



Agraria

Vol. 16, núm. 2, mayo-agosto, 2019 • ISSN 0186 8063



Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro





Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro, vol. 16, núm. 2, mayo-agosto, 2019.

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

COMITÉ EDITORIAL

Editor en Jefe

Dr. Armando Robledo Olivo

Editor Ejecutivo

M.C. Víctor M. López González

Editores

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente

Dr. Karim de Alba Romenus

Edición

Delirio. Servicios Editoriales



Diseño y formación

Leticia Hernández

Cuidado de la edición

Anastasia Rodríguez

Fotografía de portada: Shutterstock

Chile jalapeño (Capsicum annuum)

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: revista_agraria@uaaan.edu.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. 16, núm. 1, mayo-agosto, 2019, 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: revista_agraria@uaaan.edu.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 mayo de 2019, y consta de 200 ejemplares.





CONTENIDO

PÁGINA

45

Comportamiento agronómico de seis genotipos de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en condiciones de invernadero

Agronomic behavior of six genotypes of jalapeño pepper (*Capsicum annuum*) under greenhouse conditions

Hipólito Hernández-Hernández, David Sánchez-Aspeytía,

Mario Ernesto Vázquez-Badillo, Norma Angélica Ruiz-Torres, Valentín Robledo-Torres

49

Transferencia de inmunidad pasiva, salud y crecimiento de becerros empleando calostro materno pasteurizado vs suplemento

Passive immunity transfer, health and growth of calves using maternal pasteurized colostrum vs supplement

Ramiro González-Ávalos, Blanca Patricia Peña-Revuelta, José González-Ávalos, Jesús Enrique Cantú-Brito, Norma Rodríguez-Dimas

57

Germinación y vigor en maíz a diferentes potenciales osmóticos

Seed vigor and germination at different osmotic potentials from Arteaga, Coahuila in the control of the spider webworm

Hyphantria cunea Drury

Adriana Campos-Flores, Norma Angélica Ruiz-Torres,

Froylán Rincón-Sánchez, Celestino Flores-López

65

Efecto de labranza y mejorador en la conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad de un suelo franco arcilloso en un ambiente semiárido

Effect of tillage and breeder, hydraulics, bulk density and porosity of clay loam soil conductivity in a semi-arid environment

Karen Denisse Ordóñez-Morales, Martín Cadena-Zapata, Alejandro Zermeño-González, Santos Gabriel Campos-Magaña y Félix de Jesús Sánchez-Pérez

Comportamiento agronómico de seis genotipos de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en condiciones de invernadero

Agronomic behavior of six genotypes of jalapeño pepper (*Capsicum annuum*) under greenhouse conditions

Hipólito Hernández-Hernández¹, David Sánchez-Aspeytia²,
Mario Ernesto Vázquez-Badillo^{*1}, Norma Angélica Ruiz-Torres¹,
Valentín Robledo-Torres¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. CP 25315. Email: marioe.vazquez@hotmail.com [*Autor responsable]. ²Campo Experimental Saltillo. INIFAP, Km 342, Carretera Zacatecas, C.P. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

RESUMEN

La semilla de calidad aumenta el rendimiento de un cultivo por unidad de área. El objetivo de este estudio fue conocer el comportamiento agronómico de seis genotipos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). El experimento se estableció en 2013 en un invernadero del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el Campo Experimental de Saltillo. Se utilizaron cinco genotipos generados por INIFAP, además de una variedad comercial, y para evaluar su comportamiento agronómico se usó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Con los datos se realizó un ANDEVA con el SAS y se compararon las medias de los tratamientos con la prueba de Tukey a $p \leq 0,05$. El análisis de varianza detectó diferencias significativas $p \leq 0,01$ para altura de planta, diámetro polar de frutos, frutos totales por planta, longitud de plúmula y raíz, y diferencias significativas a $p \leq 0,05$ en diámetro de tallos, diámetro ecuatorial de frutos y rendimiento. Los genotipos de mayor rendimiento fueron: Chipo ($7,79 \text{ t ha}^{-1}$) y 8x4 ($7,72 \text{ t ha}^{-1}$), que mostraron una altura de planta mayor de 46.1 y 48.6 cm, respectivamente, y un diámetro de tallo de 6.3 cm. En el presente estudio se detectó que existe una correlación positiva y significativa entre altura de planta y diámetro de tallo (0.80 ; $p \leq 0.05$), lo que hace que estos genotipos tengan un mejor potencial agronómico.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, genotipos y rendimiento

ABSTRACT

Quality seed increases crop yield per unit area. The objective of this study was to get insight into the agronomic behavior of six genotypes of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.). The experiment was established during 2013 in a greenhouse of the National Institute of Agricultural and Livestock Forestry Research (INIFAP), located in the Experimental Field of Saltillo. Five genotypes generated by INIFAP, in addition to a commercial variety, were used. A randomized complete block design with three replicates was developed to evaluate agronomic behavior. The ANOVA was performed using SAS software and the means of the treatments were compared using Tukey method at $p \leq 0.05$. The analysis of variance detected significant differences ($p \leq 0.01$) in plant height, fruit polar diameter, total fruits per plant, plumule and root length, and significant differences ($p \leq 0.05$) in stem diameter, equatorial diameter of fruits and, finally, in yield. The highest yielding genotypes were Chipo (7.79 t ha^{-1}) and 8x4 (7.72 t ha^{-1}), showing a higher plant height (46.1 and 48.6 cm) and greater stem diameter (6.3 cm). There is a positive and significant correlation between plant height and stem diameter (0.80 ; $p \leq 0.05$), which makes these genotypes have a better agronomic potential.

Key words: *Capsicum annuum*, genotypes, yield

INTRODUCCIÓN

Las semillas mejoradas son el medio para incrementar el rendimiento y la calidad de las cosechas, al servir como puente entre el mejoramiento genético y el productor, lo que permite alcanzar niveles competitivos en la producción (Copeland y McDonald, 2001; Espinosa *et al.*, 2003). En México, el cultivo del chile es de los más importantes, ya que el área que se siembra fluctúa entre 150 y 170 mil hectáreas, con un valor de 8 mil millones de pesos y un volumen de 1.8 millones de toneladas (FAOSTAT, 2014; SIAP, 2014), y la especie que destaca es la del chile jalapeño (SIAP, 2014). Debido al incremento de su uso en las industrias de alimentos, medicina, cosmetología, repelentes y colorantes, entre otros, se ubica entre las cinco hortalizas de mayor importancia en el mundo, y nuestro país es el tercer productor de chiles después de India y China (FAOSTAT, 2014). En México, además de una importancia económica relevante, tiene un fuerte impacto social en las diferentes regiones donde se produce.

En México se tiene la mayor variabilidad genética de *Capsicum annuum* var. *Annuum*, y de sus parientes silvestres: *C. annuum* var. *aviculare*, por lo cual existe un gran número de tipos de chiles: serrano, jalapeño, anchos, pasillas, guajillo, de árbol, entre otros, adaptados a las diferentes condiciones agroecológicas y que son ampliamente usados en el país y el mercado de exportación (Laborde y Pozo, 1984; Bosland, 1996). La exigencia de los cambiantes nichos de mercado que experimenta el chile, demanda que los programas de mejoramiento genético cuenten con una base amplia de progenitores caracterizados fenotípicamente, así como clasificados por su potencial para producir híbridos competitivos en una característica en particular (García, 2006), o bien con propósitos múltiples de calidad (grupos de especialidad). Uno de los objetivos del mejoramiento genético de chiles en México es formar cultivares de amplia base genética que permitan contar con genotipos plásticos tolerantes a condiciones ambientales adversas.

En la región noreste del país (Coahuila, Tamaulipas, San Luis Potosí y Nuevo León) se dedican 18,785.3 ha a esta hortaliza, con un rendimiento promedio de 28.0 t ha⁻¹, de las cuales 38% se destinan a chiles tipo jalapeño y serrano (SIAP, 2014).

Entre las enfermedades foliares más importantes en esta región, se encuentran la mancha bacteriana y la cenicilla; una alternativa para contrarrestar su daño es el mejoramiento genético para la gene-

ración de mejores o nuevos materiales. Otros problemas que enfrentan los productores del país es la escasez de genotipos nacionales mejorados, lo cual ocasiona dependencia tecnológica que pone en riesgo el proceso de producción de chile, debido a las fugas de divisas y a un alto costo de la semilla híbrida (Conaproch, 2013).

En México, casi 50% de la superficie de cultivos de chiles se siembra con variedades criollas de baja capacidad productiva; de 5 a 7% con variedades mejoradas nacionales y 45% de la superficie con variedades e híbridos de importación, los cuales provocan una fuga de divisas, aunque en muchos de los casos los materiales introducidos no reúnen las expectativas del productor, como son: resistencia a factores adversos, rendimiento y calidad requerida por el mercado.

Con el desarrollo de genotipos nacionales se contribuirá a disminuir la dependencia del exterior y a reducir la fuga de divisas, además de incrementar los rendimientos, mejorar la calidad del producto y tolerancia a plagas y enfermedades. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio consiste en contribuir a la sustentabilidad y productividad del cultivo de chile del país mediante la evaluación del comportamiento agronómico y de rendimiento en seis genotipos de chile jalapeño en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo se realizó en 2013, en un invernadero del Campo Experimental del INIFAP en Saltillo, Coahuila, México. Para el estudio se utilizaron cinco genotipos generados por el INIFAP y una variedad comercial: Genotipo 1 denominado M, variedad de polinización abierta; Genotipo 2, Apache, variedad de polinización libre y de ciclo intermedio; Genotipo 3, Isabel, variedad de polinización libre y precoz; Genotipo 4, Chipi, híbrido de cruce simple, con mayor precocidad al primer corte; Genotipo 5, denominado 3x4, híbrido experimental y el Genotipo 6, 8x4, híbrido experimental.

En junio de 2013 se estableció la producción de plántula en charolas de poliestireno de 200 cavidades con *peat moss* como sustrato, y permanecieron siete semanas en condiciones de invernadero. Las plántulas emergieron a los 12 días después de la siembra (dds). A los 55 dds se trasplantaron en bolsas de plástico de tres kilogramos de capacidad, en las que se utilizó tierra negra, y grava en la base, para permitir

la filtración del agua. Se colocaron cinco plantas por genotipo, con tres repeticiones, a una distancia entre planta de 60 x 70 cm. A partir del tercer día después del trasplante (ddt) se aplicaron dos riegos: uno por la mañana y otro por la tarde. La concentración (mg L⁻¹) de cada nutrimento en la solución nutritiva fue: N: 200, P: 60, K: 250, Ca: 250, S: 200, Mg: 60, Fe: 3.0, Mn: 0.5, Bo: 0.5, Cu: 0.5 y Zn: 0.5. El neutralizador de pH se usó a dosis de 1.5 ml L⁻¹ para disminuirlo a 6.3. Se aplicó Metamidofos (1 cm L⁻¹) y Dimetoto (1 cm L⁻¹) para el control de pulgones y mosquita blanca; Oxicloruro de cobre (2 g L⁻¹) para el control de tizón tardío y temprano, y la mancha bacteriana; y Tecto 60 (2 g L⁻¹) para el control de la pudrición radicular. Los frutos se cosecharon en verde, para consumo en fresco, a partir de los 100 ddt, y se realizaron cinco cortes en general.

Las variables agronómicas que se evaluaron fueron: altura de planta (AP), desde la base al ápice del tallo; diámetro de tallo (DT), a 2 cm de altura sobre la corona; diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial de frutos (DE), a los 80 ddt, respectivamente; para el total de frutos por planta (TFP), se contabilizaron desde el primero al quinto corte; para obtener el número de semillas por fruto (NSF), se contó el número de semilla de tres frutos maduros por genotipo con tres repeticiones; el rendimiento (R), se

obtuvo al pesar los frutos cosechados por corte, que se sumaron al final del cultivo y se registraron en t ha⁻¹, de acuerdo con la densidad de siembra. Con los datos obtenidos se realizó un ANDEVA con el procedimiento ANOVA, GLM y CORR, y la comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), con el software Statistical Analysis System (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) entre genotipos en AP, DP y TFP, así como diferencias ($p \leq 0.05$) en DT, DE y R. Por otra parte, se demostró que existió correlación positiva y significativa entre AP-DT (0.80**). El DT es un indicador del vigor de las plantas, ya que refleja la acumulación de fotosintatos, los cuales pueden trasladarse a los sitios de demanda (Preciado *et al.*, 2002). En un experimento de Reséndiz *et al.* (2010) se encontraron diferencias significativas en AP, DT, TFP y R al evaluar diferentes variedades de pimiento morrón, mientras que González *et al.* (2005) encontraron diferencias significativas en el TFP. En la prueba de valores promedio (Cuadro 1), los genotipos 8x4 y Chipo presentaron mayor AP y DT, a la vez que estuvieron asociados

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables fisiológicas, tamaño de fruto y rendimiento de los genotipos de chile jalapeño.

Genotipo	AP (cm)	DT (mm)	DP (cm)	DE (cm)	TFP	NSF	REND t ha ⁻¹
8x4	48.6 a	6.3 a	9.1 b	2.8 ab	18.1 ab	55.5	7.72 a
Chipo	46.1 a	6.3 a	10.7 a	2.7 ab	15.0 ab	70.2	7.99 a
M	39.3 ab	5.9 abc	5.6 d	2.3 b	19.5 a	60.0	2.41 b
Apache	39.2 ab	6.2 ab	6.6 cd	2.7 ab	13.2 abc	63.1	3.82 ab
3x4	34.6 b	5.0 c	9.6 ab	2.9 a	12.7 bc	64.8	5.68 ab
Isabel	30.2 b	5.2 bc	7.3 c	2.6 ab	7.4 c	84.0	2.76 b
Media	39.69	5.85	8.18	2.70	14.35	66.29	5.07
Tukey	10.22	1.05	1.28	0.51	6.73	41.65	4.60

($p \leq 0.05$)

Promedios con letras distintas en una columna son estadísticamente diferentes [Tukey, $p \leq 0.05$]; AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; TFP = total de frutos por planta; NSF = número de semillas por fruto.

con un mayor R; por el contrario, Isabel registro menor AP y 3x4 el menor DT.

