semillas mejoradas, además de otros.

Para la región sureste de Coahuila existe escasa información sobre la respuesta de los materiales mejorados a la aplicación de niveles de fertilización nitrogenada y densidades de población, aún más para maíz amarillo, por lo que el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la interacción entre dos niveles de fertilización y tres densidades de población en el rendimiento de semilla de una variedad experimental de maíz amarillo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo primavera-verano de 2014, en la localidad El Mezquite, municipio de Ga-

leana, Nuevo León (24° 49' LN y 100° 05' LO), a una altitud de 1890 msnm. En el suelo del área de estudio predomina el tipo sedimentario del periodo jurásico, con una precipitación pluvial media anual de 412.9 mm, con temperaturas promedio mínima de 4.3 °C y máxima 25.9° C.

Se utilizó semilla de una variedad experimental de grano amarillo, adaptada a la región sureste del estado de Coahuila, resultante de diversas estrategias de manejo y selección; esta variedad se obtuvo a partir de una selección de familias segregantes de la cruce entre pool 33 x pool 34, provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

La preparación del área de siembra consistió en un paso de arado y dos pasos de rastra para desmorrar los terrenos grandes y facilitar la siembra. El tamaño de la parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 4.0 m de longitud, con una separación de 0.85 m entre surcos y un promedio de 30 semillas cada uno.

Durante la siembra se aplicó la dosis de fertilización 60-60-60 (N-P-K) en toda la parcela. En la escarda y previo al aporque se realizó una segunda con 60-00-00 y 120-00-00 (N-P-K), para obtener los niveles de 120-60-60 y 180-60-60, respectivamente; después se realizó un aclareo para obtener una densidad de población de 60, 70 y 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, con cuatro repeticiones para cada nivel de fertilización y densidad de población.

En la investigación se evaluaron las siguientes variables agronómicas: altura de planta (cm), que se tomó de una planta promedio de la parcela a partir de la base hasta el inicio de la ramificación de la espiga; altura de mazorca (cm), que se obtuvo desde la base de la planta hasta el nudo de la mazorca principal; floración masculina, la cual se consideró desde los días transcurridos al momento de la siembra, hasta que 50% de las plantas inició la liberación de polen de las espigas; floración femenina, la cual se registró considerando los **días transcurridos** desde la siembra, hasta que 50% de las plantas presentó los estigmas receptivos; humedad (%), que se determinó al momento de la cosecha con un medidor de humedad Dickey John, a partir de una muestra de granos tomada de varias mazorcas en cada unidad experimental; rendimiento de grano, que se expresó en t ha<sup>-1</sup>, se calculó con 12% de humedad a partir de 85% de desgrane, y se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\text{REND} = \text{PC} * \frac{100 - \% \text{HC}}{100 - \% \text{HD}} * \text{D} * \frac{10000 \text{m}^2}{\text{APUm}^2}$$

Donde:

REND = Rendimiento de grano en t ha<sup>-1</sup>

PC = Peso de campo; g.

%HD = Contenido de humedad de grano a la cosecha.

%HC = Contenido de humedad al 12% (Constante).

D = Porcentaje de desgrane (porcentaje del peso de la mazorca que corresponde al grano).

APU = Área de parcela útil (distancia entre surco x distancia entre planta x número de plantas establecidas).

El experimento se realizó con un diseño experimental en bloques al azar, con arreglo factorial 2x3. El factor A correspondió a dos niveles de fertilización y el factor B a tres densidades de población.

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Respuesta de la unidad experimental;

$\mu$  = Media general;

$\beta_k$  = Efecto del bloque;

$A_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de fertilización;

$B_j$  = Efecto de la j-ésima densidad de población;

$(AB)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de fertilización con la j-ésima densidad de población;

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental.

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS Institute (2004) y se usó el procedimiento PROC GLM.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 1) muestra que no se presentaron diferencias significativas para las variables en estudio, en las fuentes de variación densidades, dosis de fertilización y su interacción únicamente entre bloques. Lo anterior es un resultado inesperado, ya que varios autores (Blumenthal *et al.*, 2003; Yasari *et al.*, 2012) han reportado diferencias significativas en variables agronómicas al incrementar las densidades de población. Asimismo, Mendoza *et al.* (2006) reportaron diferencias significativas al aplicar tres dosis de fertilización nitrogenada.

Para la interacción densidad por fertilización, igualmente no se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas, lo que coincide con los resultados reportados por Cano *et al.* (2001).

En relación con lo anterior, es interesante mencionar que la densidad de población es considerada como el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos en los cultivos; en el maíz esta variable ejerce alta influencia sobre el rendimiento del grano y las características agronómicas, pues el rendimiento se incrementa con la densidad de población hasta llegar a un punto máximo, y disminuye cuando la densidad se incrementa más allá de este punto (Sangoi, 2000). Sin embargo, no todos los genotipos presentan la misma respuesta a altas densidades de plantas (Cano *et al.*, 2001).

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables evaluadas.

FV	GL	APTA [cm]	AMAZ [cm]	FM [días]	FF [días]	REN (t ha <sup>-1</sup> )
Bloques	3	225.77	193.16	0.48	2.27	2.88*
Densidad	2	52.79	321.50	1.16	2.62	0.52
Fertilización	1	280.16	28.16	1.04	4.16	0.10
Den*Fer	2	78.04	200.66	0.66	0.79	0.21
Error	15	198.27	173.23	1.31	1.91	0.61
C.V. [%]		7.32	13.32	1.25	1.49	7.82

\*\* , \* = significativo al 0.01 y 0.05, respectivamente. FV = Fuentes de Variación; GL = Grados de libertad; APTA = Altura de planta; AMAZ = Altura de mazorca; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; REN = Rendimiento; CV [%] = Coeficiente de variación.

En este trabajo, la comparación de medias para densidades de población (Cuadro 2), indica una tendencia numérica de incremento en altura de planta al pasar de 60 a 70 mil plantas ha<sup>-1</sup>, la que supera a las de 80 mil, mientras que en la variable de altura de mazorca se presenta una tendencia de disminución al incrementar de 60 a 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Por otra parte, la diferencia fue mínima en el rendimiento al aumentar la densidad de siembra de 60 a 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Estos resultados contrastan con los reportados por Blumenthal *et al.* (2003) y Yasari *et al.* (2012), ya que reportan que el rendimiento de grano se incrementa significativamente con el incremento de la densidad de población. Cruz-Lázaro *et al.* (2009), reportaron de igual manera un aumento en el rendimiento de grano, sin embargo, en las variables agrónomicas evaluadas: altura de planta, altura de mazorca y días a floración, no hubo respuesta a las densidades de población, esto es, no se presentaron diferencias significativas, lo que coincide con Khan *et al.* (2003).

Por su parte, Cano *et al.* (2001), quienes trabajaron con genotipos de maíz en diferentes densidades de población en condiciones de temporal, mencionan que los resultados obtenidos no presentaron diferencias significativas para rendimiento, aunque el mayor rendimiento (6.29 t ha<sup>-1</sup>) se encontró con 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>, mientras que el menor rendimiento se presentó con la densidad mayor (125,000 plantas ha<sup>-1</sup>).

