



Agraria

Vol. 13, núm. 1, enero-abril, 2016 • ISSN 0186 8063



Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro





Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro, vol. 13, núm. 1, enero-abril, 2016.

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

Miguel A. Capó Arteaga

Editor Ejecutivo

Jesús Valdés Reyna

Editor Asociado

Víctor Manuel López González

EDITORES TÉCNICOS

Fitomejoramiento, Unidad Laguna

José Puente Manríquez

Riego y drenaje

Raúl Rodríguez García

Producción animal

Jesús M. Fuentes Rodríguez

Redacción científica en inglés

Érika Patricia Carrizales Ruiz

Edición

Delirio. Servicios Editoriales



Diseño y formación

Leticia Hernández

Cuidado de la edición

Anastasia Rodríguez

Fotografía de portada: Shutterstock

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

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. 13, núm. 1, enero-abril, 2016, 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 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 abril de 2016, y consta de 200 ejemplares.





CONTENIDO

PÁGINA

- 1** Formación y selección de genotipos sobresalientes de tomate en base a características de rendimiento y de calidad del fruto, en invernadero
Formation and selection of outstanding genotypes of tomato *Solanum lycopersicum* L. based on characteristics of yield and fruit quality, at greenhouse
Gabriela Ovando-Solís, Fernando Borrego-Escalante, Alfonso López-Benítez, Adalberto Benavides-Mendoza y María Margarita Murillo-Soto
- 7** Potencial genético y adaptación de poblaciones nativas de maíz del sureste de Coahuila, México
Genetic potential and adaptation of native maize populations southeast of Coahuila, Mexico
Lino César Espinosa-Tamayo, Froylán Rincón-Sánchez, Norma Angélica Ruiz-Torres, Juan Manuel Martínez-Reyna
- 15** Efecto dietas con desperdicio de comedor y cocina deshidratado sobre la grasa dorsal, peso corporal y rendimiento productivo de cerdas en gestación y lactación
Effect diets dining and dehydrated waste on kitchen backfat, body weight and yield of sows in gestation and lactation
Ernesto Díaz-Díaz, Ramón F. García-Castillo, Roberto García-Elizondo, Jaime Salinas-Chavira, Juan D. Hernández-Bustamante
- 21** Intensidades de aclareo y poda para el control del heno *Tillandsia recurvata*, en un bosque de *Pinus cembroides*
Intensities of thinning and pruning for the control of the Hay *Tillandsia recurvata*, in a forest of *Pinus cembroides*
Jorge David Flores-Flores, José Armando Nájera-Castro, Luis Mario Torres-Espinosa
- 27** Germinación de híbridos F1 de zacate buffel bajo salinidad por cloruro de sodio
Germination of F1 Buffelgrass hybrids under salinity by sodium chloride
Jorge Raúl González-Domínguez, Susana Gómez-Martínez y Carmen Vázquez-Neri

Formación y selección de genotipos sobresalientes de tomate en base a características de rendimiento y de calidad del fruto, en invernadero

Formation and selection of outstanding genotypes of tomato *Solanum lycopersicum* L. based on characteristics of yield and fruit quality, at greenhouse

Gabriela Ovando-Solís¹, Fernando Borrego-Escalante^{1*}, Alfonso López-Benítez¹, Adalberto Benavides-Mendoza² y María Margarita Murillo-Soto¹

¹Departamento de Fitomejoramiento, ²Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista. CP 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: fernando.borrego@uaaan.mx [*Autor responsable].

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue formar y seleccionar genotipos sobresalientes de tomate en cuanto a su rendimiento y contenido nutrimental, que se evaluaron en un ambiente de invernadero. Al inicio de la etapa de floración se realizó la formación de los materiales genéticos mediante cruza dirigidas, las cuales se llevaron a cabo durante los meses de febrero y marzo de 2013; la evaluación de las cruza y los progenitores se efectuó entre agosto de 2013 y enero de 2014, bajo un diseño de bloques completos al azar, el cual mostró diferencia ($p \leq 0.01$) en la fuente de variación GEN (genotipos) y en las siguientes variables: número de cortes (NC), peso promedio de fruto (PPF) y rendimiento en toneladas por hectárea (RNDTHA); para las variables fenológicas hubo diferencia ($p \leq 0.01$) en días a primer corte (DPC) y días en cosecha (DC); para contenido nutrimental, hubo diferencia ($p \leq 0.01$) para las variables de frutos, potencial de iones hidrógeno (pH), grados brix (BRX), vitamina C (VITC) y licopeno (LICOP). Las diferencias que se presentaron en las variables evaluadas indican que existe variabilidad genética entre los genotipos.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., contenido nutricional, fenológica.

ABSTRACT

The objective of the present work was to form and select outstanding tomato genotypes in terms of performance and nutrient content. The test environment was in the greenhouse, at the beginning of the flowering stage took place the formation of materials using directed crosses, which took place during the months of February to March 2013. The evaluation of the crosses and parents was conducted in the months of August 2013 to January 2014, under a randomized complete block design, which showed difference ($p \leq 0.01$) in performance to the source of variation in genotype related source of variation cuts number (NC), fruit mean weight (PPF) and yield in ton ha⁻¹ (RNDTHA) variables; for phenological variables was difference ($p \leq 0.01$) in variables days to first harvest (DPC) and days in harvest (DC); for nutrient content was difference ($p \leq 0.01$) in genotypes for hydrogen ion potential (pH), brix degrees (BRX), vitamin C (VITC) and lycopene (LICOP) variables. The differences presented in the evaluated variables prove that there is genetical variability in genotypes.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., nutritional content, phenological

INTRODUCCIÓN

Uno de los insumos de mayor costo en la producción de jitomate es el de la semilla híbrida, debido a que se obtiene mediante cruces de dos líneas con alta homocigosis; si se siembra la semilla F_2 , el rendimiento puede reducirse de 20% a 30% debido a la característica segregante que posee y la disminución del grado de dominancia. Una forma de reducir los costos de la semilla para la producción de tomate bajo invernadero, es mediante la identificación de híbridos de cruce doble que posean buenas características de rendimiento y calidad de fruto con resistencia a enfermedades (Mendoza-De Jesús *et al.*, 2010). El precio de la semilla mejorada limita que la utilicen pequeños y medianos agricultores.

En todo proceso de mejoramiento genético se deben conocer las características genéticas de las poblaciones, en términos de los caracteres métricos objeto del mejoramiento, sus variaciones por efectos ambientales, y por efectos génicos o genotípicos (Gaspar-Peralta *et al.*, 2012).

El productor de tomate que usa invernadero de baja tecnología carece de control de temperatura y de 30% a 40% de la producción, al no cumplir con los requisitos de calidad que requiere para su exportación; en estos casos, una alternativa es usar híbridos adaptados a esas condiciones de manejo y clima (Grijalva *et al.*, 2011).

El estudio sistemático y la evaluación del germoplasma son de gran importancia para el presente y futuro agronómico y mejoramiento genético del cultivo. Además, si en un programa de mejoramiento se está realizando la evaluación del germoplasma, es imprescindible comprender la base y el valor genético del germoplasma disponible (Reddy *et al.*, 2013).

El aporte nutricional es un atributo muy valorado por los consumidores, por lo que es importante incluirlo en el mejoramiento genético. El contenido de antioxidantes en el tomate, como el licopeno y las vitaminas A y C, ha sido objeto de muchos estudios para comprobar su eficacia contra la oxidación celular y en la prevención de algunas enfermedades como el cáncer; está reportado que la inclusión del licopeno en la dieta diaria –fresco o procesado– puede reducir la oxidación celular que ocasionan los radicales libres (Bermejo y Hidalgo-Correas, 2008; Choi *et al.*, 2014).

El objetivo de este trabajo fue formar y seleccionar genotipos sobresalientes de híbridos experimentales, cultivados bajo condiciones de invernadero, a partir de su comportamiento agronómico y de sus características de calidad en fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas: en la primera se llevó a cabo la formación de híbridos experimentales mediante cruces dirigidas, en el invernadero de Fisiotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) (25° 21' 19.29" LN; 101° 01' 49.07" LW, 1777 msnm), durante los meses de febrero y marzo de 2013; luego, en el invernadero, de agosto de 2013 a enero de 2014 se procedió a evaluar los materiales genéticos.

Para llevar a cabo este trabajo se utilizaron 44 genotipos, con 14 líneas progenitoras y 30 genotipos en F_1 .

Las variables agronómicas evaluadas fueron: días a primer corte (DPC), días en corte (DC), días a último corte (DUC), número de cortes (NC), peso promedio de frutos (PPF) rendimiento ($t\ ha^{-1}$), (RNDTHA) sólidos solubles en grados Brix (BRIX), licopeno ($mg/100g$) (LICOP) y vitamina C ($mg/100g$) (VITC).

Pruebas de rendimiento

El rendimiento de cada genotipo se calculó al finalizar el último corte: se sumó el peso de cada corte y el total resultante se dividió entre el número de frutos totales, para obtener así el peso promedio de los frutos de cada genotipo. Para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea, se multiplicó el rendimiento por planta por la densidad de la población, que fue de 37,537 plantas por hectárea.

Pruebas de contenido nutrimental

En el tercer corte se seleccionaron tres frutos de cada tratamiento. Se registraron uno por uno los tres frutos con genotipo, repetición y número. Cada uno de los frutos de cada genotipo se colocó en un vaso de precipitado y se le asignó un número; cada genotipo tenía tres vasos y cada uno de ellos representó una repetición, por lo que se tenían tres repeticiones por material. Posteriormente, cada uno de los tomates se picó y molió en su vaso respectivo, y los resultados que se obtuvieron se registraron en el libro de campo.

Determinación de índice refractométrico. Los sólidos solubles se determinaron con un refractómetro marca Atago modelo 1018.

Determinación de vitamina C. El contenido de vitamina C se determinó de acuerdo con lo propuesto por Chechetkin *et al.* (1984), los resultados se expresaron en $mg/100\ g$.

Determinación de licopeno. El licopeno se determinó de acuerdo con lo propuesto por Davis *et al.*

(2003), mediante un espectrofotómetro (Spectronic 21) con lectura de 502 nm. Los resultados se expresaron en mg/100 g.

Material experimental

El material experimental estuvo conformado por 44 genotipos, de los cuales 14 fueron líneas progenitoras y 30 híbridos F₁.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; la unidad experimental estuvo conformada de cinco plantas por genotipo, con una parcela útil de una planta con competencia completa. El análisis de los datos se llevó a cabo mediante el modelo estadístico (Steel & Torrie, 1980).

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación del *i*-ésimo genotipo en su *j*-ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

ε_{ij} = Efecto de la variabilidad no controlada, o error experimental.

En las variables en que se encontró diferencia estadística, se determinaron los mejores promedios con base en una prueba de diferencia de medias de Tukey (p ≤ 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa diferencia (p ≤ 0.01) en la fuente de variación genotipo, para las variables DPC y DC, lo cual indica que hay genotipos precoces y materiales que tuvieron diferencia en fructificación; para DUC no se encontró diferencia estadística; los materiales más precoces, de acuerdo con la prueba de medias fueron, con 95 días a primer corte: F3x(45x47), K3x(Y4xR1), Q3xL1, R1x(45x47), (45x47)xR1, PobTom5, PobTom7, PobTom8, y Y41x(Y4xR1) y el más tardío fue K3x(Q3xR1) con 121 días; para DC los genotipos con más días en fructificación fueron: F3x(45x47), K3x(Y4xR1), Q3xL1, R1x(45x47), (45x47)xR1, y PobTom5; en DUC todos los genotipos presentaron 159 días. Grijalva *et al.* (2011) reportan 94 días a primer corte, y un periodo de producción de 159 días, en invernadero de baja tecnología, en la región noroeste de Sonora.

En este experimento, los genotipos precoces fueron para plantas con hábito de crecimiento semi-indeterminado y determinado. De acuerdo con Bell *et al.* (2014), el hábito de crecimiento también es un aspecto importante en el tiempo de la primera cosecha, ya que las variedades de hábito de crecimiento determinado se pueden cosechar de forma más temprana que las de indeterminado; estos autores también afirman que las temperaturas nocturnas más bajas retrasan el crecimiento de las plantas y la maduración de los frutos. Con base en lo anterior, las bajas temperaturas que prevalecieron en el invernadero afectaron el tiempo de maduración de algunos genotipos, ya que este proceso está condicionado por una serie de reacciones bioquímicas controladas por enzimas, las cuales requieren temperaturas cálidas para poder actuar.

Cuadro 1. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.

FV	GL	DPC	DC	DUC
REP	2	3.280	8.053	1.848
GEN	43	228.644**	220.825**	5.019
ERROR	86	10.567	16.068	5.569
CV (%)		2.938	8.361	1.488
MEDIA		110.621	47.939	158.5606
MAX		121.333	64.000	159.000
MIN		95.000	37.667	153.000

**Nivel de probabilidad de 0.01, *Nivel de probabilidad de 0.05, DPC [Días a primer corte], DC [días en cosecha], DUC [días al último corte], GL [grados de libertad], FV [fuente de variación], REP [repeticiones], GEN [genotipos], CV [coeficiente de variación], MAX [valor máximo], MIN [valor mínimo].

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios para las variables de rendimiento, y se observan diferencias (p ≤ 0.01) para la fuente de variación genotipo en las variables NC, PPF y RNDTHA, lo cual indica amplia variabilidad entre los genotipos. En NC, los genotipos de valor más alto fueron PobTom5, PobTom8 y (45x47)xR1, con una media de

6.0 cortes; los más bajos fueron Q3, Y533, (45x47) x(S1xL1) y CBxTq, con una media de 4.33 cortes. En PPF, el genotipo K3x(Q3xR1) obtuvo la media más alta con 149.06 g, y con la media más baja Y4xQ3 con 50.01 g. La línea F₃ obtuvo mayor rendimiento, con una media de 122.82 t ha⁻¹, mientras que el más bajo fue Y533, con 44.87 t ha⁻¹.

Cuadro 2. Análisis de varianza [cuadrados medios] para cuatro variables de rendimiento de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila. 2014.