Los genotipos que presentaron mayor DP fueron Chipó, 3x4 y 8x4, en tanto que en DE fueron 3x4 y 8x4; mientras que el genotipo que presentó menor DP y DE fue la variedad M. Con estos resultados se puede describir a Chipó y 8x4 como plantas altas con frutos grandes. Mientras que 3x4 es una planta de porte bajo con frutos grandes, lo cual podría deberse, principalmente, al potencial híbrido que expresa cada uno de estos materiales en comparación con las variedades de polinización libre. En cuanto a TFP, la variedad M fue la que tuvo mayor cantidad, sin embargo, sus frutos fueron muy pequeños (5.6 cm), seguida de los genotipos 8x4 y Chipó, los cuales presentaron frutos grandes y mayor rendimiento. En el NSF no se encontró diferencia significativa entre genotipos, y se obtuvo un promedio de 66.29 semillas por fruto.

CONCLUSIONES

Los genotipos evaluados tuvieron comportamientos agronómicos diferentes. Chipó y 8x4 sobresalieron por sus mejores rendimientos, altura de planta y diámetros de tallo mayores que el resto de los genotipos, así lo confirmaron las correlaciones positivas y significativas encontradas en este estudio. De acuerdo con los resultados, el genotipo 8x4 se considera como un híbrido experimental con potencial de mercado para la industria procesadora.

LITERATURA CITADA

- BOSLAND, P. W. 1996. *Capsicums*: Innovative uses of an ancient crop en J. Janick (Ed.) Progress in new crops. Ed. ASHS Press, Arlington, U.S.A. pp. 479-487.
- CONAPROCH. 2013. Plan Rector Comité Nacional Sistema Producto Chile. Consejo Nacional de Productores de Chile/Comité Nacional Sistema Producto Chile. 80 pp.
- COPELAND, L. O., and M. B. McDonald. 2001. Principles of seed science and technology. 4th ed. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, USA. 467 pp.
- ESPINOSA, A., M. Sierra y N. Gómez. 2003. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la Pronase. Agron. Mesoam. 14: 117-121.
- FAOSTAT. 2014. Estadísticas Agrícolas 2012. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- GARCÍA, S., J. A. 2006. Caracterización fenotípica y genética de la calidad del fruto en progenitores de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) para nichos de mercado fresco y la industria. Tesis de Maestría. Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN. Saltillo, Mex., 171 pp.
- GONZÁLEZ, R. E., A. Benavides, H. Ramírez, V. Robledo, R. Maiti, A. Reyes, A.F. Aguilera, L.O. Fuentes y R. E. Hernández. 2005. Crecimiento de jitomate y calidad de frutos con diferentes concentraciones de Nitrato. Terra Latinoamericana. 23: 105-111.
- LABORDE, C., J. A. y O. Pozo C. 1984. Presente y pasado del chile en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH. México. 80 pp.
- PABLO, C. E., J. A. Mejía, A. Carballo C., G. García G., V. H. Aguilar y T. Corona T. 2009. Calidad de semilla en colectas de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) de los Valles Centrales de Oaxaca, México. Agric. Téc. Méx. 35(3): 257-266.
- PRECIADO R., P. B., A. Castillo G., J. L. Torres T., J. K. Shibata, L. T. Chávez y A. M. Garza. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. Terra. 20: 67-76.
- RESÉNDIZ M., R. C., E. Moreno, F. Sánchez, J. E. Rodríguez, y A. Peña. 2010. Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. Rev. Chapingo Serie Hort. 16(3): 223-229.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. 2002. SAS/SAT user guide version 9.0. SAS INSTITUTE INC. Cary, N.C.
- SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.sagarpa.gob.mx

Transferencia de inmunidad pasiva, salud y crecimiento de becerros empleando calostro materno pasteurizado vs suplemento

Passive immunity transfer, health and growth of calves using maternal pasteurized colostrum vs supplement

Ramiro González-Ávalos^{1*}, Blanca Patricia Peña-Revuelta¹, José González-Ávalos³,
Jesús Enrique Cantú-Brito², Norma Rodríguez-Dimas¹

¹Departamento de Ciencias Básicas y ²Departamento de Producción Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27059. ³Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hidalgo, México. C.P. 43600. Email: jaliscorga@gmail.com (*Autor responsable)

RESUMEN

El éxito en el manejo de los becerros inicia con el suministro de calostro materno (CM), ya que es fuente importante de nutrientes y factores inmunes para el recién nacido, por los beneficios que aporta para su crecimiento y supervivencia durante el periodo de crianza. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la transferencia de inmunidad en becerros alimentados con CM pasteurizado vs suplemento (FIRST DEFENSE®). Para observar el efecto de la transferencia de inmunidad pasiva, salud y crecimiento, se seleccionaron 75 becerros de manera aleatoria, los cuales fueron separados de la madre al nacimiento y alojados individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos de tomas de calostro quedaron como sigue: Testigo: CM, T1: CM + suplemento de calostro, y T2: suplemento de calostro. En los tres tratamientos, la primera toma se realizó durante las primeras dos h de vida. Se suministraron 2L•toma•becerro⁻¹. Cada tratamiento constó de 25 repeticiones, y se consideró cada becerro como una unidad experimental. Los resultados obtenidos en el presente estudio para la transferencia de inmunidad y ganancia de peso diario indicaron diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), donde los mejores o mayores valores los mostró el tratamiento testigo. El suplemento de calostro no incrementó la transferencia de inmunidad.

Palabras clave: reemplazos, enfermedades, inmunidad, recién nacido

ABSTRACT

Success in the calf management begins with the supply of colostrum. The objective of the present work was to evaluate the transfer of immunity in calves fed with pasteurized colostrum vs a supplement (FIRST DEFENSE®). To observe the effect of passive immunity transfer, 75 calves were randomly selected, which were separated from the mother at birth and housed individually in previously washed and disinfected wooden cages. The treatments of colostrum intakes were as follows: Control: bovine colostrum, T1: bovine colostrum + supplement and T2: colostrum supplement. In the three treatments, the first dose was taken during the first two hours of life. 2 L•intake•calves⁻¹ was supplied. Each treatment consisted of 25 repetitions considering each calf as an experimental unit. The results obtained in the present study for the transfer of immunity indicate statistical difference ($p \leq 0.05$) in favor of the control group. The colostrum supplement does not increase the transfer of immunity.

Key words: replacements, diseases, immunity, newborn

INTRODUCCIÓN

La absorción de las inmunoglobulinas (Ig) maternas a través del intestino delgado durante las primeras 24 h después del nacimiento, denominada transferencia pasiva, ayuda a proteger a los becerros contra organismos que ocasionan enfermedades comunes, hasta que su propio sistema inmunológico inmaduro se convierte en funcional. Sin embargo, existen reportes de que la transferencia pasiva (FTP) ha fracasado cuando la concentración de Ig es menor de $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, y la muestra se analiza entre 24 y 48 h después del parto (NAHMS, 1996; Weaver *et al.*, 2000).

La transferencia pasiva a través del calostro es un prerrequisito para la salud y supervivencia de los becerros. Una variedad de factores, incluyendo la cantidad de Ig alimentadas, el tiempo de la primera alimentación, el volumen consumido y el método de alimentación han mostrado tener efecto sobre la transferencia pasiva de inmunidad (Godden *et al.*, 2009a). La calidad del calostro la determina la concentración de anticuerpos y la ausencia de bacterias patógenas. En la literatura existe el consenso de que al menos 3.8 L de calostro materno de buena calidad, esto es: $\text{Ig} \geq 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ y el total de los recuentos en placa de TPC $< 100\,000 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$, debe administrarse para evitar el FTP, que se caracteriza por una cantidad de Ig en suero $\leq 10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ a las 24 h después de la ingestión de calostro en becerros (McGuirk y Collins, 2004; Godden, 2008).

Cuando los becerros reciben una adecuada cantidad de calostro, presentan altas concentraciones de Ig circulantes en sangre, las cuales se asocian con un descenso en la morbilidad y mortalidad por ciertas enfermedades infecciosas, tales como septicemia, enteritis, diarreas, enfermedades respiratorias (Besser y Gay, 1994). Asimismo, la reducción del riesgo de morbilidad y mortalidad predestete y otros beneficios a largo plazo, asociados a la transferencia pasiva de inmunidad, incluyen la disminución de mortalidad en el periodo posterior al destete, mejoría en la tasa de ganancia, eficiencia alimenticia, reducción de la edad al primer parto, mejora la producción de leche en la primera y segunda lactancia, y la reducción de desecho de vaquillas durante la primera lactancia (Faber *et al.*, 2005).

Anticuerpos específicos contra patógenos infecciosos contenidos en el calostro materno, brindan protección al becerro recién nacido durante los primeros meses de vida y son predictores importantes de la

salud y el rendimiento de los becerros de carne y leche (Windeyer *et al.*, 2014). Al respecto, las dos enfermedades más frecuentes son: diarrea y respiratorias, por lo que se ha estimado que la tasa de mortalidad antes del destete es de 7.8%; la diarrea y otros problemas digestivos contribuyen al 50% de las muertes, en tanto que las enfermedades respiratorias, con 15%, son la segunda causa de mortalidad (Azzadeh *et al.*, 2012).

En las unidades de producción existen periodos en los que un suministro adecuado de calostro limpio, de alta calidad, fresco o almacenado, no está disponible para alimentar a todos los becerros recién nacidos. Para aumentar este problema, algunos productores desechan el calostro de vacas que dan positivo para *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*, virus de la leucosis bovina, o mastitis por *Mycoplasma bovis*. En tales circunstancias, el uso de suplementos de calostro (SC) o el reemplazo de calostro (RC) pueden ofrecer a los productores una manera conveniente de mejorar los niveles de inmunidad pasiva en los becerros, además de que reduce el riesgo de exposición a agentes patógenos.

Los productos comerciales de SC y RC en polvo contienen Ig de la especie bovina, que suelen ser de origen, ya sean lácteos o derivados del plasma. Los resultados de estudios con productos RC han sido muy diversos, ya que muchos de ellos generalmente no proporcionan la cantidad necesaria de IgG 10 mg/ml en el suero de los becerros (Quigley *et al.*, 2001; Smith y Foster, 2007; Swan *et al.*, 2007; Lago *et al.*, 2018).

Los estudios han reportado mejores tasas de éxito de la transferencia pasiva (media de IgG en suero $> 10.0 \text{ mg/mL}$), en particular cuando los becerros fueron alimentados con RC (Quigley *et al.*, 2001; Jones *et al.*, 2004; Pithua *et al.*, 2013; Priestley *et al.*, 2013). Otros productos no lograron concentraciones medias de 10 mg/mL de IgG en suero de becerros alimentados con RC (Godden *et al.*, 2009b; Priestley *et al.*, 2013).

La alimentación con dosis más altas de los productos de RC puede aumentar el éxito en la tasa de transferencia pasiva, pero la relación costo-beneficio de esta práctica aún no se ha descrito. A pesar de estos resultados prometedores, la efectividad de utilizar habitualmente productos RC en programas de lucha contra las enfermedades infecciosas requiere un estudio más detenido, debido a los resultados muy variables entre los diferentes productos.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la transferencia de inmunidad, salud y crecimiento en

becerros alimentados con calostro materno pasteurizado *versus* suplemento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó del 1 de febrero al 29 de abril del 2016, en un establo del municipio Francisco I. Madero, en el estado de Coahuila de Zaragoza, localizado en la región semidesértica del norte de México, a una altura de 1100 msnm, entre los paralelos 26° 17' y 26° 38' de latitud Norte y los meridianos 103° 18' y 103° 10' de longitud Oeste (INEGI, 2009).

Se utilizó el calostro de la primera ordeña de vacas primíparas y multíparas Holstein Friesian, dentro de las primeras 24 h después del parto. Inmediatamente después de la colecta, se determinó la densidad de este producto con un calostrómetro (Biogenics Inc., Mapleton, Or., USA®), a una temperatura de 22° C al momento de la medición. El calostro con densidad $\geq 50 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ de Ig se combinó hasta acumular la cantidad de 40 L (un lote), el cual se pasteurizó a una temperatura de 60° C, por 60 min, en un pasteurizador comercial (Dairytech, Inc., Windsor, Colorado USA®). Después de pasteurizado, el calostro se colocó en bolsas de plástico Ziploc® de 26,8 x 27,3 cm (dos L por bolsa) y se congeló a -20° C.

Para observar el efecto de la transferencia de inmunidad pasiva se seleccionaron 75 becerros de manera aleatoria, los cuales se separaron de la madre al nacimiento y alojados individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos de tomas de calostro quedarán como sigue: Testigo: CM, T1: CM + suplemento y T2: suplemento de calostro. En los tres tratamientos, la primera toma se realizó durante las primeras dos h de vida. Se suministraron $2 \text{ L} \cdot \text{toma} \cdot \text{becerro}^{-1}$. Cada tratamiento constó de 25 repeticiones, y se consideró cada becerro como una unidad experimental.

Entre las 24 y 48 h de vida, en tubos Vacutainer® se obtuvo una muestra de sangre ($6.0 \cdot \text{mL}^{-1}$) de la vena yugular de cada becerro, la cual se dejó coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero. La lectura en un refractómetro (Vet 360, Reichert Inc.®) del suero ($\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$ de proteína sérica) se empleó como variable de la transferencia de inmunidad pasiva hacia las crías. Se consideró $>5.5 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$, una transferencia de inmunidad pasiva exitosa; 5.0 a $5.4 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$, una transferencia medianamente exitosa, y $<5.0 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$, una transferencia incompleta (Quigley, 2001).

El análisis estadístico de la concentración de proteína sérica, morbilidad, peso y estatura final, ganancia de peso y peso diario, se realizó mediante un análisis de varianza, y la comparación de media a través de la prueba de Tukey. Los análisis de varianza se realizaron usando el siguiente modelo estadístico:

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

Y_{ij} = Valor de la observación en la i -ésimo tratamiento.

μ = Valor de la media general.

τ_i = Efecto de la i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Error experimental

Los análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico SPSS Ver 22, y para considerar diferencia estadística significativa, se empleó el valor de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis mostraron que existe diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 1) en relación con la variable proteína sérica; los mayores valores los presentó el grupo testigo, los cuales superaron en 30.8 y 20.3% al tratamiento 2 y tratamiento 1, respectivamente. Una posible explicación para el aumento de transferencia de inmunidad pasiva y de Ig en becerros que consumen calostro pasteurizado, es la falta de interferencia bacteriana en los receptores que son los responsables de la absorción de Ig (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009). Resultados similares fueron observados por González *et al.* (2012) en becerros alimentados con calostro pasteurizado *vs* calostro sin pasteurizar: 7.71 y $7.51 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$ de proteína sérica, respectivamente.

En un estudio en el que se utilizó 13.4 mg/mL de suplemento de calostro para lograr la transferencia de inmunidad a las 48 h, se concluyó que la alimentación de 100 g de IgG por intubación oral esofágica era insuficiente para alcanzar este objetivo, por lo que se recomendó que se requerían, por lo menos, 150 a 200 g de IgG (Chigerwe *et al.*, 2008) (Cuadro 1).