Cruz-Lázaro *et al.* (2009) reportaron resultados diferentes en un estudio sobre rendimiento de grano

de genotipos de maíz sembrados en tres densidades de población: 44,289, 53,200 y 66,500 plantas ha<sup>-1</sup>. El rendimiento de grano fue la única variable que registró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre densidades de población, el cual presentó su máximo en la densidad de 66,500 plantas ha<sup>-1</sup> con 4.2 t ha<sup>-1</sup>. Las variables altura de planta, altura de mazorca y días a floración no presentaron diferencias significativas entre densidades de población; Martínez *et al.* (2013) también reportaron incremento en el rendimiento al aumentar la densidad de población.

Asimismo, en este estudio la fertilización nitrogenada no afectó de manera significativa las variables evaluadas (Cuadro 3); de igual manera, Gutiérrez y Luna (2002) y Cano *et al.* (2001) obtuvieron resultados similares en relación al nulo efecto del nitrógeno.

La falta de respuesta a la fertilización posiblemente se deba a que las unidades de nitrógeno usadas difieren únicamente en 60 unidades, aunado a la falta de un análisis de suelo para corroborar su condición en relación con la disponibilidad de nutrientes, aunque se sabe que son suelos pobres, salinos y de poca profundidad, lo cual puede afectar la disponibilidad de los nutrientes.

Al evaluar Martínez *et al.* (2013) una variedad de maíz mejorado en el ejido El Mezquite, de Galeana, N.L., con tres densidades de población: 40, 50 y 60 mil plantas ha<sup>-1</sup> y tres niveles de fertilización: 00-00-00, 60-60-60, 120-60-60 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, los resultados

**Cuadro 2.** Comparación de medias por densidad de población para variables evaluadas en campo.

Densidad (plantas/ha)	APTA (cm)	AMAZ (cm)	FM (días)	FF (días)	REN (t ha <sup>-1</sup> )
60 mil	193.62	106.00	91.12	91.62	9.75
70 mil	194.00	96.00	91.37	92.37	10.02
80 mil	189.37	94.25	91.87	92.75	10.26
Media	192.33	98.75	91.45	92.25	10.01
Tukey ( $\alpha = 0.05$ )	18.28	17.09	1.49	1.79	1.01

Valores con letras son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05%). APTA = Altura de planta; AMAZ = Altura de mazorca; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; REN = Rendimiento.

**Cuadro 3.** Comparación de medias para fertilización para variables evaluadas en campo.

Fertilización	APTA (cm)	AMAZ (cm)	FM (días)	FF (días)	REN (t ha <sup>-1</sup> )
120-60-60	195.75	99.83	91.25	91.83	9.94
180-60-60	188.91	97.66	91.66	92.66	10.07
Media	192.33	98.75	91.45	92.25	10.01
Tukey ( $\alpha=0.05$ )	12.21	11.45	0.99	1.20	0.68

Valores con letras son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05 %). APTA = Altura de planta; MAZ = Altura de mazorca; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; REN = Rendimiento.

reportados mostraron diferencias significativas para rendimiento ( $P \leq 0.01$ ) en las dosis de fertilización y densidades de población, ya que obtuvieron el mayor rendimiento (7.32 t ha<sup>-1</sup>) con la dosis de fertilización 120-60-60 y con 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Mendoza *et al.* (2006) aplicaron tres dosis de fertilización nitrogenada: 00, 100 y 200 kg ha<sup>-1</sup> en maíz, y determinaron que la máxima productividad de grano se alcanzó con la dosis de nitrógeno más alta.

Cervantes-Ortíz *et al.* (2013) evaluaron tres densidades de población: 60, 75 y 90 mil plantas por ha<sup>-1</sup> y tres niveles de fertilización nitrogenada: 150, 250 y 350 kg ha<sup>-1</sup>, en un material híbrido de maíz de cruz simple (CML 176 x CML 142), y reportaron que las densidades de población mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), de las que sobresalió la de 90 mil plantas ha<sup>-1</sup> en las siguientes variables: altura de mazorca (177.2 cm), días a floración femenina (78 días) y rendimiento (7.7 t ha<sup>-1</sup>), mientras que en las densidades de población no se observaron diferencias significativas.

Los resultados muestran que el rendimiento del material genético utilizado se comportó muy uniforme al aumentar las densidades de población y los niveles de fertilización nitrogenada, lo que puede deberse a que se trata de un material mejorado y adaptado a las condiciones climatológicas de la región sureste de Coahuila que no requiere cantidades exuberantes de insumos, lo que permite rendimientos superiores a los reportados por Martínez *et al.* (2013) de 7.32 t ha<sup>-1</sup> para la variedad Jaguan. De igual manera se deben considerar las características edáficas del área a fin de conocer sus propiedades físico químicas

que puedan influir en la asimilación del nitrógeno y de su disponibilidad, para así corroborar la diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) que se presentó entre bloques para la variable rendimiento.

## CONCLUSIONES

Al incrementar las dosis de fertilización y densidades de población, éstas no favorecieron de manera positiva el rendimiento de grano de maíz, por lo que se puede realizar con la menor densidad (60 mil plantas ha<sup>-1</sup>) y bajos niveles de fertilización (120-60-60 unidades de N-P-K), ya que se obtienen los mismos rendimientos en t ha<sup>-1</sup>.

## LITERATURA CITADA

- BLUMENTHAL, J., D. Lyon, W. Stroup. 2003. Optimal plant population and nitrogen fertility for dryland corn in western Nebraska. *Agronomy Journal* 95:878-883.
- CANO, O., O. H. Tosquy, M. Sierra y F. A. Rodríguez. 2001. Fertilización y densidad de población en genotipo de maíz cultivado bajo condiciones de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):199-203.
- CERVANTES-ORTÍZ, F., J. Covarrubias-Prieto, J. A. Rangel-Lucio, A. D. Terrón-Ibarra, M. Mendoza-Elos y R. E. Preciado-Ortíz. 2013. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 24(1): 101-110.
- CRUZ-LÁZARO, E. de la, H. Córdoba-Orellana, M. A. Estrada-Botello, J. D. Mendoza-Palacios, A. Gómez-Vázquez

- y N. P. Brito-Manzano. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia* 25(1): 93-98.
- FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN CON LA AGRICULTURA (FIRA). 2015. Panorama Agroalimentario. Maíz 2015. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. p. 36.
- FINANCIERA NACIONAL DE DESARROLLO (FND). 2014. Panorama del maíz. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información. México. 2 p.
- GUTIÉRREZ, R. y M. Luna. 2002. Riego, densidad de plantas y fertilización nitrogenada en producción de híbridos de maíz en Zacatecas. *Agricultura Técnica en México* 28(2):95-103.
- KHAN, K. M. Idbal, Z. Shah, B. Ahmad, A. Azim, H. Sher. 2003 Grain and stover yield of corn with varying times of plant density reduction. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6: 1641-643.
- MARTÍNEZ RAMÍREZ, J. N., N. A. Ruíz Torres, F. Rincón Sánchez, J. M. Martínez Reyna, H. C. Burciaga Dávila. 2013. Densidad de población y niveles de fertilización en el rendimiento y propiedades físicas del grano en semillas de maíz criollo. *Revista Agraria* 10(1): 9-18.
- MENDOZA, E., M., C. Mosqueda V., J. A. Rangel L., A. López B., S. A. Rodríguez H., L. Latournerie M. y E. Moreno M. 2006. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agricultura Técnica en Mexicana*. 32(1): 89-99.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2013. Estadísticas. FAOSTAT. Producción agrícola. (<http://www.fao.org/org/corp/statistics/es/>; 2 de febrero de 2013).
- SANGOI, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciencia Rural*. Santa María. 31(1): 159-158.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2014. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996 - 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). México, D.F., 208 p.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- YASARI, E., M. Noori, M. Haddadi. 2012. Comparison of seed corn single crosses SC 704 and SC 770 response to different plant densities and nitrogen levels. *Journal of Agricultural Science* 4(5): 263-272.