FV	GL	NC	PPF	RNDTHA
REP	2	0.007	94.017	221.911
GEN	43	0.588**	1887.523**	801.870**
ERROR	86	0.193	240.679	372.213
CV (%)		8.773	17.169	24.372
MEDIA		5.015	90.358	79.157
MAX		6.000	149.06	122.82
MIN		4.333	50.01	44.87

**Nivel de probabilidad de 0.01, *Nivel de probabilidad de 0.05, NC (número de cortes), PPF (peso promedio de frutos), RNDTHA (rendimiento en toneladas por hectárea, GL (grados de libertad), FV (fuente de variación), Rep [Repeticiones], GEN [genotipos], CV [coeficiente de variación], MAX (valor máximo), MIN (valor mínimo).

La diferencia significativa presente en las fuentes de variación, repetición y genotipo es debida a los cambios de humedad y temperatura que se presentan dentro del invernadero y a la diferencia en la información genética que regula las actividades metabólicas de los genotipos.

Leyva *et al.* (2013) mencionan que el rendimiento se asocia con mayor productividad (número de frutos por planta) y tamaño del fruto. El número de cortes depende del manejo en el cultivo, condiciones climáticas durante su ciclo de cultivo, del hábito de crecimiento y sanidad en las plantas.

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza para las variables de contenido nutrimental. La fuente de variación genotipo presentó diferencias ($p \leq 0.01$) para las cuatro variables. En pH, el valor más alto para el genotipo PobTom6 con 5.3, el más bajo fue para Q3x(45x47) con 2.433; en la variable BRIX, el genotipo Y4x(45xTq) obtuvo el mayor valor con una media de 5.206, y el L1 obtuvo el valor más bajo con 3.266; en la variable VITC, el genotipo con mayor contenido lo obtuvo (45x47) xF3, con 23.118 mg/100 g, y el de menor contenido fue para PobTom9, con 10.091 mg/100g. En la variable LICOP, el genotipo con mayor contenido fue Y4x(45xTq), con 5.979, y el Q3xL1 fue el de menor contenido, con 0.385.

Mazuela *et al.* (2010) encontraron que, en relación con la calidad de los frutos, al cultivar tomate cherry en un invernadero de baja tecnología aumen-

Cuadro 3. Análisis de varianza [cuadrados medios] para cuatro variables de nutricionales de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila. 2014.

FV	GL	pH	BRIX	VITC	LICOP
REP	2	0.0100	0.741	1.778	0.702
GEN	43	0.575**	0.649**	28.724**	6.128**
ERROR	86	0.026	0.107**	4.592	2.366
CV (%)		3.311	7.636	13.577	66.441
MEDIA		4.937	4.284	15.783	2.315
MAX		5.300	5.206	23.118	5.979
MIN		2.433	3.266	10.091	0.385

**Nivel de probabilidad de 0.01, *Nivel de probabilidad de 0.05, pH (potencial de iones de hidrógeno), BRIX (grados Brix), VITC (vitamina C), LICOP (licopeno), GL (grados de libertad), FV (fuente de variación), REP (repeticiones), GEN (genotipos), CV (coeficiente de variación), MAX (valor máximo), MIN (valor mínimo).

tan tanto los sólidos solubles como el porcentaje de materia seca, aunque sugieren susceptibilidad a las condiciones ambientales de este tipo de invernadero.

El contenido de licopeno presente en los frutos de tomate depende de las condiciones de crecimiento, época de cosecha, grado de madurez del fruto al momento del corte (Gaspar-Peralta *et al.*, 2012).

Los factores ambientales más importantes que influyen en el contenido nutricional del tomate son la luz y la temperatura. Leyva *et al.* (2013) mencionan que los fitonutrientes como la vitamina C, carotenoides y fenoles en el fruto de tomate son fuertemente afectados por la intensidad, duración y calidad de la luz.

Selección de genotipos promisorios

La selección de genotipos se realizó de acuerdo con el análisis estadístico de medias.

Precocidad

F3x(45x47), K3x(Y4xR1), Q3xL1, R1x(45x47), PobTom5, PobTom7, PobTom8, Y41x(Y4xR1), por ser estadísticamente diferente a los otros genotipos.

Rendimiento

Con base en el análisis de medias, los materiales tuvieron un comportamiento estadísticamente igual; las líneas progenitoras y las cruzas presentan un rendimiento semejante.

Contenido nutrimental

Todos los genotipos presentan un contenido de sólidos solubles dentro del rango aceptable para su consumo: se eligieron los materiales que están por arriba de la media que fue de 4.28, que son el 77.2% del total de genotipos; para contenido de vitamina C, los genotipos elegidos fueron: (45x47)xF3, PobTom6, Y4x(45xTq) y 45x47; para contenido de licopeno se eligieron 50% del total de genotipos, debido a que obtuvieron una concentración de licopeno por arriba de la media, que fue de 2.315 mg/100g

CONCLUSIÓN

Con base en los resultados encontrados en este trabajo, se concluye que existen materiales promisorios con los cuales se pueden continuar trabajos de mejoramiento, además de que es importante realizar más estudios que complementen a los ya realizados con estos materiales, para que se evalúen en otros am-

bientes y poder liberar una variedad sintética para las regiones áridas de Coahuila. La selección de materiales desarrollados en condiciones ambientales extremas permitirá obtener progenitores y progenies con buen desempeño, aun sin contar con un alto presupuesto, para darles las condiciones semejantes a las que exigen los híbridos comerciales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realizó gracias al apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), y al programa de Posgrado de Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

BIBLIOGRAFÍA

- BELL, N., Detweiler, A. J., Noordijk, H., & Bubl, C. 2014. Cultive sus propios tomates y tomatillos. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University (pp. 1-14).
- BERMEJO, V. T. & Hidalgo-Correas, E. J. 2008. Antioxidants as cancer therapies. In: Functional Foods and Nutraceutical in Cancer Prevention. R. R. Watson (ed.). Iowa State Press, a Blackwell Publishing Company. USA.
- CHOI, S. K., D. S. Kim, Kozukue, N., Kim, H-J., Nishitani, Y., Mizuno, M., Levin, C. E. & Friedman M. 2014. Protein, free amino acid, phenolic, β -carotene, and lycopene content and antioxidative and cancer cell inhibitory effects of 12 greenhouse-grown commercial cherry tomato varieties. *Journal of Food Composition and Analysis* 34(2), 115-127.
- CHECHETKIN, A. V., Vornianski, V. I., & Pokusy, G. G. 1984. Prácticas de bioquímica del ganado y aves de corral. (E. M. Moscú., Ed.) (p. 55).
- DAVIS, A. R., Fish, W. W., & Perkins-Veazie, P. 2003. A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato products. *Postharvest Biology and Technology*, 28(3), 425-430. doi: 10.1016/S0925-5214(02)00203-X
- GASPAR-PERALTA, P., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., & Pérez-León, I. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Phyton*, 81, 15-22.
- GRIJALVA CONTRERAS, R. L., Macías Duarte, R., & Robles Contreras, F. 2011. Comportamiento de híbridos de tomate bola en invernadero bajo condiciones desérticas

- cas del noroeste de Sonora. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 675-682.
- LEYVA, R., Constán-Aguilar, C., Blasco, B., Sánchez-Rodríguez, E., Romero, L., Soriano, T., & Ruíz, J. M. 2013. Effects of climatic control on tomato yield and nutritional quality in Mediterranean greenhouse. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 63-70. doi: 10.1002/jsfa.6191
- MAZUELA, P., Acuña, L., Álvarez, M., & Fuentes, Á. 2010. Producción y calidad de un tomate cherry en dos tipos de invernadero en cultivo sin suelo. *IDESIA (Chile)*, 28(2), 97-100.
- MENDOZA-DE JESÚS, V., Sahagún-Castellanos, J., Rodríguez-Pérez, J. E., Legaria-Solano, J. P., Peña-Lomelí, A., & Pérez-Grajales, M. 2010. Heterosis intervarietal en jitomate de crecimiento indeterminado tipo saladete. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 16(1), 57-66.
- REDDY, B. R., Begum, H., Sunil, N., & Reddy, M. T. 2013. Genetic divergence studies in exotic collections of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Agricultural Sciences*, 9(2), 588-592.
- STEEL, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill Ed. (p. 481).

Potencial genético y adaptación de poblaciones nativas de maíz del sureste de Coahuila, México

Genetic potential and adaptation of native maize populations southeast of Coahuila, Mexico

Lino César Espinosa-Tamayo^{1*}, Froylán Rincón-Sánchez²,
Norma Angélica Ruiz-Torres³, Juan Manuel Martínez-Reyna²

¹Estudiante de Maestría en Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, CP 25315. Saltillo, Coah., México. Tel. (844) 4110220. E. mail: linocesaret@hotmail.com (Autor responsable*). ²Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN. ³Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS), UAAAN.

RESUMEN

El sureste del estado de Coahuila cuenta con una gran diversidad genética de maíces. El conocimiento de esta variación puede ser útil para el mejoramiento genético de estos cereales. Los objetivos del presente trabajo fueron: determinar el comportamiento agronómico y potencial de rendimiento de 63 poblaciones de maíz del sureste de Coahuila, y establecer el área de adaptación y potencial de selección para las condiciones del sureste de Coahuila. La evaluación agronómica de las 63 poblaciones y siete testigos incluidos en el estudio (Primavera-Verano 2013), se llevó a cabo en tres localidades: El Mezquite, Galeana, N. L. (1910 msnm), General Cepeda, Coah. (1457 msnm) y en Jagüey de Ferniza, Saltillo, Coah. (2100 msnm). Los resultados mostraron diferencias ($P \leq 0.01$) entre localidades, genotipos y en la interacción genotipos x localidad para los caracteres evaluados. Al comparar poblaciones vs testigos, también hubo diferencias ($P \leq 0.01$) entre las poblaciones, los testigos, y en la floración masculina y el rendimiento de grano. El análisis de la interacción genotipo x ambiente permitió identificar tres grupos de genotipos según su adaptación: el primero con 29 genotipos (41.43%), con adaptación a El Mezquite; el segundo con 24 (34.29%), que se adapta a General Cepeda, y el tercero con 17 (24.28%), considerado estable a través de ambientes. Las poblaciones 38_T, 52_T, 54_T, 13_R y 40_R tuvieron rendimientos similares a los mejores testigos mejorados. Además de la adaptación específica de las poblaciones a las localidades, se identificaron cuatro poblaciones: 28_CN, 27_CN, 59_TN y 56_R con buen potencial de rendimiento y estables a través de ambientes; las poblaciones 52_T, 54_T, 55_T, 33_E0 y 35_R con buen potencial de rendimiento en valles altos, y las poblaciones 4_EC, 17_EC, 48_CN y 7_CN que prosperan satisfactoriamente en la localidad intermedia.

Palabras clave: *Zea mays* L., poblaciones nativas, sureste de Coahuila, rendimiento de grano.

ABSTRACT

The southeast of the state of Coahuila has a high genetic diversity of maize. Knowledge of this genetic variation may be useful for plant breeding. The objectives of this research work were to determine the agronomic performance and yield potential of 63 maize populations of the southeast of Coahuila and to determine the area of adaptation and potential selection for the conditions of the southeast of Coahuila, Mexico. The agronomic evaluation of the 63 populations and seven checks included in the study (Spring-Summer 2013), was carried out in three environments: in El Mezquite, Galeana, N. L. (1910 msnm), General Cepeda, Coah. (1457 msnm), and in Jagüey de Ferniza, Saltillo, Coah. (2100 msnm). The results showed differences ($P \leq 0.01$) among locations, genotypes and the genotype x location interaction for the traits evaluated. Also, among populations, checks and the populations vs checks comparison, there were differences ($P \leq 0.01$) in male flowering and yield grain. The analysis of the genotype x environment interaction identified three genotype groups according to their adaptation: the first with 29 genotypes (41.43%) with adaptation to El Mezquite. The second group with adaptation to General Cepeda, with 24 genotypes (34.29%), and third group with 17 genotypes (24.28%), were considered stable across the two environments. The 38_T, 52_T, 54_T, 13_R and 40_R populations had similar yields to the best improved checks. Besides to specific adaptation of populations to locations, were identified four populations (28_CN, 27_CN, 59_TN and 56_R) with good yield potential and stable across environments. The 52_T, 54_T, 55_T, 33_E0 and 35_R populations with good yield potential in high valleys; and 4_EC, 17_EC, 48_CN and 7_CN, populations, thrive well in the intermediate location.

Keys Words: *Zea mays* L., native populations, southeast of Coahuila, grain yield.

INTRODUCCIÓN

México es considerado centro de origen y uno de los principales centros de diversificación del maíz (Kato *et al.*, 2009), además de uno de los últimos reservorios genéticos de esta gramínea para la humanidad (Bellon y Berthaud, 2004). El maíz juega un papel central en la agricultura de todas las culturas indígenas mexicanas, debido a su amplia adaptación a distintos ambientes, su tolerancia a plagas y enfermedades, y a sus diversos usos, ya sea como alimento o forraje (Paliwal, 2001; Kato *et al.*, 2009).

La variación genética en los centros de diversidad ha sido de fundamental importancia para conservar y mejorar la productividad de los cultivos agrícolas en los países en desarrollo, caracterizados por agrocimas variados y ambientes heterogéneos (Clawson, 1985). Gran parte de la diversidad genética del maíz nativo de México se encuentra en los campos agrícolas en forma de variedades criollas (Herrera *et al.*, 2000). Con la colecta y estudio de los maíces criollos mexicanos se busca básicamente contar con fuentes de germoplasma para mejoramiento genético, entender la agricultura mexicana de autoconsumo y sus cultivares en diferentes regiones del país (Hernández y Esquivel, 2004). La evaluación de la diversidad de maíces nativos es importante para el planteamiento de estrategias de conservación, caracterización y uso de germoplasma en el mejoramiento genético (González *et al.*, 2013).

De la diversidad genética del maíz en México, sólo una pequeña fracción se ha utilizado en programas de mejoramiento, y corresponden a cuatro razas: Cónico, Chalqueño, Tuxpeño y Celaya; otras, como Bolita y Cónico norteño, han tenido un uso limitado (Márquez, 2005). En el estado de Coahuila, la diversidad del maíz está conformada por siete grupos raciales: Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño, de los cuales Cónico Norteño (21.1%), Ratón (26.7%) y Tuxpeño Norteño (20%) son los de mayor importancia en términos de la distribución y siembra (Rincón *et al.*, 2010).