La medición de la proteína sérica en suero mediante el refractómetro para estimar la concentración de inmunoglobulina en suero, es una prueba sencilla para evaluar la transferencia de inmunidad pasiva. McGuirk y Collins (2004) sugieren que una meta sería que $\geq 80\%$ de los becerros sometidos a la prueba con el refractómetro alcancen o superen el punto de referencia ($5.5 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$) de proteína sérica. El principal factor que afecta la eficiencia de absor-

Cuadro 1. Transferencia de inmunidad en becerros Holstein utilizando calostro materno vs suplemento de calostro (FIRST DEFENSE®).

Tratamientos	Tiempo de la 1era toma (min)	L (calostro suministrado)	Total de Ig suministradas (g/cría)	Proteína sérica
Testigo	37	3.36	322 ^a	6.43 ^a
T1	32	2.28	307 ^a	5.12 ^b
T2	29	2.60	320 ^a	4.45 ^c

Letras diferentes indican diferencia estadística.

ción de Ig es la edad del becerro al momento de la alimentación. La eficiencia de transferencia a través del epitelio intestinal es óptima en las primeras 4 h después del parto, pero después de 6 h se produce un descenso progresivo de la eficiencia de absorción (Besser *et al.*, 1987).

La absorción de una cantidad adecuada de Ig, a partir del calostro, es esencial para que los recién nacidos puedan obtener inmunidad pasiva. Para que se obtenga una absorción adecuada, se requiere que el becerro sea capaz de consumirlo, lo cual dependerá del periodo de tiempo que transcurra entre el nacimiento y el suministro del producto, y de que consuma una cantidad suficiente (Jaster, 2005).

En cuanto al efecto que tienen los factores asociados con una exitosa transferencia de inmunidad en los recién nacidos, éstos están relacionados con el manejo del calostro, incluyendo la concentración y el volumen suministrado, además del tiempo de alimentación después del nacimiento y la mínima contaminación del calostro por bacterias (Beam *et al.*, 2009).

En relación con los resultados de crecimiento de los animales, los análisis mostraron que existe diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 2). En relación con la variable ganancia de peso diario, el mayor valor lo presentó el grupo testigo, ya que superó en 16.5 y 7.4% al tratamiento 2 y tratamiento 1, respectivamente. Resultados similares se observan en un estudio llevado a cabo en una unidad de producción comercial que incluía 49 becerros por tratamiento, donde se encontró que los animales alimentados con CM eran más pesados que los alimentados con sustituto derivado de plasma (4.0 kg) y más (1.7 kg) que aquellos que se alimentaron con suplemento de calostro (Priestley *et*

al., 2013). Por el contrario, cuando los becerros fueron alimentados con CM de mala calidad, pesaron más al destete que cuando lo hicieron con un sustituto derivado del calostro (Aly *et al.*, 2013). En el presente estudio, la ganancia de peso diario fue significativa; sin embargo, la diferencia puede carecer de importancia biológica o económica. Si existe la diferencia en peso diario y peso final al destete podría ser atribuible a un diferente contenido de nutrientes, crecimiento y factores inmunológicos de CM (Yvon *et al.*, 1993, Hammon *et al.*, 2000), o mayor ingesta de Ig. Algunos estudios previos registran que la Ig sérica está potencialmente asociada con la ganancia de peso diario (Robison *et al.*, 1988; Mee *et al.*, 1996); sin embargo, otros no encontraron asociaciones entre la Ig sérica y el crecimiento durante los primeros seis meses de edad (Furman-Fratczak *et al.*, 2011).

Los resultados muestran que no existe diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) entre tratamientos para las variables diarrea, problemas respiratorios y mortalidad (Cuadro 3). En el caso de las variables diarrea + problemas respiratorios y evento de enfermedad, los análisis mostraron diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$); los valores mayores los presentó el tratamiento 2, que superó en 61% y en 30% al tratamiento 1 y al testigo, respectivamente. Se tiende a asociar la neumonía con el periodo posterior al destete. En esta etapa, el síndrome respiratorio es el responsable de 50.4% de las muertes, pero durante la lactancia es el causante de 21.3% de las bajas.

En este experimento no se observaron becerros enfermos por problemas respiratorios en los diferentes tratamientos. Resultados similares fueron observados por González *et al.* (2012) en becerros alimentados con 4 L de calostro pasteurizado, ya que dentro de las primeras 6 h de vida presentaron una menor

Cuadro 2. Crecimiento de becerros Holstein utilizando calostro materno vs suplemento de calostro.

Tratamientos	Peso inicial (kg)	Estatura inicial (cm)	Peso inicial (kg)	Estatura final (cm)	Ganancia peso (kg)	Ganancia altura (cm)	Ganancia peso diario (kg)
Testigo	39.16 ^a	80.96 ^a	100.44 ^a	97.96 ^a	61.28 ^a	17.00 ^a	0.934 ^a
T1	39.92 ^a	80.64 ^a	96.12 ^b	96.28 ^b	56.20 ^b	15.64 ^b	0.865 ^b
T2	38.61 ^a	81.04 ^a	89.43 ^c	95.26 ^b	50.83 ^c	14.21 ^b	0.780 ^c

Letras diferentes indican diferencia estadística.

Cuadro 3. Efecto de la administración calostro materno vs suplemento de calostro sobre la morbilidad y mortalidad de becerros.

Variable	Testigo	T1	T2
Diarrea	6 ^a	5 ^a	7 ^a
Problema respiratorio	7 ^a	7 ^a	7 ^a
Diarrea + problema respiratorio	3 ^a	4 ^a	9 ^b
Evento de enfermedad	16 ^a	16 ^a	23 ^b
Mortalidad	0 ^a	0 ^a	1 ^a

incidencia de problemas respiratorios, 5% (1/20). Godden *et al.* (2012) observaron 9.4% (52/553) de incidencia de problemas respiratorios en becerros alimentados con 3.8 L de calostro pasteurizado a 60° C por 60 min. Otros estudios mencionan la morbilidad respiratoria de 4.0 a 20% (Virtala *et al.*, 1996; Walker *et al.*, 2012).

La USDA (2008) observó en las primeras ocho semana de vida, 8.9% de enfermedades respiratorias, mientras que diversos estudios mencionan entre 7.6% (Sivula *et al.*, 1996) y 21% (Donovan *et al.*, 1998).

En relación con la mortalidad, en el presente estudio se observó una incidencia de 10 a 15% en ambos grupos. De acuerdo con la revisión de la literatura, estudios suecos muestran que se han reducido los riesgos de mortalidad en becerros de 0-90 días de edad en 2.6% y 3.1%, según Olsson *et al.* (1993) y Svensson *et al.* (2006), respectivamente. Mortalidades más altas se

han reportado en Dinamarca (rango de 4.2 a 13.8%) por Nielsen *et al.* (2002), y en Estados Unidos (5.6% y 9.4%) por Virtala *et al.* (1996) y Losinger y Heinrichs (1997), respectivamente. Otro estudio previo realizado en Estados Unidos informa que los riesgo de mortalidad en los becerros antes del destete son de 5.4%, en promedio, ligeramente inferior a 7.8% estimado en Estados Unidos en 2006 (USDA, 2008).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, en el presente trabajo se concluyó que el suministro de suplemento de calostro no incrementa la transferencia de inmunidad en becerros. Es importante monitorear la salud de los becerros, ya que aun cuando presentan excelente apariencia, pueden tener problemas de sa-

lud. Se sugiere seguir investigando sobre la relación del consumo de suplemento de calostro a dosis mayores sobre la salud y desarrollo de becerros.

LITERATURA CITADA

- ALY, S. S., P. Pithua, J. D. Champagne and D. M. Haines. 2013. A randomized controlled trial on preweaning morbidity, growth and mortality in Holstein heifers fed a lacteal-derived colostrum replacer or pooled maternal colostrum. *BMC Vet. Res.* 9: 168.
- AZIZADEH, M., H. F. Shooroki, A. S. Kamalabadi and M. A. Stevenson. 2012. Factors affecting calf mortality in Iranian Holstein dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine.* 104: 335-340.
- BEAM, A. L., J. E. Lombard, C. A. Koprak, L. P. Garber, A. L. Winter, J. A. Hicks and J. L. Schlater. 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on us dairy operations. *J Dairy Sci.* 92(8): 3973-3980.
- BESSER, T. E., T. C. McGuire, and C. C. Gay. 1987. The transfer of serum IgG1 antibody into the gastrointestinal tract in newborn calves. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 17: 51-56.
- BESSER, T. E., and C. C. Gay. 1994. The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. *Vet. Clin. North. Am. Food Anim.* 10: 107-117.
- CHIGERWE, M., J. W. Tyler, L. G. Schultz, J. R. Middleton, B. J. Steevens, and J. N. Spain. 2008. Effect of colostrum administration by use of oroesophageal intubation on serum IgG concentrations in Holstein bull calves. *Am. J. Vet. Res.* 69: 1158-1163.
- DONOVAN, G. A., I. R. Dohoo, D. M. Montgomery, and F. L. Bennett. 1998. Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prev. Vet. Med.* 34: 31-46.
- ELIZONDO-SALAZAR, J. A. and A. J. Heinrichs. 2009. Feeding heat-treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *J. Dairy Sci.* 92: 3265-3273.
- FABER, S. N., N. E. Faber, T. C. McCauley, and R. L. Ax. 2005. Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *The Professional Animal Scientist.* 21: 420-5.
- FURMAN-FRATCZAK, K., A. Rzasa, and T. Stefaniak. 2011. The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *J. Dairy Sci.* 94: 5536-5543.
- GODDEN, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 24(1): 19-39.
- GODDEN, S. M., D. M. Haines, K. Konkol, and J. Peterson. 2009a. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *J Dairy Sci.* 92(4): 1758-1764.
- GODDEN, S. M., D. M. Haines, and D. Hagman. 2009b. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. I: Dose effect of feeding a commercial colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 92: 1750-1757.
- GODDEN, S. M., D. J. Smolenski, M. Donahue, J. M. Oakes, R. Bey, S. Wells, S. Sreevatsan, J. Stabel, and J. Fetrow. 2012. Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. *J. Dairy Sci.* 95:4029-4040.
- GONZÁLEZ, A. R., H. K. Rodríguez, y H. G. Núñez. 2012. Comportamiento productivo de becerras lecheras Holstein alimentadas con calostro pasteurizado. *AGROFAZ.* 12:4: 1-7.
- HAMMON, H. M., I. A. Zanker, and J. W. Blum. 2000. Delayed colostrum feeding affects IGF-1 and insulin plasma concentrations in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 83: 85-92.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05009.
- JASTER, E. H. 2005. Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin g1 absorption in jersey calves. *J Dairy Sci* 88(1): 296-302.
- JONES, C. M., R. E. James, J. D. Quigley, III, and M. L. McGilliard. 2004. Influence of pooled colostrum or colostrum replacement on IgG and evaluation of animal plasma in milk replacer. *J. Dairy Sci.* 87: 1806-1814.
- LAGO, A., M. Socha, A. Geiger, D. Cook, N. Silva-del-Río, C. Blanc, R. Quesnell, and C. Leonardi. 2018. Efficacy of colostrum replacer versus maternal colostrum on immunological status, health, and growth of preweaned dairy calves. *J. Dairy Sci.* 101: 1344-1354.
- LOSINGER, W. C., and A. J. Heinrichs. 1997. Management practices associated with high mortality among preweaned dairy heifers. *J Dairy Res.* 64(1): 1-11.
- MCGUIRK, S. M., and M. Collins. 2004. Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 20(3): 593-603.
- MEE, J. F., K. J. O'Farrell, P. Reitsma, and R. Mehra. 1996. Effect of a whey protein concentrate used as a colostrum substitute or supplement on calf immunity, weight gain, and health. *J. Dairy Sci.* 79: 886-894
- NATIONAL ANIMAL HEALTH MONITORING SYSTEM (NAHMS). 1996. National dairy health evaluation project. Dairy heifer morbidity, mortality, and health manage-

- ment focusing on preweaned heifers. Ft. Collins (CO): USDA-APHIS Veterinary Services; 1996.
- NIELSEN, L. A. H., A. Glasius, A. Fogh, and F. Skjoeth. 2002. Dødelighed hos kalve af malkerace (Mortality in dairy calves). Report nr 102. Landbrugets Radgivningscenter, Dansk Kvaeg, Aarhus, Denmark. (In Danish).
- OLSSON, S. O., S. Viring, U. Emanuelson, and S. O. Jacobsson. 1993. Calf diseases and mortality in Swedish dairy herds. *Acta Vet. Scand.* 34: 263-269.
- PITHUA, P., S. S. Aly, D. M. Haines, J. D. Champagne, J. R. Middleton, and S. E. Pooch. 2013. Efficacy of feeding a lacteal-derived colostrum replacer or pooled maternal colostrum with a low IgG concentration for prevention of failure of passive transfer in dairy calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 243: 277-282.
- PRIESTLEY, D., J. H. Bittar, L. Ibarbia, C. A. Risco, and K. N. Galvão. 2013. Effect of feeding maternal colostrum or plasma-derived or colostrum-derived colostrum replacer on passive transfer of immunity, health, and performance of preweaning heifer calves. *J. Dairy Sci.* 96: 3247-3256.
- QUIGLEY, J. D. III, R. E. Strohbehn, C. J. Kost, and M. M. O'Brien. 2001. Formulation of colostrum supplements, colostrums replacers y acquisition of passive immunity in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 84: 2059-2065.
- ROBISON, J. D., G. H. Stott, and S. K. DeNise. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71: 1283-1287.
- SIVULA, N. J., T. R. Ames, W. E. Marsh, and Werdin, R. E. 1996. Descriptive epidemiology of morbidity and mortality in Minnesota dairy heifer calves. *Prev Vet Med.* 27: 155-171.
- SMITH, G. W., and D. M. Foster. 2007. Short Communication: Absorption of protein and immunoglobulin G in calves fed a colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 90: 2905-2908.
- SVENSSON, C., A. Linder, and S. O. Olsson. 2006. Mortality in Swedish dairy calves and replacement heifers. *J. Dairy Sci.* 89: 4769-4777.
- SWAN, H., S. Godden, R. Bey, S. Wells, J. Fetrow, and H. Chester-Jones. 2007. Passive transfer of immunoglobulin G and preweaning health in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 90: 3857-3866.
- UNITED STATES DEPARTMENT AGRICULTURE (USDA). 2008. Dairy 2007, Part II: Changes in the US Dairy Cattle Industry, 1991-2007. USDA, Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services, Centers for Epidemiology and Animal Health, Fort Collins, CO.
- VIRTALA, A.K., C. D. Mechor, Y. T. Crohn, H. N. Erb, and E. J. Dubovi. 1996. Epidemiology and pathologic characteristics of respiratory tract disease in dairy heifers during the first three months of life. *J Am Vet Med Assoc.* 208: 2035-2042.
- WALKER, W. L., W. B. Epperson, T. E. Wittum, L. K. Lord, P. J. Rajala-Schultz, and J. Lakritz. 2012. Characteristics of dairy calf ranches: Morbidity, mortality, antibiotic use practices, and biosecurity and biocontainment practices. *J. Dairy Sci.* 95: 2204-2214
- WEAVER, D. M., J. W. Tyler, D. C. VanMetre, D. E. Hostetler and G. M. Barrington. 2000. Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves. *J Vet Intern Med.* 14(6): 569-577.
- WINDEYER, M. C., K. E. Leslie, S. M. Godden, D. C. Hodgins, K. D. Lissemore, and S. J. LeBlanc. 2014. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev. Vet. Med.* 113: 231-240.
- YVON, M., D. Levieux, M. C. Valluy, J. P. Pelissier, and P. P. Mirand. 1993. Colostrum protein digestion in newborn lambs. *J. Nutr.* 123: 586-596.