# Evaluación de la calidad de la leche en vacas Holstein, al sustituir avena (*Avena sativa*) por triticale (*X triticosecalewittmack*)

Evaluation of milk quality in Holstein cows, by substitution of avena (*Avena sativa*) by triticale (*X triticosecalewittmack*)

Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez<sup>1</sup>, José Gilberto Muñoz-Martínez<sup>2</sup>,  
Ana Verónica Charles-Rodríguez<sup>1</sup>, Fabio Morales-Nuñez<sup>1</sup>, Fernando Ruiz-Zárate<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coahuila, México. e-mail: [jesus\\_fuentes@hotmail.com](mailto:jesus_fuentes@hotmail.com) <sup>2</sup>Tesista, del Departamento de Producción Animal.

## RESUMEN

Se compararon dos forrajes diferentes (triticale en sustitución de avena) en la alimentación de vacas lecheras Holstein, con la finalidad de evaluar la calidad de su leche. Se alimentaron tres grupos de cinco vacas entre primera y cuarta lactancia, a las que se le suministró una dieta completa y tres tratamientos diferentes: T1=0% triticale y 100% avena; T2=50% triticale y 50% avena; T3=100% triticale y 0% avena. Se evaluó la composición nutritiva de la leche: grasa, lactosa y proteína mediante el análisis bromatológico (AOAC, 1980).

Al realizar el análisis bromatológico de las raciones, el contenido de materia seca (MS) de los tres tratamientos fue igual: en el de materia orgánica y en fibra detergente neutra (FDN) no hubo diferencia ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, mientras que la fibra detergente ácida (FDA) fue mayor para el T1 y menor para el T2.

En cuanto a la calidad de la leche, el contenido de proteína fue mayor para los tratamientos uno y dos, los cuales no mostraron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre sí; el contenido de grasa y lactosa entre los tratamientos no fue diferente ( $P < 0.05$ ). Las vacas alimentadas con el heno de triticale utilizado, no tuvieron diferencia en la calidad de la leche en cuanto al contenido de grasa y lactosa, en tanto que en el contenido de proteína en la leche tuvieron muy poca diferencia. En T3, con 100% de triticale como forraje, el contenido de proteína de la leche fue menor.

El consumo de alimento no fue diferente ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos. El heno de triticale, a pesar de ser de baja calidad y de un ciclo anterior, compitió con heno de avena nuevo y de alta calidad, lo cual indica que, en las dietas para vacas lecheras, se puede sustituir el forraje de avena por el de triticale sin afectar la calidad de la leche.

**Palabras clave:** triticale, avena, vacas, calidad de la leche

## ABSTRACT

Two different forages (triticale in replacement of oats) were fed to Holstein dairy cows, in order to evaluate the quality of milk. Three groups of five cows between first and fourth lactation, were supplied a complete diet and three different treatments: T1 = 0% triticale and 100% oat; T2 = 50% triticale and 50% oats; T3 = 100% triticale and oats 0%. The nutritional composition of milk: fat, lactose and protein, was estimated by chemical composition analysis (AOAC, 1980).

The compositional analysis of rations was the same in the dry matter content for the three treatments, the organic matter and FDN was no different ( $P < 0.05$ ) among treatments, FDA was higher for T1 and lower for T2.

Regarding the quality of milk, protein content was higher for treatments one and two, showing no differences ( $P < 0.05$ ) between these two treatments, the content of fat and lactose were not different ( $P < 0.05$ ) between the treatments. Cows fed hay triticale had no difference in the quality of milk as the fat and lactose in milk protein content had little difference. The milk protein content was lower with treatment 3 containing 100% triticale fodder.

Feed intake was not different ( $P < 0.05$ ) between treatments. Triticale hay despite being of low quality and from a previous cycle gave competition to a new oat hay of high quality. This means you can replace the oat forage with triticale hay in diets for dairy cows, without affecting the quality of the milk.

**Key words:** triticale, oats, cattle, milk quality

## INTRODUCCIÓN

Existe evidencia de que, desde el 3100 A. C., el ganado bovino fue domesticado, y de que, por sus aportes nutricionales, la leche comenzó a tener mucha importancia en la dieta humana (Simopoulos, 2000).

Hoy en día, la ganadería bovina lechera constituye uno de los más importantes renglones pecuarios en el mundo, lo cual es evidente por la magnitud del hato y el volumen de leche que se produce, pero también por su grado de articulación con la agroindustria procesadora y con las esferas comerciales de distribución y abasto (Miranda, 1998).

El sector lechero mexicano se caracteriza por tener una larga tradición de intervención gubernamental mediante la fijación de precios y subsidios (Tanyeri Abur y ParrRosson, 1997). En conjunto, las políticas dirigidas al sector lechero en nuestro país buscan crear las condiciones que permitan, no sólo su permanencia, sino la rentabilidad y posicionamiento de la producción nacional en los mercados locales, para de esta forma asegurar un sector fuerte y competitivo en las exigencias que demanda la situación globalizada de los mercados (García, 2002). Para comercializarla, existe una normatividad que regula los requisitos mínimos de calidad que debe cumplir la leche (Vargas, 2006). Por otro lado, la globalización ha propiciado grandes importaciones de leche y productos lácteos, y una disminución de los precios que se pagan a los productores nacionales, lo que compromete seriamente la permanencia en el mercado de miles de ganaderos, principalmente los más pequeños (Cervantes y Soltero, 2004).

En las dos últimas décadas, la producción lechera nacional ha sido muy castigada, por un lado, debido a la excesiva importación de leche en polvo por los grandes industriales, por otro, debido a los sustitutos lácteos que han desplazado el consumo de leche fluida, lo que ha provocado una disminución en el precio de la leche, y por otro, al aumento de los costos de producción en cada temporada y al bajo precio de la leche debido a que no cumple con la calidad sanitaria que exigen las industrias lácteas o centros de acopio, lo cual ha ocasionado una baja rentabilidad de esta actividad de las regiones productoras (Vázquez, 2009).

La nutrición, es el área que más impacto tiene en los costos de producción, puesto que fácilmente supone más del 60% y, en ocasiones, puede superar 80%, dependiendo del precio de las materias primas.

Existen dos segmentos en los que se puede actuar para intentar reducir costos: el primero, el diseño de la dieta, es decir, su formulación, y el segundo, la forma cómo se utiliza la alimentación, que se refiere principalmente a su manejo (Loannis, 2011).

Los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas dedican 77, 70 y 59%, de su superficie, respectivamente, a actividades pecuarias. El establecimiento de praderas y cultivos forrajeros es una opción para complementar la alimentación del ganado de los sistemas de producción extensivos e intensivos comunes en esta región (López, 1994).

