



Agraria

Vol. 12, núm. 3, septiembre-diciembre, 2015 • ISSN 0186 8063



Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro





Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro, vol. 12, núm. 3, septiembre-diciembre, 2015.

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

COMITÉ EDITORIAL

Editor en Jefe

Miguel A. Capó Arteaga

Editor Ejecutivo

Jesús Valdés Reyna

Editor Asociado

Víctor Manuel López González

EDITORES TÉCNICOS

Fitomejoramiento, Unidad Laguna

José Puente Manríquez

Riego y drenaje

Raúl Rodríguez García

Producción animal

Jesús M. Fuentes Rodríguez

Redacción científica en inglés

Érika Patricia Carrizales Ruiz

Edición

Delirio. Servicios Editoriales



Diseño y formación

Leticia Hernández

Cuidado de la edición

Anastasia Rodríguez

Portada: Paisaje del desierto chihuahuense

Fotografía: Eloy Alejandro Lozano Cavazos

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

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

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

E-mail: agraria_ne@uaaan.mx

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

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

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

Agraria, vol. 12, núm. 3, septiembre-diciembre, 2015, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través de la Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México. <http://www.uaaan.mx/agraria/> E-mail: agraria_ne@uaaan.mx Tels. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax: +52 (844) 411 02 11. Editor responsable: Víctor Manuel López González. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título (en trámite); ISSN 0186-8063, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título: en trámite. Certificado de Licitud de Contenido: en trámite, que otorga la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa en Digital Color: Arteaga Norte núm. 225, zona centro, C.P. 25000, Saltillo, Coah. Tel. +52 (844) 481 58 42. Este volumen se terminó de imprimir en septiembre de 2015, y consta de 200 ejemplares.



CONTENIDO

PÁGINA

85

Ordenación de las comunidades vegetales en el centro del estado de Chihuahua, México

Vegetation ordination in the central part of the state of Chihuahua, Mexico

Guillermo Romero-Figueroa, Eduardo Estrada-Castillón, Eloy A. Lozano-Cavazos, Miguel Mellado-Bosque, Víctor Ortiz-Ávila

97

Contenido nutricional de *Atriplex canescens* (Pursh Nutt) en función de la conductividad eléctrica del suelo

Nutrient content of *Atriplex canescens* (Pursh Nutt) as a function of soil electrical conductivity

Juan Manuel Tatay-Castillo, Mario Alberto González-Díaz, Miguel Ángel Mellado-Bosque

103

Fertilización foliar en calabaza Pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Apipilulco, Guerrero

Foliar fertilization in Pipiana pumpkin (*Cucurbita argyrosperma* Huber) in Apipilulco, Guerrero

José Francisco Díaz-Nájera, Alejandro Casimiro Michel-Aceves, Sergio Ayvar-Serna, Omar Guadalupe Alvarado-Gómez, José Aurelio Durán-Ramírez, Manuel Alejandro Tejeda-Reyes, Juan Fernando Solís-Aguilar y Huisar Leonardo Díaz-Ceniceros

111

Efecto de la prolificidad y sistema de producción sobre las características físicas de semilla y de grano de familias derivadas de la variedad Jaguán

Effect of prolificacy and production system on physical characteristics of seed and grain in families derived from the Jaguán variety

Héctor H. Velázquez-Reyes, Norma A. Ruiz-Torres, Froylán Rincón-Sánchez, Juan M. Martínez-Reyna

117

Participación de los miembros del TLCAN en el mercado japonés de carne de puerco

Contribution of the NAFTA countries in the Japanese pork market

Alma Alicia Gómez-Gómez, José Guillermo Pastor-Jiménez, Francisco García-Figueroa

Ordenación de las comunidades vegetales en el centro del estado de Chihuahua, México

Vegetation ordination in the central part of the state of Chihuahua, Mexico

Guillermo Romero-Figueroa¹, Eduardo Estrada-Castillón⁴, Eloy A. Lozano-Cavazos^{3*}, Miguel Mellado-Bosque², Víctor Ortiz-Ávila²

¹Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. ⁴Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León. ²Departamento de Nutrición Animal, ³Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
Email: alejandrolzn@yahoo.com (*Autor responsable).

RESUMEN

Se estudiaron las comunidades vegetales en la parte central del estado de Chihuahua, donde se realizó la muestra a 71 sitios para cuantificar la cobertura de las especies presentes y registrar la altitud, el suelo desnudo y la pendiente del terreno. Las comunidades vegetales que se analizaron comprenden matorral, pastizal y bosque de encino-pino. Para conocer las variables ambientales que tienen mayor influencia en las especies dentro de las comunidades vegetales, se utilizó un análisis multivariado de correspondencia canónica (ACC). Las variables de suelo desnudo y altitud son las que tienen mayor grado de influencia en la distribución de las especies y su composición vegetal. El matorral micrófilo, integrado por los géneros: Larrea, Acacia, Flourensia y Parthenium, prefiere áreas con sitios planos, en altitudes de 1,400 a 1,550 m, mientras que el matorral de Opuntia, Rhus, Mimosa y varias especies de gramíneas: Bouteloua, Aristida, Heteropogon, prefiere áreas másicas con pendiente pronunciada, en altitudes de 1,600 a 1,800 m. Los bosques mixtos de encinos con coníferas: Pinus, Juniperus, Cupressus, se desarrollan en áreas con altitudes de 1,900 a 2,300 m, pendientes someras y menor cantidad de suelo desnudo, o hasta en sitios con mayor cobertura vegetal.

Palabras clave: vegetación, variables ambientales, análisis multivariado

ABSTRACT

A study on community plants in central part of the State of Chihuahua was carried out. Seventy one sampling sites were used to quantify plant species canopy cover, site altitude, bare ground and slope terrain. Plant species communities analyzed were shrublands, grasslands, and pine-oak forest. In order to identify the environmental variables that affect plant species into the communities, a multivariate analysis of canonical correspondence was used (CCA). Bare ground and altitude variables influenced distribution and floristics of plants. The microphyllous shrubland community represented by genus: Larrea, Acacia, Flourensia y Parthenium, preferred sites of flat terrain, with altitudes from 1,400 to 1,550 masl, whereas, Opuntia, Rhus, Mimosa shrubland and some grasslands species such as Bouteloua, Aristida, Heteropogon, preferred more mesic areas with pronounced slopes at altitudes from 1,600 to 1,800 masl. The mixed pine-oak forest (Pinus, Cupressus, Juniperus) thrive better at 1,900 to 2,300 masl, with slight slopes, less bare ground, and in some cases, in sites with greater canopy cover.

Key words: plant communities, environmental variables, canonical correspondence analysis.

INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua se encuentra en la parte noroeste de México, colindando al norte con Estados Unidos, al este con Coahuila, al oeste con Sonora y al sur con Durango; es el estado más grande de México, con 247,087 km² (INEGI, 2003). Gran parte de su superficie está cubierta con vegetación característica del Desierto Chihuahuense, y casi el 70% del estado está bajo la influencia de un clima árido y semiárido. La parte central de Chihuahua muestra un relieve heterogéneo, lo que propicia cambios en el clima y tipo de suelo, esto a su vez favorece diversas asociaciones vegetales, de entre las que destacan los matorrales y pastizales. Sin embargo, en las montañas de la parte central (cumbres del Parque Nacional de Majalca y sierra El Nido), también se encuentran asociaciones de encino y pino-encino. Actualmente no existe un estudio completo de la flora de Chihuahua, sin embargo, se han realizado algunos sobre varios grupos de plantas como las gramíneas (Valdés *et al.*, 1975; Lebgue y Valerio, 1991; Bettle (1983, 1987, 1991, 1995), leguminosas (Estrada y Martínez, 2003), *Quercus* (Muller, 1979; Nixon, 1998), musgos (Delgadillo, 1998), helechos (Riba, 1998), Acanthaceas (Daniel, 1998), Agavaceas (Gentry, 1982), Asteraceas (Turner y Nesom, 1998), Nolinaceas (García-Mendoza y Galván, 1995), y varios estudios sobre la flora regional, principalmente en el oeste y sur del estado (Laferrière, 1994; Spellenberg *et al.*, 1996; Estrada *et al.*, 1997). Los estudios de vegetación son incompletos en el estado de Chihuahua, ya que la mayoría sólo describen la vegetación de una zona en particular, o las principales comunidades vegetales. Para tener un mejor conocimiento de las asociaciones vegetales de las zonas áridas, con este estudio se pretende definir las asociaciones vegetales en la parte central de Chihuahua, con base en la cuantificación de los valores de cubierta de copas de las principales especies, así como de la correlación de las comunidades vegetales con las variables físicas de esta parte del estado. La ordenación sirve para integrar datos de la comunidad, lo que produce un espacio de bajas dimensiones (típicamente de una a tres) en el cual especies y muestras similares están unidas (Gauch, 1982).

Como resultado de la ordenación surge el acomodo de especies y/o muestras en un espacio de bajas dimensiones, lo que propicia que las entidades similares y las disímiles se separen. Especies con distribuciones similares en el grupo de muestras ocupan posiciones cercanas en el espacio de muestras.

En estudios de ecología, el análisis simultáneo de muchas variables en conjunto, con el fin de poder discernir cuáles factores influyen en una o varias variables, se puede alcanzar con el uso de análisis multivariado, que es una parte de las matemáticas que trata el examen de numerosas variables en forma conjunta y simultánea (Gauch, 1982). En la actualidad, los métodos más comunes de análisis multivariado, especialmente en comunidades vegetales son los componentes principales: ordenación y análisis de gradiente indirecto, y correspondencia canónica: ordenación y análisis de gradiente directo (Digby y Kempton, 1987). En este caso se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), que es la técnica más novedosa en la actualidad para análisis de datos en ecología vegetal. Esta técnica permite, en un diagrama de ordenación, reducir la variación en la composición de la comunidad vegetal respecto a la dispersión de los sitios de muestreo y las especies que la componen.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la cobertura de las especies asociada a variables ambientales de altitud, suelo desnudo y pendiente, en comunidades vegetales de la parte central del estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área se localiza entre las coordenadas 28°00' - 30°07' N y 104°25' - 106°35' O, con un área de 10,411 km², y se ubica en los municipios de: General Trías, Chihuahua, Coyame, Aldama, Aquiles Serdán, Julimes, Meoqui, Delicias, Ahumada, Camargo y Riva Palacio (Figura 1). La mayor parte del área son llanos, y una pequeña parte, montañas situadas en el Parque Nacional Cumbres de Majalca, al noroeste de la ciudad de Chihuahua. Las rocas presentes son extrusivas terciarias ígneas y sedimentarias del cretácico superior, principalmente de areniscas y calizas tipo (INEGI, 1987b). El clima es de tipo BS0kw y BS0hw, estepario, con 300-400 mm de lluvia anual y una temperatura media anual de alrededor de 16-18 °C; también es BWkw y BWhw, desértico, con 200-300 mm de lluvia anual y una temperatura media de 18-20 °C (García, 1973). El área de estudio está localizada en dos provincias fisiográficas: Sierra y Llanuras Tarahumaras, así como Sierras y Llanuras del Norte; esta última comprende tres subprovincias fisiográficas: Bolsón de Mapimí, Llanuras y Sierras Volcánicas, así

como Sierras Plegadas del Norte (INEGI, 1987a), de acuerdo con Rzedowski (1978) ambas zonas están en la Provincia Xerofítica Mexicana (Figura 1).

Métodos

Se realizaron cinco visitas preliminares al área de estudio entre 1998-2006. Con base en estas visitas y en la interpretación de cartografía digital, se seleccionaron 71 sitios de muestreo al azar (Figura 1). La distribución de sitios de muestreo fue la siguiente: 22 parcelas en matorral, 22 en comunidades de pastizal (climáticos), ocho en bosque de pino-encino, 15 en encinares y cuatro en pastizal halófito (edáfico). La cobertura de especies arbustivas y arbóreas se cuantificó con líneas de puntos, donde cada línea tuvo una longitud de 100 m y 100 puntos equidistantes de 1 m (Muller-Dumbois y Ellenberg, 1974), y en cada sitio de muestreo se cuantificaron cinco líneas. Para el muestreo de pastizales se siguió la misma metodología, excepto que los puntos equidistantes estuvieron separados 0.5 m (Heitschmidt *et al.*, 1970; Muller-Dumbois y Ellenberg, 1974;

Haase y Schreiber, 1972; Phillips & MacMahon, 1978; Bonham, 1980). Las plantas colectadas se depositaron en el herbario CFNL (Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León), ANSM (Saltillo, Coahuila, México), MEXU (México, D.F.), TEX (Austin, Texas), BRIT (Forth Wort, Texas) (Holmgren *et al.*, 1990).

Los valores de cobertura total se transformaron (estandarizados) a coberturas relativas (Gauch, 1982) y se analizaron en conjunto con las variables físicas, con el programa estadístico Canoco (versión 4.5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza de especies

Se registraron 40 familias, 118 géneros y 219 especies de plantas vasculares. Las familias con mayor número de géneros son: *Poaceae* (24), *Asteraceae* (23), *Fabaceae* (17), *Amaranthaceae* (4), *Cactaceae* (3), *Euphorbiaceae* (3), *Oleaceae* (3) y *Nyctaginaceae* (3) (Figura 2); las de mayor número de especies: *Poaceae*

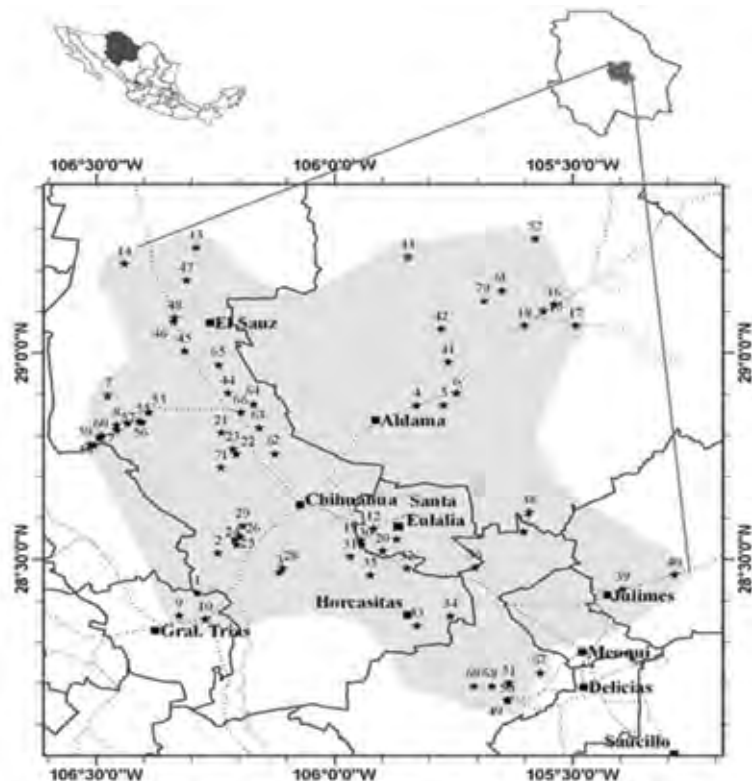


Figura 1. Área de estudio (sombreado) y los 71 sitios de muestreo (estrellas negras) en la parte central del Estado de Chihuahua.

(59), *Asteraceae* (43), *Fabaceae* (31), *Fagaceae* (12), *Pinaceae* (5), *Nyctaginaceae* (5), *Amaranthaceae* (5), *Agavaceae* (5), *Cactaceae* (4) y *Euphorbiaceae* (4) (Figura 3), y los géneros con más especies: *Muhlenbergia* (14), *Quercus* (12), *Bouteloua* (10), *Brickellia* (6), *Acacia* (6), *Pinus* (5), *Aristida* (5), *Viguiera* (5), *Eragrostis* (4) y *Stevia* (4) (Figura 2) y (Figura 3).

Del total de especies registradas, 68 tuvieron valores de cobertura mayor de 10% que fueron las que se utilizaron para el análisis de correspondencia canónica.

Análisis de correspondencia canónica

Se realizaron análisis en 71 sitios de muestreo y 68 especies de plantas vasculares, de cobertura mayor al 10%. Primero se realizó un análisis exploratorio para observar el comportamiento de las variables bióticas y las ambientales, a partir del cual se detectó una inercia total de 15.28. La prueba de permutación de Montecarlo arrojó valores de $eigenvalue = 0.782$, $F\text{-ratio} = 3.612$ y $P\text{-value} = 0.0020$, lo que indica una alta correlación de las variables dependientes (bióticas = cobertura) y las variables ambientales (eleva-

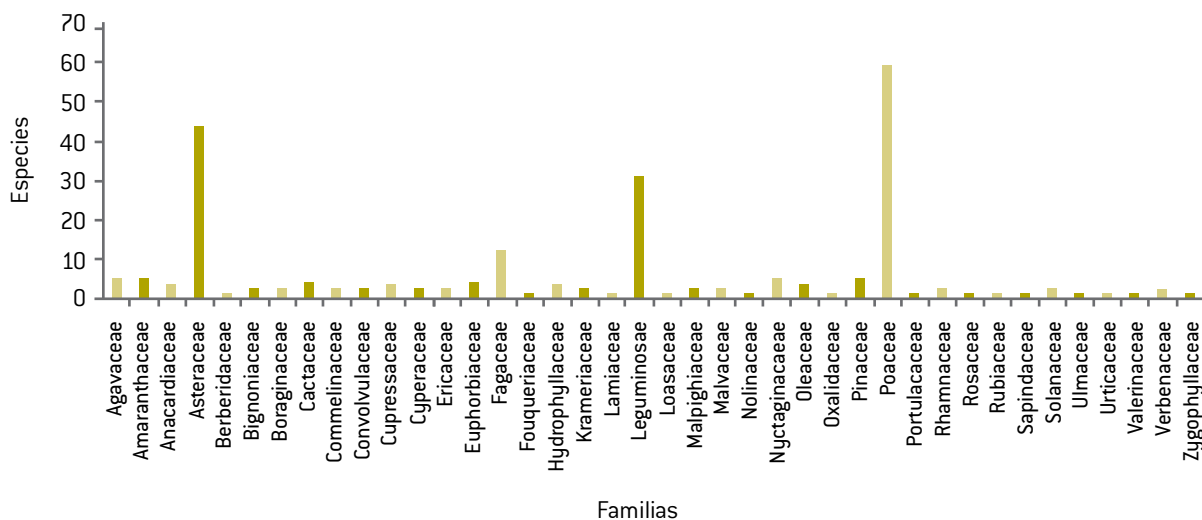


Figura 2. Familias con su respectivo número de especies.

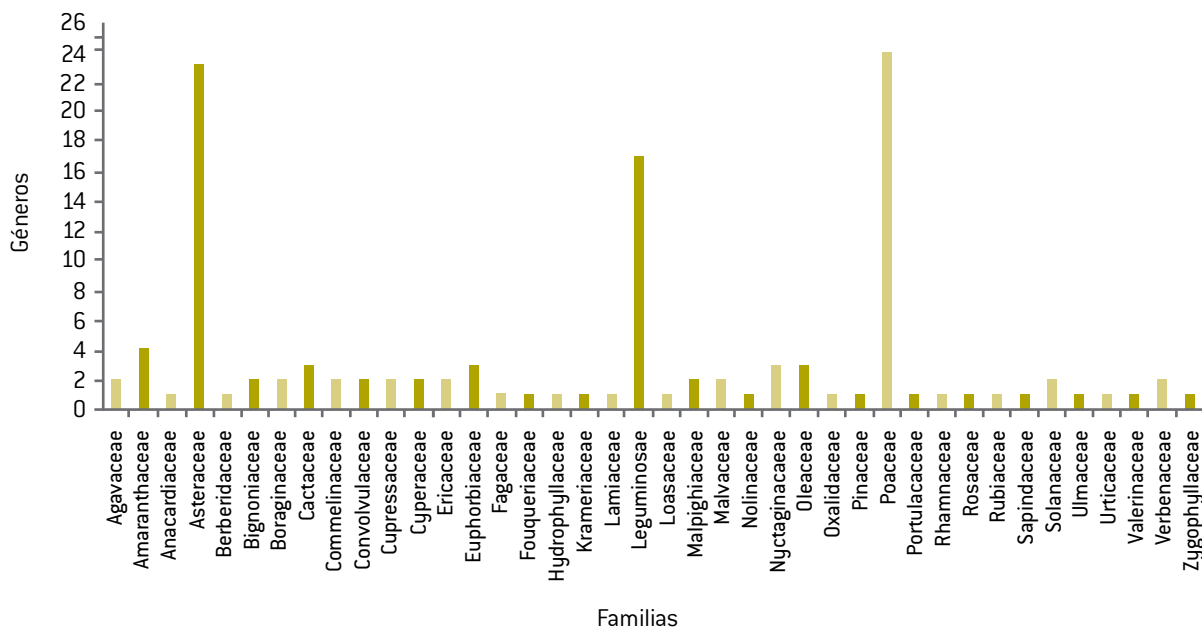


Figura 3. Familias con su respectivo número de géneros.

ción, pendiente y suelo desnudo). El primer eje de ordenación acumuló un total de 78% de la varianza total, lo que indica una alta separación de especies relacionadas con sus variables ambientales.