Germinación y vigor en maíz a diferentes potenciales osmóticos

Seed vigor and germination at different osmotic potentials



Adriana Campos-Flores¹, Norma Angélica Ruiz-Torres^{*2},
Froylán Rincón-Sánchez³, Celestino Flores-López²

¹Maestría en Tecnología de Granos y Semillas, ²Centro de Capacitación de Tecnología de Granos y Semillas,

³Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. Tel. (844)4110377 y 78. Email: n_nruiz@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

Los objetivos del trabajo fueron evaluar la capacidad germinativa en semilla y el vigor en plántulas de maíz, sometidas a diferentes niveles de salinidad, en condiciones de laboratorio e invernadero. Se utilizó semilla de una variedad experimental de maíz amarillo con características de tolerancia al déficit hídrico, desarrollada y adaptada a la región sureste del estado de Coahuila, México. Se establecieron dos ensayos: I. Germinación en laboratorio con 10 potenciales osmóticos (-0.125 MPa a -1.250 MPa) y un testigo con agua destilada, en el que se determinó: porcentajes de vigor, germinación, plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar, tasa de crecimiento y la acumulación de materia seca de plúmula y radícula; II. Índice de velocidad de emergencia (IVE) en invernadero. Se sembró en suelo, regado con soluciones salinas ajustadas a siete potenciales osmóticos (-0.25 a -1.50 MPa). Las variables determinadas fueron: índice de velocidad de emergencia, emergencia total y materia seca. Los resultados de ambos ensayos indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$). Se obtuvieron plántulas vigorosas a potenciales osmóticos por encima de -1 MPa, mientras que a partir de éste el vigor se perdió, lo que se reflejó en la reducción del índice de velocidad de emergencia, el porcentaje de germinación, la emergencia total y una menor tasa de acumulación de materia seca. La variedad experimental toleró el estrés salino hídrico durante la germinación y emergencia, hasta un potencial osmótico en la solución de -0.75 MPa.

Palabras clave: capacidad germinativa, emergencia, estrés salino

ABSTRACT

The objectives of this research work were to evaluate the corn seed germination capacity and the seedling vigor, subjected to different salinity levels, under laboratory and greenhouse conditions. Seed from an experimental yellow variety was used, with water stress tolerance characteristics, developed and adapted to the Coahuila State Southeast region, in Mexico. Sodium chloride was used in osmotic solutions expressed in MPa. Two different trials were set: I. Ten osmotic potentials were laboratory tested (from -0.125 to -1.250 MPa) and distilled water as a check. Seed vigor, germination, abnormal seedlings, ungerminated seeds (percentage), growth rate, and plumule and root dry matter accumulation, were evaluated; II. Seed emergence index evaluated under greenhouse conditions. Seeds were planted in a heavy soil and watered with saline solutions, adjusted to ten osmotic potentials (-0.25 to -1.50 MPa). Seed emergence index (SEI), total emergence and seedling dry matter, were determined. Results from both trials showed significant differences ($p \leq 0.01$) among treatments. Vigorous seedlings were obtained above -1.0 MPa, however the seed vigor was reduced below this osmotic potential, showing a decrease in the SEI, germination percentage, total emergence and dry matter accumulation.

Key words: germinative capacity, emergence, salt stress



INTRODUCCIÓN

El porcentaje de germinación es considerado como un parámetro de gran importancia, para evaluar la calidad en el ámbito de la industria de las semillas. El ensayo de germinación es una medida de la viabilidad que predice la emergencia en campo, en condiciones de suelo casi ideales. Sin embargo, tales condiciones rara vez existen, por lo que este ensayo podría sobreestimar la emergencia en campo. Para el comportamiento de la germinación bajo condiciones desfavorables, se realizan ensayos de vigor de plántula, simulando las condiciones a las que se enfrentará en campo.

La International Seed Testing Association (ISTA, Asociación Internacional de Pruebas de Semillas) (1976) define el concepto de vigor, como la capacidad de la semilla para producir, en forma rápida y uniforme, plántulas normales en condiciones específicas. El vigor puede ser determinado mediante pruebas directas o indirectas: las primeras simulan las condiciones que viven las semillas en el campo, y tienen la ventaja de que se evalúan todos los factores que afectan el vigor; las indirectas miden los atributos fisiológicos en laboratorio, que se relacionan con los que se manifiestan en el campo (Copeland, 1976). Con el objeto de evaluar el vigor de la semilla se han propuesto las siguientes pruebas, que por razones de operatividad, eficacia y economía, presentan las siguientes características: baratas, sencillas, cuantificables, reproducibles y que estén correlacionadas con la emergencia en el campo (McDonald, 1980).

Un estimador de vigor de las plántulas es el índice de velocidad de emergencia propuesto por Maguire (1962), en el que se cuenta el número de días en que emergieron, para establecer un índice de emergencia en condiciones específicas. Las semillas en el campo están a menudo sujetas a estrés hídrico, lo cual reduce su emergencia. Un método para determinar su resistencia a la sequía y su índice de germinación bajo potenciales osmóticos diferenciales, es el uso de soluciones osmóticas en base a NaCl (García y Lasa, 1991).

La alta concentración salina en la solución del suelo incrementa las fuerzas potenciales que retienen el agua y hacen más difícil la absorción (Mata-Fernández *et al.*, 2014). La disminución de la movilidad del agua en los suelos salinizados reduce la germinación, lo que da como resultado la emergencia no uniforme de las plántulas (González, 2001).

El efecto de las sales comienza a manifestarse desde la germinación de las semillas, la cual se refleja en la retención, emergencia no uniforme y desolación que se observa en los suelos salinizados, debido principalmente a la poca disponibilidad de agua para la imbibición, la cual es la primera etapa del proceso de germinación. Estudios realizados por diversos autores (Argentel *et al.*, 2010; Argentel y González, 2006; Franca *et al.*, 2007 y Nicasio *et al.*, 2011) evidencian la existencia de variabilidad intraespecífica en varias especies y variedades, respecto de la tolerancia que presentan los genotipos a las condiciones de salinidad durante el proceso de imbibición.

La segunda etapa del proceso de germinación corresponde al rompimiento de las estructuras, en la cual tienen lugar los procesos físico-químicos, los que pueden verse afectados e, incluso, inhibidos a altas concentraciones de sales, aun cuando se haya iniciado el proceso de germinación con la imbibición (González, 2001). Algunos autores (Camejo y Torres, 2000) refieren que, bajo condiciones de salinidad, existe cambio en la dinámica de germinación, ya que se incrementa el tiempo para que se dé la máxima velocidad de germinación de diferentes cultivos, y se extiende más conforme se incrementa la concentración de sal. El porcentaje de germinación final se verá afectado debido a tal situación. Por otro lado, Kaya (2008) menciona que el estrés por salinidad (NaCl) no afecta la frecuencia de germinación en semillas de genotipos de garbanzo, aunque la interacción del tamaño de la semilla y la concentración de sal da como resultado un menor crecimiento de las plántulas dentro de un mismo genotipo.

Respecto a la germinación de semillas de maíz, Laynes *et al.*, 2008 y Akram *et al.*, 2010, dieron a conocer la existencia de diferencias en la respuesta a salinidad entre genotipos. Determinados genotipos presentan mayor susceptibilidad bajo esta condición de estrés, ya que se obtiene menor porcentaje de germinación conforme se incrementa la concentración de sal. Al respecto, Laynes *et al.* (2008) comentan que el empleo de NaCl para simular diferentes potenciales osmóticos, permite discriminar entre genotipos en relación con la germinación. Sin embargo, un alto porcentaje de germinación bajo condiciones de estrés no es un parámetro que pueda asegurar que el genotipo en cuestión presente la misma tolerancia en etapas posteriores del crecimiento.

Después del proceso de la germinación comienza el desarrollo de las plántulas. En esta fase, las plántulas se ven mucho más afectadas bajo condiciones

de estrés salino, aun a menores concentraciones de sal en el sustrato. González *et al.* (2001) mencionan que el retraso en la división y diferenciación celular causado por las altas concentraciones de sal en el sustrato en el que las plántulas se desarrollan, limita su crecimiento, y aseveran que el crecimiento de las plántulas no se ve afectado directamente por procesos relacionados con la hidrólisis de las sustancias de reservas de la semilla, sino más bien debido a la acumulación de hidrolizados, lo cual sugiere que esta reducción del crecimiento está relacionada con la disminución de los procesos de síntesis. Por su parte, Leidi y Pardo (2002) consideran que al hacer frente al estrés por salinidad, las plantas activan mecanismos de adaptación, los cuales se reflejan fenotípicamente con un menor crecimiento, la modificación de la relación parte aérea/raíz y la limitación de la expansión foliar.

Läuchli y Grattan (2007) mencionan que la mayoría de las plantas de cultivo son tolerantes a la sal en la germinación, pero sensibles a ésta durante la emergencia y el desarrollo vegetativo. Además, señalan que la fase de desarrollo reproductivo es menos sensible al estrés salino que el crecimiento vegetativo, aunque en especies como en el trigo, el estrés salino puede acelerar el crecimiento reproductivo, inhibir el desarrollo de la espiga y disminuir el potencial de rendimiento. En contraste, el arroz es más sensible, pues su bajo rendimiento se asocia, principalmente, con la reducción de los macollos y por las espiguillas estériles en algunos cultivares.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se utilizó semilla de una variedad experimental de maíz amarillo, con características de tolerancia al déficit hídrico, desarrollada y adaptada a la región sureste del estado de Coahuila, México.

Estudio I

Efectos de la salinidad en la germinación y vigor de la semilla

Los ensayos de germinación estándar y de vigor bajo condiciones de salinidad se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fisiología de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTs), en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El ensayo se estableció en un diseño completamente al azar. Los tratamientos consistieron en siete potenciales osmóticos con NaCl: -0.25, -0.50,

-0.75, -1.0, -1.25, -1.50 y un testigo en el que se utilizó agua destilada. La unidad experimental constó de un taco con 25 semillas.

Los potenciales osmóticos se calcularon según la fórmula de J. H. Van't Hoff (Salisbury y Ross, 1978): $Yos = -C i R T$; dónde: Yos = potencial osmótico; C = concentración de la solución, expresada como molaridad (moles de soluto por Kg de H₂O); i = constante que indica la ionización del soluto, para el NaCl (i = 1); R = constante de los gases (0.0831 Kg, bar mol⁻¹, K⁻¹); T = temperatura absoluta (°K).

La germinación se determinó mediante la prueba estándar (ISTA, 2009), con algunas modificaciones; las semillas se colocaron entre papel Anchor húmedo (de acuerdo con los tratamientos), enrollado en forma de tacos y colocado en una bolsa de plástico dentro de una cámara de germinación marca Termo Scientific, modelo Precision, a una temperatura de 25° C, durante siete días, con ocho horas de luz y 16 de oscuridad. Se llevaron a cabo dos conteos: el primero, considerado como una prueba de vigor, se hizo al cuarto día después de la siembra y se evaluó el número de plántulas normales; el segundo, en el que se contaron las plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar, se realizó al séptimo día.

Los resultados para ambos conteos se reportan en porcentajes. Se midió longitud de plúmula y de radícula en todas las plántulas normales y se expresó en milímetros. De todas las plántulas normales para cada uno de los tratamientos se obtuvo peso seco de plúmula y de radícula, por separado, para lo cual se introdujeron en bolsas de papel de estraza y se colocaron en una estufa de secado, a una temperatura de 75° C durante 24 horas y se pesaron en una balanza de precisión expresando los datos en miligramos por plántula (mg planta⁻¹).

El análisis de los datos para ambos estudios se realizó mediante un análisis de varianza, y se llevó a cabo una comparación de medias, a través de la prueba múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Estudio II

Índice de velocidad de emergencia (IVE) en invernadero

El experimento se llevó a cabo en el área de invernadero del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Se estableció en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones.

Los tratamientos fueron tres potenciales osmóticos: -1 MPa, -2 MPa, -3 MPa y un testigo en el que se utilizó agua destilada para el riego; como sal se usó NaCl y las concentraciones se calcularon de acuerdo con la ecuación de J. H. Van't Hoff (Salisbury y Ross, 1978) descrita en el Estudio I. Las unidades de muestreo corresponden a las plántulas emergidas en el momento de la evaluación, y para mayor precisión de la prueba, los conteos se realizaron a la misma hora.

Para establecer las unidades experimentales, la siembra se llevó a cabo en un suelo de textura pesada, previamente regado con agua destilada en el caso del testigo, y soluciones salinas ajustadas a los potenciales osmóticos de: -0.25, -0.50, -0.75, -1.00, -1.25 y -1.50 MPa. La siembra se realizó en una cama de concreto forrada con plástico, de 2.98 × 0.98 × 0.28 m de largo, ancho y alto, respectivamente, que se dividió en siete segmentos correspondientes a cada tratamiento, más el testigo; se formaron camas individuales de 32 cm, aislándolas con plástico y fibra de vidrio, en las que se colocaron 20 cm de suelo (textura pesada).