En regiones del altiplano, que tienen alta frecuencia de heladas, se está incrementando el uso de cereales de grano pequeño para pastoreo directo, verdeo y ensilaje, debido a su mayor rusticidad. Los cultivos que más se utilizan son el triticale (*X Triticosecale Wittmack*) y la cebada (*Hordeum vulgare*). La investigación en cereales se había dirigido a la producción y calidad del grano, y se desechaban muchos materiales con buenas características forrajeras, por lo que desde hace 15 años la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) desarrolla un programa de investigación encaminado a generar variedades de triticales forrajeros para pastoreo, verdeo y ensilaje, y desde hace cinco lleva a cabo un programa de cebada forrajera. Respecto al triticale, se han registrado rendimientos experimentales de la variedad AN-31 de hasta 22 t/ha de MS en tres cortes, en Torreón, Coahuila, y en cuanto a la cebada, existen materiales con rendimientos de 13 t/ha (Lozano *et al.*, 1997).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue el evaluar la calidad de la leche en vacas Holstein suplementadas con triticale, en substitución de avena.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la UAAAN campus Saltillo, localizado en las coordenadas 25°22' latitud Norte y 101°00' longitud Oeste, con una altura de 1742 msnm. El clima de la región se clasifica como BWhw (x')(e): de muy seco a semicálido, con invierno fresco, extremoso; con lluvias de junio a octubre, una precipitación media anual de 298.5 mm y una temperatura media anual de 19.8° C (García, 1983).

Se utilizaron 15 vacas lecheras del establo de la UAAAN, las cuales se dividieron en cinco animales por tratamiento (Cuadro 1). Las vacas se alojaron en un corral con comederos individuales y un patio en el que se encuentra el bebedero, las cuales se alimen-

taron en un periodo mínimo de ocho días antes del iniciar con la alimentación a evaluar.

La recolección de la leche de cada vaca se realizó cada 15 días durante cuatro meses, en los ordeños de la mañana y de la tarde; se mezcló la leche del ordeño de la mañana con la de la tarde, en frascos de 400 ml. Al final de la recolección, las ocho muestras de cada vaca se mezclaron para obtener una sola muestra final. La calidad de la leche y la composición nutritiva de los tratamientos se estimó mediante un análisis bromatológico, de acuerdo a los procedimientos descritos por la AOAC (1980).

El diseño que se utilizó para el análisis de los datos fue de bloques completamente al azar DCA en R (R-Project, 2007), con tres tratamientos: T1=0% triticale, 100% avena; T2=50% triticale, 50% avena y T3=100% triticale, 0% avena, con cinco repeticiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis bromatológico de los tratamientos utilizados

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del análisis bromatológico del alimento utilizado en la dieta de las vacas en tratamiento cuyos promedios para MS fueron de 95.54%, donde el T1 fue ligeramente mayor que el T3, pero ligeramente menor que el T3. En cuanto al contenido de materia orgánica, se obtuvo un promedio de 92.44% en los tratamientos, donde el T1 fue ligeramente mayor que el T3, pero ligeramente menor que el T2, lo cual se debió a la calidad de los forrajes. En cuanto al contenido de proteína cruda (PC), se obtuvo un promedio de 11.26%: el T3 fue ligeramente mayor que el T1, pero ligeramente menor que el T2. Los resultados respecto a PC fueron menores a los reportados por Oelk *et al.* (1989), que fueron de 17.5% para el forraje de triticale, lo cual tal vez se debió a que el forraje utilizado en este estudio era de

un ciclo anterior y de baja calidad; respecto a los datos que reportan en contenido de FDA, se puede decir que no hubo diferencia, ya que reportaron un 32.1%, contra 30.96% que se encontró en este estudio. Así mismo, los resultados también fueron menores a los obtenidos por Salcedo (2007), quien reportó un valor de PC de 24.6% para el forraje de triticale, y de 21.8% de PC para el de avena. Los resultados con FDN fueron mayores a lo reportado por Salcedo (2007) con 64.2%, mientras que con FAD, para el heno de triticale los resultados fueron menores con 42.0%, y para el heno de avena con FDN fueron mayores a los reportados por Salcedo (2007) con 57.1% y con FDA de 31.2, respectivamente. Por otro lado, los resultados obtenidos en este estudio también fueron menores a los reportados por Calsamigla *et al.* (2004), quienes reportaron valores para el heno de triticale y la avena de 13.05 y 9.8% de PC. La razón de la diferencia respecto a la calidad de los forrajes se debe a la etapa fenológica de corte y al tiempo que tenga cortado, ya que entre más tenga, menor será su valor nutritivo.

### Consumo de alimento

En la Figura 1 se presentan las medias de los resultados en el consumo de alimento, las cuales fueron de 23.07 kg para el T1, de 22.50 kg para el T2 y de 24.09 kg para el T2. No se encontraron diferencias entre éstos ( $P < 0.05$ ). Los resultados obtenidos fueron mayores a los obtenidos por Hazard (1993), quien reporta un consumo total de materia seca para avena de 16.25 kg/día y de 14 kg/día para triticale. Por otro lado, Salcedo (2007) reporta un consumo promedio de materia seca (MS) de 12.5 kg/día para avena y de 9.9 kg/día para triticale, mientras que Mojica *et al.* (2009) señalan para avena un consumo promedio en MS de 18.9 kg/día. La diferencia en el consumo se debe a las diferentes combinaciones de forraje que se ofreció a los animales.

**Cuadro 1.** Análisis bromatológico de los tratamientos.

Tratamiento	MS	MO	PC	EE	C	FC	FDN	FDA
T1	94.26	92.45	11.26	1.88	7.55	33.17	64.63	36.26
T2	94.29	93.33	11.48	2.72	6.67	25.48	62.89	29.34
T3	94.08	91.35	11.34	2.49	8.65	24.04	63.33	30.96

## COMPOSICIÓN DE LA LECHE

### Proteína

En la Figura 2 se presentan las medias de los resultados sobre la proteína de la leche, los cuales fueron 4.4% en los T1 y T2, y de 3.8% en el T3; en ella se observa que el T3 fue diferente ( $P>0.05$ ) a los T1 y T2. Los resultados obtenidos en los T1 y T2 son mayores a los reportados por Gallardo *et al.* (2014), quienes mencionan que la proteína de la leche fue de 2.9 a 3.0%, del mismo modo que los resultados reportados por Correa *et al.* (2002), que señalan 3.19% de

proteína, al igual que los resultados reportados por Hernández y Ponce (2005), con un valor de 3.42% de proteína en la leche. Hazard (1993), menciona un contenido de 3.25% de proteína en leche. Estos valores también son menores a los obtenidos en este experimento.

### Grasa

En cuanto a los resultados en la grasa, en la Figura 2 se observa que las medias fueron de 2.9% para el T1, 2.8% para el T2 y 2.7% para el T3, lo que indica que no hay diferencia significativa ( $P<0.05$ ) entre los

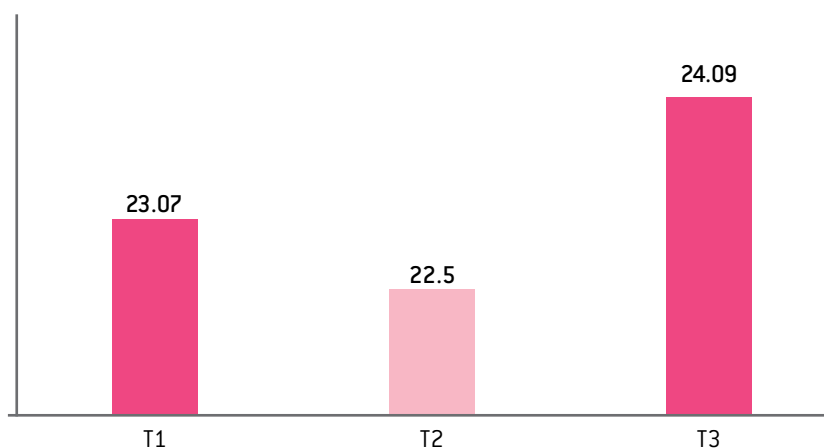


Figura 1. Consumo de alimento (kg) de vacas Holstein alimentadas con triticale y avena.