El factor de inflación en el ACC muestra que no hay variables redundantes entre ellas, pues los resultados no son extremos (no hay valores mucho mayores entre ellas).

Ordenación de sitios

El Cuadro 1 muestra el resumen del análisis de correspondencia canónica para la ordenación global de los sitios en el centro del estado de Chihuahua. En este caso se observa que los gradientes son altos: 0.776, 0.320 y 0.20 para los tres primeros ejes, respectivamente (Cuadro 1).

El primer eje de ordenación (0.776) es alto, lo que implica que se trata de un gradiente fuerte que acumula gran parte de la varianza; el segundo es más débil (0.320), en tanto que el tercero lo es aún más (0.2). La cantidad de variación total, que se explica con la variación ambiental, es la misma que la suma de todos los eigenvalores canónicos.

Las correlaciones especies-ambiente son altas, como lo demuestran los resultados obtenidos en los tres primeros ejes: 0.933, 0.736 y 0.678, pues en CCA se maximiza la relación entre especies y variables ambientales.

El porcentaje acumulativo de varianza de los datos de las especies implica que el primer eje explica el 6.6% de la variación total (inercia) en el grupo de datos. Tomados juntos los dos primeros ejes, explican cerca de un décimo de la variación total (9.3%). Observar que $6.6 = 100 \times$ primer eigenvalor/inercia total.

El porcentaje acumulativo de varianza de la relación entre especies-ambiente expresa la cantidad de inercia explicada por los ejes, como una fracción de la inercia total explicada, de tal forma que los dos primeros ejes de este caso, tomados juntos, muestran el 84.5% que se puede explicar por las variables. Observar que $59.6 = 100 \times$ primer eigenvalor/inercia total.

De las correlaciones que se muestran en el Cuadro 2, se puede inferir que el primer eje es un gradiente de elevación que se genera a partir de la respuesta de las especies que componen las comunidades vegetales, en los diferentes niveles altitudinales donde se distribuyen, así como de la pendiente presente en las lomas, serranías y montañas del área; el segundo eje está definido por las características edáficas visibles, en este caso el suelo desnudo, y en segundo término por la pendiente (Cuadro 2).

El eje 1 es el más importante en la ordenación de las especies respecto con los sitios y variables ambientales. La elevación ($r = 0.915$ y coeficiente canónico = 1.10) define el principal atributo de distribución de las especies y es la principal variable que separa los

Cuadro 1. Resumen del análisis de correspondencia canónica para la ordenación global de sitios de la vegetación en el centro del estado de Chihuahua.

Ejes	1	2	3	4	Inercia total
Eigenvalores	0.77	0.32	0.22	0.11	12.21
Correlaciones especies-ambientes	0.93	0.73	0.67	0.57	
Porcentaje acumulativo	6.3	8.9	10.8	11.6	
Porcentaje acumulativo de varianza de la relación especies ambiente	54.1	76.9	92.6	100	
Suma de todos los eigenvalores					12.21
Suma de todos los eigenvalores canónicos					1.42

Cuadro 2. Correlaciones intragrupo [entre variables ambientales y los dos primeros ejes de ordenación de la vegetación en el centro de Chihuahua].

Variable	Eje 1	Eje 2
Elevación	0.915	-0.141
Pendiente	0.276	-0.2989
Suelo desnudo	-0.266	0.6823

diferentes grupos de especies, así como los diferentes tipos de sitios. Se pueden definir dos gradientes de elevación: especies que se desarrollan en sitios con altitudes mayores a los 1000 m, y aquellas cuya distribución se presenta por debajo de esas cotas altitudinales. Se pueden reconocer, entonces, especies que se distribuyen en las zonas de montaña, en climas más

fríos, cuya estructura se define como arbóreo, con mayores niveles de cobertura; y especies que se distribuyen en zonas de planicie baja, en climas áridos, con estructura de matorral o propia de pastizal, cuyos niveles de cubierta vegetal son menores. La pendiente ($r = 0.276$) se relaciona directa y positivamente con la altitud (mayor), especialmente en áreas montañosas, cuya fisiografía es heterogénea con respecto a las planicies, con las cuales se relaciona negativamente (coeficientes canónicos = -0.103). El suelo desnudo ($r = -0.266$) se relaciona negativamente con la altura: a mayor altura de los sitios, las especies muestran mayor nivel de cobertura y viceversa, las áreas de bosque de las montañas sustentan mayores valores de cobertura que los presentes en los matorrales de las planicies bajas (coeficiente canónico 0.182).

El diagrama de ordenación completo para las variables ambientales se muestra en la Figura 4, en el que se observa que los vectores (flechas) de mayor longitud corresponden a estas variables, tanto en el eje 1 como en el eje 2 (Figura 4).

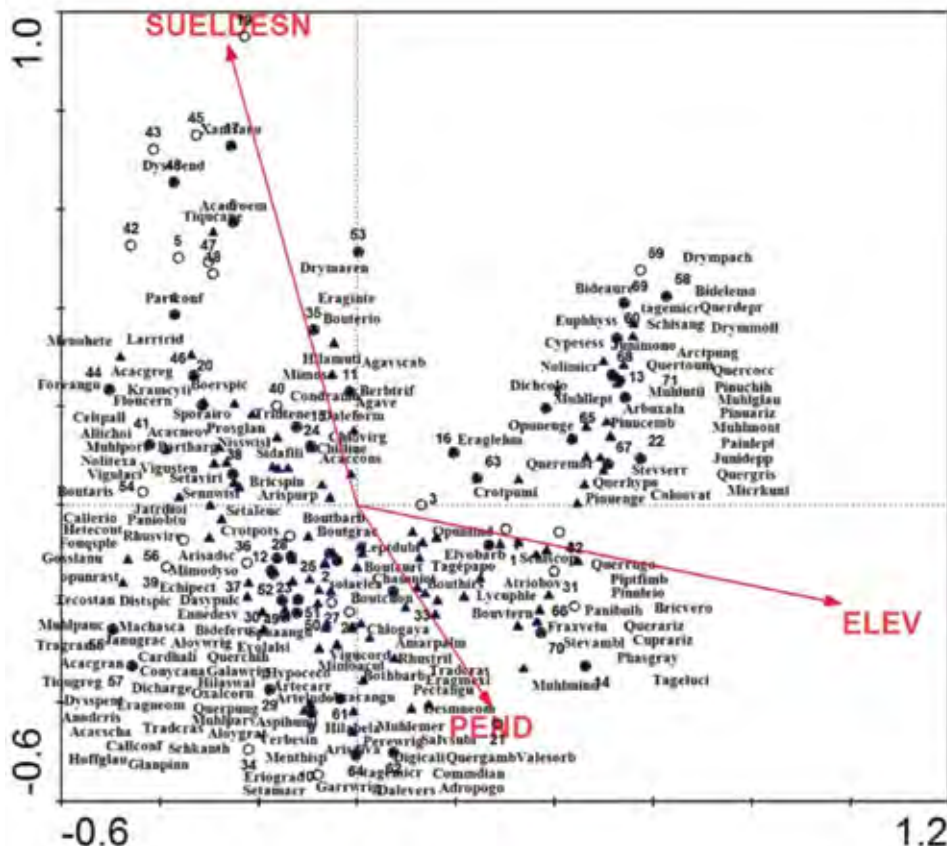


Figura 4. Diagrama de ordenación directa después del análisis exploratorio (los puntos junto a cada número indican la ubicación de los sitios de muestreo en el espacio de ordenación).

Del comportamiento de los datos de las variables climáticas, se explica por sí mismo el 92.6% de la varianza total (hasta el tercer eje); la parte restante (5.4%) no se pudo explicar por las variables climáticas consideradas en el presente estudio. Con base en lo anterior, se puede decir que las variables de altitud, pendiente y porcentaje de suelo desnudo permiten, con un 92% de seguridad, diferenciar las comunidades vegetales del centro del estado de Chihuahua considerando los valores de cobertura; el resto de la varianza total puede explicarse por otras variables, quizá por el tipo de suelo, macroelementos, microelementos o texturas, sin embargo, estas variables permiten reconocer cuáles son las diferencias de la vegetación del área en cuanto a preferencias climáticas y orográficas por parte.

Gradiente de suelo desnudo

El efecto de la baja cobertura vegetal y la altitud son fundamentales en la separación y agrupación de los sitios en que se manifiesta un mayor predominio de suelo desnudo en las áreas bajas, entre los 1,400 a 1,550 m.s.n.m.; los sitios 17, 45, 43, 48, 6, 42, 5, 4, 18, 47 y 53 son los que albergan comunidades de matorral micrófilo, constituidos por *Larrea tridentata* en el estrato medio y *Tiquiliacanescens* en el estrato bajo; otras especies asociadas de matorral, herbáceas y pastizal comprenden un subgrupo de matorrales con coberturas menores, es el caso de los sitios 4, 35, 53, 15, 24, 38, 44, 46, 20, 40, 15, 24, 38, 20 y 54 donde dominan en el estrato medio *Mimosasp*, *Flourensiacernua*, *Acacia neovernicosa*, *Prosopis glandulosa*, *Sennawislizeni*, *Jatropha dioica*, *Acacia constricta*, así como las herbáceas *Boerhavia spicata*, *Sida abutifolia*, *Allioniachoisyi*, y especies de gramíneas como *Aristida purpurea*, *Sprobolus airoides* e *Hilaria mutica*.

Gradiente de elevación

El gradiente de elevación de 1,700 a 2,300 m está claramente definido con base en la orografía del paisaje. Las partes más altas (Parque Nacional Cumbres de Majalca, PNCM) se caracterizan por albergar comunidades de esclero-aciculifolias, donde predominan especies de los géneros *Pinus*, *Quercus* y *Juniperus*. La mayoría de los sitios se localizan en áreas con escasa pendiente y climas templados. En la cobertura arbustivas participan especies como *Arctostaphylospungens*, y herbáceas como las *Cyperussessleroides*. El grupo de coníferas dominantes son: *Pinuscembroides*, *P. leiophylla* var. *chihuahuana*, *P.arizonica*, *P.engelmannii*, *P.leiophylla*, *Juniperus monosperma*, *J.deppeana*,

mientras que los encinos son: *Quercusarizonica*, *Q.hypoleucooides*, *Q.grisea*, *Q.depressipes*, *Q.emoryi*, en tanto que arbustivas como *Arctostaphylospungens*, así como herbáceas de la familia *Cyperaceae*, se localizan en los sitios siguientes: 59, 58, 69, 60, 68, 71, 8, 65, 67, 16, 22, 67, 63, donde son las especies que dominan físicamente el paisaje, y es el único lugar del área donde predominan en valores de cobertura.

Gradiente de pendiente y elevación

Asociados con niveles altitudinales mayores, pero en gradientes de pendientes suaves, se encuentran otras especies dentro de la misma área (PNCM), como es el caso de las especies arbóreas *Cupressusarizonica*, *Quercus rugosa* y *Fraxinusvelutina*, con una elevada riqueza de gramíneas, como *Muhlenbergia*, *Piptochaetium fimbriatum* y *Zuloagaea*, donde es frecuente encontrar herbáceas como *Tagetespapposa* y elementos aislados de *Opuntia* sp. Otro grupo de especies asociadas a sitios con mayor pendiente, niveles de cobertura mayor y niveles altitudinales afines (1,700 a 2,200 m) a las especies anteriores o ligeramente menores son: *Pinuschihuahuensis*, *Acacia schaffneri*, *Aloisia gratissima*, *A.wrightii*, *Calliandra eriophylla*, *C.conferta*, *Fouquieria splendens*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Opuntia lindheimeri*, *Rhus trilobata*, también participan varias especies herbáceas como: *Artemisia ludoviciana*, *Cardiospermum halicacabum*, *Chamaecristanictitans*, *Croton pottsii*, *Dichondra argentea* y *Tiquilia greggii*, especies de gramíneas con altos valores de cobertura, como es el caso de *Aristida adscencionis*, *Bouteloua curtipendula*, *B. barbata*, *B. gracilis*, *B. chondrosioides*, *Bothriochloa barbino-dis*, *Dasy ochloapulchella*, y *Heteropogn contortus*.

Prueba de Permutación de Montecarlo

La Prueba de Permutación de Montecarlo (499 permutaciones para el modelo nulo) o para el primer eje característico ($\lambda = 0.766$) fue significativo ($p = 0.0020$), por lo cual se concluye que la variación de la cobertura de las especies en las diferentes comunidades vegetales y en los diferentes sitios considerados, se encuentra significativamente relacionada con las variables ambientales analizadas (Figura 5).

DISCUSIÓN

El noroeste de México se caracteriza por una amplia variedad de tipos de vegetación, entre los que destaca el matorral xerófilo con variadas asociaciones de

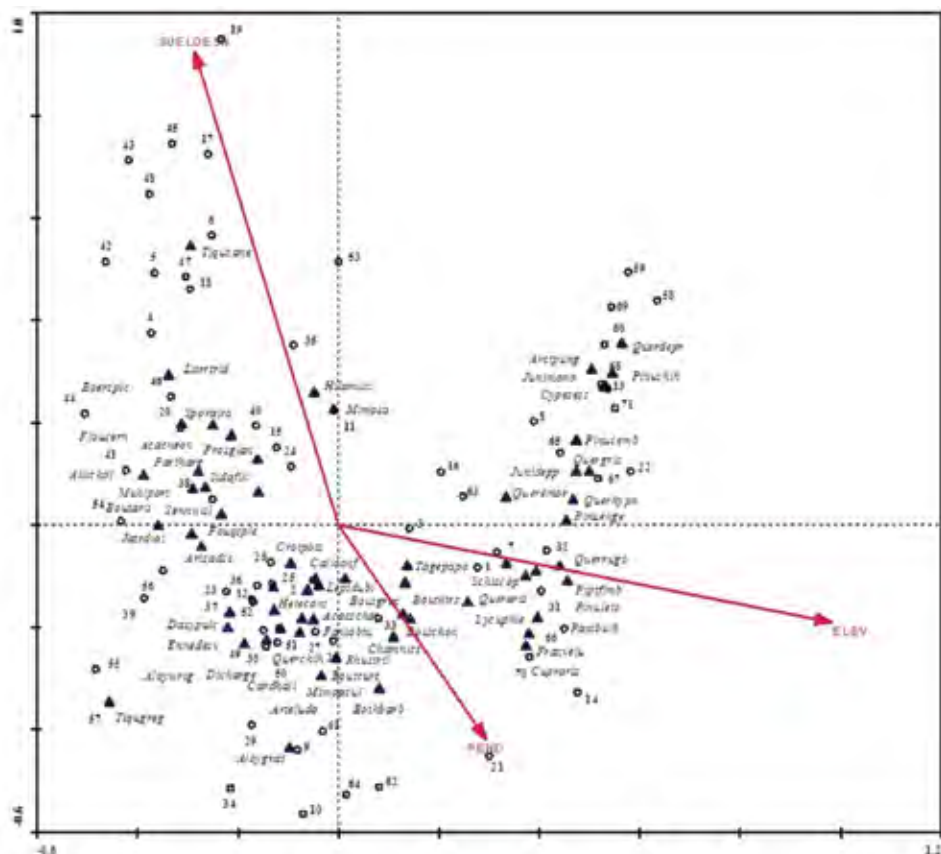


Figura 5. Diagrama de ordenación directa después del análisis confirmatorio (los puntos junto a cada número indican la ubicación de los sitios de muestreo en el espacio de ordenación).

Claves: *Rhustrilobata* RHUSTRIL, *Artemisia ludoviciana* ARTELUDO, *Flourensiacernua* FLOUCERN, *Partheniumargentatum* PARTARGE, *Tagetespaposa* TAGEPAPO, *Tiquiliacanescens* TIQUCANE, *Tiquiliagreggii* TIQUGREG, *Dichondraargentea* DICHARGE, *Cupressusarizonica* CUPRARIZ, *Juniperusdeppeana* JUNIDPEP, *Juniperus monosperma* JUNIMONO, *Cyperusseslerioides* CYPESESL, *Arctostaphylospungens* ARCTPUNG, *Crotonpottsii* CROTPOTT, *Jatropha dioica* JATRDIOI, *Quercuschihuahuensis* QUERCHIH, *Quercusdepressipes* QUERDEPR, *Quercusemoryi* QUEREMOR, *Quercus grisea* QUERGRIS, *Quercushypoleucoides* QUERHYPO, *Quercus rugosa* QUERRUGO, *Quercusarizonica* QUERARIZ, *Fouquieriasplendens* FOUQSPLEN, *Acacia neovernicosa* ACACNEOV, *Acacia schaffneri* ACACSCHF, *Calliandraconferta* CALLCONF, *Chamaecristanictitans* var. *Leptadenia* CHAMNICT, *Mimosa aculeaticarpa* MIMOACUL, *Mimosa* sp. MIMOSASP, *Prosopisglandulosa* var. *torreyana* PROSGLAN, *Sennawislizeni* SENNWISL, *Sida filicalis* SIDAFILI, *Allioniaichosyi* ALLICHOS, *Boerhaviaaspicata* BOERSPIC, *Fraxinusvelutina* FRAXVELU, *Pinuscembroides* PINUCEMB, *Pinuschihuahuana* PINUCHIH, *Pinusengelmannii* PINUENGE, *Pinusleiophylla* PINULEIO, *Aristidaadscencionis* ARISADSC, *Boutelouaaristidoides* BOUTARIS, *Boutelouabarbata* BOUTBARB, *Boutelouachondriosoides* BOUTCHON, *Boutelouacurtipendula* BOUTCURT, *Boutelouagracillis* BOUTGRAC, *Bouteloua hirsuta* BOUTHIRS, *Erioneuron pulchellum* DASYPULC, *Enneapogondesvauxii* ENNEDES, *Heteropogoncontortus* HETECONT, *Hilaria mutica* HILAMUTI, *Disakispermadubium* LEPTODUBI, *Lycuruspheloides* LYCUPHEL, *Muhlenbergiaporterii* MUHLPORT, *Hopiaobtusa* PANIOBTU, *Piptochaetiumfimbriatum* PIPTFIMB, *Schizachyriumscoparium* SCHISCOP, *Sporobolusairoides* SPORAIRO, *Cardiospermumhalicacabum* CARDHALI, *Aloysiagrattissima* ALOYGRAT, *Aloysiawrightii* ALOYSWRIG, *Larrea tridentata* LARRTRID.

especies pastizales (Rzedowski, 1978; Conabio, 2008; Henrickson, 1996; Estrada, 1998) (Miranda y Hernández X., 1963; Aizpuru, 1979; Royo *et al.*, 2006, 2008; Estrada-Castillón y Villarreal-Quintanilla, 2010) y bosques (Martínez, 1953; González-Elizondo, 1992; González-Elizondo, 2011). Los contrastes de vegetación se enmarcan con base al clima, suelo y fisiografía. En Chihuahua, de acuerdo con Rzedowski (1978), se registran cuatro de las 13 grandes comunidades vegetales de México: matorrales, pastizales, bosques y selvas. El área de estudio comprende tres de estas grandes comunidades: matorrales, pastizales y bosques. Los matorrales y pastizales dominan en las partes bajas y planas, con excepción de algunas gramíneas y arbustos; los pastizales de dos tipos (climáticos y edáficos) dominan en suelos profundos y escasa pedregosidad, mientras que los matorrales son más frecuentes en suelos pedregosos, menos profundos y pendientes someras o pronunciadas. Los bosques son propios de áreas con clima templado-frío, mayores niveles altitudinales, con pendiente ligera. En los sitios de muestreo que abarcan todo el gradiente altitudinal (1,400 a 2,300 m). La mayoría de las especies registradas se cuantificaron en las zonas de matorral y bosque, mientras que los pastizales mostraron menor riqueza de especies (Estrada *et al.*, 2003). De igual forma, la mayor cantidad de formas biológicas se registró en los bosques y matorrales (Estrada *et al.*, 2003). Las especies arbustivas y arbóreas son más comunes en climas templados y húmedos, mientras que las herbáceas predominan en climas áridos y semiáridos. Todas las especies de coníferas y encinos, con excepción de *Quercuschihuahuensis*, se registraron en climas templados, mientras que las gramíneas prosperan en las tres comunidades. La riqueza de arbustivas es mayor en climas templados y húmedos, mientras que en términos de cobertura, son más notorios en climas semiáridos (matorrales de planicie).