La siembra se realizó en surcos de 25 semillas a 2 cm de profundidad, con una distancia de 3.5 cm entre plantas y 5 cm entre surcos, con tres repeticiones por tratamiento (cada surco se consideró como una unidad experimental). Una vez establecido el experimento, se evaluaron las siguientes variables: 1) tasa de emergencia, la cual se registró con el conteo diario de plántulas emergidas de acuerdo con la ecuación propuesta por Maguire (1962):

$$IVE = n_1/t_1 \dots n_7/t_7$$

donde n_1, n_2, \dots, n_7 son el número de semillas germinadas al t_1, t_2, \dots, t_7 (en días); una planta se consideró emergida cuando sobresalió a 2 mm del suelo; 2) cálculo de la emergencia total como el porcentaje absoluto, considerando el total del número de semillas incluidas desde el inicio del experimento en cada tratamiento; 3) pesos seco de plántulas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio I

Efectos de la salinidad en la germinación y vigor de la semilla

Los resultados del análisis de varianza para este ensayo, con la aplicación de diferentes concentraciones de NaCl (Cuadro 1), muestran diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos para todas las variables relacionadas con la capacidad germinativa y el vigor de la semilla. Lo anterior indica que los diferentes tratamientos afectaron los procesos relacionados con la imbibición, el metabolismo, y la emisión de la raíz y plúmula, además de modificar la acumulación de materia seca tanto en la plúmula como en la raíz, que está relacionada con la división celular y el llenado de las células.

La comparación de medias por concentración de NaCl en el agua de riego (Cuadro 2) muestra que la semilla tiene la capacidad de germinar normalmente hasta un PO de -0.875 MPa, lo que equivale a una conductividad eléctrica de 18.57 dS.m⁻¹. Sin embargo, la tasa de crecimiento y acumulación de materia

Cuadro 1. Cuadrados medios y nivel de significancia para variables evaluadas en el estudio de germinación y vigor en laboratorio bajo condiciones de salinidad.

FV	GI	PC (%)	G (%)	PA (%)	SSG (mm)	LP (mm)	LR (mm)	GI	PSP (mg)	PSR (mg)
Trats	9	2873.42**	2533.03**	2531.31**	1.24**	112538.47**	117211.51**	9	492.64**	244.46**
Error	20	5.33	36.26	32.00	1.6	414.62	1258.37	18	26.84	20.24
C.V (%)		2.62	7.11	37.88	316.22	28.38	20.42		17.35	14.06

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; FV= Fuentes de Variación; GI= Grados de libertad; Trats= tratamientos; CV= Coeficiente de variación (%); PC= Primer conteo; G= Germinación; PA= Plántulas anormales; SSG= Semillas sin germinar; LP= Longitud de plúmula; LR= Longitud de raíz. PSP= Peso seco de plúmula; PSR= Peso seco de raíz.

seca de las plántulas (LP, LR, PSP y PSR), se reduce conforme se incrementa la concentración de sal. Este mismo comportamiento se ha observado en diferentes especies y variedades: garbanzo (Kaya, 2008), frijol (Franca *et al.*, 2007), pasto (Ruiz y Terenti, 2012), chícharo (Kaya *et al.*, 2008), maíz (Laynes *et al.*, 2008; Akram *et al.*, 2010).

Los resultados de este estudio pueden atribuirse a la disminución de la movilidad del agua, lo cual reduce su disponibilidad para los procesos que se llevan a cabo durante la germinación. Este fenómeno se llama “sequía fisiológica”, debido a que en suelos salinizados disminuye la velocidad de imbibición de las semillas, el cual es el primer evento con el que se inicia la germinación.

La siguiente etapa de la germinación es el rompimiento de las estructuras y la posterior emergencia de la plúmula y radícula, que se relaciona con el inicio de los procesos fisiológicos (mecanismos de arranque), probablemente relacionados con los primeros ciclos de división celular en el embrión, los cuales al parecer son menos afectados por el estrés salino que los procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante el crecimiento de las plántulas (González, 2001). Los sistemas enzimáticos de la glicólisis, así como el ciclo de Krebs son especialmente sensibles a la salinidad y dan como resultado una menor disponibilidad de energía y adquisición de nutrientes, además de la disminución de la capacidad germinativa y la reducción del crecimiento de la plántula (Mata-Fernández *et al.*, 2014).

Las variables relacionadas con la acumulación de materia seca (LP, LR, PSP, PSR) registraron diferencias entre el testigo y los tratamientos salinos; las sales afectaron el crecimiento, respuesta que pudo deberse a una menor absorción de agua por las raíces. El efecto osmótico generado por altas concentraciones de sal aumentan la presión osmótica de la solución, por lo que las células sufren una adaptación que requiere mayor consumo de energía (Aiazzi *et al.*, 2005) para activar los mecanismos de adaptación, que se reflejan fenotípicamente con un menor crecimiento, modificación de la relación parte aérea/raíz, y la limitación de la expansión foliar (Leidi y Pardo, 2002).

El efecto de las sales en la germinación y crecimiento de las plántulas está estrechamente relacionado con la tolerancia varietal (González, 2001). La tolerancia salina es una habilidad relativa de las plantas para producir rendimientos satisfactorios o para sostenerse bajo estas condiciones. Esta tolerancia va-

ría a lo largo de las distintas fases de desarrollo de la planta (Mata-Fernández *et al.*, 2014).

Munns (2002) dio a conocer que el efecto de la sal sobre el crecimiento de las plantas de maíz se da en dos fases. La primera fase, la reducción del crecimiento, se da a unos cuantos días de exposición de la planta a la sal, la cual es aparentemente rápida y causada por la sal fuera de las raíces (estrés hídrico). Las plantas sometidas al estrés salino presentan un tamaño más pequeño, resultado de cambios en la elongación y división celular. Estos cambios presumiblemente son regulados por señales hormonales procedentes de las raíces. La segunda fase de reducción del crecimiento registra mayor tiempo para desarrollarse como resultado de la lesión interna, debido a un periodo prolongado de exposición a este tipo de estrés (Cuadro 2).

Estudio II

Índice de velocidad de emergencia (IVE) en invernadero

Los resultados de este estudio muestran que existen diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los tratamientos aplicados en la prueba de vigor a la que se sometieron las semillas (Cuadro 3). Las diferencias se pueden atribuir a que el incremento de la concentración de NaCl en la solución del suelo, incrementa las fuerzas potenciales que retienen el agua y hacen más difícil la absorción (Mata-Fernández *et al.*, 2014). Debido a la disminución de la movilidad del agua en los suelos salinizados, la germinación se ve reducida, lo que da como resultado la emergencia no uniforme de las plántulas (González, 2001).

La comparación de medias por concentración de NaCl aplicado en la prueba de vigor (IVE) se presenta en el Cuadro 4. Los resultados reflejan un cambio en la dinámica de germinación: al reducirse el potencial osmótico se incrementó el tiempo para el inicio del proceso, que consiste en la imbibición de la semilla y la posterior activación del metabolismo para dar lugar a la emergencia de la radícula y plúmula. Estos resultados concuerdan con lo observado por otros investigadores (Camejo y Torres, 2000; Meza *et al.*, 2004), quienes mencionan que este retraso puede deberse a la disminución de la capacidad de las semillas para la absorción de agua y/o un efecto tóxico de los iones, los cuales afectan a enzimas y hormonas que retrasan o inhiben el proceso de germinación. El porcentaje de germinación final se ve afectado por el incremento en la concentración salina, lo cual puede ser atribuido a que el estrés salino causa inhibición de la elongación celular.

Cuadro 2. Comparación de medias para las variables de germinación y vigor de la semilla bajo estrés salino en laboratorio.

Tratamientos (PO)	PC (%)	Germinación (%)	LP (mm)	LR (mm)	PSP (mg plántula ⁻¹)	PSR (mg plántula ⁻¹)
0.000 MPa	100.00 a	100.00 a	136.29 a	229.10 a	46.00 ab	43.20 a
-0.025 MPa	97.33 a	97.33 a	120.86 a	204.29 ab	47.51 a	41.10 a
-0.250 MPa	98.66 a	98.66 a	100.45 b	209.21 ab	42.62 ab	38.03 ab
-0.375 MPa	98.66 a	98.66 a	81.86 c	194.63 b	35.70 abc	38.07 ab
-0.500 MPa	97.33 a	98.66 a	60.86 d	179.58 bc	30.38 bcd	36.37 ab
-0.625 MPa	100.00 a	97.33 a	40.78 e	160.72 cd	22.60 cde	32.62 abc
-0.750 MPa	94.66 a	88.00 ab	36.81 ef	147.19 d	20.47 cde	26.09 bcd
-0.875 MPa	98.66 a	89.33 ab	24.01 efg	107.34 e	14.76 de	20.38 cd
-1.000 MPa	93.33 a	73.33 b	21.55 fg	104.75 e	13.54 e	18.13 d
-1.250 MPa	0.00 b	5.33 c	18.00 g	91.75 e	15.00 de	17.50 d
Media	87.86	84.66	71.73	173.70	29.85	32.12
Tukey ($\alpha=0.05$)	6.67	17.48	17.83	31.07	16.61	14.49

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$).

PO= Potencial osmótico; PC= primer conteo; LP= longitud plúmula; LR= longitud de radícula, PSP= peso seco de plúmula, PSR= peso seco de radícula.

Cuadro 3. Cuadrados medios y nivel de significancia para variables evaluadas en el estudio del índice de velocidad de emergencia en invernadero, bajo condiciones de salinidad.

FV	GI	IVE (%)	ET (%)	PS (mg plántula ⁻¹)
Tratamientos	6	18.80 **	4706.01 **	14949.26**
Error	12	0.17	79.55	530.11
CV (%)		12.30	14.50	18.16

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; FV= Fuentes de Variación (%); GI= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación, IVE= Índice de velocidad de emergencia; ET= Emergencia Total; PS= Pesos seco de plántulas.

Cuadro 4. Comparación de medias del análisis de varianza para las variables vigor.

Tratamientos (PO)	IVG	ET (%)	PS (mg plántula ⁻¹)
0.000 MPa	6.26 a	100.00 a	214.35 a
-0.250 MPa	6.31 a	97.33 a	209.70 a
-0.500 MPa	4.45 b	90.66 ab	154.32 ab
-0.750 MPa	3.11 c	66.00 bc	83.92 bc
-1.000 MPa	2.57 c	62.00 c	85.29 bc
-1.250 MPa	0.50 d	13.33 d	34.88 c
-1.500 MPa	0.09 d	2.66 d	51.50 c
Media	3.38	61.47	126.73
Tukey ($\alpha=0.05$)	1.27	27.24	2.47

PO= Potencial osmótico; IVE= Índice de velocidad de emergencia; ET= Emergencia total; PS= Pesos seco de plántulas. Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes [Tukey, $\alpha=0.05$].

Al registrarse una baja acumulación de materia seca con el incremento de la concentración de sal, se observaron los efectos adversos de las sales sobre el crecimiento, consecuencia de las alteraciones en el metabolismo de las plantas, causadas por un aumento en la presión osmótica, que a su vez genera un desbalance energético (Mata-Fernández *et al.*, 2014).

El estrés hídrico que genera la alta concentración salina provoca que las células de la planta sufran una adaptación osmótica que genera, a su vez, un mayor consumo de energía; la inversión de la mayor parte de ésta en los procesos de adaptación osmótica de las células para la absorción de agua conlleva una menor disponibilidad de energía para otras funciones, lo que repercute en la tasa de crecimiento (Aiazzi *et al.*, 2005). Otra de las causas de las afectaciones al crecimiento es el retraso que se produce en la división celular, que resulta ser la más afectada por la salinidad. Además, las altas concentraciones de sal en la célula inhiben los procesos de síntesis (González, 2001), debido principalmente a que en estas condiciones de estrés, la cantidad de energía adquirida se ve reducida y/o se redistribuye desde el crecimiento (Munns y Matthew, 2015).

En este estudio es evidente el efecto negativo de la salinidad en el proceso germinativo y en la acumulación de materia seca, lo que confirma que el estrés causado por el NaCl altera el metabolismo celular,

que se refleja en un menor IVE, con una reducción de poco más de seis unidades, registrado para el tratamiento con menor potencial osmótico (-1.500 MPa), cuyo IVE es 0.09, valor muy inferior al 6.26 del testigo. Asimismo, al reducirse la acumulación de materia seca se hace evidente el efecto negativo de la sal, tanto en la división celular como en el depósito de reservas y nutrientes en las células, que finalmente constituyen la biomasa de las plantas.

CONCLUSIONES

El genotipo en estudio posee habilidad para germinar en un medio caracterizado por un bajo potencial osmótico (PO) (-1 MPa), producto del efecto que genera el NaCl. Asimismo, los iones Na⁺ y Cl⁻ aportados por la sal, perturban el metabolismo celular, sin que sea suficiente para afectar en términos significativos la germinación. En cambio, cuando el PO se reduce a valores menores de -1 MPa, las semillas presentan una disminución significativa en la capacidad germinativa y en el vigor inicial.

Potenciales osmóticos muy negativos (-1.250 MPa) causaron la afectación del metabolismo durante el proceso germinativo, lo que redujo el suministro de energía, necesario para llevar a cabo la emergen-

cia y desarrollo de la plúmula y la radícula, lo que comprometió el porcentaje de germinación final.

Reducciones en el potencial osmótico de la solución del suelo alteran tanto el metabolismo como la división celular, lo que se refleja en disminuciones significativas del índice de velocidad de emergencia.

El desequilibrio energético generado por la reducción del potencial osmótico fuera de las raíces, promovió el retraso de la división y la diferenciación celular resultado del estrés hídrico, toxicidad iónica e inestabilidad nutricional, lo que afectó la emergencia total de plántulas.

El presente estudio establece las bases para profundizar en investigaciones sobre los mecanismos fisiológicos y bioquímicos que la variedad de maíz amarillo presenta, bajo estrés hídrico, en las etapas iniciales y durante el desarrollo vegetativo.