En el sureste del estado de Coahuila: Arteaga, General Cepeda, Parras, Ramos Arizpe y Saltillo, la superficie de maíz para grano que se sembró en 2013 fue de 25.98 mil ha (81.23% del total de superficie sembrada en Coahuila), de la cual 94.84% se estableció bajo condiciones de temporal o seco, y tuvo un rendimiento promedio de 0.69 t ha⁻¹ (SAGARPA-SIAP,

2013). Debido a la importancia de las siembras de temporal o seco y a la diversidad genética de maíces existentes en el sureste de Coahuila, el presente trabajo se realizó con los siguientes objetivos: determinar el comportamiento agronómico y potencial de rendimiento de 63 poblaciones de maíz y establecer el área de adaptación y potencial de selección para las condiciones en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio, que se realizó en el ciclo de Primavera-Verano 2013, se utilizó material genético de 63 poblaciones nativas de maíz adaptadas al sureste de Coahuila: Ramos Arizpe, Arteaga, Saltillo, General Cepeda y Parras, que son representativas de ocho grupos raciales (Cuadro 1).

En el estudio se incluyeron siete materiales genéticos como testigos, los cuales cuentan con variación

Cuadro 1. Grupos raciales identificados en las 63 poblaciones representativas de los maíces del sureste de Coahuila.

Grupo racial	Frecuencia
Celaya	3
Cónico Norteño	22
Cónico Norteño x Charqueño	1
Cónico Norteño x Elotes Cónicos	2
Cónico Norteño x Ratón	1
Elotes Cónicos	3
Elotes Cónicos x Ratón	1
Elotes Occidentales	1
Olotillo	1
Olotillo x Ratón	2
Ratón	13
Ratón x Elotes Cónicos	1
Ratón x Tuxpeño	2
Tuxpeño	3
Tuxpeño Norteño	4
Tuxpeño x Celaya	2
Tuxpeño x Ratón	1
Total	63

en madurez y tipo de grano: una variedad experimental (POBAM), dos variedades mejoradas (VAN210 y JAGUAN) y cuatro variedades sintéticas desarrolladas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (6221, 6222, Pool31 y Pool32). La evaluación agronómica de las 63 poblaciones y los siete testigos se llevaron a cabo en tres localidades: El Mezquite (1910 msnm; 25° 05' 22" LN; 100° 42' 31" LO) y General Cepeda (1457 msnm; 25° 23' 00.91" LN; 101° 27' 15.3" LO), bajo condiciones de riego, y en Jagüey de Ferniza (2100 msnm; 25° 14' 03.5" LN; 100° 59' 47.0" LO) bajo condiciones de temporal. Las poblaciones se establecieron en un diseño de bloques incompletos 10 × 7 con arreglo α -látice (0,1) (Barreto *et al.*, 1997), con dos repeticiones por localidad.

En General Cepeda, las dos repeticiones fueron establecidas en dos fechas de siembra. La unidad experimental constó de dos surcos de cuatro m de largo, con una distancia entre plantas de 0.2 m y entre surcos de 0.85 m en General Cepeda, y Jagüey de Ferniza, y de 0.92 m en El Mezquite. La densidad de siembra en General Cepeda y Jagüey de Ferniza fue de 58,823 plantas ha⁻¹ y en El Mezquite de 54,347 plantas ha⁻¹. Se sembraron 30 semillas por surco, para posteriormente dejar 42 plantas por unidad experimental (21 plantas por surco). El diseño experimental fue generado a través del programa de cómputo CropStat (IRRI, 2007). Las variables evaluadas en el presente estudio fueron: floración masculina (d) y rendimiento de grano, ajustado al 15% de humedad (t ha⁻¹).

Cabe mencionar que en la localidad Jagüey de Ferniza únicamente se pudo tomar la variable floración masculina, debido a la pérdida del experimento a causa de una tormenta. La evaluación agronómica se realizó mediante un análisis de varianza (SAS Institute, 2004) para probar los efectos de los genotipos y la interacción con las localidades de evaluación. En el análisis de varianza, las localidades, los genotipos y la interacción genotipos x localidades se consideraron como efectos fijos; el resto de los efectos del modelo fueron considerados aleatorios. Para obtener una mejor precisión en la prueba de hipótesis del análisis de varianza, se realizó la descomposición de suma de cuadrados de los genotipos (suma de cuadrados de poblaciones, testigos, poblaciones vs testigos) y en la interacción genotipos x localidad [(poblaciones x localidad, testigos por localidad y (poblaciones vs testigos) x localidad)]. Los datos de repeticiones y localidades (MEZ1, MEZ2, GC1 y GC2) se utilizaron para realizar el análisis de la interacción genotipos x ambiente. El análisis de la interacción genotipos x

ambiente se realizó mediante el gráfico de dispersión del análisis de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI), correspondiente al modelo propuesto por Zobel *et al.* (1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias ($P \leq 0.01$) entre localidades, genotipos y genotipos x localidades para floración masculina y rendimiento de grano (Cuadro 2). Las diferencias detectadas entre localidades indican un efecto de las condiciones ambientales en la expresión fenotípica de estos caracteres.

Con el propósito de analizar las causas de las diferencias existentes en los genotipos, se llevó a cabo la descomposición de la suma de cuadrados de los genotipos, donde las poblaciones, los testigos y la comparación poblaciones vs testigos, mostraron diferencias ($P \leq 0.01$) en los caracteres evaluados (Cuadro 2). Lo anterior era de esperarse, ya que las 63 poblaciones comprendidas en el estudio pertenecen a diferentes grupos raciales y a una procedencia distinta; mientras que una explicación respecto a las diferencias entre los testigos, es que éstos cuentan con variación en madurez y tipo de grano, que corresponden a diferentes ciclos vegetativos y, además, cuentan con variación en su constitución genética. Las diferencias encontradas en la comparación de poblaciones vs testigos se deben, principalmente, a los efectos de selección, ya que se están comparando las poblaciones criollas con los materiales mejorados.

Para los efectos de interacción genotipos x localidad hubo significancia ($P \leq 0.01$) en floración masculina y rendimiento de grano (Cuadro 2); en otras palabras, en los diferentes ambientes al menos uno de los genotipos presentó un comportamiento agronómico diferente en la expresión de estos caracteres. De acuerdo con la descomposición de suma de cuadrados de genotipos x localidad, las diferencias en rendimiento de grano se deben a las diferencias encontradas en la interacción de las poblaciones x localidad (Cuadro 2). Las diferencias ($P \leq 0.01$) detectadas en la interacción poblaciones x localidad en floración masculina, indican un comportamiento diferente de las poblaciones en los caracteres de madurez en las localidades comprendidas en el estudio, debido a las condiciones de temperatura y fotoperiodo donde se desarrollaron las poblaciones. Al respecto, Andrade *et al.* (1996) mencionan que con un aumento de temperatura de 15 a 20°C, el inicio de la floración masculina

Cuadro 2. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de nutricionales de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila. 2014.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Floración masculina (d)	Grados de libertad	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)
Localidades (Loc)	2	29,136.20 **	1	644.94 **
Repeticiones (Rep)/Loc	3	369.74 **	2	114.73 **
Bloques/Loc x Rep	36	12.71 **	24	1.78
Genotipos (Gen)	69	345.66 **	69	5.64 **
Poblaciones (Pob)	62	325.30 **	62	4.66 **
Testigos (Tes)	6	494.50 **	6	11.05 **
Pob vs Tes	1	429.34 **	1	26.29 **
Gen x Loc	138	23.08 **	69	3.10 **
Pob x Loc	124	22.36 **	62	3.24 **
Tes x Loc	12	21.19 **	6	1.30
(Pob vs Tes) x Loc	2	67.56 **	1	4.82
Error	171	6.21	114	1.81
	CV (%)	2.93		22.31

**= Significativo al 0.01 de probabilidad; CV (%) = Coeficiente de variación.

se acelera, mientras que a temperaturas menores de 15°C, el espigamiento se retrasa. En la interacción testigos x localidad únicamente se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) en floración masculina (Cuadro 2), lo cual se explica porque, en la evaluación, los testigos fueron sometidos a programas de mejoramiento genético para diferentes áreas ecológicas.

Con base en el rendimiento de grano a través de ambientes (GC1, GC2, MEZ1 y MEZ2), se identificaron a las mejores 25 poblaciones, en referencia a los siete testigos (Cuadro 3). Las 25 poblaciones con mayor rendimiento de grano corresponden principalmente a las razas Ratón (nueve poblaciones), Tuxpeño (seis poblaciones), cuatro poblaciones de la raza Tuxpeño Norteño, dos poblaciones de la raza Cónico Norteño; y una población de las razas Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Celaya y Olotillo, respectivamente (Cuadro 3). En un ensayo de evaluación de materiales nativos de Coahuila, Nájera *et al.* (2010) también identificaron a las razas ratón, tuxpeño y tuxpeño norteño como las de mayor potencial de rendimiento. Diecinueve de las poblaciones evaluadas (30.1%) mostraron un potencial de rendimiento superior a

través de los ambientes de evaluación, de acuerdo con el criterio ($\mu + 2$ EE), y cinco de ellas: 13_R, 38_T, 52_T, 40_R y 54_T, con rendimiento similar a los mejores testigos (6222, POOL31 y 6221).

El comportamiento promedio superior a través de ambientes de las poblaciones de maíz con diferente grupo racial, así como la identificación de poblaciones con rendimiento aceptable en los cuatro ambientes, muestra el potencial genético de las poblaciones nativas y su importancia en la selección. En lo correspondiente a la madurez (floración masculina) que presentaron las 25 poblaciones con mayor rendimiento de grano, doce de éstas fueron también las más tardías dentro de los cuatro ambientes de evaluación (Cuadro 3). En el Cuadro 3 se puede notar que los cuatro ambientes en las localidades General Cepeda y El Mezquite tuvieron un efecto en la madurez de las poblaciones, con una diferencia promedio de 20 días entre las dos localidades. Por otro lado, respecto a la madurez que presentaron los testigos a través de los ambientes de evaluación: JAGUAN, POBAM y VAN210 fueron los más precoces y los que presentaron el menor rendimiento de grano (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de rendimiento de grano y floración masculina de las 25 poblaciones superiores y los testigos en la evaluación agronómica, en 2013.

Población†	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)					Floración masculina (d)			
	Promedio	GC1	GC2	MEZ1	MEZ2	GC1	GC2	MEZ1	MEZ2
13_R	8.46 *	5.09 *	8.14 *	11.71 *	8.89	70.0 *	65.0	89.0	94.0
38_T	8.22 *	7.53 *	10.18 *	8.23	6.92	73.0 *	68.0	103.0 *	103.0 *
52_T	8.21 *	2.63	8.09 *	13.41 *	8.73 *	79.0 *	79.0 *	103.0 *	110.0 *
40_R	8.06 *	3.88	9.70 *	7.83	10.84 *	77.0 *	80.0 *	105.0 *	107.0 *
54_T	7.89 *	4.13 *	5.91 *	11.79 *	9.71 *	74.0 *	75.0 *	102.0 *	112.0 *
34_TN	7.72 *	6.42 *	7.61 *	8.52	8.35 *	83.0 *	81.0 *	83.0	116.0 *
45_R	7.56 *	4.65 *	6.62 *	11.16 *	7.80 *	68.0	69.0	94.0 *	103.0 *
49_T	7.47 *	8.13 *	7.65 *	6.96	7.14 *	72.0 *	72.0 *	98.0 *	108.0 *
17_EC	7.42 *	5.80 *	7.41 *	8.98 *	7.48 *	72.0 *	69.0	86.0	101.0 *
39_R	6.93 *	5.36 *	6.30 *	9.10 *	6.97	77.0 *	80.0 *	108.0 *	116.0 *
16_T	6.90 *	6.43 *	7.24 *	8.83 *	5.09	70.0 *	67.0	96.0 *	103.0 *
2_R	6.87 *	4.98 *	6.99 *	8.75	6.75	72.0 *	71.0 *	98.0 *	101.0 *
18_TN	6.86 *	1.67	9.25 *	10.05 *	6.48	69.0	68.0	96.0 *	103.0 *
33_EO	6.82 *	2.36	6.20 *	9.92 *	8.82 *	72.0 *	72.0 *	94.0 *	94.0
59_TN	6.73 *	3.31	8.22 *	8.23	7.16 *	76.0 *	75.0 *	108.0 *	116.0 *
23_C	6.58 *	5.25 *	5.02 *	9.51 *	6.56	68.0	73.0 *	94.0 *	100.0 *
56_R	6.55 *	3.83	5.63 *	9.75 *	6.99	76.0 *	75.0 *	101.0 *	103.0 *
55_T	6.53 *	0.80	7.23 *	10.30 *	7.78 *	74.0 *	71.0 *	101.0 *	103.0 *
15_R	6.49 *	5.35 *	7.31 *	7.98	5.30	72.0 *	73.0 *	98.0 *	103.0 *
11_R	6.43	2.64	6.65 *	8.73	7.68 *	72.0 *	72.0 *	96.0 *	102.0 *
1_O	6.31	5.94 *	5.88 *	7.55	5.85	65.0	69.0	91.0	98.0
8_CN	6.21	1.18	4.75 *	11.08 *	7.82 *	66.0	69.0	85.0	91.0
35_R	6.19	1.54	5.08 *	10.03 *	8.10 *	79.0 *	73.0 *	101.0 *	105.0 *
9_TN	6.18	3.42	4.74 *	10.14 *	6.43	70.0 *	69.0	96.0 *	103.0 *
43_CN	6.10	2.52	4.84 *	10.40 *	6.65	63.0	62.0	81.0	88.0
Testigos									
6222	8.60 *	7.10 *	8.98 *	10.10 *	8.20 *	79.0 *	73.0 *	105.0 *	110.0 *
POOL31	8.58 *	8.38 *	7.51 *	11.39 *	7.02	72.0 *	72.0 *	102.0 *	107.0 *
6221	8.33 *	7.31 *	8.47 *	8.48	9.07 *	76.0 *	75.0 *	108.0 *	116.0 *
POOL32	7.63 *	5.74 *	5.89 *	11.87 *	7.04	70.0 *	72.0 *	96.0 *	102.0 *
POBAM	7.62 *	5.68 *	7.37 *	9.66 *	7.76 *	68.0	65.0	91.0	100.0 *
JAGUAN	5.89	2.53	5.60 *	9.26 *	6.19	64.0	66.0	89.0	93.0
VAN210	4.22	0.78	4.90 *	6.98	4.20	58.0	57.0	76.0	81.0
Media	6.03	3.50	5.53	8.33	6.77	68.21	68.60	90.74	96.33
EE	0.22	0.24	0.23	0.23	0.18	0.69	0.63	1.04	1.16
Máximo	8.60	8.38	10.18	13.41	10.84	83.0	81.0	108.0	116.0
Mínimo	4.22	0.77	1.53	4.43	2.55	56.0	57.0	76.0	81.0

* GC1 y GC2 = General Cepeda rep 1 y 2; MEZ1 y MEZ2 = Mezquite rep 1 y 2; * = Valores superiores a la $\mu + 2$ veces el error estándar; EE= Error estándar; † La descripción corresponde al número de entrada asignado y el indicador del grupo racial: C= Celaya; R= Ratón; T= Tuxpeño; TN= Tuxpeño Norteño; EC= Elotes Cónicos; EO= Elotes Occidentales; O= Olotillo.