CONCLUSIONES

El estudio de ordenación con base en correspondencia canónica, se basó en el análisis de variables ambientales (pendiente, elevación y suelo desnudo) y variables bióticas (valores de cobertura de las especies). Se constituyeron tres grandes grupos con las variables abióticas asociadas: dos de matorral con diferente cobertura de acuerdo con las especies dominantes, de los cuales uno con sólo dos especies

dominantes, una arbustiva: *Larrea tridentata* y otra herbácea: *Tiquilia canescens*, el otro, más grande, con valores de cobertura mayores o niveles de suelo desnudo menores, donde se asocian 11 especies, principalmente arbustivas con gramíneas asociadas. El segundo grupo, predominante en alturas mayores, está constituido por bosques mixtos. El grupo restante comprende arbustivas y un encino (*Quercuschihuahuensis*) de alturas medias, pero asociadas a pendientes más pronunciadas, es el caso de especies del género *Opuntia*, *Rhus*, *Mimosa*, *Tiquilia*, *Fouquieria*, *Calliandra* y gramíneas del género *Bouteloua*. El análisis de correspondencia canónica permite reconocer diferentes gradientes a los cuales responden ciertos grupos de especies, sin destacar jerarquía de asociación.

El efecto de las variables ambientales

La altura y el clima son dos de las variables ambientales que modifican drásticamente la composición vegetal. En el presente estudio, en el gradiente altitudinal, las tres variables ambientales seleccionadas mostraron un efecto contrastante en la ordenación de las comunidades. La cobertura vegetal baja, con mayor cantidad de suelo desnudo, es propia de las partes más áridas, donde se observa mayor cantidad de espacios claros o vegetación más dispersa que en las pendientes con clima templado-húmedo. La pendiente es fundamental en la distribución de algunas especies; su efecto es notorio en arbustos del matorral, gramíneas como: *Boutelouacurtipendula*, *B.hirsuta* y *Enneapogondesvauxii*, y arbustivas como: *Opuntia* sp., *Mimosa aculeaticarpa*, *Rhustrilobatay* *Opuntia engelmannii*; en este tipo de relieve, aunado al clima semiárido, se distribuyen pocas especies arbóreas, como es el caso de *Quercus chihuahuensis*. El efecto directo de la altitud, y por ende del clima templado, aunado a pendientes nulas o someras, favorece el desarrollo de comunidades más exuberantes, mayor cobertura, mayor altura, mayor diversidad, como sucede con los bosques mixtos: *Quercus*-coníferas (*Pinus*, *Cupressus* y *Juniperus*).

LITERATURA CITADA

AIZPURU, G. E. 1979. Manejo de Pastizales (Ecología de Pastizales. Primera y segunda parte). Programa Nacional de Formación de Profesores. Escuela Superior de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. SEP. México.

- BETTLE, A.A. 1983. Las gramíneas de México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. COTECOCA. México, D.F. 260 pp.
- BETTLE, A.A. 1987. Las gramíneas de México. Tomo II. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. COTECOCA. México, D.F. 344 pp.
- BETTLE, A.A., E. Manrique, J.A. Miranda, V. Jaramillo, A. Chimal and A.M. Rodríguez. 1991. Las gramíneas de México. Tomo III. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. COTECOCA. México, D.F. 332 pp.
- BETTLE, A.A., J.A. Miranda, V. Jaramillo, A.M. Rodríguez, L. Aragón, M.A. Vergara, A. Chimal and O. Domínguez. 1995. Las gramíneas de México. Tomo IV. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. COTECOCA. MÉXICO, D.F. 342 pp.
- BONHAM, C.D. 1980. Measurement for terrestrial vegetation. Wiley and Sons. New York. Chihuahua. Chihuahua, Chih. 301 pp.
- BYE, P. R., Lot, A. y J. Fa. (eds.). Diversidad biológica de México: 86 orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp. 355-368.
- CONABIO. 2008. Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- DANIEL, T. F. 1998. Acanthaceae de México: diversidad y distribución In: Ramamoorthy, T.P. Bye, R. Lot A. y J. Fa. eds. Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp. 527-544.
- DELGADILLO, C. 1998. Diversidad de la brioflora mexicana. In: Ramamoorthy, T.
- DIGBY, P. G. N., and R. A. Kempton. 1987. Population and Community Biology Series: Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman and Hall, London.
- ESTRADA, C. E. 1998. Ecología del matorral submontano en el Estado de Nuevo León, México. Tesis doctoral. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. 190.
- ESTRADA, C.E. and A. Martínez. 2003. Los géneros de leguminosas del norte de México. Sida, Botanical Miscellany. Botanical Research Institute of Texas 25. 134 pp.
- ESTRADA, C.E., E. Jurado, J. Navar, J. Jiménez and F. Garza. 2003. Plant associations of Cumbres de Majalca National Park, Chihuahua, Mexico. Southw. Naturalist 48:177-187.
- ESTRADA, C.E., R. Spellenberg and T. Lebgue. 1997. Flora vascular de la Laguna de Babícora, Chihuahua, México. Sida 17:809-827.
- ESTRADA-CASTILLÓN, E. y J.A. Villarreal-Quintanilla. 2010. Flora del centro del estado de Chihuahua, México. Acta Bot. Mex. 92:51-118.
- EXPERIMENTAL LA CAMPANA 50 años de investigación y transferencia en García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía. 2a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- GARCÍA-MENDOZA, A. Y R. Galván. 1995. Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. Bol. Soc. Bot. Méx. 56:7-24.
- GAUCH, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, New York. 298 p.
- GENTRY, H.S. 1982. Agaves of continental America. The University of Arizona Press USA. 670 pp
- GONZÁLEZ ELIZONDO, M. Socorro y Martha González Elizondo. 1992. El género *Arbutus* (Ericaceae) en la Sierra Madre Occidental. Consideraciones sobre su taxonomía y distribución. Bol. Inst. Bot. Univ. Guadalajara 1(2): 39 - 41.
- GONZÁLEZ-ELIZONDO, M., M. S. González-Elizondo, L. Ruacho González y M. Molina Olvera. 2011. *Pinus maximartinezii* Rzed., primer registro para Durango, segunda localidad para la especie. Acta Bot. Mex. 96: 33-48.
- HAASE, E.F. and H.A. Shreiber. 1972. Topographic relations of vegetation and soil in southeastern Arizona grassland. South. Naturalist 16:387-401.
- HEITSCHMIDT, R.K., G.K. Hullet, and G.W. Tomanek. 1970. Vegetation map and community structure of a west central Kansas prairie. Southw. Naturalist 14: 337-350.
- HENRICKSON, J. y M.C. Johnston. 1996. A flora of the Chihuahua Desert region. Los Angeles, California. 1687 p.
- HOLMGREN, P.K., N.H. Holmgren and L.C. Barnett. 1990. Index herbariorum. Part I: The herbaria of the world. 8th edition. New York Botanical Garden.
- INEGI. 1987a. Chihuahua. Mapa 1.2, Fisiografía, escala 1:2 000 000. INEGI, México, D.F.
- INEGI. 1987b. Chihuahua. Mapa 8.2, Geología, escala 1:2 000 000. INEGI, México D.F.
- JURADO G. 2008. Estudios Ecológicos de Pastizales. Capítulo III. En: Rancho Martínez
- LAFERRIERE, J.E. 1994. Vegetation and flora of the mountain Pima village of Nabogame, Chihuahua, Mexico. Phytologia 77:102-140.
- LEBGUE, T. Y A. Valerio. 1991. Gramíneas de Chihuahua. Universidad Autónoma de
- M. 1953. Las Pináceas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaria de Agricultura y Ganadería México, D. F.

- MIRANDA, F. and E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:29-179.
- MUELLER-DUMBOIS, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology.* Willey and Sons, New York.
- MULLER, C.H. 1979. *Quercus deliquescens*, a new species from Chihuahua, México. *Phytologia* 42:289-291.
- NIXON, K.C. 1998. El género *Quercus* en México. In: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot. y J. Fa. eds. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 435-447.
- PASTIZALES Y PRODUCCIÓN ANIMAL. A.H. Chávez S. (Compilador). Libro Técnico No. 2. INIFAP-CIRNOC. Chihuahua, Chih. México.
- PHILLIPS, D.L. and J.A. MacMahon. 1978. Gradient analysis of a Sonora Desert bajada. *Southw. Naturalist* 23:669-679.
- RIBA, R. 1998. Pteridofitas mexicanas: Distribución y endemismo. In: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y J. Fa (eds.): *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp. 369-384.
- ROYO M., M.H., J.S. Sierra T., C.R. Morales N., R. Carrillo R., A. Melgoza C. y P.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México.* Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- SPELLENBERG, R., T. Lebgue and R. Corral. 1996. Listados florísticos de México. XIII. A specimen-based, annotated checklist of the vascular plants of Parque Nacional "Cascada de Basaseachi" and adjacent areas, Chihuahua, México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 72 pp.
- TER BRAAK C., J.E. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67:1167-1179.
- TURNER, B.L. and G. Nesom. 1998. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae en México. In: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. eds. *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 545-561.
- VALDÉS, J., A.A. Beetle and M.H. González. 1975. Gramíneas de Chihuahua. *Pastizales* 4:2-60. <http://www.theplantlist.org>

Contenido nutricional de *Atriplex canescens* (Pursh Nutt) en función de la conductividad eléctrica del suelo

Nutrient content of *Atriplex canescens* (Pursh Nutt) as a function of soil electrical conductivity

Juan Manuel Tatay-Castillo, Mario Alberto González-Díaz, Miguel Ángel Mellado-Bosque*

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Nutrición Animal, Saltillo, Coah. 25315, México. Miguel Mellado Bosque, mmellbosq@yahoo.com (*Autor responsable).

RESUMEN

El objetivo del presente estudio consiste en determinar la asociación entre la conductividad eléctrica (CE) del suelo con el nivel de nutrientes de *Atriplex canescens* en el norte de Zacatecas, por lo que en noviembre se colectaron muestras de follaje de *A. canescens* en 20 parcelas de 3 x 3 m; también se colectaron muestras de suelo en la base de las plantas de *A. canescens*, a profundidades de 0 a 30 cm, con el propósito de determinar el contenido de nutrientes de *A. canescens* y la CE del suelo. Para describir la asociación entre nutrientes, minerales y digestibilidad de *A. canescens* con la CE del suelo, se realizaron análisis de regresión no lineal. La proteína cruda (PC) de *A. canescens* fue de 8.87%, la fibra detergente neutro (FDN) de 51.09% y la digestibilidad *in situ* de materia varió de 56.6 a 68.92%. El suelo resultó ligeramente salino con una conductividad eléctrica de 0.4 a 4 Mmhos/cm. Se encontró que la CE no influyó sobre la acumulación de minerales en *A. canescens* ($r^2=0.24$). La conductividad eléctrica sólo explicó el 17% de la variabilidad en PC de *A. canescens*. Se presentó un ligero pero significativo incremento en el contenido de calcio en *A. canescens* al aumentar la salinidad del suelo donde crecía la planta ($r^2=0.3$; $P<0.01$). Los niveles de K disminuyeron al incrementarse la CE ($r^2=0.41$). Se concluyó que la CE tiene una influencia marginal sobre los nutrientes de *A. canescens*, y que al incrementarse la CE del suelo disminuye el K, aumenta la proteína, el Ca y la digestibilidad de la materia seca.

Palabras clave: digestibilidad *in situ*, proteína cruda, ecosistemas áridos, plantas halófitas

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the association between the electrical conductivity (EC) of soil with the nutrient content of *Atriplex canescens* in northern Zacatecas. Foliage samples of *A. canescens* were collected from 20 plots of 3 x 3 m in November. Soil samples at the base of this shrub were collected at a depth of 30 cm. Nutrient content of *A. canescens* was determined, as well as CE of soil. Non linear regression analyses were performed to depict the association between chemical characteristics and digestibility of the dry matter of *A. canescens* and degree of soil salinity. Average crude protein of *A. canescens* was 9.97%, neutral detergent fiber was 51.09% and *in situ* dry matter degradability ranged between 56.6 a 68.92%. The soil was slightly saline with a CE of 0.4 a 4 Mmhos/cm. It was found that CE influenced little mineral accumulation in *A. canescens* ($r^2=0.22$). CE only explained 17% the variability in crude protein content in *A. canescens*. A slight but significant Ca increment ($P<0.01$) was observed with the increase of CE ($r^2=0.41$). K levels in *A. canescens* decreased with the increase of CE. It was concluded that in this particular environment, CE of soil has a marginal influence on nutrient content of *A. canescens*.

Key words: arid environment, *in situ* digestibility, crude protein, halophyte plants

INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas de las zonas áridas y semiáridas del norte de México limitan el desarrollo de la agricultura y ganadería; sin embargo los pastizales y matorrales de esta zona han constituido la base de la ganadería de estos ecosistemas por varios siglos (Conaza, 1994). Un factor limitante para la ganadería extensiva en las zonas desérticas del norte de México es la limitada poca cantidad y calidad de forrajes (Reyes-Gómez *et al.*, 1996). Existen, sin embargo, arbustos forrajeros que son de gran importancia para la ganadería de zonas áridas, por su alto contenido de nutrientes, su tolerancia a la sequía y porque permanecen siempre verdes; uno de estos es *Atriplex canescens* (Romero-Paredes y Ramírez, 2003; Pinos-Rodríguez *et al.*, 2007; Carrillo-Enríquez *et al.*, 2011).

El género *Atriplex* comprende alrededor de 417 especies, entre ellas *canescens* (Conaza, 1994). La principal característica de *Atriplex canescens* es que permanece verde durante el año, además de que mantiene un alto contenido de sales acumuladas en las hojas (Mellado *et al.*, 2012). Por su alto valor nutritivo, su fácil accesibilidad al ramoneo, su abundante producción de forraje y su palatabilidad, la hacen un arbusto del desierto muy valioso para la ganadería. Su valor nutricional radica en la cantidad de proteína que va de 13 a 16% y una digestibilidad *in vitro* de materia seca del 60% (Gutiérrez-Luna *et al.*, 2012; Mellado *et al.*, 2012).

El chamizo o costilla de vaca, además de servir como alimento en épocas de estiaje, es útil para evitar la erosión hídrica del suelo en los agostaderos (Echavarría *et al.*, 2009); también es de fácil propagación, lo que mejora la capacidad productiva de los agostaderos (Conaza, 1994). Li *et al.* (2010) consideran que los niveles de minerales en el suelo afectan la calidad nutricional de los forrajes, por lo que se creyó pertinente investigar la influencia de suelos con altos niveles de sales sobre el contenido nutricional de *Atriplex canescens*, un arbusto forrajero importante del matorral parvifolio inerme.

El objetivo del presente estudio, pues, fue determinar la asociación entre la conductividad eléctrica del suelo con el nivel de nutrientes de *Atriplex canescens*, en una zona del norte de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La colección de las muestras de *Atriplex canescens* se realizó en el norte de Zacatecas (24° 21' latitud N y

101° 02' longitud O), que se caracteriza por una temperatura media anual de 14.8 °C, y una precipitación media anual de 290 mm. La recolección de las muestras de forraje de *Atriplex canescens* se llevó a cabo en 20 parcelas de 3 x 3 m, en una zona con abundancia de *Atriplex canescens*. Para realizar la colecta se tomaron hojas y tallos jóvenes, y a medio metro de la planta las muestras de suelo, a una profundidad de 30 cm. La colección de la muestra de *A. canescens* se realizó el mes de noviembre de 2013.

A las muestras colectadas se les determinaron las siguientes variables: materia seca total (deseccación del material colectado) en una estufa a 60 °C por 72 horas, cenizas (mufla de 550 a 600 °C), proteína cruda (método de Kjeldahl), extracto etéreo (extractor tipo soxleth), fibra detergente neutro y fibra detergente ácido por el método de Van Soest (1991); con un espectrómetro de absorción atómica, también se les determinó el contenido de Na, Cu, K, Zn, Mg y Ca. El P se estableció con el reactivo ANSA y molibdato de Amonio, con un método clorimétrico. A las muestras del suelo se les determinó la conductividad eléctrica con un conductímetro, previamente calibrado con KCl 0.1 M.

Para la determinación de la degradabilidad del follaje de *Atriplex canescens*, se tomaron muestras de 5 g y se mantuvieron por 72 horas en el rumen de un novillo fistulado, el cual era alimentado con heno de cereales. Se utilizaron bolsas de nylon de 10 x 20 cm y 50 cm de tamaño del poro. Una vez extraídas las muestras del rumen, éstas se enjuagaron en agua de la llave y, posteriormente, se secaron en un horno a 60 °C hasta peso constante; posteriormente se pesaron, y con la diferencia de peso de las muestras ingresadas al rumen y las muestras después de la incubación, se determinó la porción del alimento digerida.

Los datos se analizaron con el programa Curve Expert, con regresiones no lineales, para así determinar la mejor ecuación que describe la asociación entre conductividad eléctrica y contenido de nutrientes de *Atriplex canescens*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos del sitio de estudio fueron clasificados como ligeramente salinos (rango 0.4 a 2.9 $S \cdot m^{-1}$), de acuerdo con la clasificación del USDA (1954). El contenido de proteína cruda de *Atriplex canescens* fue, en promedio, de 12.3%. Este valor es más bajo, de los valores de 13% a 16% reportados por Gutié-

rréz-Luna *et al.* (2012) y Mellado *et al.* (2012). En relación al contenido de cenizas de *Atriplex canescens*, éste fluctuó de 12 a 20%, lo que coincide con reportes de Gil (1995) y Van Niekerk *et al.* (2004), quienes mencionan que las plantas de suelos salinos presentan de 10% al 20% de minerales. La conductividad eléctrica influyó muy poco sobre la acumulación de minerales en *A. canescens*, ya que sólo el 22% de la variabilidad de cenizas de *A. canescens* se debió a la conductividad eléctrica del suelo.

Troncoso-Mendoza (2007) menciona que no es muy conocido el efecto de la salinidad del suelo sobre el nitrógeno (N) en la planta, pero asegura que la salinidad le provoca una diseminación de concentración de nitrógeno. En el presente estudio, el contenido de proteína cruda (PC) de *Atriplex canescens* se incrementó ligeramente al aumentar la conductividad eléctrica (Figura 2; $P=0.11$). Sin embargo, la conductividad eléctrica sólo explicó el 17% de la variabilidad en PC de *A. canescens*, lo que indica que la salinidad del suelo no altera el contenido proteico de este arbusto. Otros estudios muestran que el contenido de K de *Atriplex spp.* está más asociado a la lluvia y temperatura ambiental que a otros factores edáficos o climáticos (Islam y Adams, 2000).

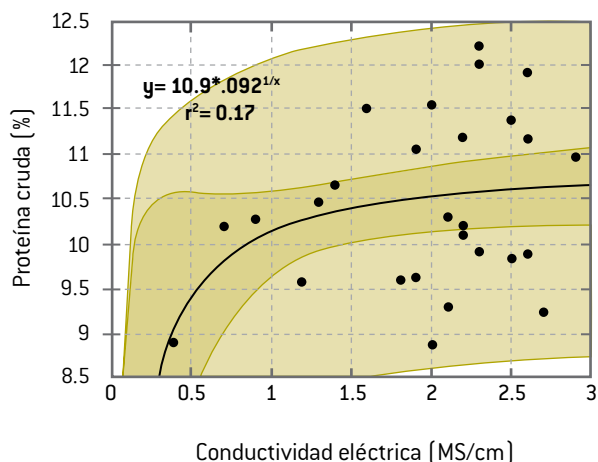


Figura 1. Asociación entre la conductividad del suelo donde crece *A. canescens* y el contenido de proteína cruda de este arbusto. Las bandas oscuras son los intervalos de confianza (95%) para los valores estimados y las bandas claras son los intervalos de confianza para los valores reales.

Al aumentar la salinidad del suelo, se presentó un moderado incremento en el contenido de calcio en la planta *A. canescens* ($P<0.01$; Figura 2), lo cual

se atribuye a la alta presencia del Ca^{++} en el suelo, que reduce el efecto negativo de la salinidad en el crecimiento de la planta, como resultado, a su vez, de un efecto estabilizador de la membrana (Leidi y Pardo, 2002). El calcio extracelular puede reducir la pérdida del K (Leidi y Pardo, 2002). Los niveles de Ca encontrados en el presente estudio son muy cercanos a los observados por Del Valle y Rosell (2000) en *Atriplex spp.* en La Patagonia.