LITERATURA CITADA

- ATAZZI, M.T., P. Carpane y C. Deza. 2005. Efecto de la salinidad, sobre el crecimiento de plantas de *Atriplex cordobensis* Gandoger et Stuckert originadas de semillas de distintas procedencias. *Multequina* 14: 39-46.
- AKRAM, M., M. Yasin, R. Ahmad, E. Ahmed, J. Iqbal and M. Mohsan. 2010. Screening for salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) hybrids at an early seedling stage. *Pak. J. Bot.* 42(1): 141-154.
- ARGENTEL, L. y M. González. 2006. Respuesta interespecífica a la salinidad en dos especies del género *Triticum*. *Cultivos Tropicales* 27(2): 51-52.
- ARGENTEL, L., R.D. López, L.M. González, R.C. López, E. Gómez y I. Fonseca 2010. Evaluación de la tolerancia a la salinidad en estadios tempranos y finales del desarrollo en triticales (*X Triticum secale*). *Cultivos Tropicales* 31(1): 48-53.
- CAMEJO, D. y W. Torres. 2000. La salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Cultivos tropicales* 21(2): 23-26.
- COPELAND, L. G. 1976. Principles of the seed science and technology. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota, USA. 369 p.
- FRANCA, B., L. De Sa Ribeiros y C. Aragao. 2007. Germination, initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. *Revista Brasileira de Sementes* 29(2): 106-110.
- GARCÍA, A. y J.M. Lasa, 1991. Ensayos de vigor de nacimiento: revisión bibliográfica, Estación experimental Zaragoza de Aula DEL, Boletín N. 14.
- GONZÁLEZ, L.M. 2001. Apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas en condiciones salinas. *Cultivos Tropicales* 23(4): 47-57.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). 1976. International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 4: 3-177.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing. Chapter 5: The germination test. ISTA. Bassersdorf, Switzerland.
- KAYA, M., G. Kaya, M.D. Kaya, M. Atak, S. Saglam, K.M. Khawar and C.Y. Ciftci. 2008. Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Zhejiang University Science B.* 9(5): 371-377.
- LÄUCHLI, A. and S.R. Grattan. 2007. Plant growth and development under salinity stress. In *Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops*. Springer Netherlands. p. 1-32. doi: <https://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5578-2>
- LAYNEZ, J., J.R. Méndez, y J. Mayz. 2008. Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de laboratorio. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 11(1): 17-25.
- LEIDI, E. y J. Pardo. 2002. Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias* 2 (2): 69-90.
- MAGUIRE, J.D. (1962) Speed of Germination-Aid in Selection and Evaluation for Seedling Emergence and Vigor. *Crop Science*, 2, 176-177. doi: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- MATA-FERNÁNDEZ I., M.L. Rodríguez-Garmino, J. López-Blanco, G. Vela-Correa. 2014. Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco* 1(5): 26-35.
- MCDONALD, M. B. Jr. 1980. Assessment of seed quality. *HortScience*. 15(6): 784-788.
- MUNNS, R. and G. Matthew 2015. Salinity tolerance of crops-what is the cost? *New Phytologist* 208:668-673.
- NICASIO, S., E. Sánchez, A. Orozco y A. Gamboa. 2011. Efecto del precondicionamiento y el sustrato salino en la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays*) raza Chalqueño. *Agrociencia* 45 (2): 195-205
- RUIZ, M. y O. Terenti. 2012. Germinación de cuatro pastos bajo condiciones de estrés salino. *Phyton, Argentina* 81: 169-176.
- SALISBURY, F. y C. Ross. 1992. Fisiología de las plantas. Thomson Learning, España, p. 69-70.

Efecto de labranza y mejorador en la conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad de un suelo franco arcilloso en un ambiente semiárido

Effect of tillage and breeder, hydraulics, bulk density and porosity of clay loam soil conductivity in a semi-arid environment

Karen Denisse Ordóñez-Morales^{*1}, Martín Cadena-Zapata, Alejandro Zermeño-González¹, Santos Gabriel Campos-Magaña¹ y Félix de Jesús Sánchez-Pérez¹

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro¹, Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP 25315. Email: mome190512@gmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

Se evaluaron tres sistemas de labranza: labranza vertical (LV), labranza cero (NL), y el testigo, labranza convencional (LC), en parcelas de 40 m de largo por 12 m de ancho, y un mejorador (Algaenzimas) en un suelo franco arcilloso, para un cultivo de maíz (*Zea mays*) y otro de frijol (*P. vulgaris*), a fin de determinar su conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad. La investigación se realizó en el campo experimental El Bajío, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a 1743 msnm. Esta investigación se llevó a cabo en la temporada de verano 2015 y 2016, la cual se estableció con un arreglo experimental de tres tratamientos de labranzas con tres repeticiones cada uno, para la evaluación de conductividad hidráulica, la que se determinó con el permeámetro de Guelph, con un diseño experimental anidado, en tanto que la densidad aparente se obtuvo con el método extractor de núcleos y la porosidad a partir de los resultados de la densidad aparente; para estas dos últimas propiedades se utilizó un diseño de parcelas subdivididas completamente al azar. En este estudio, para los valores de conductividad tomados en el 2015, se encontró significancia estadística para la NL, la cual mostró mayor conductividad, con un resultado de 20.10 mm/h, en comparación con la LV y LC que obtuvieron un resultado de 6.34 mm/h y 4.95 mm/h, respectivamente, lo que respalda la hipótesis, ya que las labranzas de conservación influyeron positivamente en esta propiedad. Los valores de densidad aparente para el año 2015, en la LC mostraron diferencia significativa en las tres últimas profundidades: 5-10: 1.58 g/cm³; 10-15: 1.49 g/cm³; 15-20: 1.43 g/cm³, con un valor por encima del rango de Da para un suelo franco arcilloso (1.3 g/cm³–1.4 g/cm³), en comparación con la NL y LV, que no obtuvieron diferencia significativa. Respecto a los valores de porosidad, no se observó diferencia significativa en los dos años, ya que la media para cada tratamiento osciló entre 43 a 52%. Para el año 2016, la LC obtuvo mayor conductividad hidráulica tanto en frijol (8.72 mm/h) como en maíz (7.99 mm/h), en comparación con la LV y NL; respecto a la densidad aparente y porosidad se observó diferencia significativa para la labranza cero en la primera profundidad (1.25 g/cm³; 52.94%) y última profundidad (1.52 g/cm³; 42.66%) para la labranza convencional, en comparación con la LV y demás profundidades. Los mejoradores no muestran incidencia en ninguna de las parcelas para los diferentes ciclos y no existe efecto influyente en los variados tratamientos para conductividad, densidad y porosidad.

Palabras clave: labranza, mejorador, conductividad hidráulica, densidad aparente, porosidad

ABSTRACT

Three tillage systems were evaluated: vertical tillage (LV), zero tillage (NL) and conventional tillage (LC), along with a witness, on 40 m long by 12 m wide plots and a breeder (*Algaenzimas*) in a loam clay soil for a corn crop (*Zea mays*) and beans crop (*Phaseolus vulgaris*), to determine the hydraulic conductivity, bulk density and porosity in a clay loam soil. The research was carried out in the experimental field of "el Bajío", at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro 1743 meters above sea level. This research was conducted during the summer of 2015 and 2016 using a nested experimental design with three treatment and three replications per treatment; hydraulic conductivity which was determined with the Guelph permeameter and the apparent density was obtained with the nucleus extractor method, porosity was obtained from the results of the apparent density. These two later properties were assessed using a subdivided plot random design. A statistical significance was found for the 2015 NL conductivity values, which showed greater conductivity with a result of 20.10 mm/h as compared to LV and LC (6.34 mm/h and 4.95 mm/h), so that the hypothesis of positive influence for vertical tillage factor is accepted. Values of soil apparent density for the year 2015 in LC showed significant difference in three depths (5-10: 1.58 g/cm³, 10-15: 1.49 g/cm³ and 15-20: 1.43 g/cm³) surpassing Da values for a clay loam soil (1.3 g/cm³-1.4 g/cm³), as compared to the NL and LV, which did not obtain significant differences and which did not get values above the mentioned range. As to porosity values, no significant difference was observed in both years, since the average for each treatment took values from 43% to 52%. During 2016, LC got higher hydraulic conductivity in both, beans crop (8.72 mm/h) and corn crop (7.99 mm/h) as compared to LV and NL values. With respect to apparent density and porosity, a significant difference was observed with NL at first depth (1.25 g/cm³; 52.94%) and with CL at last depth (1.52 g/cm³; 42.66%) in comparison with LV and other depths. Breeders did not show incidence in any of the plots for the various cycles and, therefore, there is no effect in different treatments for conductivity, density and porosity.

Key words: tillage, breeder, hydraulic conductivity, bulk density, porosity

INTRODUCCIÓN

Debido al rápido crecimiento de la población, se intensificó el laboreo de las tierras para poder producir los alimentos, ya que su demanda cada vez era mayor, lo cual dio como resultado el uso más intensivo de animales y de maquinaria pesada y, por consiguiente, la compactación y degradación del suelo, que afectó sus propiedades físicas (densidad aparente, porosidad), que como efecto aumentó la resistencia del suelo y disminuyó la infiltración del agua, lo que originó su retención (Hazma y Anderson, 2005).

La labranza es una práctica que facilita las labores agrícolas, entre las que destacan: control de malezas, formación de camas de semillas que lleven a una buena germinación, establecimiento del cultivo, incorporación de fertilizantes y pesticidas al suelo, incorporación de materia orgánica y residuos del cultivo anterior. La labranza consiste, comúnmente, en la inversión y mullimiento de la capa superficial del suelo (15-30 cm) a través de araduras y rastreajes, que cuando se operan con una humedad adecuada del suelo, resultan en una disgregación y mullimiento, lo que mejora las propiedades mecánicas para su posterior uso o aprovechamiento (Acevedo y Martínez, 2003).

Los sistemas de labranza tienen como finalidad crear condiciones favorables en el suelo para un mejor desarrollo de los cultivos. Estos sistemas representan una alternativa desde el punto de vista laboral, ya que se ocupa poco tiempo para su realización, aunque desde el punto de vista estructural se convierten en un problema debido a que compactan el suelo y afectan sus propiedades físicas, lo que provoca que la emergencia de las plántulas sea una lucha debido a su compactación (Rivas *et al.*, 2004).

Los sistemas de labranza que se realizaron en este trabajo fueron tres: LV, con arado de cinceles, rastra de discos y siembra; NL, siembra directa, y el testigo, LC, con arado de discos, rastra de discos y siembra.

Los mejoradores son materiales que, al aplicarse al suelo, ayudan a desempeñar con mayor eficiencia sus funciones fisicoquímicas y biológicas, ya que proporcionan energía al crecimiento y desarrollo de las plantas (Narro, 1985).

En relación con la interacción de la labranza y los mejoradores de suelo, López-Martínez *et al.* (2000) indican que las propiedades físicas del suelo se ven afectadas por diferentes coberturas de abonos

orgánicos y labranza reducida, pero sin afectar la densidad aparente y la humedad, y los rendimientos superan a los que se obtienen con labranza convencional.

La densidad aparente (D_a) es una propiedad que se utiliza ampliamente en la agricultura; es la característica que influye en mayor grado en la productividad, y además también tiene una estrecha relación con otras propiedades físicas del suelo, se ve afectada por las partículas sólidas y el espacio poroso, el cual a su vez está determinado por la materia orgánica del suelo (MO). Cuando la D_a aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad. En suelos de textura franco arcillosa oscila de 1.3 a 1.4 gr/cm^3 (Salamanca y Sa-deghian, 2005).

La conductividad hidráulica tiene un papel muy importante en el suelo, ya que por ella se determina la capacidad de infiltración de agua en el suelo, a la vez que indica cuál es su grado de infiltración y si afecta en la germinación, desarrollo y rendimiento del cultivo (López-Santos *et al.*, 2012).

En este trabajo en el que se evaluaron tres sistemas de labranzas y un mejorador de suelo para determinar su influencia en la conductividad hidráulica en un cultivo de avena forrajera (avena sativa), en un suelo franco arcilloso en condiciones semiáridas, se planteó como hipótesis que los sistemas de labranza de conservación (LV y NL) influyen positivamente en CH, D_a y P, en comparación con la labranza convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó dentro del campo experimental denominado El Bajío, ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas geográficas extremas que la delimitan son: 100°59'57" de longitud Oeste, 25°23'42" de latitud Norte y una altitud de 1743 msnm, en un suelo de textura franco-arcillosos, con un clima seco-árido, templado, con verano fresco largo; con un régimen de lluvias en verano y una precipitación media anual de 435 mm, y un clima extremoso, con una temperatura media anual de 16.9° C.

Las características iniciales del sitio experimental fueron las siguientes: suelo xerosol de textura franco-arcillosa; densidad aparente de 1.28 g/cm^3 ,

velocidad de infiltración de 3.98 cmh-1, con una retención de humedad de 230 mm m-1 a capacidad de campo; suelo con más de dos metros de profundidad; contenido de materia orgánica de 2.5%, y una resistencia a la penetración de 3 768.5 kPa.

El experimento se estableció durante el ciclo P-V 2015-2016, bajo un arreglo estadístico completamente al azar, con arreglo en parcelas divididas, en el que se usaron tres sistemas: LC, con arado de discos y rastra a 30 cm de profundidad, LV, con cinceles a 30 cm de profundidad y NL, siembra directa, en el que se mantuvieron los residuos de la cosecha anterior. Cada bloque o unidad experimental se dividió en cuatro filas, para aplicar los mejoradores con su respectiva dosis recomendada: algaenzimas (1 l ha-1) y el testigo sin mejorador. En cada fila, el mejorador cubrió una superficie de 120 m² y la superficie total de cada unidad experimental fue de 480 m². Se realizaron tres repeticiones de cada labranza, lo que dio un total de nueve bloques. Se estableció maíz (*Zea mais*), de la variedad JAGUAN y frijol (*Phaseolus vulgaris*), de la variedad pinto de Saltillo.

La variable de conductividad hidráulica se determinó con el permeámetro de Guelph, con un diseño anidado que consistió en tomar tres muestras en diferentes puntos de las tres primeras parcelas, en las franjas de maíz y frijol con y sin mejorador. Esta cualidad es fuertemente dependiente del contenido de humedad y puede disminuir varios órdenes de magnitud, al pasar del estado de saturación a marchitez permanente. La conductividad hidráulica del suelo es máxima cuando el suelo está saturado, puesto que

todos los poros están llenos de agua y actúan como conductores; además, a mayor tamaño de poros mayor conductividad, por lo cual es una propiedad que depende de la estructura, textura y la composición mineralógica de las arcillas.

Para fines de interpretación de los valores de Ksat que se obtengan, el Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993) recomienda el uso de los límites críticos que se presentan en el Cuadro 1.

La densidad aparente se determinó por el método de cilindros de volumen conocido, para lo cual se hizo un muestreo al final del ciclo del cultivo a cuatro profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm. Se efectuaron dos muestreos para cada franja por unidad experimental con tres repeticiones, por lo que se obtuvieron 48 observaciones por tratamiento. Las muestras se pesaron en húmedo y luego se secaron en estufa, a una temperatura de 105° C, durante 24 h; luego, se determinó el peso en seco, el cual se empleó para obtener la densidad aparente con la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{\text{peso del suelo seco}}{\text{volumen del suelo húmedo}}$$

Por definición, el espacio poroso del suelo es aquel espacio o volumen del suelo que no está ocupado por sólidos y contiene simultáneamente agua y aire, en otras palabras todos los espacios abiertos (poros) entre sólidos del suelo; su importancia radica en la definición del volumen de agua que se puede retener y en la respiración de las raíces de las plantas.