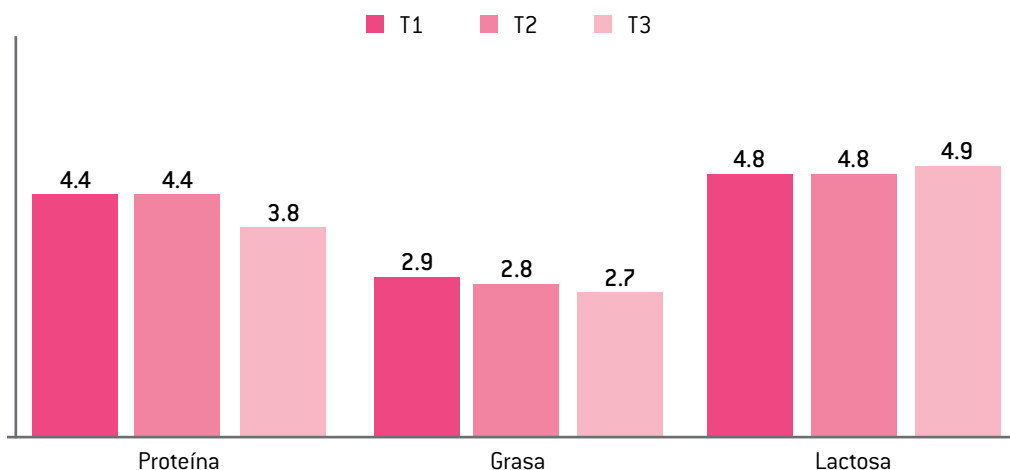


Figura 2. Contenido de proteína, grasa y lactosa de leche de vacas alimentadas con triticale y avena.

tratamientos. Estos resultados son menores a los encontrados por Hazard, (1993), quien reporta 3.7% de grasa en la leche de vacas alimentadas con alfalfa, triticale y avena. Así mismo son menores a los reportados por Gallardo *et al.* (2014), con un valor de 3.5%, mientras que Correa *et al.* (2002) reportan un mayor contenido de grasa en la leche con 3.30% y Salcedo (2007) con 4.6%, que son mayores a lo encontrado en el presente trabajo. Esto se debe a la diferencia que hay entre los forrajes que se utilizaron en el área tropical donde fueron se realizaron estos experimentos. Por otra parte, Oelke *et al.* (1989), reportan la composición de la leche con un contenido en grasa de 3.75%, el cual es mayor a los resultados obtenidos en el presente trabajo.

### Lactosa

En la Figura 2 también se presentan las medias de los resultados de la lactosa de la leche, los cuales fueron de 4.8% para los T1 y T2, y de 4.9% para el T3, por lo que se observa que no existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, los cuales tampoco tienen diferencia con los resultados reportados por Hernández y Ponce (2005), que mencionaron que la lactosa en la leche fue de un 4.62 %. Por otro lado, Gallardo *et al.* (2014) reportan para lactosa en leche 4.9%, y Salcedo (2007) 4.7%, el cual es menor que los resultados obtenidos en este experimento.

## CONCLUSIONES

El heno de triticale utilizado era de un ciclo anterior y de más baja calidad que el heno de avena; sin embargo, no se encontraron diferencias en composición de leche, aunque el contenido de proteína sí fue menor en el tratamiento que contenía 100% triticale como forraje. Tampoco hubo diferencias en el consumo de alimento. La calidad nutritiva de los forrajes no mostró diferencias en los contenidos de MS, MO, PC, EE, C, FDN y FDA, lo cual indica que se puede sustituir el forraje de avena por el de triticale en las dietas para vacas lecheras, sin afectar la calidad de la leche. Si se utiliza un heno de triticale de alta calidad, se puede obtener una leche mejor que si se utiliza heno de avena.

## LITERATURA CITADA

- AOAC, 1980. Official Methods of Analysis. 13th Edn. Association of agricultural chemists. Washington. DC.
- CALSAMIGLA S. A. FERRET Y A. BACH. 2004. Forrajes y sub-productos fibrosos húmedos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid 70 pp.
- CERVANTES E. F. y Soltero B. E., 2004. Escala, calidad de leche, y costos de enfriamiento y administración en términos lecheros de Los Altos de Jalisco. *Revista Técnica Pecuaria en México* 42 (2): 207-218.
- CORREA A., L. AVENDAÑO, A. Rubio, D. Armstrong, J. Smith y S. DeNise. 2002. Efecto de un Sistema de enfriamiento en la productividad de vacas lecheras bajo estrés calórico. *Agrociencia* 36:531-539.
- GALLARDO, M., Maciel, M., Cuatín, A., Quaino, O., Vottero, D., Faggiano, F., & Tellaeche, S. 2014. Evaluación de dos sistemas de alimentación para vacas en transición a la lactancia Efectos sobre la producción y composición química de leche. *agrositio.com*. Consultado en: [http://www.agrositio.com/vertext/vertext.asp?id=17934&se=6#comentarios\\_lectores](http://www.agrositio.com/vertext/vertext.asp?id=17934&se=6#comentarios_lectores)
- GARCÍA B. C. M., 2002. Políticas lecheras nacionales y regionales en México. Memorias del seminario internacional "Nuevas tendencias en el análisis socioeconómico de la lechería en el contexto de la globalización". UAEM, CIESTAM, UAM-X. pp. 55-75.
- GARCÍA, E. 1983. Modificación al sistema de clasificación de Koopen. Segunda edición. Instituto de Geografía UNAM. México, D.F.
- HAZARD, T. 1993. Ensilage grano pequeño para lechería. *Ganadería y praderas. Tierra adentro*. Pp 32-33.
- HERNÁNDEZ, R. Y P. PONCE. 2005. Efecto de tres tipos de dietas sobre la aparición de trastornos metabólicos y su relación con alteraciones en la composición de la leche en vacas holsteinfriesian. *Zootecnia tropical*, Vol 23, No. 3. Pp 295-310.
- LOANNIS MAVROMICHALIS, 2011. Formas sencillas para reducir costos en ganado porcino. Consultado en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia.asp?ref=5675&cadena=triticale&como>
- LÓPEZ, D.U. 1994. Análisis y perspectivas del mejoramiento genético de los forrajes. XI Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética. Monterrey, N.L. 25-30 de Septiembre McDonald, P., Edwards, R. A. y Greenhalgh, J. F. H. 1979. *Nutrición Animal*. Segunda edición. Zaragoza, España. pp: 17-84.
- LOZANO, R. A.J., V.M. Zamora, V., H. Díaz, S. y W. Pfeiffer. 1997. Triticales forrajeros para el Norte de México. Primer Foro de Investigación. Unidad Norte de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- MIRANDA, B.E.I. 1998. Tesis Profesional. Estudio de factibilidad para la puesta en marcha de una planta pasteurizadora de leche ubicada en el poblado de San Martín,