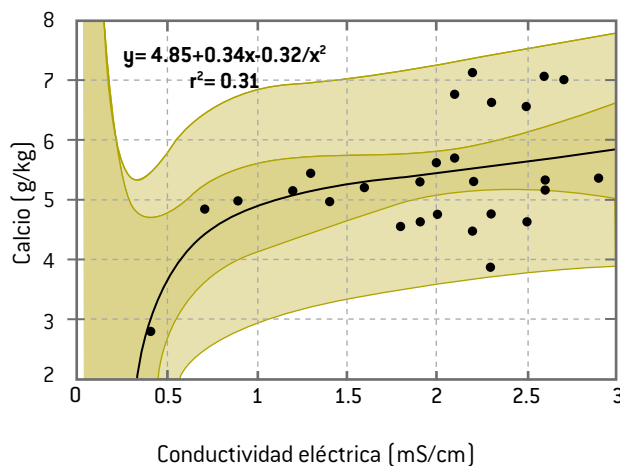


Figura 2. Relación entre el contenido de calcio en el follaje de *A. canescens* y la concentración de salinidad del suelo. Las bandas oscuras son los intervalos de confianza (95%) para los valores estimados y las bandas claras son los intervalos de confianza para los valores reales.

Aunque no se conoce bien el efecto de la conductividad eléctrica sobre el contenido de lignina en las plantas, el incremento ligero de la lignina en plantas de *A. canescens* que crecen en suelos con la conductividad eléctrica más alta (Figura 3), se le puede atribuir a que las especies de las zonas áridas se encuentran en constante estrés, lo que hace que produzcan fenoles, por lo que se incrementa la enzima fenolasa que actúa sobre la oxidación de los fenoles, que dan orígenes a precursores de la biosíntesis de la lignina (Azcón y Talón, 2008) (Figura 3).

El cobre es indispensable en el metabolismo de las proteínas y de los carbohidratos en las plantas. La ausencia de respuesta del Cu al incremento de la CE del suelo, aparentemente se debe a que en suelos salinos se requiere de Cu para incrementar la producción intracelular de sustancias solubles, con lo cual disminuye el potencial hídrico y se facilita la entrada de agua a la planta (Kirkby y Romheld, 2007). En el presente estudio no se detectó una asociación entre la CE y los niveles de Cu en *A. canescens*.

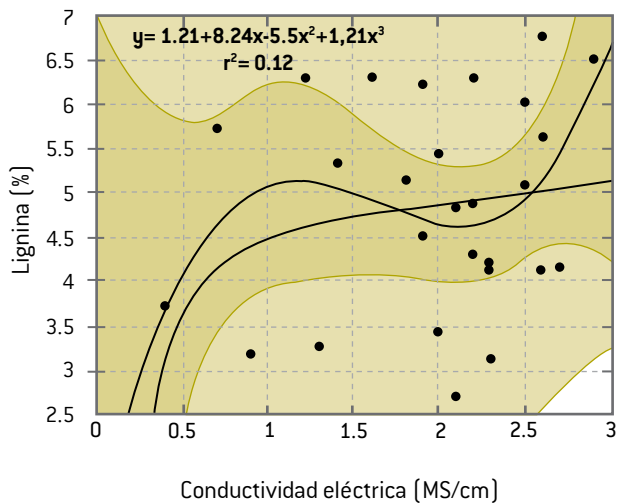


Figura 3. Relación entre el contenido de lignina del follaje de *A. canescens* y la concentración de salinidad del suelo donde crece esta planta. Las bandas oscuras son los intervalos de confianza (95%) para los valores estimados y las bandas claras son los intervalos de confianza para los valores reales.

No se han realizado estudios sobre la variación de la digestibilidad de la materia seca de forrajes ante el incremento de la conductividad eléctrica del suelo; sin embargo, en el presente estudio, el incremento de la conductividad eléctrica tendió a aumentar ligeramente la digestibilidad del follaje de *A. canescens* (Figura 4), aunque la correlación entre estas variables fue muy baja, por lo que se considera que la salinidad del suelo donde *A. canescens* crece, no influye de manera importante sobre la digestibilidad de la materia seca.

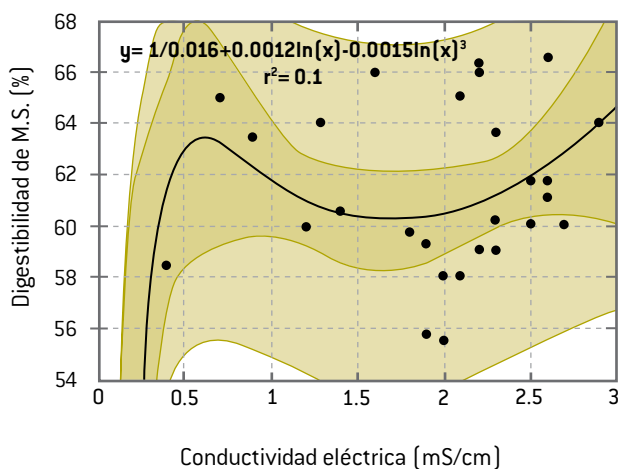


Figura 4. Relación entre la digestibilidad de la materia seca de *A. canescens* y la concentración de salinidad del suelo donde crece esta planta. Las bandas oscuras son los intervalos de confianza (95%) para los valores estimados y las bandas claras son los intervalos de confianza para los valores reales.

En el presente estudio, el comportamiento de la fibra detergente ácido (FDA) en *A. canescens* se puede atribuir a la capacidad que tiene de modificar su estructura para sobrevivir en ambientes áridos y salinos. Aunque no se han realizado estudios del comportamiento de FDA en *A. canescens* en suelos salinos, los datos que arroja esta investigación muestran que, con el incremento de la conductividad eléctrica, tiene una ligera tendencia a aumentar su contenido (Figura 5; $P=0.09$). Por otro lado, a diferencia de la FDA, el nivel de la FDN del follaje de *A. canescens* no fue alterado por la CE del suelo donde crece.

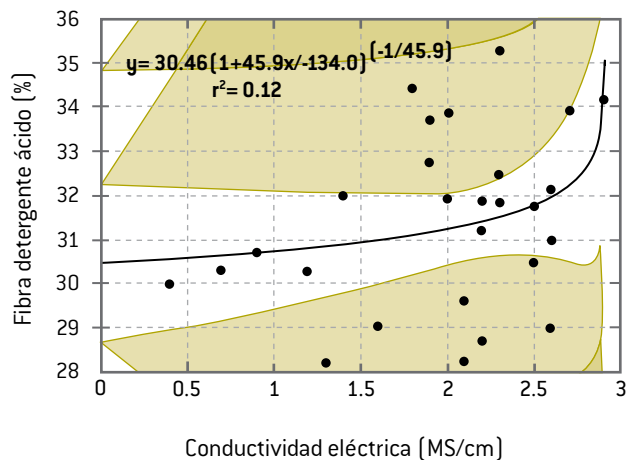


Figura 5. Relación entre la fibra detergente ácido de *A. canescens* y la concentración de salinidad del suelo donde crece esta planta. Las bandas oscuras son los intervalos de confianza (95%) para los valores estimados; las bandas claras son los intervalos de confianza para los valores reales.

Se observó que a mayor concentración de sal en el suelo donde crece *A. canescens*, el porcentaje de fósforo (P) decrece ligeramente (Figura 6). La salinidad del suelo explica el 22% de la variabilidad de este elemento, que posiblemente se deba a que el Na del suelo tiene efectos sobre el desarrollo radicular de la planta, lo que limita la absorción del P; además, existe un fuerte antagonismo del sodio sobre el fósforo (Azcón y Talón, 2008).

Por esta razón, con el incremento de la CE del suelo, el contenido de P de *Atriplex canescens* tendió a bajar; este elemento está sujeto a amplias variaciones en *Atriplex spp* debido, principalmente, a la influencia de la precipitación pluvial (Islam y Adams, 2000) (Figura 6).

Al incrementarse la CE ($r^2=0.22$), se manifestó un ligero incremento en el contenido de magnesio. El contenido de K en *A. canescens* presentó un compor-

tamiento irregular (Figura 7), lo cual pudo deberse a que la muestra de suelo tenía diferentes tipos de sales que provocaron un antagonismo al K, como en el caso del Na. También pudieron haberse presentado cantidades altas de Ca en el suelo, lo que propicia que se reduzca el antagonismo de K (González, 2009). Por otra parte, la declinación del K con los niveles más altos de conductividad eléctrica se explican porque el K de las plantas disminuye a medida que se incrementan los niveles de Na en el suelo (Nedjimi y Dauoud, 2009). Cabe mencionar que de todas las variables utilizadas en este estudio, el K fue la que mayor asociación presentó con la CE.

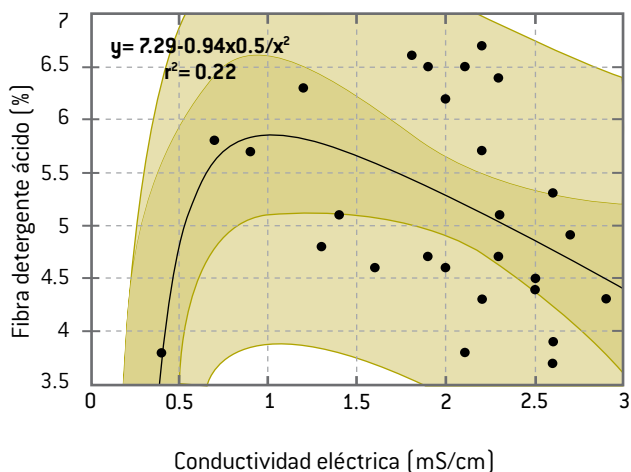


Figura 6. Relación entre el contenido de fósforo de *A. canescens* y la concentración de salinidad del suelo donde crece esta planta. Las bandas oscuras son los intervalos de confianza [95%] para los valores estimados y las bandas claras son los intervalos de confianza para los valores reales.

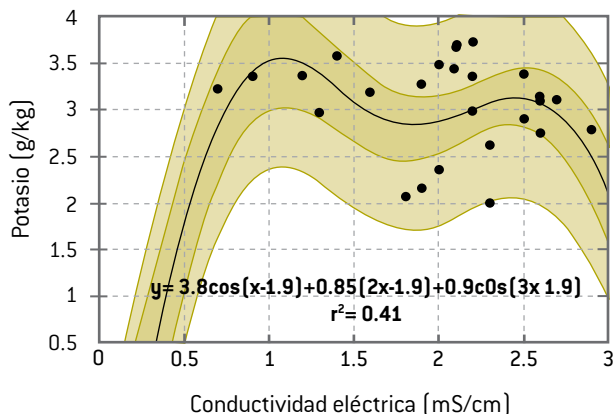


Figura 7. Relación entre el contenido de potasio de *A. canescens* y la concentración de salinidad del suelo donde crece esta planta. Las bandas oscuras son los intervalos de confianza [95%] para los valores estimados y las bandas claras son los intervalos de confianza para los valores reales.

A mayores niveles de CE ($r^2=0.06$), el nivel del sodio se incrementó ligeramente en *A. canescens* -lo cual se debió a que las especies del género *Atriplex* requieren el sodio del suelo para una glucólisis eficiente- sin presentar acumulaciones tóxicas, ya que las sales se eliminaron por las glándulas localizadas en las hojas (García, 1992). El nivel de Zn también se incrementó en forma ligera, a medida que se incrementaba la CE ($r^2=0.04$).

CONCLUSIONES

En las condiciones del presente estudio, la CE del suelo tuvo un efecto marginal sobre algunos nutrientes de *A. canescens*, particularmente minerales. El calcio presentó una moderada asociación positiva con la CE. Con el incremento de la salinidad del suelo, el fósforo fue otro elemento que mostró una tendencia de disminución en el forraje de *A. canescens*. Las variables relacionadas con los carbohidratos estructurales no se asociaron con la CE; lo mismo ocurrió con la digestibilidad de la materia seca. La proteína parece ser afectada positivamente, aunque en forma marginal, por los valores ascendentes de la CE del suelo.

LITERATURA CITADA

- AZCÓN, B. J. y M. Talón. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2a edición. Editorial McGRAW- HILL interamericana. p. 158.
- TRONCOSO-MENDOZA, J. 2007. Obtención y evaluación de plantas de olivo tolerantes a la salinidad mediante el empleo de métodos biotecnológicos. Tesis. Departamento de cristalografía, mineralogía y química agrícola de la Universidad de Sevilla, España.
- CARRILLO-ENRÍQUEZ, E., Parra-Galindo, M.A. y Moreno, F.R. 2011. Producción de forraje de *Atriplex canescens* en un suelo salino. Revista de Ciencias Biológicas y de Salud 13: 29-34.
- CHATTERTON, N.J., R.J. Goodin, C.M. Mckell, R.V. Braker y J.R. Rible. 1971. Monthly variation in the chemical composition of desert saltbush. Journal of Range Management 24:37-40.
- CONAZA (Comisión Nacional de las Zonas Áridas). 1994. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Saltillo, Coahuila.
- DEL VALLE, H.F. y R.A. Rosell. 2000. Mineral composition of perennial vegetation of shrub patches in northeast

- tern Patagonia. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 14: 15-25.
- ECHAVARRÍA, F.G., A. Serna, F. Rubio, A.F. Rumayor, y H. Salinas. 2009. Productividad del chamizo *Atriplex canescens* con fines de reconversión: dos casos de estudios. *Técnica Pecuaria en México* 47: 93-106.
- GARCÍA, V. D. 1992. Efecto de la salinidad sobre la germinación y emergencia de tres especies de *Atriplex alentiformis*, *canescens*, *vesicaria*. Tesis. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- GIL, M.F. 1995. Elementos de fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. México. Pág. 224
- GONZÁLEZ, R. S. L. 2009. Germinación de diferentes cultivos en condiciones de salinidad cuantitativa y cualitativa. Tesis Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México.
- GUTIÉRREZ-LUNA, R., D. Rodríguez-Tenorio, T.G. Martínez, C. Aguirre y R.A. Sánchez-Gutiérrez. 2012. Banco de proteínas para rumiantes en el semiárido mexicano. Campo Experimental Zacatecas. Folio Técnico Núm. 47. INIFAP.
- ISLAM, M. y M. A. Adams, 2000. Nutrient distribution among metabolic fractions in two *Atriplex spp.* *Journal of Range Management* 53: 79-85.
- KIRKBY, E. y V. Romheld. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility proceedings. The international fertilizer society. P.O. Box. York, United Kingdom.
- LEIDI, O.E. y J.M. Pardo. 2002. Tolerancia de los cultivos por el estrés salino. Revista de investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias. Sitio Argentino de Producción Animal. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev2/5.htm>
- LI, W.X., Lu, J.W., Seneweera, S.P., Chen, F., Lu, J.M. y Li, X.K. 2010. Effect of fertilization on forage yield and quality, nutrients uptake and soil properties in the more intensive cropping system. *Journal: Food, Agriculture and Environment* 8: 427-434.
- MELLADO, M., A. Rodríguez, E.A. Lozano, J. Dueñez, N.C. Aguilar y J.R. Arévalo. 2012. The food habits of goats on rangelands with different amounts of fourwing saltbush *Atriplex canescens* cover. *Journal of Arid Environments* 84: 91-96.
- NEDJIMI, B. y Y. Dauoud. 2009. Effects of calcium chloride on growth, membrane permeability and root hydraulic conductivity in two *Atriplex* Species grown at high Sodium Chloride salinity. *Journal of Plant Nutrition* 32:1818-1830.
- PINOS-RODRÍGUEZ, J.M., J.R. Aguirre-Rivera, M. Mellado, J.C. García-López, G. Álvarez-Fuentes y J.C. Méndez-Villazana. 2007. Chemical and digestibility characteristics of some woody species browsed by goats in Central México. *Journal of Applied Research* 32: 150-153.
- REYES-GÓMEZ, V. M., Grünberger y J. L. Janeau. 1996. Hidrodinámica en el suelo de un pastizal en una zona árida del norte de México. Instituto de ecología A.C. Unidad Durango.
- ROMERO-PAREDES, J.I. y R.G. Ramírez. 2003. *Atriplex canescens* Purch, Nutt, como fuente de alimento para las zonas áridas. *Ciencia UANL* 6: 85-92.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. In: Richards LA (ed) *Agriculture hand book no. 60*. Oxford & IBH, New Delhi, pp 1-160
- VAN NIEKERK, W.A., C. F. Sparks, N. F. G. Rethmany, R. J. Coertze. 2004. Mineral composition of certain *Atriplex* species and *Cassia sturtii*. *South African Journal of Animal Science* 34:105-107.
- VAN SOEST, P.J., J. B. Robertson, B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.

Fertilización foliar en calabaza Pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Apipilulco, Guerrero

Foliar fertilization in Pipiana pumpkin (*Cucurbita argyrosperma* Huber) in Apipilulco, Guerrero

José Francisco Díaz-Nájera^{1*}, Alejandro Casimiro Michel-Aceves², Sergio Ayvar-Serna², Omar Guadalupe Alvarado-Gómez³, José Aurelio Durán-Ramírez², Manuel Alejandro Tejada-Reyes⁴, Juan Fernando Solís-Aguilar⁴ y Huisar Leonardo Díaz-Ceniceros⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Posgrado en Horticultura, Km. 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230 E-mail: apigro1988@hotmail.com (*Autor responsable). ²Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero, Av. Vicente Guerrero Núm. 81, C.P. 40000, Iguala, Guerrero. ³Facultad de Agronomía, UANL, Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 66451. ⁴Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola, km 38.5, carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230.

RESUMEN

Con la finalidad de estudiar el efecto de la fertilización foliar en el cultivo de calabaza Pipiana bajo condiciones de temporal, se realizaron dos aspersiones de 2 L ha⁻¹, del producto comercial Bayfolan® Forte; la primera aplicación se realizó 24 días después de la siembra (dds), la segunda, 43. Se evaluó la longitud de la guía principal, el número de guías laterales por planta y el rendimiento de semilla por hectárea. Los resultados indicaron que hubo un incremento en la longitud de la guía principal, en el número de guías laterales por planta y en el rendimiento de semilla seca por kg ha⁻¹; también mostraron un incremento de un 59.13% de rendimiento de semilla seca, en tratamientos con fertilización foliar.

Palabras clave: *Cucurbita argyrosperma* Huber, fertilización foliar, rendimiento.

ABSTRACT

In order to study the effect of foliar fertilization in Pipiana pumpkin cultivars during the rainy season, two foliar sprays application was undertaken using the commercial product Bayfolan® Forte at doses of 2 L ha⁻¹, the first at 24 days after planting (dap) and the second at 43 dap. The length of the main guide, number of lateral guides per plant and dry seed yield per hectare was evaluated. The results indicated that there was an increase in the length of the main guide, number of lateral guides per plant and seed yield per kg ha⁻¹. There was also an increase in dry seed yield in foliar fertilization treatments by a 59.13%.

Key words: *Cucurbita argyrosperma* Huber, foliar fertilization, yields.