Interacción de genotipos por ambiente

El modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) es útil para interpretar gráficamente la respuesta de los genotipos, de los ambientes y de la interacción genotipo x ambiente (Zobel *et al.*, 1988). Según este modelo, la respuesta de interacción de las poblaciones x ambientes de evaluación, puede ser útil para identificar a las poblaciones con adaptación específica a las condiciones de las localidades incluidas en el estudio.

En este análisis, el componente principal uno (CP1) y los efectos principales lograron una explicación de 87.1% respecto al rendimiento, que corresponde al 73.8% del fenotipo y 13.4% de la variación del primer componente principal de la interacción genotipo x ambiente. De esta manera se pueden identificar los genotipos con mayor rendimiento promedio y los de menor rendimiento promedio, lo mismo que el grupo de genotipos con adaptación a El Mezquite y el grupo de genotipos con adaptación a General Cepeda.

Para identificar a un grupo de genotipos con adaptación promedio a las dos localidades, que corresponde a una interpretación de la estabilidad de genotipos a través de ambientes, se usó como criterio de rango $-0.35 \leq 0 \leq 0.35$ del CP1 (Yan y Tinker, 2006). Los genotipos con mayor rendimiento se obtuvieron en la localidad El Mezquite, luego en la de General Cepeda 2 y, finalmente, en la de General Cepeda. 1.

De acuerdo con los tres grupos de genotipos, del primero se adaptaron 29 a El Mezquite, que representan 41.43%; del segundo 24 a General Cepeda, que representa 34.29% y del tercero 17, los cuales fueron considerados como estables en las dos localidades y representan 24.28%.

Por otro lado, en la localidad El Mezquite, las razas predominantes fueron: Cónico Norteño (44.83%) y Ratón (17.24%). Según lo anterior, Wellhausen *et al.* (1951) mencionan que el maíz Cónico Norteño se ha encontrado cultivado de 1,600 a 2100 msnm, aun cuando se adapta mejor a los lugares de esa zona cuya altura varía de 1800 a 2000 msnm, como es el caso de El Mezquite (1910 msnm).

Las razas predominantes en General Cepeda fueron: Ratón con 37.5 %, Cónico Norteño y Tuxpeño con un 12.50 %, respectivamente. Por lo anterior, cabe mencionar que la raza tuxpeño se cultiva desde el nivel del mar hasta los 500 msnm (Wellhausen *et al.*, 1951); sin embargo, las poblaciones 38, 49 y 16 de esta raza se adaptaron a General Cepeda, localidad que está ubicada a 1457 msnm, por

lo cual representan una alternativa para la incursión de nuevos materiales en esta área de estudio, con buenas características agronómicas para satisfacer las necesidades de producción de la región.

En el grupo de genotipos estables las razas predominantes fueron: Cónico Norteño (diez poblaciones), Ratón y Celaya con dos poblaciones, respectivamente. En lo que respecta a rendimiento de grano (Cuadro 3) en cada localidad, las poblaciones con mayor rendimiento en El Mezquite, fueron: las poblaciones 52, 54 (Tuxpeño) y 18 (Tuxpeño Norteño). Según Ortega, (1985) la distribución de la raza Tuxpeño Norteño se encuentra en regiones ubicadas por debajo de los 1400 metros; sin embargo, la población 18 de esta raza fue una de las poblaciones con mayor rendimiento y se adaptó a El Mezquite, por lo que es una población potencial para los agricultores de esta localidad.

Además, es importante señalar el comportamiento de las poblaciones 55_T, 35_R y 32_C con adaptación a áreas intermedias en la localidad de El Mezquite, las cuales pueden ser una alternativa para el mejoramiento genético. En sentido contrario, las poblaciones 38, 49 (Tuxpeño), 34 (Tuxpeño Norteño) y 17 (Elotes Cónicos) tuvieron el mayor rendimiento en General Cepeda. Destaca en este grupo la población 17 (elotes cónicos), la cual es una raza de valles altos, ya que tuvo una respuesta satisfactoria en localidades intermedias. Dentro de las poblaciones consideradas como estables, las de mayor rendimiento fueron: las poblaciones 40 y 56 de la raza Ratón, 59 (Tuxpeño Norteño) y 23 (Celaya). Según Babić *et al.* (2006), con el fin de reducir el efecto de la interacción genotipo por ambiente, tanto la estabilidad como el rendimiento pueden ser considerados simultáneamente para el mejoramiento genético, y en base a ello seleccionar genotipos con mayores rendimientos, que respondan bien a los cambios de los efectos ambientales.

Por otra parte, en lo que respecta a los testigos, se identificaron cuatro genotipos que se adaptaron a General Cepeda: POBAM, POOL31, 6221 y 6221 la variedad JAGUAN que se adapta a la localidad El Mezquite, y la variedad VAN210 y el POOL3, como genotipos de alto y bajo rendimiento a través de los ambientes de evaluación. La importancia de los resultados obtenidos en el presente trabajo refleja el potencial genético que representan las poblaciones para un comportamiento agronómico aceptable, lo que da la pauta para iniciar un programa de conservación y mejoramiento genético para mejorar la productividad en el área de estudio. Hallauer y Miranda (1981) mencionan que el

mejoramiento genético de poblaciones permite generar variedades mejoradas de polinización libre, recomendables para los agricultores que no cuentan con los recursos para adquirir semilla híbrida cada año.

CONCLUSIONES

Se encontraron cinco poblaciones nativas de maíz: tres de la raza Tuxpeño (38_T, 52_T y 54_T) y dos de Ratón (13_R y 40_R), con rendimientos similares a los mejores testigos mejorados.

Además de la adaptación específica de las poblaciones a las localidades contrastantes del sureste de Coahuila, se identificaron cuatro poblaciones con buen potencial de rendimiento y estables a través de ambientes: dos Cónico Norteño (28_CN y 27_CN), una de Tuxpeño Norteño (59_TN) y otra de Ratón (56_R).

Se identificaron tres poblaciones de la raza Tuxpeño (52_T, 54_T y 55_T), una de Elotes Occidentales (33_EO) y otra de Ratón (35_R), con adaptación a áreas intermedias y buen potencial en valles altos.

Dos poblaciones de la raza Elotes Cónicos (4_EC y 17_EC) y dos de la Cónico Norteño (48_CN y 7_CN) de valles altos, prosperan satisfactoriamente en la localidad intermedia.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, F. H., A. G. Cirilo, S. Uhart y M. E. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Buenos Aires, La Barrosa y Dekalb Press. 292 pp.
- BABIĆ, V., M. Babić and N. Delić. 2006. Stability parameters of commercial maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Genetika*. 38(3): 235-240.
- BARRETO, H. J., G. O. Edmeades, S. C. Chapman, J. Crossa. 1997. The alpha lattice design in plant breeding and agronomy: Generation and analysis. *In*: G. O. Edmeades, M. Bänzinger, H. R. Mickelson, and C. B. Peña-Valdivia (Eds.). *Developing Drought and Low N-Tolerant Maize. Proceedings of a Symposium*. March 25-29, 1996. México, CIMMYT, El Batán, pp. 544-551.
- BELLON, M. R. and J. Berthaud. 2004. Transgenic maize and the evolution of landrace diversity in Mexico. The importance of farmers' behavior. *Plant physiology* 134: 883-888.
- CLAWSON, D. L. 1985. Harvest security and intraspecific diversity in traditional tropical agriculture. *Economic Botany*. 39(1): 56-67.
- GONZÁLEZ, C.M.E., N. Palacios R., A. Espinoza B. y C. A. Bedoya S. 2013. Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(6): 329-338.
- HALLAUER, A., R. y B. Miranda. 1981. *Quantitative genetics in maize breeding*. Iowa State University Press. Ames, IA. 468 pp.
- HERNÁNDEZ, C., J. M. y G. Esquivel E. 2004. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(1): 27-31.
- HERRERA, C., B. E., F. Castillo G., J. J. Sánchez G., R. Ortega P. y M. M. Goodman. 2000. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Rev. Fitotec. Mex.* 23: 335-354.
- IRRI. 2007. *CropStat for Windows versión 7.2*. (International Rice Research Institute). Metro Manila, Philippines.
- KATO Y., T. A., C. Mapes S., L. M. Mera O., J. A. Serratos H., R. A. Bye B. 2009. Origen y diversificación del maíz, una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, 116 pp.
- MÁRQUEZ S., F. 2005. Consideraciones generales sobre el mejoramiento de maíces criollos. *In*: Memoria de la Primera Reunión de Mejoradores de Variedades Criollas de Maíz en México. Márquez O., L. F. (ed.). Exhacienda Nazareno, Xoxocotlán, Oax. 22-23 de septiembre, 2005. Centro Regional Universitario Sur, Universidad Autónoma Chapingo. Sociedad Mexicana de Fitogenética, pp. 153-162.
- NÁJERA C., L. A., F. Rincón S., N. A. Ruiz T. y F. Castillo G. 2010. Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz en Coahuila, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 33(4): 31-36.
- ORTEGA P., R. A. 1985. Descripción de algunas razas mexicanas de maíz poco estudiadas. *In*: Variedades y razas mexicanas de maíz y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento. Traducción al español por el autor. Tesis de Ph. D. Instituto Nacional de Plantas N. I. Vavilov. Leningrado, URSS.
- PALIWAL R., L. 2001. *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 376 pp.
- RINCÓN, S., F., F. Castillo G. y N. A. Ruiz T. 2010. Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México. SOMEFI. Chapingo, Méx. 116 p.
- SAGARPA-SIAP. 2013. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería,

- Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
Disponible en línea: [http:// www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT ® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 1521 p.
- YAN, W., and N. A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Canadian Journal of Plant Science. 86: 623-645.
- WELLHAUSEN E., J., L. M. Roberts y E. Hernández X., en colaboración con P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Folleto Técnico 5. México, D. F. 237 p.
- ZOBEL, R., W., M. J. Wright and H. G. Gauch. 1988. Statistical analysis of yield data. Agron. J. 80: 388-393.

Efecto dietas con desperdicio de comedor y cocina deshidratado sobre la grasa dorsal, peso corporal y rendimiento productivo de cerdas en gestación y lactación

Effect diets dining and dehydrated waste on kitchen backfat, body weight and yield of sows in gestation and lactation

Ernesto Díaz-Díaz¹, Ramón F. García-Castillo^{1*}, Roberto García-Elizondo¹,
Jaime Salinas-Chavira², Juan D. Hernández-Bustamante¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México C.P. 25315. Email: rgarcas@uaaan.mx (*Autor responsable).

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

RESUMEN

Se evaluó el efecto que causa sustituir 0%, 10% y 20% de concentrado comercial por desperdicio de comedor deshidratado (DCCD), en el comportamiento productivo y los perfiles metabólicos de cerdas en etapa de lactación. En el experimento se utilizaron 24 cerdas de cruas tipo comercial: Yorkshire, Hampshire y Landrace.

Los indicadores de medición fueron: peso y grasa dorsal al parto y destete en los vientres, número de lechones nacidos vivos y muertos, peso individual del lechón y de la camada al nacimiento, y peso individual y de la camada al destete. En relación con el peso y grasa dorsal de la cerda no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$). Con lo que respecta al peso de los lechones al nacimiento, para el tratamiento que contenían 0% y 10% (DCCD), con 1,846 y 1,897 g fueron considerados pesados, aunque para el tratamiento que contenía 20% de (DCCD) se encontraban dentro del rango promedio, con un peso de 1,709 g. Para la variable peso de los lechones al destete y la camada, no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre el tratamiento 1 y 2, mientras que para el tratamiento 3 sí se observó un bajo peso para los lechones y para el peso de la camada, en tanto que la pérdida de peso y grasa dorsal en cerdas fueron estadísticamente diferentes. En este trabajo se concluyó que la calidad de la dieta se refleja en la etapa productiva de la cerda y depende, en gran medida, del contenido de nutrientes presentes. El peso corporal y la grasa dorsal (mm) al parto y destete, así como el número y peso de los lechones, presentaron variaciones entre los tratamientos. Aunque el tamaño y peso de la camada fue inferior a lo deseable para el tratamiento que contenía DCCD. Al observar la productividad de las cerdas, que se midió en función del número de lechones nacidos vivos por camada y de lechones destetados, se concluyó que los parámetros que se obtuvieron se encuentran dentro de los rangos normales.

Palabras Clave: desperdicio de comedor, alimentación, comportamiento, gestación, lactación, lechones,

ABSTRAC

The effect of substituting 0, 10 and 20% commercial concentrate for dehydrated waste room (DCCD) on growth performance and metabolic profiles in lactating sows was assessed. Yorkshire, Hampshire and Landrace 24 commercial sows crosses were used.