- Netzahualcóyotl, municipio de Texcoco. Dpto. de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México.
- MOJICA, E.; E. Castro; M. León; A. Cárdenas; L. Pabón, y E. Carulla. 2009. Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 10(1). Pp 81-90.
- OELKE, E. A., E. S. Oplinger and M. A. Brinkman. 1989. Triticale. Consultado en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/triticale.html>.
- SALCEDO, G. 2007. El ensilado en la alimentación del vacuno de leche. Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. Pp. 81-127. Consultado en: [file:///C:/Users/ANA%20ELIZABETH/Downloads/937-3203-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ANA%20ELIZABETH/Downloads/937-3203-1-PB%20(1).pdf)
- TANYERI-ABUR Y C. PARRROSSON, 1997. La demanda de productos lácteos en México. In: García H.L.A., Del valle Ma. del C., y Álvarez M.A. (coords.). *Los sistemas nacionales lecheros de México, Estados Unidos y Canadá y sus interrelaciones*. UAM-X / IIEC-UNAM. México. pp: 361-378.
- SIMOPOULOS, A. P. 2000. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *PoultryScience* 79: 961-970.
- VÁZQUEZ, A.M. 2009. Tesis Profesional. Integración y capacitación de un grupo de mujeres de El Sabino, Michoacán, para la elaboración de productos lácteos. Dpto. de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp: 23-37.
- VARGAS N., T. 2006. Calidad de la leche: visión de la industria láctea. Fundación INLACA. Facultad de Ciencias Veterinarias. Venezuela. 6 p.

# Incidencia y severidad de escoba de bruja asociado a la proliferación de la manzana en *Rosaceas*

Incidence and severity of witches' broom associated with the proliferation of apple in *Rosaceas*

Yolanda Isabel Hernández-Hernández<sup>1\*</sup>, Abiel Sánchez-Arizpe<sup>1</sup>,  
Ma. Elizabeth Galindo-Cepeda<sup>1</sup>, Yisa María Ochoa-Fuentes<sup>1</sup>,  
Alberto Flores-Olivas<sup>1</sup>, Alejandro de la Cruz-Armas<sup>1</sup>

Departamento de Parasitología<sup>1</sup>, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: isabel\_316@hotmail.com (\*Autor responsable) Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah., México. CP 25315, Tel.: +52-844-411 0324. E-mail: egarcia@uaaan.mx (\*Autor responsable).

## RESUMEN

En la presente investigación se realizó una prospección visual en una huerta de manzano (*Malus domestica*), con la finalidad de evaluar la posible extensión de la enfermedad: proliferación de la manzana (AP) en la Sierra de Arteaga. La importancia de esta enfermedad radica en los reportes de su presencia en especies de la familia *Rosaceae*, que incluye al manzano y el capulín (*Prunus salicifolia*); en este último fue en el que se observaron los síntomas, por lo que se le realizaron muestreos dirigidos, en árboles ubicados en los límites de la huerta que se utilizan como barrera biológica. En septiembre, la incidencia en el capulín fue de 0.5%. Paralelamente se evaluó por inspección visual la incidencia de la enfermedad en 200 árboles de la huerta. Se evaluó la expresión de síntomas de la enfermedad de AP a lo largo del año y se obtuvo una severidad del 40% en árboles infectados, aunque no se descartó que el fitoplasma estuviera presente en árboles asintomáticos.

**Palabras clave:** incidencia, severidad, sintomatología, fitoplasma, *Rosacea*, prospección

## ABSTRACT

In this research a survey was conducted in an orchard of apple in order to assess the possible spread of the disease apple proliferation (AP) in the Sierra de Arteaga. The importance of this disease lies in the reports of the presence of species of the *Rosaceae* family, which includes the apple and cherry tree, which was where the symptoms were observed, therefore directed sampling on trees latter located in performed limits orchard used as biological barrier visual survey for observing characteristic symptoms was performed. Parallel has evaluated the incidence of the disease in the orchard by visual inspection of 200 trees. In September, the incidence was 0.5% and the capulín the species concerned.

We assessed the expression of disease symptoms AP throughout the year by obtaining a 40% severity in infected trees but it is not excluded that this phytoplasma is present in asymptomatic trees.

**Key words:** incidence, severity, symptoms, phytoplasma, *Rosacea*, prospecting

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad de la proliferación de la manzana (AP, que presenta una sintomatología característica asociada, está distribuida en: Austria, Bélgica, Bulgaria, Grecia, Noruega, Rumania, Suiza, la antigua URSS y en la antigua Yugoslavia (Németh, 1986), además de la India y Sudáfrica (Seemüller, 1990). La severidad de la enfermedad depende de varios factores, como de la combinación porta injerto-variedad (Seemüller *et al.*, 1998), o de las condiciones edáficas y climatológicas (Schneider, 1970).

La AP es una enfermedad grave de la manzana que la causa un fitoplasma clasificado en el grupo de la Proliferación de la Manzana (grupo 16SrX) (Seemüller *et al.*, 1994). El patógeno también puede afectar a la fruta de hueso (Lee *et al.*, 1995; Navratil *et al.*, 2001; Paltrinieri *et al.*, 2001; Mehle *et al.*, 2006; Cieslinska y Morgas, 2011), y provocar el decaimiento del peral (*Candidatus Fitoplasma pyri*) (Seemüller *et al.*, 1994). Por el contrario, enfermedades que infectan fruta de hueso las causan *Candidatus Fitoplasma pruni*, que son miembros del grupo 16SrIII (enfermedad occidental - X) de América del Norte (Poggi Pollini *et al.*, 2001; Marcone *et al.*, 2010). *Candidatus Fitoplasma mali* se encuentra en los tubos cribosos del floema. El fitoplasma es altamente pleomórfico, de aproximadamente 200 a 800 nm de diámetro. El fitoplasma está delimitado por una membrana citoplasmática trilaminar, pero carece de una pared celular rígida (Seemüller, 1990).

La caracterización molecular de los genes que codifican las proteínas ribosomales L22 y S3 reveló la presencia de una mayor heterogeneidad genética dentro de los aislados de *Candidatus fitoplasma mali* en cuatro subtipos: RPX - A, RPX - B, RPX-C, y RPX - D (Martini *et al.*, 2006, 2008).

Los análisis de fragmentos ribosomal y de ADN no ribosomal de poblaciones de *Ca. fitoplasma mali* desde el noroeste de Italia, revelaron la presencia de tres subtipos de fitoplasmas AP: AT - 1, A -2 y AP -15, y reportaron la identificación de al menos dos linajes genéticos fitoplasmiales entre los fitoplasmas AP aislados del subtipo AT- 1 designados AT -1a y AT - 1b (Casati *et al.*, 2010).

Los fitoplasmas del grupo de proliferación de la manzana se han reportado sólo en Europa, con la excepción del agente del rizado de melocotón amarillo, que se existe también en Estados Unidos. El amari-

llamiento y enrollamiento de la hoja del melocotón y el decaimiento del peral son fitoplasmas estrechamente relacionados entre sí (Kirkpatrick *et al.*, 1994; Cisón *et al.*, 1994). La proliferación de la manzana es uno de los tres fitoplasmas pertenecientes al grupo AP, que en el 2004 se propuso para darle cabida como especie dentro del nuevo género *Candidatus fitoplasma mali* (Anon, 2004; Seemüller y Schneider, 2004).