INTRODUCCIÓN

La calabaza Pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber), de la que se consumen diferentes partes de la planta: las flores, las puntas de las guías, los frutos tiernos y maduros, y las semillas (Lira, 1995; Ayvar-Serna *et al.*, 2004; Montes-Hernández *et al.*, 2005), ha sido al igual que el maíz, frijol y chile, uno de los principales cultivos de México desde la época precolombina. Según los datos de la SAGAR-

PA, el estado de Guerrero es el principal productor de semilla de esta calabaza. En 2011 se sembraron 5,742 ha, cuya producción fue de 3,192.56 ton, con un valor de 38 millones 823 mil 330 pesos (SAGAR-PA, 2012). La localidad de Apipilulco, en el Valle de Cocula, Guerrero, destaca por su producción, debido a que presenta características climáticas apropiadas para su explotación como monocultivo de temporal. En los últimos años, gracias a la alternativa de industrialización de la semilla, la demanda y el precio de la

semilla ha aumentado (Lira *et al.*, 2002; Ayvar-Serna *et al.*, 2004; Díaz-Nájera *et al.*, 2012a; Díaz-Nájera *et al.*, 2012b), lo que propició que los productores incrementen la superficie sembrada y, por consiguiente, los niveles de producción. Los factores limitantes que ocasionan bajos rendimientos en la producción son los relacionados con las características fisicoquímicas de los suelos arcillosos en que se establece el cultivo (Tisdale y Nelson, 1988; Porta *et al.*, 2003), además de la anatomía y morfología de las plantas, y las densidades de población que se manejan, lo que impide una polinización eficiente (Sirtori y Boffelli, 2007) que repercute en un bajo porcentaje de cuajado y amarre de frutos, y propicia semillas vanas y deformes, que se consideran de mala calidad (Reyes-Carrillo *et al.*, 2001). Tisdale y Nelson (1988) señalan que las aspersiones foliares son el medio más eficaz de la aplicación de fertilizantes. Sequi (2004) menciona que la aplicación de micronutrientes se ha convertido en una práctica importante para los productores, debido a que corrige las deficiencias nutricionales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos, además de mejorar el rendimiento y la calidad comercial y nutracéutica de los órganos de interés comercial (Trinidad-Santos y Aguilar-Manjarrez, 1999; Trejo-Téllez *et al.*, 2003; Sequi, 2004). Es necesario evaluar los factores que influyen en la expresión fenotípica del cultivo y elaborar un paquete tecnológico que contribuya a incrementar la productividad, producción y rentabilidad del cultivo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización foliar en diferentes sitios de cultivo sobre el crecimiento y rendimiento de calabaza Pipiana, y determinar si contribuye al mejoramiento de su producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la zona norte del estado de Guerrero, en la localidad de Apipilulco, municipio de Cocula, Guerrero, México, ubicado geográficamente a 18° 11' 00" latitud norte y 99° 41' 00" longitud oeste del meridiano de Greenwich, en cinco sitios de cultivo (Zoquiapa, Boliche, Cocos, Piedra Grande I y Piedra Grande II) con condiciones de clima similares, durante el ciclo Primavera-Verano 2010. Se utilizó la semilla de la variedad criolla Apipilulco. Las aplicaciones foliares se realizaron a una dosis de 2 L ha⁻¹ del producto comercial Bayfolan® Forte (N 9.1%, P 6.6%, K 5.0%, S 1,250 ppm, B 332 ppm, Co 17 ppm,

Zn 664 ppm, Cu 332 ppm, Mo 42 ppm, Ca 207 ppm, Mn 332 ppm, Fe 415 ppm, Mg 207 ppm, Clohidrato de Tiamina 33 ppm, Acido indolacético 25 ppm) con un gasto de agua de 200 L ha⁻¹, a las que se les adicionó el adherente Antek⁺ (0.5 ml L⁻¹). Se utilizó una bomba manual de mochila marca Swissmex, con la que se aplicó un volumen de 2.56 L por unidad experimental de 128 m². La primera aspersión fue a los 24 dds, la segunda a los 43. Para el experimento se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas, arregladas como bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los factores de estudio fueron los sitios de cultivo y la fertilización foliar. La unidad experimental utilizada fue de 128 m². Los datos que se obtuvieron fueron procesados mediante análisis de varianza y se les aplicó la prueba múltiple de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Se evaluó la longitud de la guía principal (m) a partir de la base del tallo, hasta el ápice de la guía principal, y el número de guías laterales por planta. Los muestreos se realizaron a intervalos de 15 días a partir de la siembra. Para obtener el rendimiento, los frutos se extrajeron de cada unidad experimental cuando alcanzaron la madurez fisiológica y el pedúnculo cambió de color verde a amarillo, se deshidrataron y expusieron al sol por un periodo de 20 horas, para luego registrar su peso seco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud de la guía principal

Para esta variable existió diferencia altamente significativa sólo para el factor sitio de cultivo ($p \geq 0.0001$). La prueba de Tukey separó a los sitios Cocos y Piedra Grande II, donde se registraron plantas con la mayor longitud de guía principal: 3.41 y 3.09 m, respectivamente, provenientes de los tratamientos sin fertilización foliar. A pesar de que el sitio Cocos mostró un mayor promedio en longitud de la guía principal, estadísticamente no existió diferencia para el factor fertilización foliar (Figuras 1 y 2), por lo que se puede apreciar, de manera general, que la fertilización foliar no tuvo un efecto en el incremento de la longitud de la guía principal, lo cual coincide con resultados obtenidos en el cultivo de melón, en el cual Tapia-Vargas *et al.* (2010), al utilizar tratamientos con fertilización foliar, no encontraron efectos significativos en la longitud de la guía principal, además de reportar que la aplicación de fertilizantes foliares no indujo su desarrollo. Así mismo, Zepeda-

Bautista *et al.* (2002) reportaron que en maíz no existió efecto significativo en el crecimiento vegetativo del cultivo. Por otro lado, Manjarrez-Martrín *et al.* (2005) mencionan que la fertilización foliar, por sí sola, no produce un efecto en las plantas, ya que esta práctica debe complementarse con la fertilización edáfica. El nitrógeno es, posiblemente, el elemento mineral relacionado con el resultado de esta variable; en este sentido, cabe señalar que los sitios Cocos y Piedra Grande I contienen 0.410 y 0.338% de nitrógeno total, clasificado como muy rico, lo que explica el mayor desarrollo de la guía (Cuadro 1).

Número de guías laterales por planta

El número de guías laterales por planta se incrementó en cuatro de los cinco sitios de cultivo, como una posible respuesta a la fertilización foliar. Probablemente se deba a que, en el análisis de suelo, el sitio Piedra Grande II registró los valores más bajos en el porcentaje de materia orgánica y de N total. Respecto a esta variable, existieron diferencias altamente significativas para sitios y fertilización foliar ($p \geq 0.0001$). La prueba de Tukey manifestó que en los sitios Zoquiapa y Piedra Grande I registraron los valores más altos. Finalmente, se tuvieron más guías

Cuadro 1. Análisis físico-químico del suelo en los diferentes sitios de cultivo evaluados.

Nº	Nombre	mL FeSO ₄ Gastados	% M.O	Clasificación	% N total	Clasificación
1	Zoquiapa	8.5	4.7	Rico	0.234	Rico
2	Piedra G. I	7.7	6.8	Muy rico	0.338	Muy rico
3	Cocos	7.9	8.20	Muy rico	0.410	Muy rico
4	Boliche	8.4	4.50	Rico	0.225	Rico
5	Piedra G. II	8.4	4.50	Rico	0.225	Rico

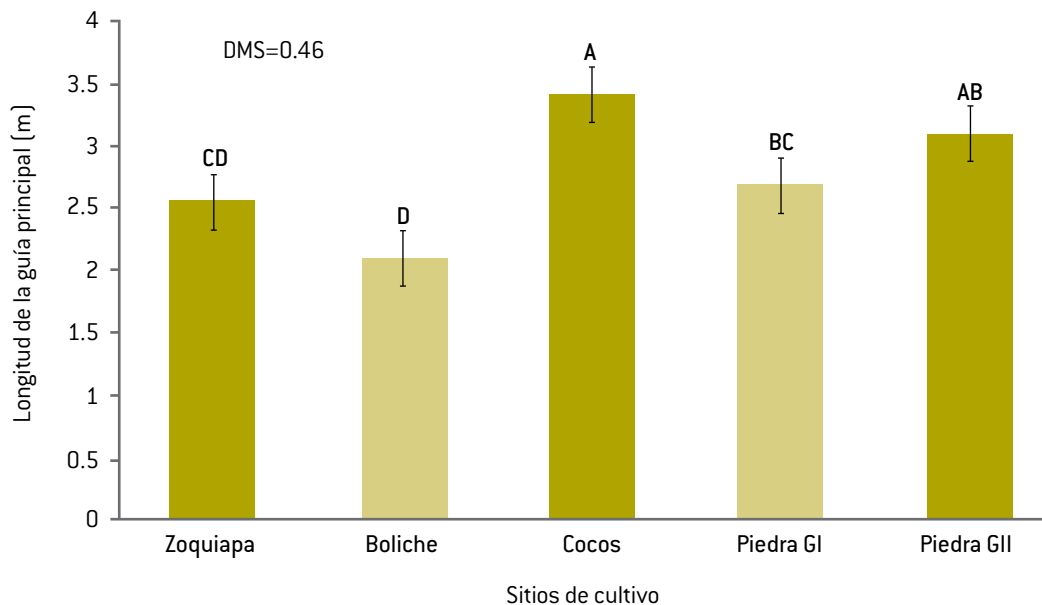


Figura 1. Longitud de la guía principal en función de los sitios de cultivo, sin considerar el factor fertilización foliar.

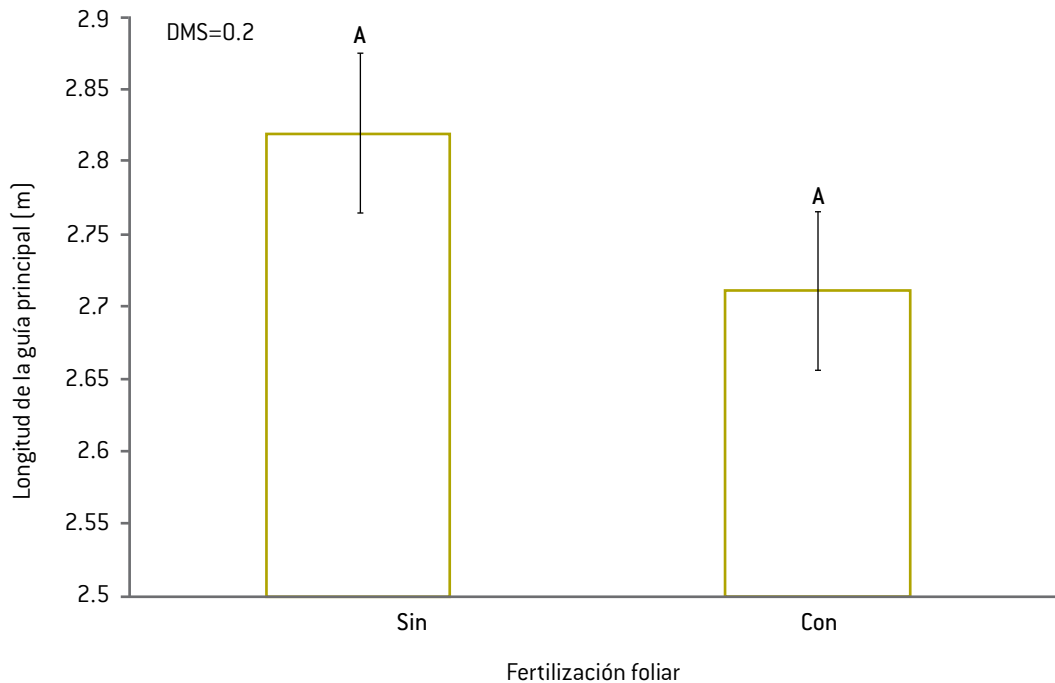


Figura 2. Longitud de la guía principal en función de la fertilización foliar, sin considerar los sitios de cultivo.

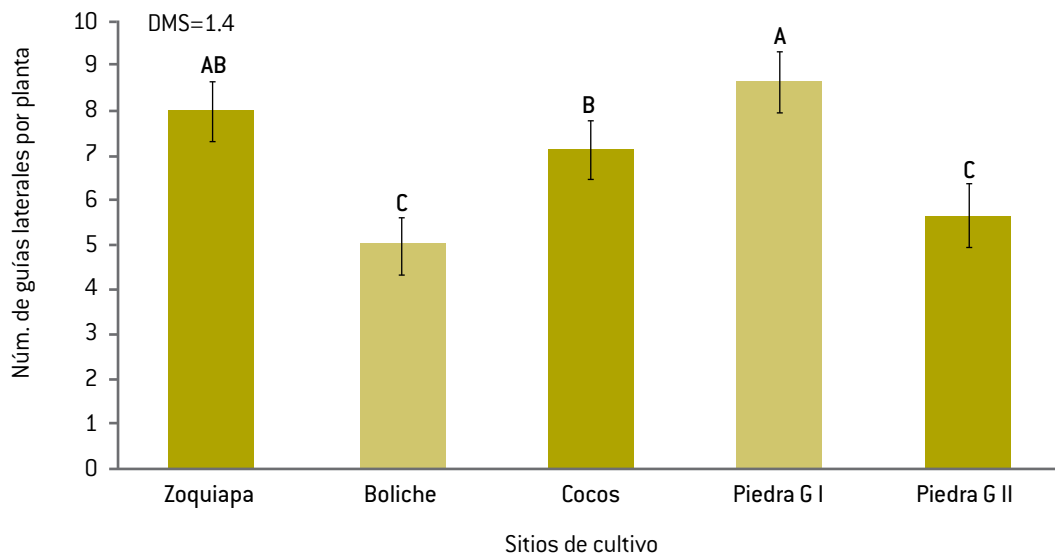


Figura 3. Número de guías laterales por planta, en función de sitios de cultivo, sin considerar el factor fertilización foliar.

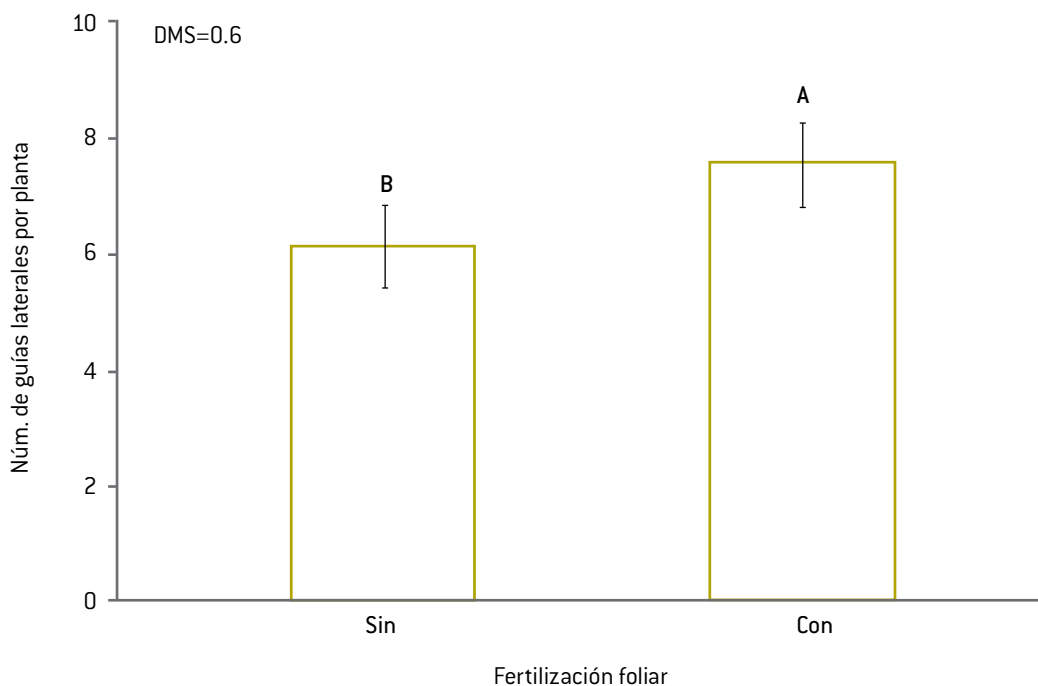


Figura 4. Número de guías laterales por planta, en función de la fertilización foliar, sin considerar el factor sitios de cultivo. .

laterales con fertilización foliar (Figuras 3 y 4). Varios autores indican que la fertilización foliar es un método eficiente como complemento de la fertilización al suelo, ya que incrementa significativamente la producción de biomasa de los cultivos, en especial en las etapas iniciales del crecimiento, lo cual se refleja en un impacto en el rendimiento del cultivo, por la asimilación de una gran variedad de compuestos. En adición, la aplicación de fertilizante foliar permite una reducción en el uso de fertilizantes aplicados al suelo; sin embargo, la respuesta a la fertilización foliar depende principalmente del tipo de cultivo, y la calabaza Pipiana no es la excepción (Hidalgo *et al.*, 1998; Trinidad-Santos y Aguilar-Manjarrez, 1999; Díaz-Franco y Ortegón, 1999; Ibáñez *et al.*, 2000; Olarte *et al.*, 2000; Trejo-Téllez *et al.*, 2003; Pérez-Zamora y Orozco-Romero, 2004; Nava-Sánchez *et al.*, 2004; Trejo-Téllez *et al.*, 2005).

Rendimiento de semilla en kg ha⁻¹

Se encontraron diferencias altamente significativas para la variable de rendimiento de semilla seca en el factor fertilización ($p \geq 0.0014$); es evidente que hubo un incremento en los tratamientos con fertilización foliar en comparación con los tratamientos sin ferti-

lización foliar, independientemente del sitio de cultivo evaluado. Asimismo, en el factor sitios de cultivo, donde el sitio Zoquiapa registró el mayor rendimiento de semilla con un incremento del 59.13% respecto a los tratamientos con fertilización foliar (Figuras 5 y 6). En este sentido, Trejo-Téllez *et al.* (2003) citan que existe una respuesta favorable a la aplicación del fertilizante foliar sobre el rendimiento en chile jalapeño, pepino y chile pimiento, independientemente de la fertilización al suelo. Así mismo, la fertilización foliar puede contribuir en la calidad e incremento de los rendimientos de las cosechas, ya que permite la incorporación inmediata de los elementos esenciales en los metabolitos que se están generando en el proceso de fotosíntesis, lo que propicia que se pueden resolver muchos problemas de fertilización al suelo, especialmente en periodos críticos del desarrollo de la planta bajo ciertas condiciones ambientales como sequía o temperaturas extremas del suelo. Por otra parte, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \geq 0.0001$) cuando se compararon los diferentes sitios de cultivo, donde el sitio Zoquiapa obtuvo el mayor rendimiento, con un promedio de 498.62 kg ha⁻¹, mientras que el sitio Boliche obtuvo el menor rendimiento promedio con 148.62 kg ha⁻¹. En lo que respecta a esta variación

de rendimiento entre los sitios de cultivo, Tisdale y Nelson (1988) y Porta *et al.* (2003) mencionan que la estructura de los suelos, particularmente los que contienen cantidades considerables de arcilla, tienen una marcada influencia en el desarrollo de la raíz y en el vegetativo por la escasa aireación del suelo, lo que afecta directamente el rendimiento. En el caso del sitio Boliche, al realizarle un análisis de suelo se obtuvo una proporción de 70.44, 26.28 y 3.28% en el

contenido de arcilla, arena y limo, respectivamente, lo que pudo influir en los bajos rendimientos en este sitio en particular.

CONCLUSIONES

La fertilización foliar aumentó el rendimiento de semilla seca en un 59.13%. En los diferentes sitios hubo una respuesta favorable a la aplicación de la fertiliza-

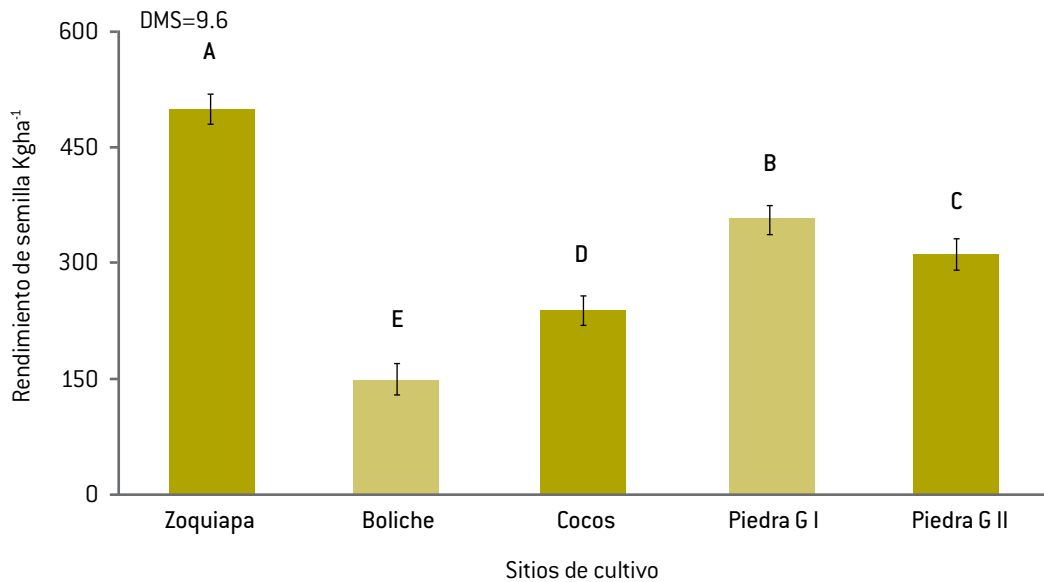


Figura 5. Rendimiento de semilla en kg ha⁻¹, en función de sitios de cultivo, sin considerar el factor fertilización foliar.