Measurement indicators were weight and back fat at calving and weaning bellies, number of piglets born alive and dead; individual weight of the piglet and litter birth, individual weight and litter weaning. Based on the weight and back fat sow there were no significant differences ($P < 0.05$). With regard to the weight of piglets at birth for the treatment containing 0 and 10% (DCCD), are considered heavy (g) 1846 and 1897, although for the treatment containing 20% (DCCD), are within the average range with a weight of 1709g. For the variable weight of piglets at weaning and litter was no significant difference ($p \geq 0.05$) between treatment 1 and 2 while for treatment 3 if a low weight for piglets and for litter weight observed, same as can be observed in weight loss and back fat in sows are statistically different. It is concluded that the quality of the diet is reflected in the production stage of the sow and depends largely on the content of nutrients. Body weight and backfat (mm) at birth and weaning and the number and weight of piglets, showed variations between treatments. Although for the size and weight of the litter it was lower for the treatment containing (DCCD) than desirable. We must remember that productivity is measured by the number of piglets born alive per litter and the number of weaned piglets, to observe the productivity of sows it is concluded that these parameters obtained are within normal ranges.

INTRODUCCIÓN

Los diferentes productos y subproductos que se utilizan para la alimentación de las cerdas se reflejan en los procesos de lactación, por lo que su dieta no debe centrarse exclusivamente en una sola característica, sino que debe pretender una mejora general de la función productiva respetando las interacciones entre los distintos factores productivos en las etapas fisiológicas involucradas, incluso en el parto (Duque *et al.*, 2013).

La capacidad de las cerdas de acumular y movilizar sus reservas corporales durante la gestación es importante para su aprovechamiento durante la lactancia, ya que la condición corporal y la calidad de la dieta que se les suministra son claves, especialmente para la primípara (Mota *et al.*, 2004).

Con el fin de optimizar la duración y el comportamiento productivo de la cerda vientre, es de suma importancia establecer una estrategia de manejo y alimentación basada en el control de su condición corporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la granja porcina y en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. La universidad se encuentra entre los 25° 22' N y 101° 01' O, con una altitud de 1770 m. El clima de la región es BSo kx' (e'), que se caracteriza por ser seco o árido, con régimen de lluvias entre el verano e invierno, precipitación media anual de 303.9 mm y temperatura media anual de 17.7°C (García, 1987).

Se evaluó la etapa del ciclo reproductivo en lactación. Las cerdas se pesaron al momento del parto y al destete, y se clasificaron por el número de lechones nacidos vivos/muertos y por el tipo de alimento.

Las unidades experimentales fueron: 24 cerdas cruzadas de tipo comercial de las razas Duroc, Landrace, Yorkshire y Hampshire. El peso promedio de la primera etapa fue de 173±2 kg, para la segunda etapa, fue de 127±2 kg.

De acuerdo con la etapa productiva se utilizaron tres tratamientos en lactación, con ocho repeticiones. Las dietas contenían concentrado comercial (CC), y desperdicio de comedor y de cocina deshidratado (DCCD): el T1 100CC:0DCCD, el T2 90CC:10DCCD y el T3 80CC:20DCCD. Para cada tratamiento, los animales fueron agrupados en co-

rrales individuales. La duración del experimento fue de 21 d, con un periodo de adaptación de 10 d.

Comportamiento de los vientres: a cada hembra vientre se le tomó el peso vivo (kg) y espesor de grasa dorsal (mm), al parto y al destete. El espesor de grasa dorsal se determinó entre la séptima y octava costilla a una distancia de siete centímetros de la línea media (P2), de acuerdo con las instrucciones de operación del equipo Dramisnki Backfat Scanner.

Comportamiento de los lechones: el periodo de lactancia fue de 21 d, tiempo durante el cual se alimentaron de leche materna. También se anotó el número y peso de lechones nacidos vivos y el número de *nativos*, y el peso del lechón y la camada al destete.

El alimento se ofreció en la etapa de lactancia. En cuanto al tratamiento 2 y 3, se mezcló cada semana elaborando 100 kg para cada tratamiento. Para las cerdas lactantes el alimento se elaboró de acuerdo con las tablas de requerimientos del NRC, (1998). En este periodo de lactación se les ofreció 5.0 kg/d de alimento, en una sola servida, a las ocho de la mañana.

Análisis bromatológico de las dietas

A través del experimento, se tomaron muestras de las dietas que se ofrecieron para su posterior análisis. Las muestras se secaron en una estufa a 60°C hasta peso constante y posteriormente se molieron en un molino marca Willey, con malla de 2 mm de diámetro, y se analizaron de acuerdo con la AOAC (1997) para así determinar: contenido de materia seca (MS), humedad (H), ceniza (C), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE). El cálculo de la energía digestible (ED) se obtuvo de acuerdo con NRC (1998). Ver Cuadro 2.

Los indicadores de medición fueron: peso vivo (kg) y grasa dorsal (mm) al parto y al destete en los vientres, número de lechones nacidos vivos, nacidos muertos y momificados; peso del lechón y la camada al nacimiento y al destete. Para evaluar el efecto de las reservas corporales y el peso sobre los indicadores, se utilizó la prueba exacta de Fisher, a través del modelo lineal general GLM (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de cerdas y espesor de grasa dorsal

En relación con el peso y grasa dorsal de la cerda al destete no hubo diferencias significativas ($P \geq 0.05$);

Cuadro 1. Análisis químico de las dietas ofrecidas a cerdas en gestación y lactación alimentadas a base concentrada comercial (CC) y desperdicio de comedor y cocina (DCCD).

Desperdicio de comedor (%)			
Determinación (%)	0	10	20
Gestación			
MST*	90.27	90.05	91.51
Humedad	9.72	9.75	8.47
Cenizas	5.58	5.68	5.74
Proteína cruda	19.80	19.45	20.12
Fibra cruda	1.50	3.44	3.08
Extracto etéreo	3.24	4.32	5.15
ELN*	60.16	57.36	57.44
ED (Mcal/kg)*	3041	2954	2986
Lactación			
MST*	90.09	89.92	70.79
Humedad	9.90	10.07	9.19
Cenizas	7.79	8.51	8.28
Proteína cruda	20.17	21.83	19.84
Fibra cruda	1.37	3.12	3.46
Extracto etéreo	2.03	3.18	3.42
ELN*	58.74	53.29	55.81
ED (Mcal/kg)*	2726	2531	2593

*MST = Materia seca total; ELN = Extracto libre de nitrógeno; ED (Mcal/kg) = Energía digestible Mega calorías/kg de alimento.

mientras que el consumo de alimento durante la preñez estuvo muy poco correlacionado con el tamaño de la camada (Gracik *et al.*, 2001).

Estudios recientes indican que el peso al nacimiento entre los lechones ligeros o con bajo peso (0.75 a 1.25 kg), medianos o promedio (1.30 a 1.70 kg), difieren biológicamente de sus compañeros de camada más pesados (1.75 a 2.05 kg) (Beaulieu *et al.*, 2010). En el presente estudio se puede apreciar (Cuadro 2) que los pesos (kg) considerados como pesados para el tratamiento 1 y 2 (1.846 y 1.897), fueron altamente diferentes estadísticamente ($P < 0.01$) con respecto al tratamiento 3. Aunque para el T3 el peso se encuentra dentro del rango promedio (1.709 kg), los mejores pesos se obtuvieron en los lechones provenientes de las cerdas que recibían la dieta que contenía el 10% de DCCD, que fueron iguales al

tratamiento testigo. El mayor número de lechones nacidos vivos se obtuvieron de las cerdas que recibieron 20% de DCCD en la dieta.

Para las variables peso de los lechones al destete tuvieron diferencia significativa ($P \geq 0.01$): los de mayor peso e iguales estuvieron en el T1 y T2, mientras que los de menor peso en el tratamiento de las cerdas que consumían la dieta con el 20.0% de DCCD. El peso de la camada al destete fue mejor en el T1 y T2 con valor de significancia ($P=0.054$). La pérdida de peso corporal no se afectó por la inclusión de DCCD en la dieta. La pérdida de grasa dorsal en cerdas fue estadísticamente diferentes ($P < 0.01$). El grupo de cerdas que recibió la dieta basada en CC tuvo menor pérdida de grasa dorsal (mm) y fue diferente a los T2 y T3. Conforme se incrementó el nivel de DCCD en la dieta, se observó mayor pérdida de

Cuadro 2. Desempeño productivo de cerdas del empadre (celo) al parto, alimentadas con concentrado comercial (CC) y desperdicio de comedor y cocina (DCCD).

Indicador (kg)	T1 100	T2	T3	P>F
	CC:0 DCCD	90CC:10 DCCD	80CC:20 DCCD	
Peso de la cerda al parto	145	155	156	0.534
Grasa dorsal de la cerda al parto (mm)	24	25.3	24.1	0.305
Número lechones nacidos vivos	9.78	8.6	10.25	0.502
Lechones momificados	0	0.1	0.25	0.351
Peso del lechón al nacimiento	1.846a	1.897a	1.709b	0.005
Peso de la camada al nacimiento	12.418	14.118	14.950	0.276

^{a,b}Promedios con igual literal dentro de hilera no son significativos (P>0.05).

Cuadro 3. Desempeño productivo de la cerda al final de la lactancia (21 días), alimentadas con concentrado comercial (CC) y desperdicio de comedor y cocina (DCCD).

Indicador (kg)	T1 100	T2 90C-	T3 80C-	P>F
	C	10% DCCD	20%DCCD	
Peso del lechón al destete	7.175a	6.851a	5.618b	0.000
Lechones al destete (#)	8.0	6.6	8.3	0.153
Peso de la camada al destete	57.401	54.812	44.944	0.054
Pérdida de peso corporal parto destete	14.75a	16.12a	18.25b	0.005
Pérdida de grasa dorsal (mm)	7.0a	6.6b	10.25b	0.000

^{a,b}Promedios con igual literal dentro de hilera no son significativos (P>0.05).

grasa dorsal. Es evidente que el tamaño de la camada puede verse afectada por los siguientes factores: genéticos, ambientales, nutricionales y sus diferentes elementos, los cuales tienen un papel relevante (Milligan *et al.*, 2001).

Dentro de una camada, rara vez se logra el pleno desarrollo de cada individuo, ya que éste es el resultado de múltiples interacciones de factores genéticos y ambientales (Canario *et al.*, 2010); estas interacciones se describen en el Cuadro 3, en el cual se amplía la información a detalle de los factores que afectan tanto la producción láctea como el crecimiento y/o peso al nacimiento, tanto de la cerda como de los lechones.

CONCLUSIÓN

Se concluye que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos normales y que, por lo tanto, la sustitución del concentrado por DCCD no afecta el comportamiento productivo de las cerdas, lo que indica que se puede utilizar el DCCD sin rebasar el 20%. Se debe mantener la condición corporal de cada cerda en lo individual, para así alcanzar la mayor eficiencia productiva, al tiempo que, además de lograr que cada cerda ingiera la cantidad de alimento que requiere para cubrir sus necesidades de mantenimiento y producción, la ingesta de nutrientes debe estar bien manejada, considerando los factores pre-

senten en la fase de producción: genética, edad, ambiente, sanidad y potencial productivo de la cerda.

LITERATURA CITADA

- AOAC, 1997. Official methods of analysis (16 th Ed.). Association of Official Annalytical Chemists, USA, Arlington, VA., pp. 1018.
- BEAULIEU, A. D., J. L. Aalhus, N. H. Williams, and J. F. Patience. 2010. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. *J. Anim. Sci.* 88: 2767-2778.
- CANARIO, L., H. Lundgren, M. Haandlykken, and L. Rydmer. 2010. Genetics of growth in piglets and the association with homogeneity of body weight within litters. *J. Anim. Sci.* 88:1240-1247.
- DUQUE, P., G., Campos, G. R., López, G. A. 2013. Evaluación del perfil metabólico lipídico. En cerdas gestantes y su relación con la nutrición fetal. *Rev. MVZ (Córdoba)* [en línea] 2013, volumen 18(2) [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2013] disponible en <http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/mvz-182/v18n2a16.pdf>:3543-3550
- GARCÍA, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Copen. 2ª edición. Instituto de Geografía, UNAM. México, pp. 87-88, 1987.
- GRACIK, P.; Buchova, B.; Poltarsky, J.; FI, P.; Hetenyi, L. Improvement of meta efficiency in mother types of pigs in relation to their reproductive performance. *Czech J. Anim. Sci.* 46 (3):105-110. 2001.
- MILLIGAN, B. N, D. Fraser, and D. L. Kramer. 2001. The effect of littermate weight on survival, weight gain, and suckling behavior of low-birth-weight piglets in cross-fostered litters. *J. Swine Health Prod:* 9(4): 161-166.
- MOTA, Daniel; Alonso-Spilsbury, María Lourdes; Ramírez-Necoechea, Ramiro; Cisneros Puebla, Miguel Ángel; Albores Torres, Víctor; Trujillo Ortega, María Elena. Efecto de la pérdida de grasa dorsal y peso corporal sobre el rendimiento reproductivo de cerdas primíparas lactantes, alimentadas con tres diferentes tipos de dietas. *Revista Científica* [en línea] 2004, XIV (Febrero): ISSN 0798-2259 [Fecha de consulta: 2 de abril de 2015]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95911219003>
- NRC, 1998. Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient Requirements of swine. Tenth revised Edition, National Academic Press Washington D.C. USA, pp 88-93.
- SAS, 2001. Statistical Analysis System Institute (SAS). SAS/STAT User's Guide (Release 9.0) Cary, NC, USA.

Intensidades de aclareo y poda para el control del heno *Tillandsia recurvata*, en un bosque de *Pinus cembroides*

Intensities of thinning and pruning for the control of the Hay *Tillandsia recurvata*, in a forest of *Pinus cembroides*

Jorge David Flores-Flores^{1*}, José Armando Nájera-Castro¹, Luis Mario Torres-Espinosa²

¹Profesores investigadores del Departamento Forestal de la UAAAN. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, CP 25315. Coah., México. Tel. (844) 411 0396, e-mail: jorge.flores44@hotmail.com [*Autor responsable]. ² Investigador del INIFAP/Saltillo, Coahuila. Carretera Saltillo-Zacatecas Km. 8.5 No. 9515. Col. Hacienda Buenavista.