Cuadro 1. Clase de conductividad del suelo saturado [tomadas de SSDS, 1993].

Clase	Conductividad hidráulica (mm.h ⁻¹)
Muy alta	> 360
Alta	36 - 360
Moderadamente alta	3.6 - 36
Moderadamente baja	0.36 - 3.6
Baja	0.036 - 0.36
Muy baja	< 0.036

Para obtener la porosidad del suelo se utilizó la siguiente fórmula:

$$EP = \left[1 - \frac{D_a}{D_r} \right] \times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron los resultados obtenidos con el permeámetro de Guelph, de los diferentes sistemas de labranza, los cuales mostraron diferencia estadística significativa para la labranza cero, ya que tiene mayor flujo del movimiento del agua en comparación de la labranza vertical y convencional (Figura 1).

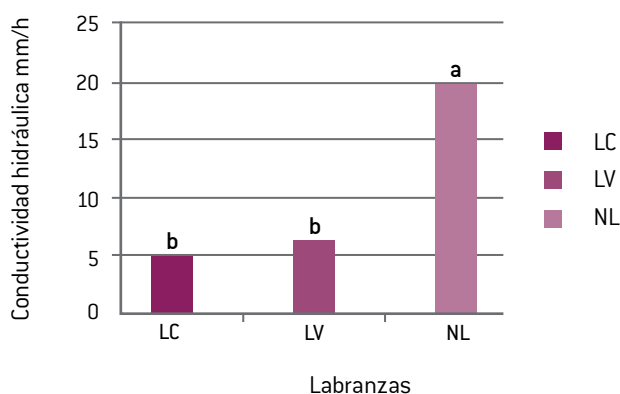


Figura 1. Gráfica de análisis de medias respecto a conductividad hidráulica de maíz 2015.

Los valores de conductividad hidráulica indican la facilidad con la que el flujo de agua puede moverse. La Figura 2 muestra el análisis de las medias, las cuales indican que existe diferencia significativa para la labranza convencional, en comparación con la labranza cero y vertical.

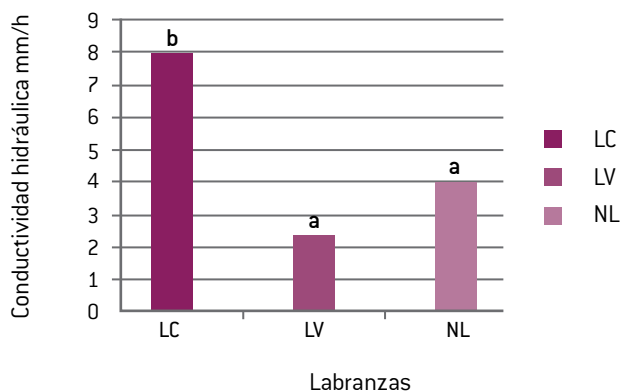


Figura 2. Gráficas de análisis de medias respecto a conductividad hidráulica de maíz 2016.

Para el periodo 2016, la conductividad hidráulica se comportó de mejor forma para la labranza convencional y la cero, ya que la primera tiene mayor conductividad y le sigue la cero, mientras que la vertical mostró menor conductividad, tanto en éste año como en el 2015 (Figura 3).

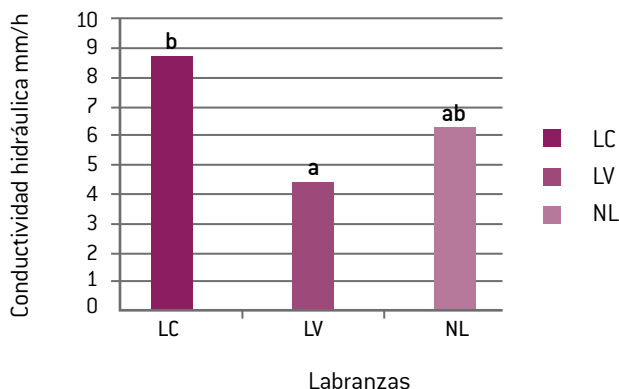


Figura 3. Gráficas de análisis de medias respecto a conductividad hidráulica de frijol del 2016.

El flujo del agua en las parcelas o terrenos excesivamente labrados se relaciona con la conductividad hidráulica saturada (Ksat), donde ésta aumenta (Blanco *et al.*, 2004). Pero también se encontró que la LC tuvo el mayor efecto sobre las propiedades del suelo al disminuir su Ksat, densidad aparente y materia orgánica. No obstante, se ha determinado que la NL puede tener consecuencias contrastantes en la conservación del agua en el suelo y el rendimiento, debido al paso de la maquinaria para realizar la siembra (Khaleidan *et al.*, 2012). De acuerdo con las clases de conductividad SSDS (1993), los valores obtenidos de conductividad del suelo del sitio experimental, para los diferentes tratamientos de labranza, se encuentran dentro de la clase moderadamente alta que es de 3.6 a 36 mm/h.

Los resultados de densidad aparente se realizaron para observar los efectos de cada labranza y así saber la relación que existe entre la conductividad y porosidad que éstas presentan en cada ciclo, para cada cultivo. En la Figura 4 se observa diferencia estadística significativa para el tratamiento de LC en las tres últimas profundidades (5-10, 10-15 y 15-20 cm), por lo que se aprecian valores de hasta 1.58 gr/cm³, en comparación con la LV y NL.

En la Figura 5 se observan las variaciones de densidad en el año 2016, las cuales estadísticamente no muestran diferencia significativa en cada labranza en las profundidades muestreadas, lo cual indica

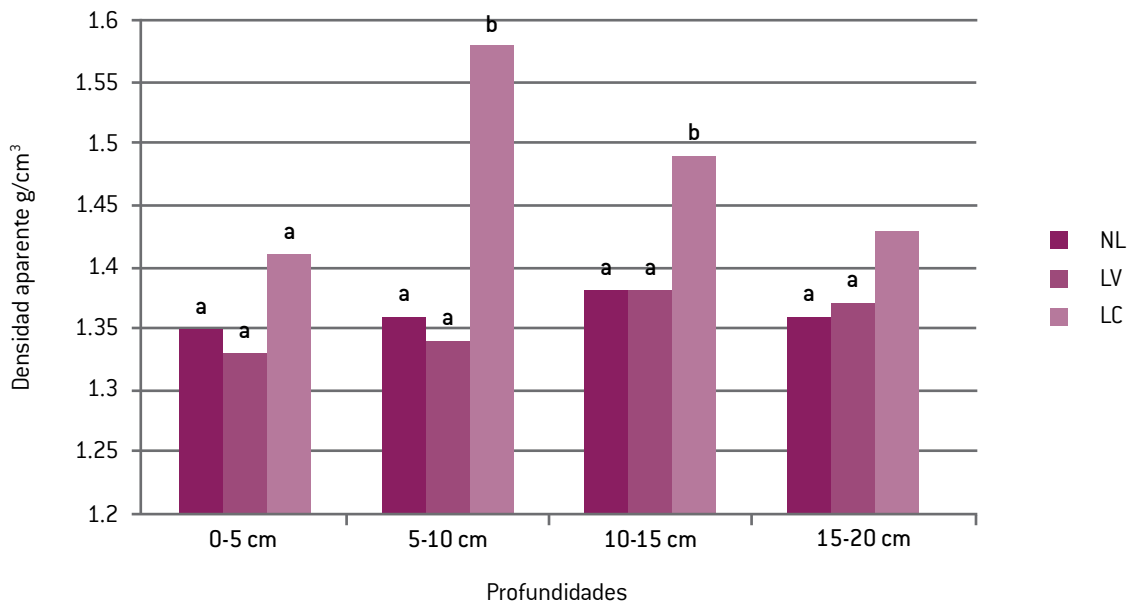


Figura 4. Gráfica de análisis de medias respecto a densidad aparente del cultivo de maíz 2015.

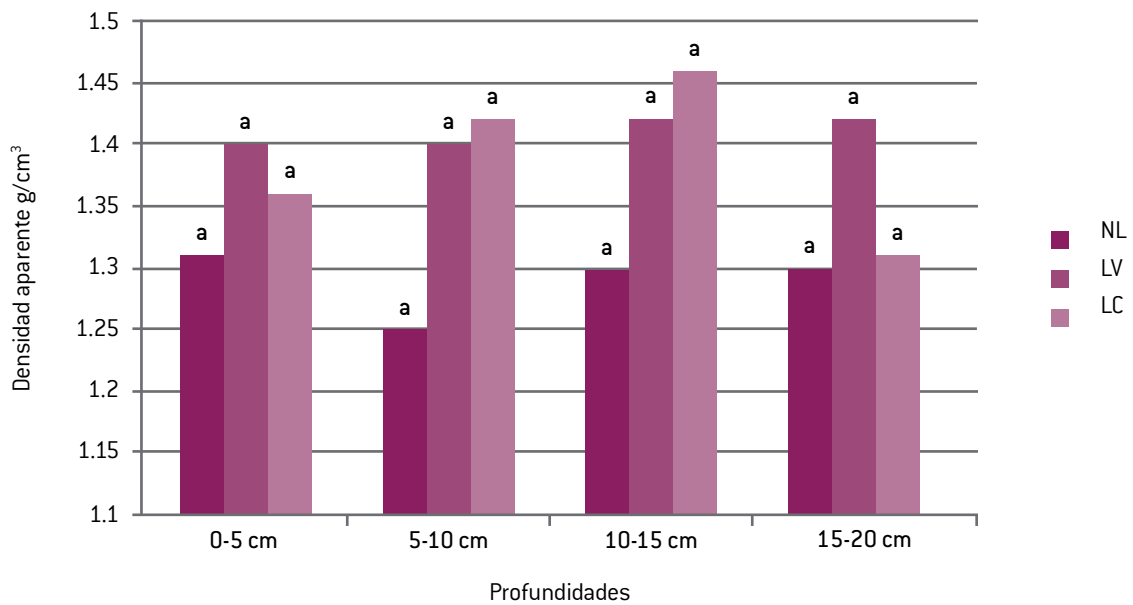


Figura 5. Gráfica de análisis de medias respecto a densidad aparente del maíz 2016.

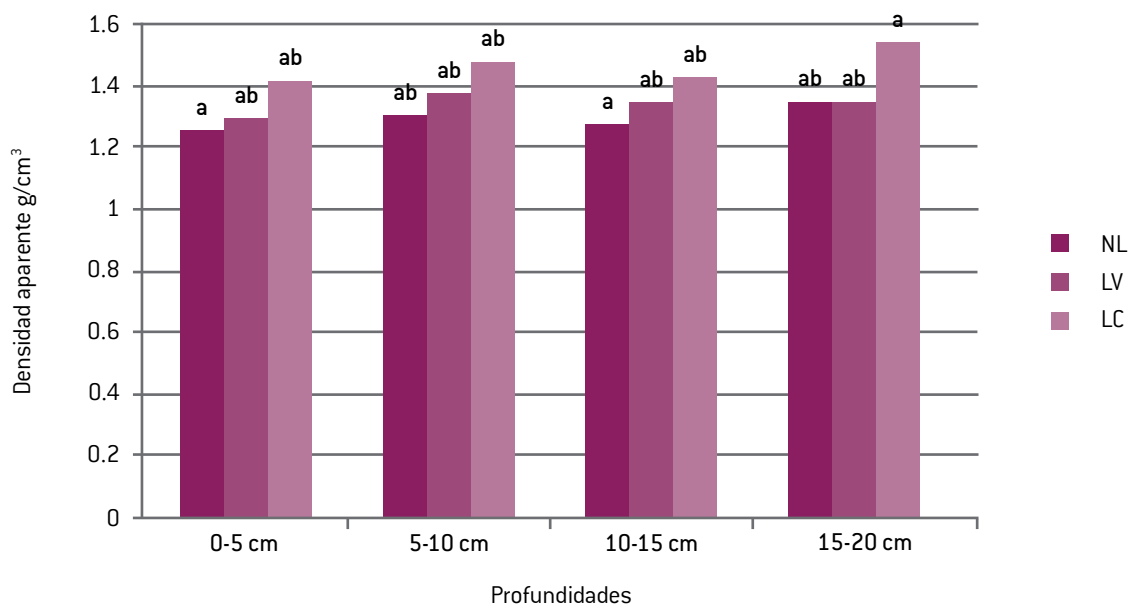


Figura 6. Gráfica de análisis de medias respecto a la densidad aparente de frijol, 2016.

que los sistemas y mejorador no influyen positiva o negativamente en esta variable.

En la Figura 6, el análisis estadístico muestra diferencia significativa para la NL, la cual obtuvo la menor densidad a la profundidad de 0-5 cm y la mayor densidad en la labranza convencional, a la profundidad de 15-20 cm, y en las profundidades no mencionadas, no existió diferencia estadística para cada labranza.

El análisis estadístico de esta variable mostró diferencias significativas entre tratamientos de labranza, se observó una disminución de densidad aparente en el tratamiento de NL a la profundidad de 0 a 15 cm, comparado con LC, la cual mostró mayor densidad en los dos años analizados. Esto se debe al laboreo que se realiza en el suelo.

Aase y Pikul (1995) observaron diferencias en densidad aparente después de siete años de manejo, y detectaron que la menor densidad fue en la NL. Morrison *et al.* (1990) no encontraron diferencias entre la NL y la LC en la densidad aparente, después de tres años de manejo, lo cual indica que para observar una variación altamente significativa, la investigación tiene que ser a largo plazo.

La porosidad que se obtuvo para las diferentes labranzas en las cuatro profundidades muestreadas no se encontró ninguna diferencia significativa para

el año 2015, en comparación con el 2016, en el cual se observaron diferencias en los tratamientos y sus profundidades respectivas. Esto se debió a que la porosidad depende del resultado que se obtenga en la densidad aparente, en la cual no se mostraron valores altamente significativos. La Figura 7 muestra que en el 2015, en el cultivo de maíz, no existió diferencia para cada tratamiento.

Los resultados obtenidos que se muestran en la Figura 8 del 2016 indican que no existe diferencia estadística significativa para cada labranza, las cuales tienen un valor promedio de porosidad para cada profundidad y labranza de 46-52%, respectivamente.

La NL obtuvo el valor mayor de porcentaje de porosidad de 52.94% en la profundidad de 0-5 cm, en comparación con las labranzas convencional y vertical, según se observa en la Figura 9, en tanto que en las demás profundidades no existe diferencia significativa en las tres labranzas. En la profundidad de 15-20 cm, la LC obtuvo 42.66% de porosidad; este valor fue el menor en comparación con LV y NL.