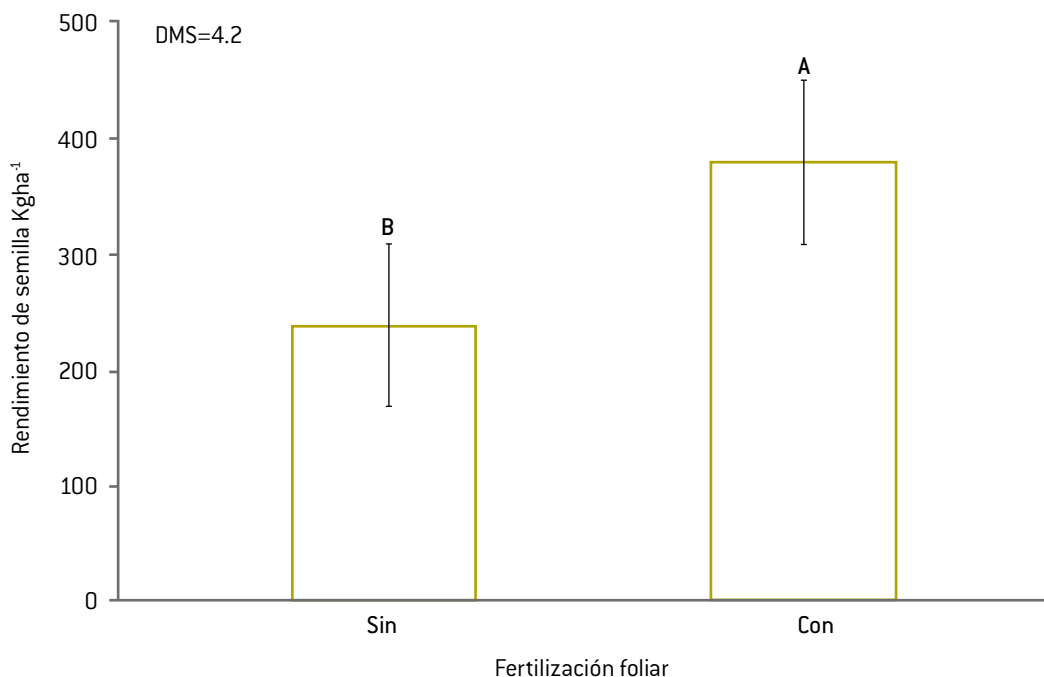


Figura 6. Rendimiento de semilla en kg ha⁻¹, en función de la fertilización foliar, sin considerar el factor sitios de cultivo.

ción foliar sobre el rendimiento, en el incrementando el número de guías laterales, no así en la longitud de la guía principal, lo que lleva a afirmar que la fertilización foliar en el cultivo de calabaza Pipiana es una alternativa viable para aportar nutrimentos y obtener mejores rendimientos de semilla seca.

LITERATURA CITADA

- AYVAR-SERNA, S., Mena-Bahena, A., Durán-Ramírez, J.A., Cortés-Moreno, D. y De Luna-Moreno, J.G. 2004. Rendimiento de la calabaza Pipiana en respuesta a la poda y a la densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(1): 69-72.
- BIDWELL, R.G. 1990. *Fisiología Vegetal*. AGT Editor, S.A. México, D.F., 784 p.
- DÍAZ-FRANCO, A. y Ortegón-Morales, A.S. 1999. Relación entre la fertilización foliar y el rendimiento del fruto de oca (*Abelmoschus esculentus*). *Agronomía Mesoamericana* 10(1): 17-21.
- DÍAZ-NÁJERA, J.F., Michel-Aceves, A.C., Otero-Sánchez, M.A., Apáez-Barrios, M., Apáez-Barrios, J., Santiago-Elena, E., Vega-Portillo, H.E., Soriano-Dávila, J.P., Teodoro-Navarrete, O., Nájera-Jaimes, L.F., Téllez-Sereno, J. y Nava-Alejo, E. 2012. Fertilización foliar en calabaza Pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). XIV Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Chapingo. México. pp. 495-496.
- DÍAZ-NÁJERA, J.F., Durán-Ramírez, J.A., Ayvar-Serna, S., Apáez-Barrios, M., Apáez-Barrios, J., Rauda-Ortíz, J., Maya-Pineda, E., Soriano-Dávila, J.P., Vega-Portillo, H.E., Teodoro-Navarrete, O., Alcántara-Jiménez, J.A. y Hilario-Cruz, A. 2012. Factibilidad de una inversión en la industria del mole verde y derivados de semilla pipiana en Apipilulco, Gro. XIV Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Chapingo. México. pp. 595-596.
- FREGONI, M. 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. In: A. Alexander (Ed.). *Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division*. Berlin. pp. 205-211.
- HIDALGO-GONZÁLEZ, J.C., Alcántara-González, G., Baca-Castillo G.A., Sánchez-García, P. y Escalante-Estrada, J.A.S. 1998. Efecto de la condición nutrimental de las plantas y de la composición, concentración y pH de fertilizante foliar sobre el rendimiento y calidad en tomate. *Terra Latinoamericana* 16 (2): 143-148.
- IBÁÑEZ-MARTÍNEZ, A., Becerril-Román, A., Castillo-Morales, A., Parra-Quezada, R.A. y López-Castañeda, C. 2000. Efecto de cubiertas, riego y fertilización foliar en el desarrollo radical de manzano. *Terra Latinoamericana*. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/Inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57318306>. (15 de febrero 2012).
- LIRA, S.R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las cucurbitáceas latinoamericanas de importancia económica. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. México D.F. 151 p.
- LIRA, R., Villaseñor, J.L. and Ortíz, E. 2002. A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 1699-1720.
- MANJARREZ-MARTÍNEZ, M.J., Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, R. 2005. Fertilización foliar en plantas de *Annona cherimola* Mill., inoculada con hongos micorrízicos arbusculares. *Terra Latinoamericana* 23 (4): 553 -562.
- MONTES-HERNÁNDEZ, S., Merrick, L.C. and Eguiarte, L.E. 2005. Maintenance of squash (*Cucurbita spp.*) landrace diversity by farmers' activities in Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52: 697-707.
- NAVA-SÁNCHEZ, R., Almaguer-Vargas, G., Pérez-Grajalles, M., Maldonado-Torres, R. y Cárdenas-Soriano, E. 2004. Fertilización foliar en cebolla. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 10(2): 159-163.
- OLARTE-ORTIZ, O., Almaguer-Vargas, G. y Espinoza-Espinoza, J.R. 2000. Efecto de la fertilización foliar en el estado nutrimental, la fotosíntesis, la concentración de carbohidratos y el rendimiento en naranjo 'valencia late'. *Terra Latinoamericana* 18 (4): 339-347.
- PÉREZ-ZAMORA, O. y Orozco-Romero, J. 2004. Rendimiento y concentración nutrimental foliar de árboles de limón mexicano fertilizados con nitrógeno, fósforo y potasio. *Terra Latinoamericana* 22 (1): 99-108.
- PORTA, C.J., López-Acevedo, M.R. y Roquero, C.D. 2003. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Editorial Mundi Prensa. 3ª Edición. Madrid, España. 928 p.
- REYES-CARRILLO, J.L., Cano-Rios, P. y Nava-Camberos, U. 2001. Periodo óptimo de polinización del melón con abejas melíferas (*Apis mellifera* L.). *Agricultura Técnica en México* 35 (4): 370-377.
- ROMHELD, V. and El-Fouly, M. 1999. Foliar nutrient application: Challenges and limits in crop production. *Proceedings of the second international workshop on foliar fertilization. Fertilizer Society of Thailand. Bangkok, Thailand*. 167-172 pp.
- SAGARPA. Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Publicado en línea en: <http://www.siap.gob.mx>. (20 de marzo 2012).
- SEQUI, P. 2004. *Los microelementos en la nutrición vegetal*. Instituto experimental para la nutrición de las plantas. Tercera edición. Ediciones Mundi Prensa. Italia. 78 p.

- SIRTORI, G. y Boffelli, E. 2007. Calabazas y Calabacines. Editorial de Vecchi. Barcelona, España. 95 p.
- TAPIA-VARGAS, L.M., Rico-Ponce, H.R., Vidales-Fernández, I., Larios-Guzmán, A., Pedraza-Santos, M.E. y Herrera-Basurto, J. 2010. Complementos nutricionales para el rendimiento y nutrición del cultivo de melón con fertirriego y acolchado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1 (1):5-15.
- TISDALE, S.L. y Nelson, L.W. 1988. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Editorial LIMUSA. México, D.F.
- TREJO-TÉLLEZ, L.I., Gómez-Merino, F.C., Rodríguez-Mendoza, M.D. y Alcántar-González, G. 2005. Fertilización foliar con urea en la partición de nitrógeno en espinaca. *Terra Latinoamericana* 23 (4): 495-503.
- TREJO-TÉLLEZ, L.I., Rodríguez-Mendoza, M.N., Alcántar-González, G. y Vázquez-Alarcón, A. 2003. Fertilización foliar específica para corregir deficiencias nutrimentales en tres tipos de suelo. *Revista Terra latinoamericana* 21 (3): 365 -372.
- TRINIDAD-SANTOS, A. y Aguilar-Manjarrez, D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Revista Terra Latinoamericana* 21 (3): 247-255.
- ZEPEDA-BAUTISTA, R., Carballo-Carballo. A., Alcántar-González, G., Hernández-Livera, A. y Hernández-Guzmán, A. 2002. Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y calidad de semilla de cruza simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(4): 419-426.

Efecto de la prolificidad y sistema de producción sobre las características físicas de semilla y de grano de familias derivadas de la variedad Jaguán

Effect of prolificacy and production system on physical characteristics of seed and grain in families derived from the Jaguán variety

Héctor H. Velázquez-Reyes^{1*}, Norma A. Ruiz-Torres², Froylán Rincón-Sánchez³,
Juan M. Martínez-Reyna³

¹Maestría en Tecnología de Granos y Semillas, ²Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, ³Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Correo-e: hvelrey@gmail.com [*Autor responsable].

RESUMEN

En el noreste de México, los maíces criollos se usan como semilla y como grano, por lo que es importante estudiar sus propiedades y atributos. En el presente trabajo se utilizó semilla de plantas prolíficas de un lote de producción de semillas de plantas macho con mazorcas 1 y 2, y plantas hembra con mazorcas 1 y 2, lo cual generó un arreglo factorial 2x2. En el análisis de varianza para atributos físicos de la semilla se encontró que existen diferencias significativas en las variables largo de semilla y peso de mil semillas; la semilla que provino de la primera mazorca tuvo mayor largo (11.62 mm) y peso de mil semillas (283.52 g), que la que se obtuvo de la segunda mazorca. De acuerdo al índice de flotación, la dureza de endospermo se clasificó de muy duro a suave, con tiempos de cocción de 45 y 30 minutos, respectivamente; predominaron los granos muy duros. La prolificidad tuvo efecto sobre las características físicas de la semilla. Sin embargo, la prolificidad y el sistema de producción no influyeron de manera significativa en la dureza del endospermo.

Palabras clave: grano, semilla, dureza, prolificidad, medios hermanos.

ABSTRACT

In the northeast of Mexico, the maize landraces are used as seed and as grain, and this is why it is important to study their properties and attributes. Seeds from prolific plants from a production lot of male plants with ears 1 and 2 and female with ears 1 and 2 plants, were used, which generates a 2x2 factorial arrangement (PROD and MAZ, respectively). According with the analysis of variance for seed physical attributes, significant differences were found for seed length and a thousand seed weight; the seeds that came from the first ear were longer (11.62 mm) and with more weight (283.52 g), than the obtained from the second ear. According to the flotation index, endosperm hardness was classified from very hard to soft, with cooking times of 45 and 30 minutes, respectively; predominating the very hard grains. Prolificacy has effect on the physical characteristics of the seed. However, prolificacy and production system did not influence significantly in endosperm hardness.

Key words: grain, seed, hardness, prolificacy, half sibs.

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es el cultivo más importante debido a que es la base de la alimentación, y a que lo consumen todas las clases socioeconómicas. El área cultivada, el volumen, el valor de producción y su preferencia en la alimentación humana y pecuaria, así lo justifican. Al respecto, Carballo y Hernández (2013) comentan que el 56% de la producción nacional se obtiene en la modalidad de temporal, del cual el 94% corresponde a producción del ciclo primavera-verano, y que en más del 75% de la superficie se utiliza semilla de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, poseen características que les permiten responder a sus gustos alimenticios y preferencias.

En el maíz, uno de los caracteres de estudio de gran importancia es la prolificidad o número de mazorcas por planta, ya que con ella se pueden obtener mayores rendimientos del cultivo, además que los agricultores tienen preferencia por materiales con esta característica. La selección por este carácter, el desespigamiento de plantas y la aplicación de fertilizantes pueden incrementar el rendimiento y la calidad del grano y la semilla.

El desespigamiento es una práctica que se realiza en diversas regiones del país, principalmente en las zonas de temporal. Algunos autores consideran que al realizar esta práctica se mantiene la pureza genética de semillas y se incrementan los rendimientos de grano (Espinosa *et al.*, 2010).

Los agricultores que se dedican a la producción de maíz en algunas regiones de temporal del noreste de México, al recoger su cosecha la utilizan como semilla y como grano, tanto para consumo animal como humano.

Estudios realizados en semillas de maíz, encuentran que el tamaño de las semillas tiene un efecto positivo sobre el crecimiento inicial de las plantas y, por consiguiente, permite un mejor resultado en la germinación, el vigor, el peso seco y la emergencia de plántulas (Villaseñor, 1984). Así mismo, el peso de mil semillas expresado en gramos, normalmente depende del tamaño y la densidad de la semilla. Un peso elevado por lo general está relacionado con un tamaño grande. A mayor peso, mayor porcentaje de endospermo (Moreno, 1984).

Por otra parte, la calidad del grano de maíz está asociada tanto con su constitución física, que determina la textura y dureza, como con su compo-

sición química, que define el valor nutricional y el uso industrial (Cirilo *et al.*, 2008). Las propiedades físicas del grano de maíz están relacionadas con su rendimiento, la calidad de sus productos y de sus derivados, por lo que estas propiedades confieren características específicas para cada variedad, que son determinadas por factores genéticos, condiciones de producción y de manejo en poscosecha; también determinan el uso más adecuado dentro de la industria o la vida diaria ya que, por ejemplo, la dureza del endospermo determina los tiempos de nixtamalización del grano (Vázquez *et al.*, 2003).

El índice de flotación es una medida indirecta de la dureza del grano, por lo que, mediante intervalos en sus valores, se puede estimar la dureza. Del mismo modo, el tiempo de cocción en el proceso de nixtamalización está directamente correlacionado con el índice de dureza del grano de maíz (NMX-FF-034/1-SCFI-2002).

El objetivo de este trabajo fue determinar, en familias derivadas de la variedad Jaguán, si la prolificidad o el tipo de sistema de producción tienen efecto sobre las características físicas de la semilla y dureza del grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios para medir las características físicas de semilla y de grano se llevaron a cabo en el laboratorio de Fisiología y Bioquímica, del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila.

Material genético

Se utilizó semilla de maíz de la variedad Jaguán (Rincón-Sánchez *et al.*, 2014), procedente de un lote de producción de semilla de la cosecha 2012 del ejido El Mezquite, Galeana, Nuevo León, que se ubica a los 24° 49' latitud N y 100° 05' longitud O, a una altitud de 1890 msnm. La semilla se obtuvo de un lote de producción de semillas, donde se identificaron plantas prolíficas al azar (con dos mazorcas bien desarrolladas) que representan a familias de medios hermanos (FMH). Las familias fueron identificadas en surcos hembra (desespigados) y en surcos macho (sin desespigamiento); al momento de la cosecha se seleccionaron 10 FMH de surcos macho y 10 de surcos hembra. De esta manera, se compararon dos métodos de producción (PROD) definidos por las 10 FMH de

surcos hembra y 10 surcos macho, y dos variantes de mazorcas de plantas prolíficas (MAZ) correspondientes a la primera y segunda mazorca, respectivamente.

Caracterización

En el estudio de caracterización se tomaron dos repeticiones de 10 semillas de cada familia, y con la ayuda de una regla se midieron las siguientes variables: largo, ancho y espesor de la semilla, y sus valores se reportaron en milímetros (mm).

Para estimar el peso de mil semillas (PMS), el cual se reportó en gramos (g), se usaron dos repeticiones de 50 semillas de cada material, que se pesaron en una balanza de precisión; para estimar el volumen de la semilla, el cual se reportó en cm^3 , se usaron dos repeticiones de 50 semillas, que se sumergieron cuidadosamente en una probeta que contenía un volumen inicial de agua (V_o), para posteriormente leer su volumen final (V_f), el cual correspondió a la diferencia.

Dureza del grano

Para determinar la dureza del grano se midió el índice de flotación con una solución de nitrato de sodio (300 ml), a una densidad de 1.250 g ml^{-1} (+/- 0.001), la cual se midió con un picnómetro. Se tomaron 100 granos limpios (libres de impurezas) que se vertieron en una solución previamente preparada, en la que se movieron durante un minuto con un agitador de vidrio, para posteriormente dejarla reposar y luego realizar el conteo de los granos flotantes. El número de granos que ascendieron a la superficie se usó como el índice de flotación. La densidad de la solución fue revisada cada dos repeticiones. La dureza

del grano y el tiempo de cocción en el proceso de nixtamalización están directamente correlacionados con los siguientes datos:

Diseño experimental

Para analizar la información que se obtuvo del presente trabajo, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2 , en el que se consideró como factor P al sistema de producción (macho y hembra), y como factor M la posición de la mazorca en la planta (primera y segunda mazorca). Para la prueba de comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza para atributos físicos de la semilla (Cuadro 2), se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para las variables largo de semilla y $P \leq 0.05$ para PMS, en la fuente de variación número de mazorca (MAZ). Estos estudios coinciden con lo señalado por Espinosa *et al.* (2004), quienes al evaluar poblaciones prolíficas de maíz en dos densidades de siembra, reportaron diferencias en el peso de cien granos. En general, el Cuadro 2 indica que la posición de la mazorca (primera o segunda) influye de manera significativa, lo cual tiene sentido, ya que los periodos de llenado de grano varían, y hay mayor posibilidad de desarrollar semillas más pesadas y largas en la primera mazorca.

La comparación de medias para atributos físicos (Cuadro 3) indica que la semilla proveniente de la primera mazorca tiene mayor largo (11.62 mm) y peso de mil semillas (283.52 g), que la que proviene de la segunda mazorca. Lo anterior es importante, ya que permite determinar que la primera mazorca es el principal receptáculo de fotoasimilados (compuestos sintetizados por las plantas a partir de CO_2 y de energía solar). Estos compuestos se sintetizan principalmente en las hojas, y se transportan a través del floema hasta la mazorca en desarrollo. Jiménez *et al.* (2012) estudiaron nueve genotipos de maíces mejorados, premejorados y criollos del trópico mexicano, y encontraron que para la variable largo de grano, el valor medio de los materiales mejorados fue de 10.96 mm, el de los premejorados de 10.63 mm y el de los criollos de 10.22 mm.

Para la variable peso de mil granos encontraron una media de 317.57 g para los materiales premejorados, de 302.20 g para los materiales mejorados y de

Cuadro 1. Índice de dureza para grano de maíz y tiempos de cocción.

Granos flotantes	Dureza	Tiempo de cocción (minutos)
0-12	Muy duros	45
13-37	Duros	40
38-62	Intermedios	35
63-87	Suaves	30
88-100	Muy suaves	25

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para atributos físicos en semilla de plantas prolíficas en dos sistemas de producción.

FV	G.L	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	PMS (g)	VOL (cm ³)
PROD	1	0.008 NS	1.10 NS	0.012 NS	324.8 NS	5.51 NS
MAZ	1	7.200 xx	1.06 NS	0.018 NS	14023.8 x	9.11 NS
PRODxMAZ	1	1.568 NS	0.04 NS	0.098 NS	2311.3 NS	3.61 NS
Error	76	0.791	0.33	0.103	2256.2	3.84
Total	79	9.567	2.53	0.231	18916.0	22.07
C.V%		7.864	7.83	7.495	17.6	18.00

FV=Fuente de Variación; x, xx= Niveles de significancia al 0.05 y 0.01 respectivamente; NS=No significativo; G.L = Grados de libertad; PMS= Peso de mil semillas; VOL=Volumen de la semilla; PROD= Método de producción; MAZ=Mazorcas.

Cuadro 3. Comparación de medias para atributos físicos en semilla de familias de plantas prolíficas en diferentes sistemas de producción..