RESUMEN

Tillandsia recurvata es una planta epífita no parásita, que se ha convertido en un serio problema de salud para diferentes recursos forestales maderables y no maderables de México y de diferentes países del continente americano. El objetivo del presente estudio fue, después de tres años de haber hecho la aplicación de los tratamientos silvícolas para su control, evaluar el efecto de diferentes intensidades de aclareo y poda de árboles infestados. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: T1, 75% de podas de ramas infestadas; T2, 100% de podas de ramas infestadas; T3, 15% de aclareo del arbolado infestado; T4, 30% de aclareo del arbolado infestado; T5, 15% de aclareo más 75% de poda; T6, 30% de aclareo más 75% de poda; T7, 15% de aclareo más 100% de poda; T8, 30% más podas al 100% y T9, Testigo, sin aclareo ni podas. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, y para cada tratamiento por repetición, se utilizaron parcelas de 10 X 10 m. Las variables medidas fueron: el número promedio de motitas emergidas en cuatro metros lineales de los árboles tratados: uno del fuste y tres de las ramas principales. Además, para determinar la relación con la reinfestación de *Tillandsia recurvata*, se registraron las medidas dasométricas de altura y diámetro de los árboles muestra. Los resultados revelan que el T2, con 30% de aclareo más 75% de poda, fue el que mejor controló al heno motita, con una reinfestación promedio de 14.8 motitas por árbol; la parte preferida de *T. recurvata* para reinfestar a los árboles tratados fue el fuste, seguida de las ramas inferiores. Finalmente se observó que a mayor diámetro y altura del arbolado, menor reinfestación de *Tillandsia recurvata*.

Palabras clave: *Tillandsia recurvata*, *Pinus cembroides*, poda y aclareo

ABSTRACT

Tillandsia recurvata is a plant epiphyte not parasitic, but for some reason still not well known has become a serious health problem for different forest, resources timber and non-timber forest in Mexico and in different countries of the American continent. The objective of the present study was to evaluate the effect of different intensities of thinning and pruning of trees infested for the control of *T. recurvata*, after three years of having done the application of silvicultural treatments. The applied treatments were as follows: T1, 75% of pruning of infested branches; T2, 100% of pruning of infested branches; T3, 15% of thinning of the infested trees; T4, 30% of thinning of the infested trees; T5, 15% thinning more than 75% of pruning; T6, 30% of thinning more than 75% of pruning; T7, 15% thinning more than 100% of pruning; T8, 30% more pruning to 100% and T9, witness (no thinning or pruning). The treatments were distributed in a randomized experimental design with four replications using plots of 10 X 10 meters, for each treatment per replicate. The measured variables were the average number of pilling emerged in the treated trees using four linear meters, one of the shaft and three main branches. In addition were the measures plots of height and diameter of the trees sample to determine the relationship with the re-infestation of *Tillandsia recurvata*. The results reveal that treatment 2, which included 30% thinning more than 75% of pruning, was that better control Hay Speck with a 14.8 average re-infestation pilling tree; the favorite part of *T. recurvata* for re-infestar to treated trees was the shaft and second lower branches; finally it was noted that larger diameter and height of the trees was lower to re-infestation of *Tillandsia recurvata*.

Key words: *Tillandsia recurvata*, *Pinus cembroides*, pruning and thinning

INTRODUCCIÓN

T*illandsia recurvata* continúa creciendo día a día como un grave problema de salud del *Pinus cembroides* y de muchos otros recursos forestales de Coahuila y de estados vecinos. Las pruebas que, para su control, se han realizado con diferentes productos químicos en varias partes de México y en otros países como Estados Unidos, Argentina y Brasil, no han dado los resultados satisfactorios que se esperaban ya que, si bien es cierto sus aplicaciones llegan a matar las plantas de *Tillandsia*, éstas no se desprenden del hospedero e, incluso, al poco tiempo vuelven a regenerarse (Flores *et al.*, 2009; Butrón, 2011). Por otra parte, resultaría muy costoso, impráctico y hasta ecológicamente peligroso si se pretende cubrir grandes superficies arboladas con aspersiones, ya que la mayoría de los productos son fitotóxicos para otras especies que habitan en el bosque del pino piñonero (Muños, 2011).

Ante tal situación, como parte de las estrategias para controlar plantas parásitas y algunas epífitas como el heno, se recomienda utilizar tratamientos silvícolas a base de podas, para así eliminar las ramas infestadas. Esta práctica ha sido muy eficiente para el control de los muérdagos enanos y muérdagos verdaderos, por lo que las instancias oficiales en materia de sanidad forestal, recomiendan también aplicarlas para eliminar a *Tillandsia recurvata* (Conafor, 2009; SEMARNAT, 2010).

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Después de tres años de haber realizado los diferentes tratamientos de podas y aclareos del arbolado, se evaluó el nivel de control de *T. recurvata* y, a su vez, se estimó el grado de recuperación de esta planta parásita.

A pesar de que *Tillandsia recurvata* es una planta epífita que no roba nutrientes a su hospedero y sólo lo toma de sostén, se ha demostrado que su población llega a dañar, incluso a matar a los árboles, sin que a la fecha se tenga una evidencia satisfactoria de la causa de este fenómeno; sin embargo, algunas opiniones de expertos lo atribuyen a que, con sus altas densidades poblacionales, *T. recurvata* es capaz de asfixiar a las ramas al inhibir el intercambio de gases, lo que afecta sus funciones vitales como la fotosíntesis, respiración y transpiración (Valencia *et al.*, 2010); otro punto de vista señala que *T. recurvata* llega a absorber cierto ácido tóxico y metales pesados que se

encuentran en el aire, producto de la contaminación ambiental, y que son algunos de estos elementos los que ocasionan la muerte de las ramas y luego la del árbol (Barbosa *et al.*, 2004); finalmente, otra opinión indica que los rizoides de *T. recurvata* en altas densidades llegan a estrangular las ramas, lo que perjudica su sistema vascular y les provoca la muerte (Flores *et al.*, 2014; Newman, 2004).

Por otra parte, la explosión poblacional de *T. recurvata* también es motivo de discusión para la comunidad científica: algunos la atribuyen a que esta planta prospera en áreas donde el arbolado es muy denso, otros al proceso de desertificación, y otros más a que los polvos derivados de la erosión eólica, al depositarse sobre las grietas de los tallos y ramas, favorece la nutrición de *T. recurvata* (Beltrán *et al.*, 2009; Páez, 2005).

Ante tal situación, se plantea el presente estudio con el objetivo de probar la eficiencia de los aclareos y podas para regular el crecimiento poblacional de *T. recurvata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un bosque natural de *Pinus cembroides* localizado en el ejido Cuauhtémoc, a 70 km de la ciudad de Saltillo, Coahuila. Los tratamientos se realizaron con base a diferentes intensidades de podas de ramas infestadas, y a tratamientos de distintas intensidades de aclareo del bosque, distribuidos en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 100 m² para cada tratamiento y repetición. Los tratamientos y su distribución en el diseño fueron los siguientes:

- T1, 75% de poda; T2, 100% de poda; T3, 15% de aclareo; T4, 30% de aclareo; T5, 75% poda más 15% de aclareo; T6, 75% de poda más 30% de aclareo; T7, 100% de poda más 15% de aclareo; T8, 100% de poda más 30% de aclareo; T9, tratamiento testigo, sin poda ni aclareo (Cuadro 1).

Para realizar los tratamientos de poda y aclareo se solicitó un permiso especial para investigación a la SEMARNAT-Coahuila. Las actividades de campo las llevaron a cabo los ejidatarios de Cuauhtémoc, a quienes se les proporcionaron los productos maderables resultantes de los tratamientos. Este trabajo se evaluó tres años después, a la vez que se estimó la reinfestación

Cuadro 1. Diseño bloques al azar con cuatro repeticiones y la distribución de los tratamientos.

RI	RII	RIII	RIV
T1	T3	T5	T4
T6	T8	T6	T1
T9	T1	T7	T6
T7	T9	T1	T8
T4	T7	T3	T9
T2	T4	T2	T5
T5	T6	T8	T2
T3	T2	T9	T7
T8	T5	T4	T3

de *Tillandsia recurvata*. Para tal fin, en cada unidad experimental se tomaron al azar cinco árboles muestra, a los que se les cuantificó el número de motitas recién emergidas en cuatro metros lineales: uno del fuste y tres de las ramas primarias. Además se registraron las medidas dasométricas de los árboles muestra para relacionar el grado de reinfestación con las medidas del arbolado.

El tamaño de muestra se obtuvo mediante la fórmula establecida en el *Manual de Sanidad Forestal* (2010).

$$n = \frac{(IM \cdot x)(A)}{TSM}$$

Donde:

N= Número de árboles

IM= Intensidad de muestreo (2% de la media de los árboles existentes en cada tratamiento).

A= Superficie total de los tratamientos.

TSM= Superficie de cada parcela.

El tamaño de la muestra resultante fue de cinco árboles por unidad experimental.

El modelo estadístico para analizar los datos fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Parámetro observado en las diferentes variables medias.

$i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots t$ (número de tratamientos)

$j = 1, 2, 3, 4, \dots r$ (número de repeticiones)

Σ = Es el efecto medio de la población

τ_i = Es efecto del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Es el error del efecto de la j -ésima unidad experimental sujeto al i -ésimo tratamiento.

Con los datos de las variables medidas se realizaron ANVA y pruebas de rango múltiple de medias (Prueba de Tukey) mediante el paquete estadístico Minitab 16.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestra el número promedio de motitas de *T. recurvata* que emergieron y se establecieron en los árboles tratados, y como puede observarse el tratamiento ocho, que consiste en aplicar el 30% de aclareo más el 100% de poda de ramas infes-

Cuadro 2. Prueba de Tukey para el número promedio de motitas de *T. recurvata* de reinfestación registradas en cuatro metros lineales de los árboles muestra.

Tratamiento	Promedio de motitas	
30% Aclareo + 100% Poda	42	A
15% Aclareo + 100% Poda	66	A
30% Aclareo + 75% Poda	120	AB
100% Poda	133	AB
15% Aclareo + 75% Poda	187	AB
75% Poda	205	B
30% Aclareo	227	BC
15% Aclareo	245	C
Testigo. No aclareo, no poda	309	C

Los valores agrupados con la misma letra no son diferentes entre sí, a un nivel de probabilidad del 5%.

tadas, fue el que registró la menor cantidad de motitas de nueva reinfestación con 42 plantas.

En forma general, se puede apreciar que todos los tratamientos en que se aplicó la poda de ramas infestadas o el retiro mecánico de motitas, fueron los que registraron las menores cantidades de reinfestación después de los tratamientos, de lo que se desprende que con la poda de las ramas y/o con el

retiro mecánico del 100% de las motitas, el árbol queda protegido hasta 5 o 7 años, ya que después de tres años, la incidencia de nuevas motitas fue relativamente baja, aunque tal vez sea todavía más fácil eliminarlas con productos químicos ecológicamente aceptados, como el bicarbonato de sodio, que ya mostró ser altamente eficiente para matar las motitas grandes y pequeñas.

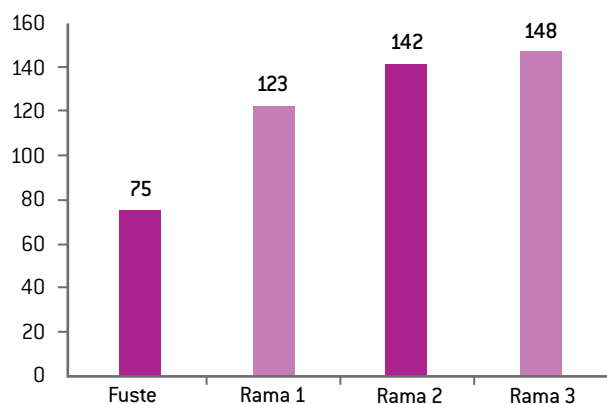


Figura 1. Preferencia de colonización de *T. recurvata* para reforestar a los árboles tratados.

Como se puede observar en la Figura 1, *T. recurvata* tiene una marcada preferencia por iniciar su colonización en las ramas bajas del árbol, no tanto en el fuste, lo que provoca que el árbol tenga pérdidas importantes en sus funciones fotosintéticas, lo que provoca que las ramas, al poco tiempo de haber sido invadidas por las motitas, se sequen y mueran.

Como ya se señaló, el sitio preferido para colonizar es la parte baja de la rama, lo cual se atribuye a que en este sitio existe una mayor acumulación de humedad que en la parte superior, la cual tiene mayor exposición a la insolación y a las altas temperaturas.

La reforestación de *T. recurvata* en relación con la altura del arbolado (Figura 2), revela que es mayor en la parte media del árbol, justo donde termina el fuste e inician las ramas bajas del árbol. Esta situación confirma lo que ya se había señalado renglones arriba, que la mayor preferencia de colonización es en las ramas bajas del árbol.

En cuanto al diámetro del arbolado, *Tillandsia recurvata* prefiere hospedarse inicialmente en árboles delgados, débiles y suprimidos por árboles de mayor tamaño, tanto de altura como de diámetro (Figura 3).

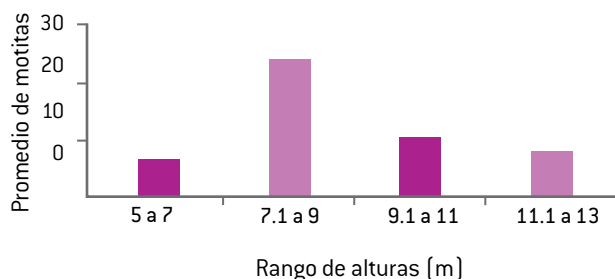


Figura 2. Reforestación de *Tillandsia recurvata* con relación a la altura del arbolado.