La transmisión del fitoplasma AP se produce a través de las raíces naturales fusiones / injertos de raíz en los huertos de manzanos de mediana edad y mayores (Bliefernicht y Krczal, 1995; Vindimian *et al.*, 2002; Baric *et al.*, 2008; Ciccotti 2008). Psílicos y saltahojas se han reportado como vectores de la enfermedad (Seemüller, 1990). No existen semillas o polen que transmitan la enfermedad referida (Seidl y Komárková, 1974). *Candidatus fitoplasma mali* se ha transmitido comúnmente por injerto. También hay informes de su transmisión a *Catharanthus roseus* (bígaro de Madagascar) al utilizar la planta parásitaria *Cuscuta spp.* (*Cuscuta*) (Marwitz *et al.*, 1974; Heintz, 1986). La proliferación de la manzana a menudo se difunde en madera vástago; aunque el agente causal no parece ser sistémico, los árboles pueden producir altas proporciones de brotes con apariencia sana, pero infectados.

El fitoplasma AP se transmite de una manera persistente por propagación y por insectos vectores *Cacopsylla picta* y *C. melanoneura*. En Italia, para *C. melanoneura* y *C. picta*, los adultos migran de sus plantas huésped de hibernación en los huertos de manzanos de finales de enero hasta febrero, y de finales de marzo hasta abril, respectivamente. Ambas especies se reproducen en la manzana a partir de la generación de las hojas de la planta huésped, hasta junio o julio (Mattedi *et al.*, 2008). Los insectos transmiten los fitoplasmas como adultos y ninfas (Tedeschi y Alma, 2004).

Existen estudios realizados en vid donde se demuestra que plantas infectadas por determinados fitoplasmas tienen la capacidad de recuperarse, siempre y cuando el insecto vector no infecte nuevamente a la planta; los estudios muestran que esta recuperación se da después de tres a cuatro años de infectada (Osler *et al.*, 2003). La recuperación supone una desaparición de síntomas (Mutton *et al.*, 2002), sin que esto implique la erradicación del fitoplasma (Seemüller *et al.*, 1998a); sin embargo, recientes estudios en vid y diferentes géneros de *Prunus* muestran una disminución, e incluso desaparición de fitoplasmas en las hojas (Kison & Seemüller, 2001; Osler *et al.*, 2003).

La recuperación siempre está relacionada a condiciones edáficas, climáticas y de control del vector.

Al considerar los estudios señalados, uno de los objetivos de esta investigación fue evaluar, mediante un muestreo dirigido, la incidencia de esta enfermedad en arboles con síntomas característicos en la sierra de Arteaga. Estos muestreos, realizados durante dos años, indicaron que los síntomas aumentaron de un año a otro; paralelamente se investigaron los síntomas característicos de la enfermedad en dos especies de rosáceas.

Por último, es importante destacar que los síntomas de esta enfermedad se detectaron en la Sierra de Arteaga desde los años noventa, sin que a la fecha se le haya realizado un análisis, por lo que se consideró necesario llevar a cabo este trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En abril del año 2015 se evaluó la extensión de la enfermedad AP en una huerta de manzano de la variedad Golden en Los Lirios, localidad de la Sierra de Arteaga, para lo cual se realizó una prospección visual en un total de 200 árboles de manzano (*Malus domestica*) y capulín (*Prunus salicifolia*), distribuidos en una hectárea. En cada uno de los árboles se registró ausencia o presencia de los síntomas de la enfermedad. Se consideró que un árbol estaba afectado cuando mostraba síntomas característicos de escoba de bruja o enrollamientos suave de las hojas, brotes pequeños, cambio de color de las hojas, entre otros.

Se estudió la incidencia de AP de 200 árboles en los que se habían registrado síntomas de la enfermedad. Dentro de la huerta se identificaron las dos especies de Rosáceas. En cada una de ellas se evaluó la incidencia de la enfermedad por un reconocimiento

visual, con un muestreo en W en el que se tomaron muestras de 50 árboles por cada punto.

Se registró la expresión de síntomas de la enfermedad en capulín. Estos árboles fueron escogidos por presentar síntomas de la enfermedad. También se escogieron arboles de manzanos aparentemente sanos.

Durante el periodo 2014-2015 se muestrearon mensualmente los árboles marcados para medir la severidad del síntoma en árboles infectados.

La estimación de severidad de la infección de los arboles dañados se realizó mediante el sistema de evaluación de cuatro clases, recomendada en el manual de tratamientos fitosanitarios elaborado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en 2005. Se delimitó la copa del árbol y se consideró su volumen como el 100%; posteriormente se contó el número de escobas de bruja en la copa y se les asignó un valor numérico de acuerdo al nivel de infección (Cuadro 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La incidencia de la enfermedad por prospección visual solo varió entre especies, ya que el capulín tuvo 0.5% de incidencia, mientras que el manzano tuvo síntomas leves de infección (Figura 2).

En capulín se observó que la masa vegetativa disminuyó y hubo una sobre producción de yemas apicales. Los cambios de coloración en hojas (amarillamiento- enrojecimiento) fueron predominantes en el mes de agosto.

Hubo diferencias en el porcentaje de árboles que expresaron síntomas de estar infectados en la misma huerta. La incidencia de la enfermedad pudo variar en función de varios factores: edad de la plantación, estado sanitario de la huerta, ubicación geográfica, variaciones locales de temperatura y humedad, ca-

**Cuadro 1.** Volumen infectado de la copa en el sistema de cuatro clases y grados de infección.

Grado de infección	Daño	Volumen infectado de la copa [%]
1	leve	1-30
2	medio	31-60
3	fuerte	61-90



**Figura 2.** Presencia de síntomas en árboles de la huerta el Puerto, en Cañón de los Lirios, municipio de Arteaga, Coahuila.

racterísticas que los edafológicas, así como la densidad de población del vector.

Los productores hicieron referencia que la mayor incidencia de síntomas de la enfermedad fue durante los años noventa; nuestras observaciones mostraron un 0.5% de árboles con síntomas de afectación por el fitoplasma.

La severidad de los daños causados por la enfermedad fue mayor en el capulín, ya árboles mostraron un daño de 80%.

## CONCLUSIÓN

El capulín es una especie susceptible al fitoplasma, ya que muestra una sintomatología característica de este agente causal en el cañón de Los Lirios, municipio de Arteaga, Coahuila, México. La incidencia de los síntomas fue difícil de estimar, ya que no todos los árboles los manifestaban.

Los síntomas son más severos en capulín, en comparación de los manzanos. Esto se debe al poco

manejo que se le da esta especie, al no considerarse con importancia económica, ya que se utiliza como una barrera para evitar el arribo de plagas.

## LITERATURA CITADA

- ANON, 2004. Candidatus Phytoplasma, a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54(4):1243-1255.
- BLIEFERNICH, K. y KRCZAL, G., 1995. Epidemiological studies on apple proliferation disease in Southern Germany. *Acta Horticulturae*, 386:444-453.
- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (Conafor). 2005. Tratamientos contra plantas parásitas. Evaluación y tratamiento para muérdago verdadero (*Psittacanthus*). Manual de tratamientos fitosanitarios. Mexico. 78 p.
- JARAUSCH B., Schwind N., Jarausch W, Krczal G., Dickler E. and Seemüller E., 2003. First report of *Cacopsylla picta* as a vector of apple proliferation phytoplasma in Germany. *Plant Disease*, 87(1):101; 2 ref.