Existe poca diferencia significativa para los dos años, ya que la porosidad depende de la Da, y estos resultados sobrepasan un poco el rango establecido para un suelo franco arcilloso, lo cual indica que los sistemas de labranza no tienen incidencia en la porosidad.

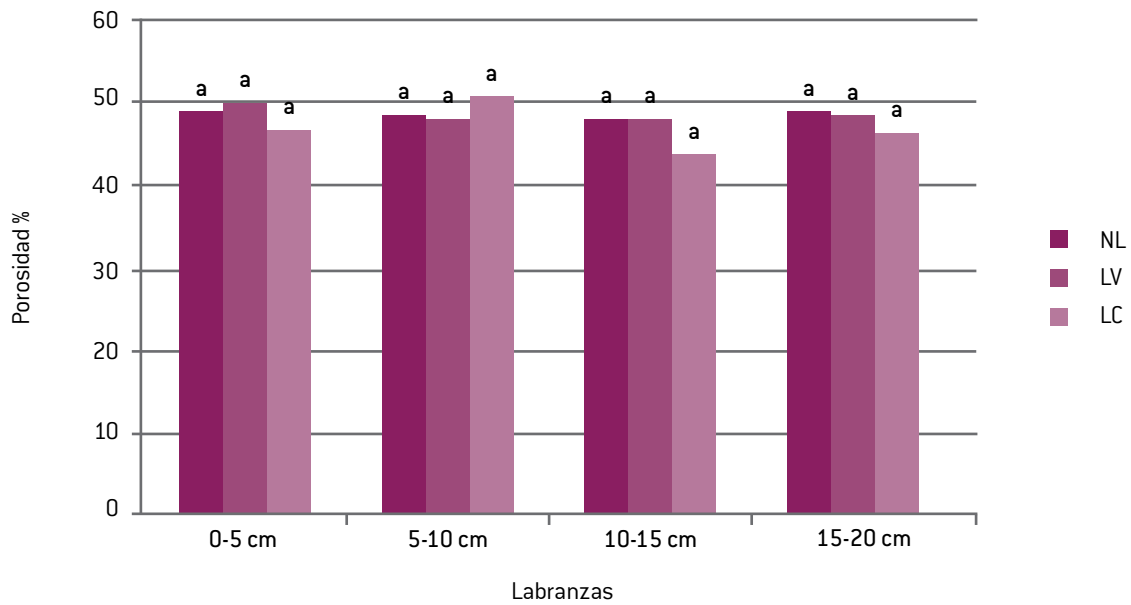


Figura 7. Gráfica de análisis de medias respecto a porosidad en el 2015.

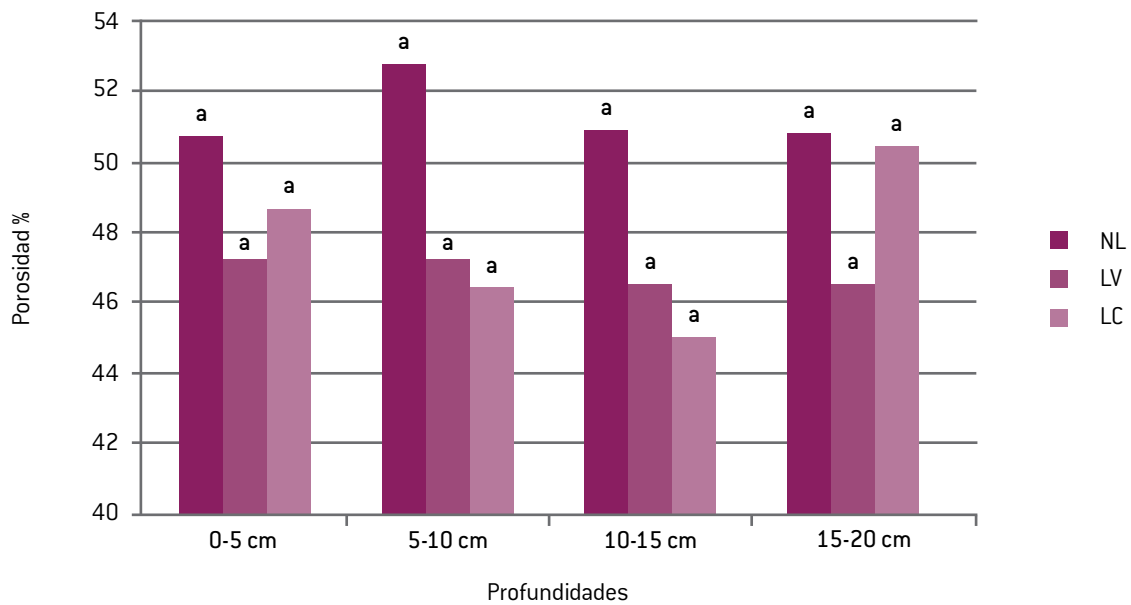


Figura 8. Gráfica de análisis de medias en relación con la porosidad en el 2016.

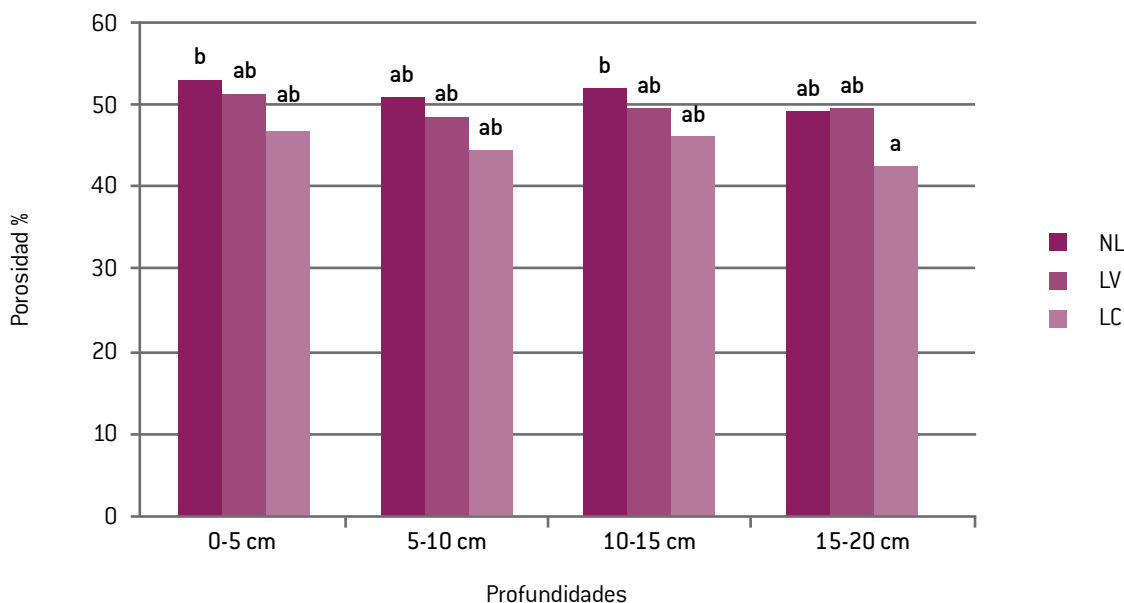


Figura 9. Gráfica de análisis de medias en relación con la porosidad de frijol en el 2016.

Los resultados de porosidad total oscilaron entre 46 a 52.6% en los dos años, según *Corpoica* (1998). Porcentajes superiores a 70% pueden ocasionar pérdida de nutrientes de suelo, debido a los fenómenos de lixiviación.

Al contrario de la presente investigación, Martínez *et al.* (2005), al evaluar tres sistemas de labranza: vertical, siembra directa y convencional sobre las propiedades físicas del suelo, no se registraron diferencias estadísticas entre los mesoporos; por el contrario, se observó que con la labranza vertical éstos tienden a aumentar respecto a los otros tratamientos; los valores más bajos, se registraron con la LC, lo cual indica que este sistema de labranza ablanda el suelo, lo que genera perfiles poco permeables, de baja capacidad de infiltración y con drenaje interno de lento a muy lento.

CONCLUSIÓN

El mejorador aplicado durante el desarrollo del cultivo no mostró influencia positiva en las variables de densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica durante los dos años.

El efecto obtenido en cuanto a la conductividad hidráulica es mayor en la NL para el año 2015, aun-

que varía en el año 2016 cuando se observa mayor conductividad en la labranza convencional, por lo cual se rechaza la hipótesis, ya que las labranzas de conservación no influyen positiva o negativamente en las variables de estudio.

Los factores que pueden influir en la conductividad hidráulica como son la densidad y porosidad, los cuales no tienen poca diferencia significativa en sus valores en un mismo ciclo, ni tampoco grandes cambios de un año a otro

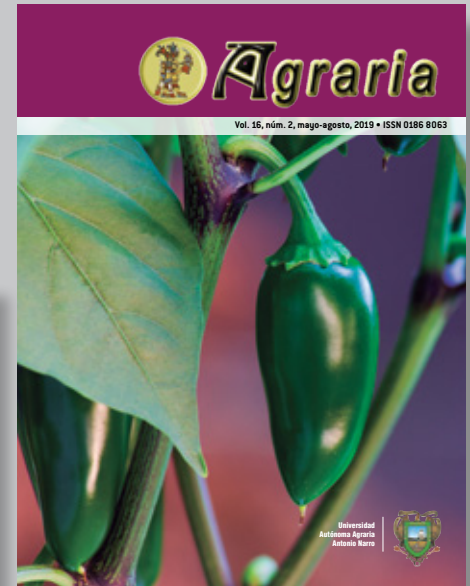
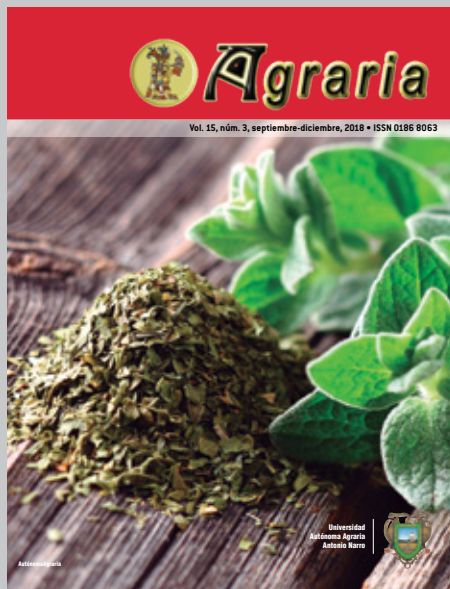
Respecto a esta investigación se concluyó que los sistemas de labranza de conservación: NL y LV y la LC no existe efecto negativo ni positivo para las propiedades físicas estudiadas, lo que indica que, en corto plazo, no hay incidencia alguna para cada labranza.

LITERATURA CITADA

- ACEVEDO, E., y Martínez, E. 2003. Sistema de labranza y conductividad de los suelos. Seminario Sustentabilidad en Cultivos Anuales: Cero Labranza, Manejo de Rastrojos. Santiago, Chile. 13-27
- BLANCO-CANQUI, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. and Alberts, E.E. 2004. Tillage and crop influences on physical properties for on Epiqualf. *Soil Sci Soc Am J.* 68: 567-576

- CORPOICA. 1998. ¿Qué sabes sobre el cultivo de papa? 500 preguntas sobre el cultivo de papa. Bogotá. 1998. 11p
- HAZMA, M.A. y Anderson, W.K. 2005 Soil Compaction cropping systems A review of nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*. 82: 121-145.
- KHALEDIAN, M., Mailhol J.C. y Ruelle, P. 2012. Yield and energy requirement of durum wheat under tillage and conventional tillage in the mediterranean climate. *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 6: 59-65
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.D., Gutiérrez-Puente, G. y Berume-Padilla, S. 2000. Labranza de conservación usando coberturas de abono orgánico en alfalfa. *Terra Latinoamericana*. 18:(2). 161-171
- MARTÍNEZ, J., Sánchez, C., Roveda, G. y Arrieta, A. 2005. Efecto de los sistemas de labranza sobre algunas propiedades hidrofísicas en un endoaquept del sistema de producción maíz – algodón en el Valle medio del Sinú – Colombia. *Corpoica*. Córdoba, Colombia. www.corpoica.com
- NARRO, F. A. 1985. Mejoradores de suelos calcáreos y fertilización fosfatada en el cultivo de papa. *Agraria*1 (1):57-70.
- SALAMANCA, J.A., Sadeghaink, S. 2004. La densidad aparente en suelos de la zona cafetalera y su efecto sobre el crecimiento del café. *Avances Técnicos Cenicafe*. 326: 1-8.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF (SSDS). 1993. Rangos de Conductividad Hidráulica.
- RIVAS, E.J., Velázquez, E. y Tenias, J. 2004. Efectos de sistemas de preparación de suelos sobre algunas propiedades físicas del suelo y biométricas en yuca (*Manihot esculenta* Cranz) en llanos altos de Monaga. *Revista UDO Agrícola* 4 (1): 36-41.

PUBLICACIONES 2018-2019



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: revista_agraria@uaaan.edu.mx

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



- 45** Comportamiento agronómico de seis genotipos de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en condiciones de invernadero
Agronomic behavior of six genotypes of jalapeño pepper (*Capsicum annuum*) under greenhouse conditions
Hipólito Hernández-Hernández, David Sánchez-Aspeytia, Mario Ernesto Vázquez-Badillo, Norma Angélica Ruiz-Torres, Valentín Robledo-Torres
- 49** Transferencia de inmunidad pasiva, salud y crecimiento de becerros empleando calostro materno pasteurizado vs suplemento
Passive immunity transfer, health and growth of calves using maternal pasteurized colostrum vs supplement
Ramiro González-Avalos, Blanca Patricia Peña-Revuelta, José González-Avalos, Jesús Enrique Cantú-Brito, Norma Rodríguez-Dimas
- 57** Germinación y vigor en maíz a diferentes potenciales osmóticos
Seed vigor and germination at different osmotic potentials
Adriana Campos-Flores, Norma Angélica Ruiz-Torres, Froylán Rincón-Sánchez, Celestino Flores-López
- 65** Efecto de labranza y mejorador en la conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad de un suelo franco arcilloso en un ambiente semiárido
Effect of tillage and breeder, hydraulics, bulk density and porosity of clay loam soil conductivity in a semi-arid environment
Karen Denisse Ordóñez-Morales, Martín Cadena-Zapata, Alejandro Zermeño-González, Santos Gabriel Campos-Magaña y Félix de Jesús Sánchez-Pérez

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 envían para su publicación deberán ceñirse a las normas editoriales y estarán sujetos a estricta revisión por pares, como requisito previo a su publicación.