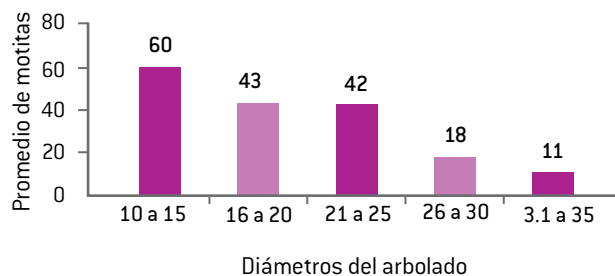


Figura 3. Efecto del diámetro del arbolado sobre la incidencia de *T. recurvata*.

Esto probablemente tenga que ver con dispersión de la semilla por efecto del viento, que la disemina por todo el bosque, y una vez establecida en los árboles débiles, infesta tanto a los chicos como a los grandes (Flores y Nájera, 2009).

CONCLUSIONES

El mejor tratamiento para evitar la repoblación de *Tillandsia recurvata* fue el de 30% de aclareo más el 100% de poda de ramas infestadas. No obstante, es importante señalar que todos los tratamientos que incluyeron el tratamiento de poda de ramas infestadas por el heno o el retiro manual de las motitas hospedadas sobre el árbol, fueron altamente eficientes para evitar en forma significativa la regeneración de *Tillandsia recurvata*, lo que indica que con sólo realizar el tratamiento de podas es suficiente para regular satisfactoriamente la cantidad de motitas en el árbol. Todas las ramas podadas deben recibir el tratamiento adecuado para no dejar combustible disponible que pudiera poner en riesgo de incendiarse el área sometida al manejo fitosanitario. La mayor repoblación de nuevas motitas fue en las ramas bajas de los árboles que eran débiles y de

fuste delgado, mientras que la mayor regeneración se observó en la parte baja de las ramas.

LITERATURA CITADA

- BELTRÁN, L., A. Arredondo G., R. Nieto C. 2009. Evaluación y control de *T. recurvata* en ecosistemas forestales del semidesierto de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 14 pp.
- BUTRON, H. M. 2011. Evaluación de Esterón 47 y 2,4D Amina, para el control de *Tillandsia recurvata*. Tesis profesional. UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- CONAFOR, 2009. Manual para Beneficiarios de Aclareos y Podas. pp. 8-17.
- FLORES, F. J. D., Torres Espinoza, L.M., Nájera Castro, J. A. 2009. Situación del heno de motita *Tillandsia recurvata*, en el estado de Coahuila. Memoria del XV Congreso Nacional de Parasitología Forestal. Oaxaca. pp. 175-179.
- FLORES, P. A., Barbosa, D. C., Valencia, D. S., Capistrán, B. A. y García, F. J. G. 2014. Los efectos directos e indirectos de *Tillandsia recurvata* sobre *Prosopis laevigata* en el desierto de matorral Chihuahua de San Luis Potosí, Mexico. Journal of Arid Enviroments. Volumen 104. pp. 88-95.
- MUÑOS, M. Y. 2011. Evaluación del muérdago Killer y del Sulfato de Cobre para el control de *Tillandsia recurvata*. Tesis profesional. UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- NEUMANN, R. 2004. Clavel del aire (*Tillandsia recurvata*) y su control. Memorias. XIII Congreso Latinoamericano de Malezas 17, 18 y 19 de septiembre de 1997. Buenos Aires, Argentina. Boletín Técnico No. 17. Buenos Aires, Argentina. 22 pp.
- SEMARNAT-Conafor. 2010. *Manual de sanidad forestal*. pp. 26-28.
- VALENCIA, D. S., Flores, P., Rodríguez, L. V., Ventura, Z. E. and Jiménez, A. A. R. 2010. Effect of host-bark extracts on seed germination in *Tillandsia recurvata* an epiphytic bromeliad. Journal of Tropical Ecology. pp. 571-581.
- PÁEZ, G.L.E. 2005. Biología de *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae) y su importancia en aplicaciones prácticas y ecológicas. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México. 82 pp.

Germinación de híbridos F1 de zacate buffel bajo salinidad por cloruro de sodio

Germination of F1 Buffelgrass hybrids under salinity by sodium chloride



Jorge Raúl González-Domínguez¹, Susana Gómez-Martínez¹
y Carmen Vázquez-Neri²

¹Profesor Investigador del Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. Tel. y Fax 01 (844) 411-0296. dr.jorge_gonzalez@hotmail.com
(*Autor responsable). ² Estudiante de licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción de la UAAAN.

RESUMEN

El zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. ha sido reportado en África, Australia, Argentina, Estados Unidos y México como un zacate tolerante a la sequía, buen productor de forraje y semilla, mejorador del suelo, que consume todo tipo de ganado. Frecuentemente, en las zonas semiáridas donde mejor se adapta, hay exceso de sales en el suelo, principalmente cloruro de sodio (NaCl). El objetivo de este estudio fue conocer la respuesta de híbridos F1 experimentales y variedades comerciales al NaCl durante la germinación de cariósides desnudos. Los cariósides de involucros de nueve híbridos y cuatro variedades almacenados durante ocho años se probaron en mayo sin reposo, y en septiembre con reposo, en agua destilada con concentraciones de 0, 4, 8, 12 y 16 mil partes por millón (ppm) de NaCl. Cincuenta cariósides de cada genotipo se pusieron en cajas Petri durante cuatro semanas, en una germinadora Seedsburo programada a 24-26°C y 8-16 horas de luz-oscuridad. Se registraron semillas brotadas y plántulas normales diariamente; a partir de los datos de germinación (semillas brotadas) se calcularon índices de velocidad de germinación (IVG) con la fórmula de Maguire (1962). La germinación, número de plántulas normales e IVG fueron más altos en mayo y hubo diferencias significativas entre genotipos en las tres variables. En septiembre hubo diferencias significativas en las tres variables entre genotipos y entre concentraciones de NaCl. La velocidad de germinación fue la más afectada y la germinación la menos afectada por la salinidad, y su efecto negativo fue mayor en la prueba de septiembre a 12 y 16 mil ppm. Las variables estuvieron correlacionadas positivamente, y sólo el valor de plántulas normales e IVG fue no significativo. Con estos resultados se concluyó que se puede mejorar la retención de la viabilidad de los cariósides desnudos, la frecuencia de plántulas normales, la rapidez de germinación y la tolerancia a NaCl.

Palabras Clave: *Pennisetum ciliare*, IVG, cariósides, forraje

ABSTRACT

Buffelgrass *Pennisetum ciliare* L. has been reported in Africa, Australia, Argentina, United States and Mexico as a drought tolerant grass, good forage and seed producer, soil improver grazed by all kind of livestock. A common problem in semiarid zones is excessive amount of salts in the soil mainly sodium chloride (NaCl). The aim of the study was to learn during germination the response of F1 buffelgrass hybrids to salinity by NaCl. After eight years of storage of burs of nine buffelgrass hybrids, naked caryopsis were tested for germination in May and September in distilled water with 0, 4, 8, 12 and 16 thousand parts per million (ppm) of NaCl. Four commercial varieties were included in both experiments. Fifty caryopsis of each genotype were put in Petri dishes and checked over four weeks in a Seedsburo germinator chamber set to 24-26°C temperature and 8-16 hours of light-darkness. Number of sprouted caryopsis and normal seedlings were recorded daily, germination data were used to calculate index of speed germination using Maguire's formula. Sprouted caryopsis (germination), number of normal seedlings and IVG's were higher in May and significant differences were found among genotypes but not for NaCl concentrations, in September, significant differences were found among genotypes and NaCl concentrations for all three variables. Germination and speed of germination were the least and more effected by NaCl respectively. Five of six correlations coefficients among variables were positive and significant. It was concluded that life span of naked caryopsis, frequency of normal seedlings, speed germination and NaCl tolerance can be improved by selection.

Key words: *Pennisetum ciliare*, IVG, caryopsis, forage

INTRODUCCIÓN

La hibridación en plantas sólo es posible cuando existe la reproducción sexual, aunque en algunas especies se logra por la reproducción asexual obligada por la semilla. Este tipo de reproducción se llama apomixis obligada, y la evidencia experimental que demostró su amplia prevalencia en el zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. la proporcionó Snyder *et al.* (1955), en Puerto Rico. El progenitor que se utilizó como hembra para la formación de los híbridos F1, se desarrolló a partir de una planta que se encontró en campo y luego se reportó como planta de reproducción sexual (Bashaw, 1962; Bashaw, 1969).

En las regiones de Queensland y noroeste de New South Wales en Australia, el zacate Buffel es extremadamente tolerante a la sequía, responde rápidamente a las lluvias de verano y es persistente (Hacker y Waite, 2001); en este país también se considera como buen productor de semilla y resistente a la sequía (Cook *et al.*, 2005). En Argentina se reporta como resistente a periodos prolongados de sequía por su sistema radicular profundo y bien desarrollado (Giraudó, 2003), con producción de forraje aceptable y mejorador de las condiciones físicas del suelo (Griffa, 2009), que se adapta en la región noreste, donde se encuentran importantes áreas de pastizales (Griffa, 2011).

En el noreste y noroeste de México, el zacate buffel ocupa cientos de miles de ha, hecho que demuestra también que la resistencia a la sequía es, quizás, la característica más importante de esta forrajera. Por su tolerancia a periodos prolongados de sequía puede persistir hasta por 20 años en praderas de temporal, se desarrolla con baja precipitación y prácticamente lo consume todo tipo de animales, incluidos los silvestres (Eguiarte y González, 1993).

Los sistemas de producción pecuaria del noreste de México, por depender de las condiciones naturales de lluvia y temperatura, se presumen más vulnerables a los cambios climático: frecuencia de sequías, ondas cálidas, ventarrones y heladas, lo que representa una amenaza para la producción de alimentos de origen animal. Otro fenómeno desfavorable y frecuente en las zonas semiáridas del país es la presencia excesiva de sales en el suelo, que afectan la producción de forraje y de leguminosas.

El centro de origen de muchos zacates se encuentra en las zonas áridas de África del Sur y el sureste de Asia, donde existen grandes extensiones de

suelos salinizados, lo que permitió la selección natural al desarrollarse, incluso, plantas halófilas dentro de la familia (Udovenko, 1997).

En Argentina se ha reportado que, en la zona productiva que se encuentra entre las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe, existen más de 20 millones de hectáreas afectadas por salinidad (Taleismik *et al.*, 2007); además, según estos autores, en América del Sur la superficie de suelos afectados por salinidad es de 129 millones de ha, y en el mundo, de 800 millones.

El zacate panizo azul es muy tolerante a la salinidad, y se ha demostrado que al utilizar soluciones salinas en su selección, conduce al desarrollo de poblaciones con mayor tolerancia a la salinidad durante la germinación (González, 1979). En Argentina se han diseñado planes de mejoramiento de especies nativas e introducidas para mejorar la tolerancia de los cultivos a la salinidad (Taleismik *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo fue conocer la respuesta de híbridos experimentales F1 del Grupo Élite I de zacate buffel, de zacate común (testigo) y de otras tres variedades comerciales, a diferentes niveles de salinidad con NaCl, durante la fase de germinación, en cariósides con cero y 120 días de reposo después del proceso de su extracción de las glumas, lemas y paleas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los híbridos utilizados son parte del Grupo Élite I (GE I), el cual se desarrolló en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mediante dos ciclos de selección después de la cruce del clon sexual TAM CRD B1s con la variedad Zaragoza 115 (Z115) (Gómez, 2009). Semilla del todo el GE I, del zacate común y del Z115 se cosechó en 2003, en Reynosa, Tamaulipas. Los involucros de este germoplasma permanecieron en bolsas de papel en el almacén del programa de pastos durante ocho años, bajo condiciones del medio ambiente en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Involucros de nueve híbridos y de las variedades comerciales Biloela (B), Común (C), Nueces (N) y Zaragoza 115, el 30 de abril de 2012 fueron desprovistos de las glumas, lemas y paleas para extraer los cariósides. Para germinar cariósides de los 13 genotipos, se utilizó agua destilada y cuatro soluciones en concentraciones de 4, 8, 12 y 16 mil partes por millón (ppm) de cloruro de sodio (NaCl). Se pusieron 13 cajas Petri con papel filtro en cada una de las

charolas que se utilizaron para los cinco niveles de salinidad. Los genotipos se distribuyeron al azar en las 13 cajas Petri de cada charola; se pusieron 50 cariósides por caja Petri, a las que se agregaron seis mililitros de agua destilada o de solución salina. La prueba inició el seis de mayo de 2012 en una germinadora Seedsburo, programada a $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y luz-oscuridad de 8-16 horas, respectivamente.

Durante cuatro semanas se registró diariamente la germinación y el número de plántulas normales. Al final del experimento se calculó el Índice de Velocidad de Germinación (IVG) con la fórmula de Maguire (1962). En septiembre de 2012, cuando los cariósides de reserva tenían cuatro meses desprovistos de sus envolturas protectoras, se realizó una segunda prueba utilizando los mismos genotipos y metodologías. Los datos fueron analizados por la técnica de análisis de la varianza (ANOVA) y se calcularon las

correlaciones simples de todas las combinaciones de germinación, plántulas normales y el IVG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias altamente significativas en germinación entre genotipos en la prueba de mayo. En la prueba de septiembre se registraron diferencias altamente significativas entre genotipos y entre concentraciones de NaCl. En el Cuadro 1 se presentan las comparaciones de medias de germinación de los genotipos en ambas pruebas; los porcentajes de germinación de los genotipos son promedio de la germinación en los cinco niveles de salinidad.

En mayo, la variedad Z-115, progenitor masculino de los híbridos F1, tuvo germinación de 86.8%, sólo por debajo del híbrido 7, que tuvo la máxima germinación con 92.4%, valor 5.8 veces más alto que

Cuadro 1. Germinación promedio de genotipos de zacate buffel en cinco niveles de salinidad por NaCl, con cariósides recién extraídos de sus envolturas protectoras y 120 días después.