FV	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	PMS (g)	VOL (cm ³)
MÉTODO DE PRODUCCIÓN					
H	11.33	7.25	4.28	268.27	10.63
M	11.31	7.49	4.31	272.30	11.15
Media	11.32	7.37	4.29	270.28	10.89
Tukey	0.40	0.26	0.14	21.15	0.87
MAZORCAS					
M1	11.62 a	7.49	4.31	283.52 a	11.23
M2	11.02 b	7.26	4.28	257.04 b	10.55
Media	11.32	7.37	4.29	270.28	10.89
Tukey	.40	0.26	0.14	21.15	0.87

FV=Fuente de variación; VOL=Volumen de la semilla; PMS= Peso de mil semillas. H= Sistema de producción hembra; M=Sistema de producción macho; M1= Primera mazorca; M2= Segunda mazorca. Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales [Tukey α 0.05 %].

312.39 g para los materiales criollos. En un estudio similar, Ávila *et al.* (2006) evaluaron maíces criollos y mejorados, y encontraron que el peso de mil semillas de maíces mejorados fue mayor (186.5 g a 220.3 g), comparado con el peso de mil semillas de maíces criollos (163 g a 201.7 g).

De acuerdo al índice de flotación, la dureza de endospermo se clasificó de muy duro a suave, con tiempos de cocción de 45 a 30 minutos, respectivamente. En los genotipos evaluados predominaron los granos muy duros, con tiempos de cocción de 45 minutos. Los granos suaves se presentaron únicamente en la semilla que provino de plantas macho y de la primera mazorca (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Ochoa *et al.* (2009), quienes evaluaron 10 variedades de maíz, y encontraron que entre variedades no hubo diferencias significativas en cuanto a dureza de los granos, además de que todas las variedades presentaron maíz duro.

Así mismo, Vázquez *et al.* (2003) en un estudio sobre la calidad del grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas, encontraron que en los maíces criollos predominaron los maíces de grano suave (55%) e intermedio (40%), mientras que en las retrocruzas las proporciones fueron de 45% con textura suave y 50% con textura intermedia. En los granos de maíz, el endospermo representa entre 83 y 85% del peso total del grano, y la dureza del grano depende particularmente de esta estructura. La dureza o suavidad está relacionada con las áreas cristalina y harinosa en el endos-

permo: a mayor porcentaje de endospermo harinoso se tendrán granos más suaves, en tanto que a poco endospermo harinoso los granos serán más duros.

Mediante el índice de flotación se puede conocer también la microestructura de los granos, es decir, su grado de compactación, tipo de almidón, grosor del pericarpio, etc. Los granos con alto grado de compactación tienen gránulos de almidón pequeño en forma definida (hexagonal), por lo que son aptos para la elaboración de palomitas. Los granos con bajo grado de compactación y pericarpio delgado poseen gránulos de almidón grandes, en forma esférica y son aptos para elaborar botanas, harinas, tortillas, pozoles y atoles (Narváez *et al.*, 2007). Con base a los resultados, se tiene que la mayor parte de los granos evaluados en este estudio presentaron endospermos muy duros y duros, por lo que se pueden destinar, principalmente, para la elaboración de tortillas.

CONCLUSIONES

Las semillas más largas y más pesadas se obtuvieron de la primera mazorca. El ancho, el espesor y el volumen de la semilla no fueron afectados por la prolificidad de la planta ni por el sistema de producción (Macho vs Hembra).

La prolificidad y el sistema de producción son factores que no tuvieron influencia sobre la dureza del endospermo del grano. El conocimiento de los índi-

Cuadro 4. Dureza del endospermo, porcentajes y tiempos de cocción en semilla de familias de plantas prolíficas en diferentes sistemas de producción.

Producción	Posición de la mazorca	Dureza del endospermo			
		Muy duros [%]	Duros [%]	Intermedios [%]	Suaves [%]
Hembra	1	60	10	30	0
Hembra	2	60	30	10	0
Macho	1	60	30	10	0
Macho	2	60	30	0	10
Tiempos de cocción		45 min	40 min	35 min	30 min

FV=Fuente de Variación; *, **= Niveles de significancia al 0.05 y 0.01 respectivamente; NS=No significativo; G.L = Grados de libertad; PMS= Peso de mil semillas; VOL=Volumen de la semilla; PROD= Método de producción; MAZ=Mazorcas.

ces de flotación, dureza del endospermo y tiempos de cocción pueden ser útiles para el mejorador y ser tomados en cuenta como una medida de selección de familias, en función a los requerimientos del agricultor, para así definir los materiales de acuerdo al uso que se le dará, como puede ser la elaboración de alimentos tales como tortillas, totopos, atoles, entre otros.

LITERATURA CITADA

- ÁVILA, G. 2006. Estrategias para la producción de semilla de maíz criollo mejorado. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 64 p.
- CARBALLO, C., A., y J.A. Hernández G. 2013. Selección y manejo de maíces criollos. Ficha Técnica. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Estado de México. 9 p.
- CIRILO, A.G., A. Masagué, W. Tanaka, y A. Di Martino. 2008. Maíz colorado duro: el manejo del cultivo y la calidad comercial. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Buenos Aires, Argentina. 8 p.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 2002. Norma Mexicana (NMX-FF-034/1-SCFI-2002). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado-especificaciones y métodos de prueba. Secretaría de Economía. 18 p.
- ESPINOSA, E., Mendoza M. y Ortiz, J. 2004. Rendimiento de grano y sus componentes en poblaciones prolíficas de maíz, en dos densidades de siembra. *Revista Fitoecnia Mexicana*. 27 (1): 39 – 41.
- ESPINOSA-CALDERÓN, A., M. Tadedo-Robledo, M. Sierra-Macías, F. Caballero-Hernández, R. Valdivia-Vernal, y N.O Gómez-Montiel. 2010. Despanojado y densidad de población en una cruza simple androestéril y fértil de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 21(1): 159-165.
- JIMÉNEZ, J., Arámbula, G., De la Cruz, E., Aparicio, M. 2012. Característica del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia*. 28 (2): 145-152.
- MORENO, E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Primera edición. Instituto de Biología de la UNAM. México. pp.250-251.
- NARVÁEZ-GONZÁLEZ, E. D., J. D Figueroa-Cárdenas y S. Taba. 2007. Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo a su origen geográfico. *Rev. Fitoec. Mex*. Vol. 30 (3): 321-325.
- OCHOA, M., Hernández, W., Rosas, B. y Carrasco, M. 2009. Evaluación de variedades de maíz cubano. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 9(2): 63-68.
- RINCÓN-SÁNCHEZ, F., N. A. Ruíz-Torres, R. Cuellar-Flores y F. Zamora-Cancino. 2014. 'JAGUAN', Variedad criolla mejorada de maíz para áreas de temporal del sureste de Coahuila, México. *Rev. Fitotec. Mex*. Vol. 37 (4): 403 – 405
- SAS INSTITUTE (2002) SAS/STAT ® 9.0 User 'S Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- VÁZQUEZ C., M.G., L. Guzmán B., J.L. Andrés G., F. Márquez S. y J. Castillo M. 2003. Calidad del grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitoecnia Mexicana*. 26 (4): 231-238.
- VILLASEÑOR M., H.E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias, especialidad en Genética. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 149

Participación de los miembros del TLCAN en el mercado japonés de carne de puerco

Contribution of the NAFTA countries in the Japanese pork market

Alma Alicia Gómez-Gómez^{1*}, José Guillermo Pastor-Jiménez²,
Francisco García-Figueroa¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Económico Administrativas, carretera México Texcoco, km 30.5. Texcoco, Estado de México, C.P. 56230. Tel. 01-595-9521668. Correo electrónico: almaaliciamx@yahoo.com (*Autor responsable).

²Instituto Tecnológico Autónomo de México. Departamento de Matemáticas. Río Hondo No. 1, Col. Progreso, Tizapán, México, D.F., C.P. 01080.

RESUMEN

El ingreso de México al GATT en 1986, trajo consigo la disminución de barreras a la importación. A este hecho se le denomina: recibir el trato de nación más favorecida. México signó con Japón un Acuerdo de Complementariedad Económica que entró en vigor a partir de 2005. Japón es un gran consumidor de carne de puerco y paga excelentes precios por ella. Entre sus principales proveedores se encuentran Estados Unidos y Canadá, miembros del TLCAN que establece preferencias arancelarias para la importación y exportación de productos agropecuarios que podrían propiciar la triangulación. El objetivo de este trabajo es determinar la competitividad de la carne de puerco de los países integrantes del TLCAN en el mercado japonés. El periodo de análisis comprendió de 1998 a 2012. Se utilizó el modelo no lineal SDAIDS (por sus siglas en inglés). Las pruebas de significancia se realizaron utilizando el procedimiento de Chalfant. En relación a las elasticidades de ingreso, cabe observar que todas resultan positivas, acordes con la teoría que indica una relación directa entre los gastos por importaciones con la cantidad demandada de productos cárnicos. En el caso de Estados Unidos de Norteamérica y México tienen un nivel de significancia del 1%; las de los tres países del TLCAN resultan todas menores que uno, lo que indica que las importaciones provenientes de países del resto del mundo son más sensibles a los cambios en el gasto. México tiene una ventana de oportunidad de mercado para ampliar sus exportaciones de carne de puerco a Japón.

Palabras clave: mercado japonés, carne de puerco, TLCAN, SDAIDS, acuerdo de complementariedad económica.

ABSTRACT

The entrance of Mexico to the GATT in 1986 diminished considerably the import barriers, and in particular produced a continuously increasing commercial exchange with Japan. In fact, later in 2005 Mexico and Japan signed an Economic Complementarity Agreement. Japan is an important pork meat consumer and has recently paid high prices for quality meat. On the other hand, NAFTA countries are important purveyors of the meat import market of Japan. The object of this work is to determine the competitiveness of the different NAFTA countries in meat import market of Japan. Our analysis covers the period from 1998 to 2012. We employed a non-linear Source Differentiated Almost Ideal Demand System (SDAIDS) to estimate the elasticities of the corresponding demand functions. The significance tests were realized using Chalfant's procedure. We obtained positive expenditure elasticities as expected. However, in the case of Mexico and USA the elasticities turned out to be less than 1, while the expenditure elasticity for the Rest of the World is greater than 1. This shows that pork meat imports from other countries are more sensible to changes in expenditure. We conclude that Mexico has an important opportunity to expand his exports of pork meat to Japan.

Key words: Japanese market, pork meat, NAFTA, SDAIDS, economic complementary agreement.

INTRODUCCIÓN

La entrada de México al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) en 1986 estableció la apertura comercial del país y, por consiguiente, la disminución de barreras a la importación. Así, se negociaron grupos de fracciones arancelarias en el sector primario, con lo que México recibió el trato de nación más favorecida. México firmó con Corea del Sur y China acuerdos para la promoción y protección recíproca de inversiones: el de Corea del Sur entró en vigor en 2002 y el de China en 2009; además, para ampliar estos acuerdos, realiza negociaciones con el propósito de establecer tratados de libre comercio. Al continuar con esta política de apertura comercial, México signó con Japón un Acuerdo de Complementariedad Económica (AAE) que entró en vigor a partir de 2005. Japón es un gran consumidor de carne de puerco (Dyck y Nelson, 2007) y se caracteriza por pagar excelentes precios por ella. El precio del cerdo en canal en Japón es de 209 dólares por 100 libras, mientras que en Corea del Sur es de 189, en China de 160, en Rusia de 139, en España de 123, en Estados Unidos de 94 y en Canadá de 91 (Stuart, 2013). Dentro de sus principales países proveedores se encuentran Estados Unidos y Canadá, países con quienes México tiene firmado un tratado de libre comercio, el cual establece preferencias arancelarias para la importación y exportación de productos agropecuarios que podrían propiciar que nuestros socios comerciales exportaran carne de puerco mexicana a Japón. Por lo tanto, es necesario conocer la competitividad de nuestros productos en mercados como el japonés, el cual, además de sus altos volúmenes de importación, es un socio comercial confiable en lo referente a sus acuerdos y pagos. Cabe mencionar que a pesar de que México es poco competitivo en la producción de alimentos para el ganado, en los últimos años ha logrado incrementar sus exportaciones a Japón, por lo que el objetivo de esta investigación es determinar la competitividad de la carne de puerco de los países integrantes del TLCAN en el mercado japonés. Nuestra hipótesis de trabajo es mostrar que la carne de puerco mexicana tiene una excelente aceptación en el mercado japonés, por lo que es factible incrementar sus exportaciones a esa nación.

La carne de cerdo es, actualmente, la que más se consume en el mundo. Su demanda ha experimentado un fuerte incremento en las últimas décadas, lo cual se debe, fundamentalmente, a los cambios

en los patrones de consumo en los países en desarrollo. El porcino es el subsector pecuario de mayor crecimiento en el mundo. La producción porcina está distribuida por todo el mundo, con excepción de algunas regiones que mantienen ciertas reservas culturales y religiosas en relación con su consumo (FAO, 2014).

La importancia nutricional, económica y social de esta carne es innegable. En México, durante 2010, fue la segunda carne de mayor consumo, sólo después de la carne de pollo. El cerdo se encuentra hoy entre los animales más eficientes en la producción de carne; sus características particulares, como gran precocidad y prolificidad, corto ciclo reproductivo y gran capacidad transformadora de nutrientes, lo hacen especialmente atractivo como fuente de alimentación (FIRA, 2012).

A pesar de que el país sufrió epidemias de fiebre aftosa, en enero del 2009 se dio a conocer que, después de varios años de esfuerzos, ésta había sido erradicada (Ferrer *et al.*, 2010). El hecho de haber controlado estos problemas zoonosarios permite que este producto se exporte. La producción de carne de porcino en canal se concentra prácticamente en dos estados de la República mexicana: Jalisco y Sonora, que tienen una participación en la producción nacional de 18.9% y 18.2%, respectivamente. Jalisco abastece primordialmente el mercado nacional, en tanto que Sonora orienta la mayor parte de su producción hacia la exportación. Otras entidades sobresalientes en la producción de carne de puerco son: Guanajuato (9.4%), Puebla (9.3%) y Yucatán (8.4%). El 35.8% restante de la producción la conforman los demás estados del país (Financiera Rural, 2012).

En 2001, Estados Unidos era el principal destino de las exportaciones, con el 97.1% del volumen, mientras que Japón el segundo, con apenas el 2.5%. A partir de 2002 la participación de Japón y Corea del Sur creció en forma insólita. Para el año 2011 México exportó a Japón el 72.6%, a Corea del Sur el 16.2%, en tanto que a Estados Unidos sólo el 11%. (INEGI. Anuarios Estadísticos de Exportaciones de los Estados Unidos Mexicanas. Varios Años).

Por otro lado, las importaciones totales de carne de cerdo a México se han triplicado del 2001 al 2011, al pasar de un valor de 302.97 millones de dólares a 905.46 millones (INEGI, 2002 y 2012). Este hecho representa ciertamente una gran amenaza para los porcicultores mexicanos, pues la invasión de carne extranjera al mercado nacional los obliga a competir

ante precios más bajos, en comparación con los de la oferta nacional. En 2003 la importación de carne de cerdo fue de 530 mil toneladas, que impactaron en su gran mayoría los abastecimientos de consumo del centro y occidente de México, lo que afectó de manera significativa la producción de las granjas nacionales.

Ante este contexto, los productores de cerdo del país han pedido a la Secretaría de Economía que se apliquen salvaguardas a las importaciones de carne de cerdo, pero esta demanda ha sido rechazada por la dependencia, lo que los ha obligado a buscar otras opciones para colocar su producción en mercados alternativos, como lo es Japón. El último tratado de libre comercio entre México y Japón representa una gran puerta a la exportación de muchos productos mexicanos, pero al mismo tiempo un gran reto para los empresarios que pretendan entrar en él, ya que Japón es considerado uno de los mercados más exigentes en cuanto a aspectos de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El artículo está organizado de la siguiente forma: el primer apartado contiene los antecedentes y su objetivo; luego se presentan algunas consideraciones sobre el modelo SDAIDS (Source Differentiated Ideal Demand System), el cual se empleó para calcular las elasticidades de demanda e ingreso de la carne de puerco proveniente de los países miembros del TLCAN; después se describen las fuentes de los datos, así como los procedimientos empleados en su análisis; en seguida se muestran algunos resultados empíricos y su interpretación, y, finalmente, las conclusiones.

Modelo SDAIDS

En 1980, Deaton y Muelbauer presentaron una familia de funciones suficientemente flexible para aproximar las funciones de demanda en una economía con n bienes interrelacionados, llamada 'Sistema de Demanda Casi Ideal' (AIDS por sus siglas en inglés). Más adelante, Yang y Koo (1994) generalizaron el modelo para estudiar los mercados de importación de productos procedentes de distintas fuentes, dando origen al Modelo SDAIDS. Cabe señalar que el modelo SDAIDS puede tomar en consideración diferentes bienes provenientes de distintas fuentes. En nuestro caso, sólo tomaremos en cuenta un bien: la carne de cerdo, y distinguiremos cuatro diferentes fuentes:

Canadá, Estados Unidos, México y otros países proveedores, que se agruparon en una única fuente que denominaremos Resto del mundo. Denotemos por E al valor total de las importaciones de carne de cerdo de Japón. Si u denota un nivel de utilidad y $p=(p_1, p_2, p_3, p_4)$ es el vector de precios de la carne de cerdo proveniente de Canadá, Estados Unidos, México y Resto del mundo, respectivamente. El modelo AIDS considera los costos de subsistencia $a(p)$, así como los costos de bienes suntuarios o de lujo $b(p)$ y propone que

$$\ln(E(u,p))=(1-u) \ln(a(p))+(u)\ln(b(p)),$$

donde

$$\ln(a(p)) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^4 \alpha_j \ln(p_j) + \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^4 \gamma_{jk}^* \ln(p_j)\ln(p_k)$$

y

$$\ln(b(p)) = \ln(a(p)) + \beta_0 \prod_{j=1}^4 p_j^{\beta_j}.$$

Aquí, las α 's, β 's y γ^* 's son parámetros, mientras que los subíndices j y k representan los países o regiones productoras. Así,

$$\ln(a(p)) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^4 \alpha_j \ln(p_j) + \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^4 \gamma_{jk}^* \ln(p_j)\ln(p_k) + u\beta_0 \prod_{j=1}^4 p_j^{\beta_j}. \quad (2.1)$$

Por el lema de Shephard sabemos que la demanda del bien j es igual a la parcial del costo con respecto al precio correspondiente, esto es,

$$\frac{\partial E}{\partial p_j} = x_j.$$

Por otro lado, observemos que

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi p_j^{\beta_j}}{\partial \ln(p_k)} &= \frac{\partial \Pi e_j^{\beta_j \ln(p_j)}}{\partial \ln(p_k)} \\ &= \beta_k \prod_j e_j^{\beta_j \ln(p_j)} \\ &= \beta_k \prod_j p_j^{\beta_j}. \end{aligned}$$

Puesto que

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln(E)}{\partial \ln(p_k)} &= \frac{\frac{\partial \ln(E)}{\partial p_k}}{\frac{\partial \ln(p_k)}{\partial p_k}} \\ &= \frac{\frac{\partial E / \partial p_k}{E}}{\frac{1}{p_k}} \\ &= \frac{p_k x_k}{E} \\ &= w_k, \end{aligned}$$

donde w_k es la proporción del gasto total asignada al bien k . De esta forma tenemos que

$$\begin{aligned} w_k &= \frac{\partial \ln(E)}{\partial \ln(p_k)} \\ &= \alpha_k + \sum_{j=1}^4 \frac{1}{2} \gamma_{jk}^* \ln(p_j) + \sum_{j=1}^4 \frac{1}{2} \gamma_{jk}^* \ln(p_j) + \beta_0 \beta_k u \prod_{j=1}^4 p_j^{\beta_j}. \end{aligned}$$

Si definimos $\gamma_{kj} = \frac{1}{2} (\gamma_{kj}^* + \gamma_{jk}^*)$ se obtiene

$$w_k = \alpha_k + \sum_{j=1}^4 \gamma_{jk} \ln(p_j) + \beta_0 \beta_k u \prod_{j=1}^4 p_j^{\beta_j}$$

Si se despeja u de la ecuación (2.1) y se sustituye en la ecuación anterior, se llega a

$$w_k = \alpha_k + \sum_{j=1}^4 \gamma_{jk} \ln(p_j) + \beta_k \ln(E/P^*)$$

donde

$$\ln(P^*) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^4 \alpha_j \ln(p_j) + \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^4 \gamma_{jk} \ln(p_j) \ln(p_k).$$

Así, P^* puede ser pensado como un índice de precios. Para simplificar la estimación de parámetros es común emplear el índice de precios de Stone como una aproximación lineal al modelo SDAIDS:

$$\ln(P) = \sum_{j=1}^4 w_j \ln(p_j).$$

De esta forma se tiene que

$$w_k = \alpha_k + \sum_{j=1}^4 \gamma_{jk} \ln(p_j) + \beta_k \ln(E/P^*) \quad (2.2)$$