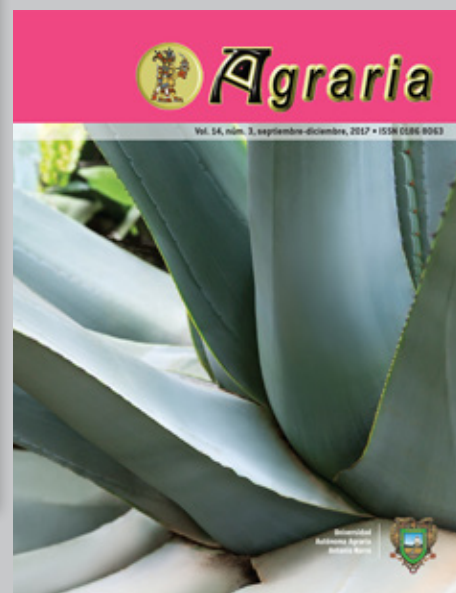
- JARAUSCH W., Saillard C., Dosba F. and Bové J-M, 1994. Differentiation of mycoplasma-like organisms (MLOs) in European fruit trees by PCR using specific primers derived from the sequence of a chromosomal fragment of the apple proliferation MLO. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(8):2916-2923.
- KIRKPATRICK, B.C., Smart, C., Gardener, S., Gao, J.-L., Ahrens, U., M. Surer, R., Schneider, B., Daire, X., 1994. Phylogenetic relationship of plant pathogenic MLOs established by 16S/23S rDNA spacer sequences. *IOM Letters*, 3:228-229.
- KISON, H., Seemüller, E., 2001. Differences in strain virulence of the European stone fruits yellows phytoplasma and susceptibility of stone fruit trees on various rootstocks to this pathogen. *J. Phytopathol.* 149,553-541.
- LEE, I.M., Bertaccini, A., Vibio, M., Gundersen, D.E., 1995. Detection of multiple phytoplasmas in perennial fruit trees with decline symptoms in Italy. *Phytopathology*, 85(6):728-735.
- MARTINI M., Susuri L., Susuri H.Sh., Carraro L., 2006. First report of apple proliferation and pear decline phytoplasmas in Kosovo. *Journal of Plant Pathology*, 88(1):125. <http://www.agr.unipi.it/sipav/jpp/index.html>
- MUTTON, P., Boccalon, W., Bressan, S., Coassin, C., Colautti, M., Del Cont, B.D., Florean, A., Zuchiatti, D., Pavon, F., Mucignat, D., Frausin, C., Antoniazzi, P., Stefanelli, G., Villani, A., 2002. Legno nero della vite in vigneti di chardonnay del Friuli-venezia Giulia. *inf. fitopatol.* 1,52-59.
- NÉMETH, M., 1986. *Virus, Mycoplasma and Rickettsia Diseases of Fruit Trees*. Lancaster, Boston, USA/Dordrecht, Netherlands: M. Nijhoff Publishers, 841 pp.
- OSLER, R., Carro, L., Ermacord P., Ferrini, F., Loi, F., Loschi, A., Martini, M., Mutton, P.B., Refatti, E., Rougini, A., 2003. controversial practice to eradicate grape yellows caused by phytoplasmas. 14<sup>th</sup> Meeting of the international council for the study of virus-like diseases of the grape vine (ICGV). September 12-17, Locorotondo, Italy.
- SCHNEIDER H., 1970. Graft transmission and host range of pear decline causal agent, phytopathol. 60, 204-207.
- SEEMÜLLER E., 1990. Apple proliferation. In: *Compendium of apple and pear diseases*. St Paul, Minnesota, USA: American Phytopathological Society, 67-68.
- SEEMÜLLER E., Schneider B., 2004. 'Candidatus Phytoplasma mali', 'Candidatus Phytoplasma pyri' and 'Candidatus Phytoplasma prunorum', the causal agents of apple proliferation, pear decline and European stone fruit yellows, respectively. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54(4):1217-1266.
- SEEMÜLLER E., Schneider B, Mäurer R., Ahrens U., Daire X., Kison H., Lorenz K.H., Firrao G., Avinent L., Sears BB, Stackebrandt E., 1994. Phylogenetic classification of phytopathogenic mollicutes by sequence analysis of 16S ribosomal DNA. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 44(3):440-446
- SEIDL V, 1980. Some results of several years' study on apple proliferation disease. *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricp*, 15:241-245
- TEDESCHI R., Alama A., 2004. Transmission of apple proliferation phytoplasma by *Cacopsylla melanoneura* (Homoptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology*, 97(1):8-13.







# PUBLICACIONES 2017



**Agraria** está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).



**Universidad  
Autónoma Agraria  
Antonio Narro**

**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315,

Saltillo, Coah., México

E-mail: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx)

Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11



- 91** Descripción anatómica de estomas y tricomas foliares de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl (Amaranthaceae), proveniente de los municipios de Saltillo, Coah. y Lampazos de Naranjo, N.L., México  
Anatomical Description of Stomata and Trichomes in leaves of *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl (Amaranthaceae), from the municipios of Saltillo, Coah. and Lampazos de Naranjo, N.L., Mexico  
*José Francisco Rodríguez-Martínez, Samuel Valencia-Martínez, Laura María González-Méndez, Angélica Martínez-Ortiz*
- 97** Calidad nutricional y digestibilidad *in vitro* del nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (*Agave salmiana* Otto)  
Nutritional evaluation and *in vitro* digestibility of prickly pear cactus (*Opuntia rastrera*) and agave (*Agave salmiana* Otto)  
*Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez, Giovanni Octavio Aparicio-Gómez, Fernando Ruiz-Zarate, Ana Verónica Charles-Rodríguez*
- 105** Densidades de población y niveles de fertilización en la producción de grano de una variedad experimental de maíz amarillo  
Population densities and fertilization levels in grain yield of an experimental variety of yellow maize  
*Andrés Gustavo Rodríguez-Núñez, Norma Angélica Ruiz-Torres, Celestino Flores-López*
- 111** Evaluación de la calidad de la leche en vacas Holstein, al sustituir avena (*Avena sativa*) por triticale (*X triticosecalewittmack*)  
Evaluation of milk quality in Holstein cows, by substitution of avena (*Avena sativa*) by triticale (*X triticosecalewittmack*)  
*Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez, José Gilberto Muñoz-Martínez, Ana Verónica Charles-Rodríguez, Fabio Morales-Nuñez, Fernando Ruiz-Zarate*
- 117** Incidencia y severidad de escoba de bruja asociado a la proliferación de la manzana en *Rosaceas*  
Incidence and severity of witches' broom associated with the proliferation of apple in *Rosaceas*  
*Yolanda Isabel Hernández-Hernández, Abiel Sánchez-Arizpe, Ma. Elizabeth Galindo-Cepeda, Yisa María Ochoa-Fuentes, Alberto Flores-Olivas, Alejandro de la Cruz-Armas*

**Agraria** es una publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, creada para difundir resultados de investigación nacionales e internacionales, originales e inéditos, escritos en español e inglés, sobre temas relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias y forestales, incluyendo las áreas de ingeniería, agro industria, biotecnología y socioeconómicas. Estos materiales pueden ser artículos científicos, notas de investigación o ensayos científico. Los materiales que se envíen para su publicación deberán ceñirse a las normas editoriales y estarán sujetos a estricta revisión por pares, como requisito previo a su publicación.