Genotipo	Germinación %				
	Mayo		Septiembre		
7	92.45	a		37.76	abc
10 [Z]	86.80	ab	Z	24.60	cd
2	86.69	ab		29.04	bcd
5 [N]	86.45	ab	N	20.00	d
11 [C]	85.92	ab	C	49.09	a
6	84.63	ab		40.71	ab
8	81.58	b		17.66	d
1	81.56	b		0.66	e
13 [B]	77.83	bc	B	52.05	a
3	72.18	cd		23.19	cd
9	63.39	de		17.68	d
12 [M5]	54.59	e		32.70	bcd
4	15.83	f		19.64	d
	\bar{X} 74.61			\bar{X} 28.22	

Medias con literales distintas en una columna son estadísticamente diferentes [DMS pd 0.05]. Biloela [B], Común [C], Nueces [N] y Zaragoza 115 [Z].

la germinación de 15.8% del híbrido 4. En septiembre, con la única excepción del híbrido 4, todos los genotipos mostraron reducciones en germinación desde 33% para Biloela, hasta 92% para el híbrido 1; la reducción promedio de todos los genotipos, en septiembre fue de 37.8%. Los resultados muestran que hay híbridos que conservan mayor viabilidad de sus carióspsides bajo ambas condiciones de almacenamiento, como involucros y como carióspsides sin estructuras protectoras; otros híbridos muestran potencial para uno u otro propósito. Las variedades Biloela y Común tienen potencial como progenitores en programas de hibridación.

En el Cuadro 2 se presenta la germinación en las cinco concentraciones de salinidad; estos valores son promedio de los 13 genotipos en cada una de las dos fechas de prueba, en el 2012. En la prueba de mayo no hubo diferencias significativas entre niveles de salinidad, ya que los resultados muestran que los carióspsides recién extraídos de sus cubiertas protectoras tuvieron porcentajes tan altos de germinación en la concentración de 16 mil ppm de NaCl, como aquellos que estuvieron en agua destilada. Por el contrario, en la prueba de septiembre, cuando se incrementó la concentración de NaCl, la germinación de los carióspsides se redujo llegando a ser inferior a 4% en la solución de 16 mil ppm de NaCl, concentración que indujo una reducción de 95% en la germinación con relación a la prueba de mayo.

Cuadro 2. Germinación promedio de 13 genotipos de zacate buffel en cinco concentraciones de salinidad por NaCl, en dos pruebas.

NaCl ppm	Germinación %		Reducción %
	Mayo	Septiembre	
0 (agua)	76.36	50.72 a	33.57
4000	75.47	42.47 ab	43.72
8000	76.33	29.73 bc	61.05
12000	72.31	14.52 c	79.92
16000	72.57	3.69 d	94.91
\bar{X}	74.60	28.22 d	62.17

Al comparar los porcentajes de germinación de mayo y septiembre en agua destilada (Cuadro 3), se encontró que el rango de germinación para la prueba de mayo fue de 18% a 100% según valores registrados por el híbrido 4 y la variedad Z115, respectivamente. En la prueba de septiembre la germinación varió de 0.0% a 85.7%, rango establecido por el híbrido 1 y buffel común, respectivamente. La diferencia entre los valores extremos de las pruebas fue de 82.0% para la de mayo y de 85.7% para la de septiembre. Estos porcentajes son muy parecidos, aunque se establecieron por genotipos diferentes dentro de cada prueba. Esto sugiere que, en estas pruebas, la variación que se observó en la capacidad de germinación de los genotipos tiene una base genética, pero debido a genes diferentes en uno y otro caso.

Cuadro 3. Germinación de carióspsides de genotipos de zacate buffel en agua destilada, recién extraídos de sus envolturas protectoras y 120 días después.

Genotipo	Germinación %	
	Mayo	Septiembre
1	82.0	0.0
2	88.0	54.1
3	54.7	44.0
4	18.0	52.9
5 (N)	89.5	38.0
6	88.0	62.0
7	92.1	70.8
8	84.0	36.7
9	72.3	46.9
10 (Z)	100.0	34.7
11 (C)	90.0	85.7
12 (M5)	56.0	62.0
13 (B)	78.0	71.4
\bar{X}	76.35	50.70

La reducción de la germinación en las pruebas de septiembre es atribuible a deterioro fisiológico de los

cariópsides. En 120 días, buffel común perdió solamente 5% de su germinación respecto a la de mayo, pero el genotipo 1 perdió totalmente su capacidad inicial para germinar. Desde el punto de vista de conservación del germoplasma, al considerar los resultados (Cuadro 1), todos los genotipos, aun en la prueba de septiembre, mostraron germinación suficiente para hacer posible la renovación de la semilla.

El caso de zacates apomícticos obligados, como el zacate buffel, donde la composición genética de las plantas de un genotipo no varía de una generación a otra, una sola planta podría ser suficiente para la renovación de semilla. Los mejoradores del Programa de Buffel, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de Coahuila de Zaragoza, observaron más de 500 panículas en una sola planta F1, aunque existió el caso en el que detectaron una planta que produjo más de 800 panículas.

En la prueba de septiembre con agua destilada, la germinación se redujo en 33.5% respecto a la observada en la prueba de mayo, la cual puede atribuirse solamente a pérdida de vigor por envejecimiento de la semilla, inducido por la falta de cubiertas protectoras durante cuatro meses. Si esta reducción se resta de la germinación en los niveles de salinidad restantes, entonces las diferencias en reducción de 10%, 27%, 46% y 61%, calculadas para las concentraciones de 4, 8, 12, y 16 mil ppm de NaCl, respectivamente, pueden atribuirse a un creciente efecto osmótico, al aumentar la concentración de la sal, lo que ocasiona una disminución en la capacidad de absorción de agua de los cariópsides (Poljakoff *et al.*, 1998).

El Cuadro 4 muestra que los cariópsides de los híbridos y variedades tienen capacidad diferente para absorber agua de una solución de 16 mil ppm de NaCl, y algunos lograron germinaciones altas cuando los cariópsides no tuvieron reposo después de su extracción; en consecuencia, varios híbridos experimentales pueden seleccionarse para desarrollar materiales con adaptación a condiciones de sequía natural o inducida por sales. Este tipo de variedades son necesarias también como cultivos básicos para el proceso de adaptación de la agricultura al cambio climático (Ruiz, 2012), para así revertir en lo posible la dependencia de las importaciones en el sector agropecuario (Magaña y Neri, 2012).

Los resultados para plántulas normales y velocidad de germinación fueron similares a los de germinación, y los valores fueron mayores en la prueba de mayo en todos los casos. Las concentraciones

Cuadro 4. Germinación de genotipos de zacate buffel en 16000 ppm de NaCl en cariópsides recién extraídos de sus envolturas protectoras y 120 días después.

Genotipo	Germinación %	
	Mayo	Septiembre
1	91.84	0.00
2	83.67	0.00
3	70.83	2.00
4	14.58	0.00
5 (N)	89.58	6.00
6	76.00	8.00
7	84.31	0.00
8	80.39	10.00
9	62.26	0.00
10 (Z)	74.00	0.00
11 (C)	84.00	0.00
12 (M5)	56.00	0.00
13 (B)	76.00	16.00
\bar{x}	72.57	3.69

de NaCl afectaron diferentemente la frecuencia de plántulas normales y la velocidad de germinación en la prueba de septiembre, mientras que en la prueba de mayo también hubo efectos diferentes sobre la velocidad de germinación.

Los coeficientes de correlación simple entre germinación y plántulas normales fueron de 0.968 y 0.902 para las pruebas de mayo y septiembre, respectivamente, en tanto que los valores de plántulas normales estuvieron asociados con la velocidad de germinación, como lo indican los coeficientes de correlación de 0.929 para la prueba de mayo y 0.977 para la de septiembre. La germinación también estuvo asociada con el índice de velocidad de germinación, cuyo valor del coeficiente fue de 0.860, pero solamente en la prueba de mayo. La germinación no se correlacionó con IVG cuando la capacidad de los cariópsides para germinar ya estaba deteriorada al término del reposo de cuatro meses en la prueba de septiembre; esto lo indicó el valor de 0.259 del coeficiente de correlación.

CONCLUSIONES

La duración de la capacidad para germinar de los cariósides de zacate buffel cuando estos se almacenan con o sin las glumas, lemas y paleas que los envuelven, puede ser mejorada mediante selección de genotipos sobresalientes para esta característica. Algunos genotipos mostraron potencial para ambas maneras de conservación y otros para una u otra forma de almacenamiento.

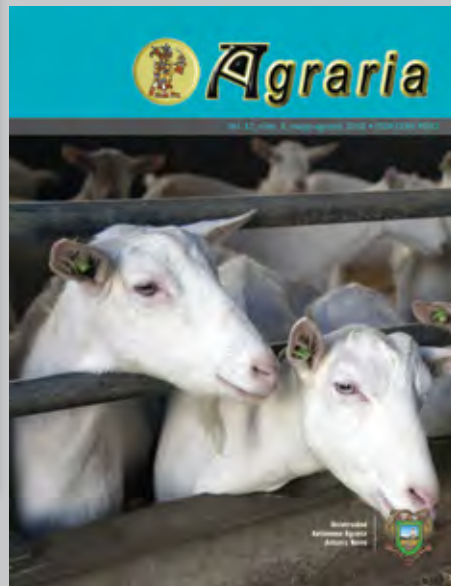
La inhibición de la germinación por la salinidad es diferente en cariósides en proceso de deterioro, respecto a los que no han iniciado este proceso. En los primeros, la inhibición inicia a bajas concentraciones y es total a 16 mil ppm de NaCl; en los segundos, la inhibición inicia a esta concentración. La frecuencia de plántulas normales es el mejor indicador del vigor de la semilla en ambas maneras de almacenamiento de la semilla.

LITERATURA CITADA

- BASHAW, E.C. 1962. Apomixis and sexuality in buffelgrass. *Crop Sci.* 2:412-415.
- BASHAW, E. C. 1969. Registration of buffelgrass germplasm. *Crop Sci.* 9:396.
- COOK, B. G., B. Penquelly, S.D. Brown, J. L. Donnelly, D. A. Eagles, M.A. Franco, J. Hanson, B.F. Mullen, I.J. Patridge, M. Peters and Schultze-Kraft. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. (CD-ROM) CSIRO, DPI & F. CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- EGUIARTE V., J.A., A. González S. 1993. Avances en las investigaciones del buffel Biloela en la región del Pacífico I. Producción de semilla y forraje. *Pastos y Forrajes* 16 (3): 227-236.
- GIRAUDO, M. 2003. Buffelgrass, el pasto. *Marca Líquida Agropecuaria*, Córdoba, 13(121):17-21.
- GÓMEZ M., S. 2009. Desarrollo de híbridos simples de reproducción sexual y determinación de su compatibilidad en cruza con variedades apomícticas de zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. 148 pp.
- GONZÁLEZ D., J.R. 1979. Response of selected populations and crosses of blue panicgrass, *Panicum antidotale* Retz. To several chlorides. Doctor of Philosophy Dissertation, the University of Arizona.
- GRIFFA, M. S. 2009. Caracterización bioquímica y molecular de germoplasma, evaluación de la tolerancia a la salinidad y obtención de híbridos en buffel grass. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 144pp.
- GRIFFA, M. S., A. Ribotta, C. Luna, G. Bollati; C.E. López, E. Tommasino, E. Carloni; M. Quiroga y K. Grunberg, 2011. Evaluación morfológica del cultivar de buffelgrass "Lucero INTA-PEMAN" en condiciones de sequía. *Rev. Inv. Agropecuaria* 37 (1): 86-91.
- HACKER, J.B. and R. B. Waite. 2001. Selecting buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) with improved spring yield in subtropical Australia. *Tropical Grasslands* 35: 205-210.
- MAGAÑA R., V.O. y C. Neri. 2012. Cambio climático y sequías en México. *Ciencia* 63 (4): 23-35. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias.*
- MAGUIRE, J.D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evolution of seedling emergence vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.
- POLJAKOFF-MAYBER, A., and Lerner H.R. 1998. Plants in saline environments. In: *Handbook of plant and crop stress*. Second edition. Edited by Pessaraki M.
- RUIZ C., J.A. 2012. Adaptar la agricultura al cambio climático. *Ciencia* 63 (4): 26-35. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias.*
- SNYDER, L.A., A.R. Hernández and H.E. Warmke. 1955. The mechanism of apomixis in *Pennisetum ciliare*. *Bot. Gaz.* 116:209-221.
- TALEISMIK, E., K. Grunberg y G. Santa María. 2007. La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. Editorial de la Universidad Católica de Córdoba.
- UDOVENKO, G.V. 1977. Resistencia de las plantas cultivadas a la salinidad. Ed. Kolos. Leningrado, URSS. p. 215.

PUBLICACIONES

2015



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

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



1 Formación y selección de genotipos sobresalientes de tomate en base a características de rendimiento y de calidad del fruto, en invernadero

Formation and selection of outstanding genotypes of tomato *Solanum lycopersicum* L. based on characteristics of yield and fruit quality, at greenhouse

Gabriela Ovando-Solís, Fernando Borrego-Escalante, Alfonso López-Benítez, Adalberto Benavides-Mendoza y María Margarita Murillo-Soto

7 Potencial genético y adaptación de poblaciones nativas de maíz del sureste de Coahuila, México

Genetic potential and adaptation of native maize populations southeast of Coahuila, Mexico

Lino César Espinosa-Tamayo, Froylán Rincón-Sánchez, Norma Angélica Ruiz-Torres, Juan Manuel Martínez-Reyna

15 Efecto dietas con desperdicio de comedor y cocina deshidratado sobre la grasa dorsal, peso corporal y rendimiento productivo de cerdas en gestación y lactación

Effect diets dining and dehydrated waste on kitchen backfat, body weight and yield of sows in gestation and lactation

Ernesto Díaz-Díaz, Ramón F. García-Castillo, Roberto García-Elizondo, Jaime Salinas-Chavira, Juan D. Hernández-Bustamante

21 Intensidades de aclareo y poda para el control del heno *Tillandsia recurvata*, en un bosque de *Pinus cembroides*

Intensities of thinning and pruning for the control of the Hay *Tillandsia recurvata*, in a forest of *Pinus cembroides*

Jorge David Flores-Flores, José Armando Nájera-Castro, Luis Mario Torres-Espinosa

27 Germinación de híbridos F1 de zacate buffel bajo salinidad por cloruro de sodio

Germination of F1 Buffelgrass hybrids under salinity by sodium chloride

Jorge Raúl González-Domínguez, Susana Gómez-Martínez y Carmen Vázquez-Neri

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.