Puesto que las demandas compensadas

$$x_k = \frac{w_k}{P_k} E$$

deben ser homogéneas de grado 0 en p se deben satisfacer las siguientes condiciones:

$$\text{Aditividad: } \sum_{k=1}^4 \alpha_k = 1, \quad \sum_{j=1}^4 \gamma_{jk} = 0, \quad \sum_{k=1}^4 \beta_k = 0.$$

$$\text{Homogeneidad: } \sum_{j=1}^4 \gamma_{jk} = 0.$$

$$\text{Simetría: } \gamma_{jk} = \gamma_{kj}.$$

Las elasticidades Marshallianas pueden entonces determinarse de la siguiente forma:

$$\epsilon_{ij} = \frac{\partial \ln(x_i)}{\partial \ln(p_j)}$$

$$= \frac{\partial \ln(w_i E / p_i)}{\partial \ln(p_j)}$$

$$= \frac{\partial \ln(w_i)}{\partial \ln(p_j)} - \frac{\partial \ln(p_i)}{\partial \ln(p_j)} + \frac{\partial \ln(E)}{\partial \ln(p_j)}$$

$$= \frac{\partial w_i}{\partial \ln(p_j)} - \delta_{ij} + 0,$$

donde el último término se anula pues en las demandas Marshallianas el gasto permanece constante. Ahora bien, por (2.2) se tiene que

$$= \frac{\partial \ln(w_i)}{\partial \ln(p_j)} = \gamma_j - \beta_i \frac{\partial \ln(P)}{\partial \ln(p_j)}$$

$$= \gamma_{ij} - \beta_i w_j$$

por lo que finalmente se llega a

$$\varepsilon_{ij} = -\delta_{ij} + \frac{\gamma_{ij}}{w_i} - \frac{\beta_i w_j}{w_i} \quad (2.3)$$

De forma análoga se obtiene la elasticidad del gasto como

$$\begin{aligned} \varepsilon_{iE} &= \frac{\partial \ln(x_i)}{\partial \ln(E)} \\ &= \frac{\partial \ln(w_i E / p_i)}{\partial \ln(E)} \\ &= \frac{\partial \ln(w_i)}{\partial \ln(E)} - \frac{\partial \ln(p_i)}{\partial \ln(E)} + \frac{\partial \ln(E)}{\partial \ln(E)} \\ &= \frac{\partial w_i}{\partial \ln(E)} \frac{1}{w_i} - 0 + 1, \end{aligned}$$

que se reduce a

$$\varepsilon_{iE} = \frac{\beta_i}{w_i} + 1 \quad (2.4)$$

La base de datos y los procedimientos

Se empleó la base de datos sobre el valor y el volumen de las importaciones que mensualmente reporta el Ministerio de Finanzas de Japón en su página web (Statistics Bureau Home Page) (www.customs.go.jp/toukei/srch/indexe.htm). En estas páginas aparecen desglosadas las cantidades de carne de puerco en toneladas métricas que Japón importa de los diferentes países, así como el valor en miles de yenes de estas importaciones. El periodo de análisis comprende desde enero de 1998 a octubre de 2012. La información recabada corresponde a la denominación general *Carne de Puerco* (003050) y comprende varias fracciones arancelarias del Sistema Armonizado de Mercancías de la Organización Mundial de Comercio: carne fresca y congelada en canal, jamones y cortes con hueso.

Las estadísticas simples de la proporción del gasto de cada producto está resumido en el Cuadro 4. Destacando las mayores importaciones de Estados Unidos con un promedio de 35%. Se seleccionaron para nuestro estudio a los países del TLCAN por su importancia en el suministro de carne de puerco a Japón, ya que en su conjunto contribuyen con un poco más del 60% en el periodo analizado.

El modelo SDAIDS no excluye a la producción local como una fuente de abastecimiento (Armington,

1969; Winters, 1984). Sin embargo, resulta difícil estimar el valor de la producción local, ya que debido a desviaciones del mercado como subsidios, el valor de la producción no corresponde a lo que los consumidores pagan. Esto es importante cuando la importación de bienes tiene diferentes canales de comercialización en relación a sus contrapartes nacionales. Este estudio supone entonces la separabilidad entre las carnes nacionales e importadas.

El modelo de importaciones de Japón estudiado está constituido por cuatro ecuaciones, una por cada uno de los países de origen de la carne de cerdo. El modelo SDAIDS utilizado contiene 12 parámetros en cada ecuación y utiliza series de datos con 178 observaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección la iniciamos mostrando las importaciones de carne de Japón. El Cuadro 1 muestra la evolución de los volúmenes en toneladas métricas que Japón ha importado de los países miembros del TLCAN por periodos de cuatro años. Cabe destacar que en el periodo de análisis, Estados Unidos y Canadá duplicaron sus volúmenes de exportación, mientras que México sólo la incrementó en una proporción menor. En promedio, en este periodo la participación de Estados Unidos representa el 57% del total de exportaciones de estos tres países, la de Canadá es del 34%, mientras que la de México sólo contribuye con un 9%. Dentro del comportamiento de las exportaciones mexicanas, el incremento más significativo fue en el momento en que entró en vigor el Acuerdo de Complementariedad Económica 2005-2009, para luego presentar una ligera contracción durante el periodo 2009-2012 (Cuadro 1).

Por otro lado, en el Cuadro 2 se muestran el valor de estas importaciones en millones de yenes. Durante el periodo de análisis, tanto Estados Unidos como Canadá obtuvieron, en promedio, 553 miles de yenes por tonelada métrica, mientras que México obtuvo 576 miles de yenes, lo cual sugiere el aprecio que tiene el mercado japonés por la alta calidad de la carne mexicana. Cabe resaltar que para el periodo 2009-2012 el valor del monto de las importaciones disminuyó para los tres países, a pesar de que Estados Unidos y Canadá incrementaron levemente el número de toneladas métricas exportadas (Cuadro 2).

Si bien la carne de puerco nacional ha sido desplazada por las importaciones provenientes de Esta-

Cuadro 1. Cantidades de carne de puerco que importa Japón (toneladas métricas).

	1997-2000	2001-2004	2005-2008	2009-2012*
Canadá	315231	682708	686929	679716
Estados Unidos	654053	987982	1147751	1176868
México	132225	149974	180441	163309

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Finanzas de Japón. www.customs.go.jp/toukei/srch/indexe.htm (acceso 18 Dic. 2012)

*Para el año 2012 sólo se contempla hasta el mes de octubre.

Cuadro 2. Valor de la carne de puerco que importa Japón (Millones de yenes).

	1997-2000	2001-2004	2005-2008	2009-2012*
Canadá	177554	406454	367728	351222
Estados Unidos	384359	594597	613969	602442
México	73659	98177	102688	86094

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Finanzas de Japón. www.customs.go.jp/toukei/srch/indexe.htm (acceso 18 Dic 2012)

* Para el año 2012 sólo se contempla hasta el mes de octubre.

dos Unidos y Canadá, gran parte de ellas están compuesta por las vísceras, cuero y patas, productos que no se consumen en esos países, ya que son considerados como desperdicio. De hecho, los porcicultores mexicanos podrían reiniciar el proceso por prácticas desleales en la comercialización de carne de cerdo contra Estados Unidos, tras asegurar que la importación desmedida y a precios *dumping* ha provocado el estancamiento del sector y el desplazamiento del producto mexicano (Confederación de porcicultores mexicanos, 2014).

Por otro lado, la carne de puerco mexicana es muy apreciada en los mercados asiáticos. Ha habido varios avances para los industriales de la carne de cerdo mexicana con países de Asia: la incorporación de Jalisco a los estados autorizados a vender sus productos a Japón, tras acreditar que está libre de fiebre porcina clásica, y la autorización concedida por las autoridades chinas a cuatro plantas de procesamiento de carne de cerdo mexicanas. Cabe mencionar que Japón sufrió brotes de fiebre aftosa en

2010 (Anonymus (b), 2010) y se vio obligado a realizar movimiento de ganado (Anonymus (a), 2010), así como a sacrificar un número considerable de cabezas de ganado porcino y vacuno (Anonymus (c), 2010). Además, Corea del Sur, por su parte, extendió autorizaciones a plantas cárnicas mexicanas, por lo que ya son veintiséis las que pueden exportar sus productos a ese país (Univision.com, 2012). Estos hechos sustentan la hipótesis de trabajo: la carne de puerco mexicana tiene una excelente aceptación en el mercado asiático, por lo que es factible incrementar sus exportaciones a Japón.

La carne de porcino es un producto muy importante para Japón. El acceso logrado por México a este país contempla un cupo de exportación que le brindará un trato preferencial, el cual consiste principalmente, en una reducción del precio integrado de importación (PII) de 11 yenes/kg para los cortes de porcino fresco refrigerados o congelados, y una reducción de 37 yenes/kg en los cortes de porcino procesados (principalmente jamones).

Como se puede apreciar en el Cuadro 3, las exportaciones de carne de puerco a partir de 2006 fueron sustancialmente menores a los cupos establecidos en el Acuerdo de Complementariedad Económica, lo

Cuadro 3. Cupo negociado en el Acuerdo de Complementariedad Económica para la Carne de Porcino Mexicana hacia Japón [toneladas métricas].

Año	Cupo	Volumen exportado
2005	38,000	35188
2006	53,000	40358
2007	65,000	48345
2008	74,000	56550
2009	80,000	43681

Fuente: www.SAGARPA.gob.mx y Ministerio de Finanzas de Japón.

que indica que existe una ventana de oportunidad importante para los productores porcícolos mexicanos que aún no se ha aprovechado en su totalidad, y en el Cuadro 4 se advierte la importancia que tiene la carne de puerco, procedente de América del Norte, en el mercado japonés (Cuadro 4).

Así, en su conjunto, este bloque cubre más del 60% de las importaciones de Japón, y en particular México provee alrededor del 6% de las importaciones japonesas de carne de puerco.

Elasticidades de demanda de importaciones de carne

La matriz de Marshall, que contiene las elasticidades por demanda de cárnicos obtenida mediante la evaluación del modelo RSDAIDS no-lineal, presenta en el Cuadro 5 las pruebas de significancia, que se realizaron mediante el procedimiento de Chalfant (1987) Cuadro 5).

Cuadro 4. Proporciones del gasto en carne de puerco importada por Japón [1998-2012].

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Estados Unidos	0.346	0.057	0.041	0.456
Canadá	0.207	0.042	0.100	0.307
México	0.059	0.190	0.026	0.208
Resto del mundo	0.388	0.085	0.201	0.663

Fuente: Elaboración propia con datos mensuales del Ministerio de Finanzas de Japón.

Cuadro 5. Elasticidades “marshallianas” y de ingreso.

	Estados Unidos	Canadá	México	Resto del mundo
<i>pus</i>	-0.618472**	0.0109554	-0.399616**	-0.297088**
<i>pca</i>	0.0657529	-1.06402	-0.096807	-0.010934
<i>pmx</i>	-0.075956**	-0.053524	0.9432637**	-0.194594
<i>prm</i>	-0.096977**	0.0971245	-0.99283**	-0.813633
<i>y</i>	0.7256527**	1.0094636	0.5459888**	1.31625

Fuente: Elaboración propia con datos mensuales del Ministerio de Finanzas de Japón. * Niveles de significancia estadística para el 5%; ** Niveles de significancia estadística para el 1%

Se obtiene una R^2 del sistema de 0.578. En las tres primeras filas del cuadro 5 aparecen las elasticidades de las demandas con respecto a los precios, y en cada columna se aprecian las elasticidades de la demanda de carne de cerdo de cada país con respecto al precio indicado por el renglón. Por otra parte, en el renglón final se encuentran las elasticidades de ingreso. Los asteriscos denotan los niveles de significancia estadística: un asterisco para el 5% y dos asteriscos para el 1%.

Respecto a las elasticidades de ingreso, cabe observar que todas resultan positivas, acordes con la teoría, ya que indican una relación directa entre los gastos por importaciones con la cantidad demandada de productos cárnicos. Además, para el caso de los Estados Unidos de Norteamérica y México resultaron relevantes ($p \leq 0.01$). Por otro lado, las elasticidades de ingreso para los tres países miembros del TLCAN resultan todas menores que la elasticidad de ingreso de las importaciones provenientes de países del resto del mundo, lo que indica que éstas son más sensibles a cambios en el gasto.

En lo que respecta a las elasticidades de precio directas, con excepción a la de Canadá, todas son relevantes ($p \leq 0.05$) y la relación o signo corresponden a la teoría, con excepción de la de México, que es positiva (0.9432). Tal discrepancia con la teoría puede deberse al aprecio que los japoneses tienen por la alta calidad de la carne de cerdo mexicana. Desde el punto de vista económico, el valor positivo de la elasticidad de precio indica que México tiene una ventana de oportunidad de mercado para ampliar sus exportaciones de este producto a Japón.

Las elasticidades de precio cruzadas de Estados Unidos y Canadá se manifiestan como no relevantes, lo que refleja que en este mercado, entre estos países no existe una fuerte relación de sustitución. Sin embargo, en el caso de las elasticidades de precio cruzadas de Estados Unidos y México se obtiene una relación de complementariedad baja, contraria a lo que se esperaría de productos homogéneos, lo que puede interpretarse como un reflejo de que el mercado japonés distingue a los dos productos.

CONCLUSIONES

Se considera que un país tiene potencial como exportador en un mercado de demanda de importaciones si su elasticidad de precio del producto en estudio es poco sensible a variaciones en el precio (inelástica)

y si, además, tiene una elasticidad del gasto elevada. En el caso de Estados Unidos, aun teniendo una elasticidad del gasto por importaciones más alta que la de México, su elasticidad de precio no es baja. En relación al caso de Canadá, se observa que tanto su elasticidad de gasto como de precio no son relevantes ya que sus magnitudes son muy próximas a uno, lo que indica que la proporción de las importaciones canadienses al mercado japonés son básicamente estables y poco sensibles a las variaciones de los precios internacionales.

Por otro lado, en el caso de México, al ser su elasticidad de precio relevante y positiva, le resulta más favorable incrementar su participación en el mercado japonés, ya que Japón es el primer país importador de carne de puerco en el mundo, según la información que ofrece la Asociación de Productores de Cerdo de Chile, además contar con un gran número de empacadoras de carne que procesan tanto su producto local como el importado. Así, a pesar de que México aún tiene una pequeña proporción del mercado de importaciones japonés, sus oportunidades de incrementarla son extraordinarias. Otro hecho reciente que confirma la ventana de oportunidad que tiene la carne de puerco mexicana en Japón, es la aparición del brote de fiebre aftosa en ese país en abril del 2010, lo que obligó a que se sacrificaran 289,000 cabezas de ganado porcino y vacuno.

Para que los productores mexicanos incrementen su participación en el mercado internacional, en particular en el mercado japonés, es recomendable que:

1. El gobierno mexicano promueva la producción de granos de bajo costo para el consumo y la elaboración de alimentos para ganado. De esta forma, el ganado mexicano será más competitivo en los mercados internacionales.
2. La construcción de bodegas refrigeradas en los aeropuertos y puertos de embarque para facilitar su exportación, así como la promoción de rutas aéreas a nuestros principales mercados o socios comerciales.
3. Se aliente el establecimiento de rastros que cumplan con las normas internacionales para la matanza y certificación del ganado (rastros TIF), a la vez que se promueva que las cuotas no sean excesivas, de tal manera que los productores puedan llevar su ganado a esos establecimientos.
4. Vigilar que dentro de los acuerdos comerciales que signe el país, no se incluya la en-

trada de carne proveniente de países donde se presenten brotes de fiebre aftosa, así como de encefalopatía espongiforme bovina (vacas locas), entre otras. Estas medidas coadyuvarían a cuidar que nuestro hato ganadero no se contamine con plagas y enfermedades y podamos mantener la ventaja competitiva de estar libres de esas enfermedades.

LITERATURA CITADA

- ANONYMUS (A). 2010. Japón reautoriza el movimiento de animales tras los brotes de fiebre aftosa de los meses pasados. <http://www.pecuario.cl/2010/08/02/japon-reautoriza-el-movimiento-de-animales-tras-los-br> (Enero 27, 2011).
- ANONYMUS (B). 2010. Brotes de fiebre aftosa en Japón y Corea del Sur. [http://www.sectorproductivo.com.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=.](http://www.sectorproductivo.com.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=) (Enero 27, 2011).
- ANONYMUS (C). 2010. Sacrificarán ganado en Japón para contener fiebre aftosa. <http://www.perulactea.com/2010/05/19/sacrificaran-ganado-en-japon-para-contener-fiebr...> (Enero 27, 2011).
- ARMINGTON, P. 1969. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers* 16, 159-178.
- CHALFANT, J. 1987. A Globally Flexible, Almost Ideal Demand System. *Journal of Business and Economic Statistics* 5(2), 233-242.
- CONFEDERACIÓN DE PORCICULTORES MEXICANOS. 2014. Comunicado de prensa, México, D.F., 19 de enero.
- DEATON, A. and Muellbauer, J. 1980. An Almost Ideal Demand System. *The American Economic Review* 70(3), 312-326.
- DYCK J.H. and Nelson K.E. 2007. Structure of the Global Markets for Meat Agriculture Information Bulletin number 785. U.S.
- FAO Available in: <http://www.fao.org/Ag/AGInfo/themes/es/pigs/home.html> (18 de July 2014)
- FERRER, E. *et al.* 2010. E La Peste porcina clásica en las Américas y el Caribe: Actualidad y perspectivas de control y erradicación. *Rev. Salud Animal, La Habana*, v. 32, n. 1. Cuba.
- FINANCIERA RURAL. 2012. Monografía de ganado porcino. México.
- FIRA, 2012. Panorama Agroalimentario, Carne de Porcino. Dirección de Investigación Económica y Sectorial.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). 2002, 2012. Anuarios Estadísticos del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos (en dólares). México.
- STUART BRET. 2013. Global Pork Market Trends. XII Encuentro Nacional de Porcicultura. Zihuatanejo, México. 11 de octubre del 2013.
- UNIVISION.com. 2012. Agencia de noticias EFE. México exporta sus primeras 22 toneladas de carne de cerdo. 11 de noviembre. Confederación de Porcicultores Mexicanos.
- WINTERS, L. 1984. Separability and Specification of Foreign Trade Functions. *Journal International Economics* 17, 293-263.
- YANG S. R. AND KOO W. W. 1994. Japanese Meat Import Demand Estimation with the source AIDS Model. *Journal of agricultural, and Resource Economics*. 19(2), 396-408.

PUBLICACIONES 2014-2015



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



**Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro**

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

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

Saltillo, Coah., México

E-mail: agraria_ne@uaaan.mx

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



- 85** Ordenación de las comunidades vegetales en el centro del estado de Chihuahua, México
Vegetation ordination in the central part of the state of Chihuahua, Mexico
Guillermo Romero-Figueroa, Eduardo Estrada-Castillón, Eloy A. Lozano-Cavazos, Miguel Mellado-Bosque, Víctor Ortiz-Ávila
- 97** Contenido nutricional de *Atriplex canescens* (Pursh Nutt) en función de la conductividad eléctrica del suelo
Nutrient content of *Atriplex canescens* (Pursh Nutt) as a function of soil electrical conductivity
Juan Manuel Tatay-Castillo, Mario Alberto González-Díaz, Miguel Ángel Mellado-Bosque
- 103** Fertilización foliar en calabaza Pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Apipilulco, Guerrero
Foliar fertilization in Pipiana pumpkin (*Cucurbita argyrosperma* Huber) in Apipilulco, Guerrero
José Francisco Díaz-Nájera, Alejandro Casimiro Michel-Aceves, Sergio Ayvar-Serna, Omar Guadalupe Alvarado-Gómez, José Aurelio Durán-Ramírez, Manuel Alejandro Tejeda-Reyes, Juan Fernando Solís-Aguilar y Huisar Leonardo Díaz-Ceniceros
- 111** Efecto de la prolificidad y sistema de producción sobre las características físicas de semilla y de grano de familias derivadas de la variedad Jaguán
Effect of prolificacy and production system on physical characteristics of seed and grain in families derived from the Jaguán variety
Héctor H. Velázquez-Reyes, Norma A. Ruiz-Torres, Froylán Rincón-Sánchez, Juan M. Martínez-Reyna
- 117** Participación de los miembros del TLCAN en el mercado japonés de carne de puerco
Contribution of the NAFTA countries in the Japanese pork market
Alma Alicia Gómez-Gómez, José Guillermo Pastor-Jiménez, Francisco García-Figueroa

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

