



Agraria

Vol. 11, núm. 2, mayo-agosto 2014 • ISSN 0186 8063



Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro



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
José Hugo Rancaño Arrijoja

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

Apoyo
Alma Rosa Ortiz Gámez

Edición
Delirio. Servicios Editoriales



Diseño y formación
Rebeca Ramírez

Cuidado de la edición
Anastasia Rodríguez

Portada: El triticale (\times *Triticosecale* Wittmack) es un híbrido hecho por el hombre, producto del cruzamiento entre trigo y centeno; está ampliamente adaptado a condiciones de estrés abiótico, como altas temperaturas, sequía y salinidad. La producción de paja de este cereal, a menudo es mayor que en trigo y cebada.

Rector
Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo

Secretario General
Ing. Lorenzo Castro Gómez

Director General Académico
Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Director de Investigación
M. C. Alfredo Sánchez López

Subdirector de Programación y Evaluación
Dr. Alfredo de la Rosa Loera

Subdirector de Operación de Proyectos
M. C. José A. Nájera Castro

Subdirector de Investigación en la Unidad Laguna
Dr. Armando Espinoza Banda

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, Buenavista, 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. 11, núm. 2, mayo-agosto, 2014, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través de la Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 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: José Hugo Rancaño Arrijoja. 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, 25000, Saltillo, Coah. Tel. +52 (844) 481 58 42. Este volumen se terminó de imprimir en mayo de 2014, y consta de 200 ejemplares.

CONTENIDO

PÁGINA

41

Relación entre poliembrionía, apomixis y xenia en maíces poliembriónicos: evaluación en plántula

Polyembryony, Apomixis and Xenia Relationship in Polyembryonic Maize: Seedlings Evaluation

Marselino Celestino Avendaño-Sánchez, José Espinoza-Velázquez, Raúl Rodríguez-Herrera, Humberto de León-Castillo

49

Reacción de materiales genéticos de *Solanum* spp. a las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y posible control genético de la resistencia a la raza 3

Reaction of Genetic Materials of *Solanum* spp. to Races 2 and 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and Possible Genetic Control of Resistance to Race 3

José Antonio Negrete-Ledesma, Alfonso López-Benítez, Fernando Borrego-Escalante, José Espinoza-Velázquez

55

Enemigos naturales de la escama de San José *Quadraspidiotus perniciosus* Comstock (Diaspididae: Hemiptera) en árboles de aguacate criollo de Parras, Coahuila, México

Natural Enemies of San Jose scale *Quadraspidiotus perniciosus* Comstock (Diaspididae: Hemiptera) in Creole Avocado Trees of Parras, Coahuila, Mexico

Óscar Ángel Sánchez-Flores, Oswaldo García-Martínez

61

Producción y calidad de la leche en cabras murciano-granadina alimentadas con triticale hidropónico

Yielding and Quality of Milk in Murciano-Granadina Goats Fed with Hydroponics of Triticale

Humberto Sepúlveda-Palacios, Fernando Ruiz-Zárata, Ramiro López-Trujillo, Alejandro Lozano-del Río y Marco Antonio Arellano-García

69

Segregación transgresiva en familias $F_{2,7}$ de triticale

Transgressive Segregation in $F_{2,7}$ Triticale Families

José Luis Velasco-López, Alejandro Javier Lozano-del Río, Víctor Manuel Zamora-Villa, Modesto Colín-Rico, Luis Ibarra-Jiménez y Juan Plutarco Munguía-López

Relación entre poliembrionía, apomixis y xenia en maíces poliembriónicos: evaluación en plántula

Polyembryony, Apomixis and Xenia Relationship in Polyembryonic Maize: Seedlings Evaluation

Marselino Celestino Avendaño-Sánchez^{1*}, José Espinoza-Velázquez²,
Raúl Rodríguez-Herrera³, Humberto de León-Castillo²

¹Programa de Posgrado en Fitomejoramiento, ²Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil". Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Tel. y Fax: +52 844 411-0221. E-mail: mars_2255@hotmail.com (*Autor responsable). ³Facultad de Ciencias Químicas, Departamento en Investigación en Alimentos, Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. V. Carranza e Ing. José Cárdenas s/n, Saltillo, Coah., México.

RESUMEN

La poliembrionía (PE) es una condición que con frecuencia se asocia a otros fenómenos reproductivos en angiospermas, como la apomixis. En maíz ha sido identificada por varios años y se hereda mayormente por herencia mendeliana. El Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (IMM-UAAAN) ha generado genotípicos con alta PE (55 a 65%), condición asociada a más grasa cruda (30%) y lisina (40%) que en maíz común. La hipótesis del trabajo amplio es la probable asociación de PE con apomixis y xenia. Este informe sólo presenta la evaluación agronómica, dejando para otro los estudios de ADN. Los experimentos para seguir los tres fenómenos consistieron en el desarrollo de diversas progenies F₁ (S₁ o medios hermanos) y una serie de cruzamientos entre genotipos PE y no poliembriónicos (NPE), con o sin relación genética, derivadas todas de la población enana de alta PE (BAP). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación (GER), PE y anormalidades (ANOR). La PE para las líneas S₁ y MH fue de 55 a 68%, la cual coincide con el nivel en BAP. Sin embargo, la evaluación morfológica de líneas S₁ y MH no brindaron información relevante sobre la posible relación PE-apomixis. En el estudio para xenia tampoco se detectó el probable efecto del genotipo paterno en el fenotipo de la progenie, pero se pudo corroborar la naturaleza recesiva de este tipo de poliembrionía y la penetrancia incompleta asociada a ella en la detentada por los maíces del IMM-UAAAN. Todos los genotipos, paternos y progenies, proporcionaron tejido foliar para estudios futuros de ADN, conservado bajo condiciones de congelación.

Palabras clave: *Zea mays* L., población enana de alta poliembrionía, apomixis, xenia.

ABSTRACT

Polyembryony (PE) is a condition frequently associated to other reproduction phenomena in angiosperms, as apomixis. Maize PE has been known for years, and it is usually inherited as a Mendelian trait. Several genotypes with high PE frequency (55 to 65%) have been generated by the Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (IMM-UAAAN). This PE is associated to high levels of crude fat (30% average) and the amino acid lysine (40% average) compared to common maize. This report is only about agronomical characterizations and the DNA studies will be published in advance. To follow the three traits relationship, a series of experiment was done. Based on the BAP population, several F₁ progenies (S₁ and half sibs (HS)) were developed. As well as crosses among PE and not-polyembryonic (NPE) genotypes, being or nor genetically related were performed. The response variables were: percentage of germination (GER), polyembryony (PE) and abnormalities (ANOR). The S₁ and HS polyembryony was 55 to 65%, as high as the BAP frequency. However, the morphology evaluation of the S₁ and HS lines was not conclusive about the PE – apomixis association. Nor was the agronomical evaluation about xenia effect on the progeny phenotype. However, in this study it was a validation of the recessiveness of this type of polyembryony as well as the incomplete penetrance associated to it in the IMM-UAAAN maize. All the genotypes provided leaf tissue for DNA extraction which was kept under frozen control for further studies.

Key words: *Zea mays* L., dwarf population of high polyembryony, apomixis, xenia.

Recibido: Junio 2013 • Aprobado: Enero 2014.

INTRODUCCIÓN

La poliembriónía (PE) en maíz es una variante mutante natural que implica modificación en el genoma y que se expresa fenotípicamente en la germinación de la semilla, haciendo emerger simultáneamente dos o más plántulas. Se han documentado varios tipos de PE en maíz, la mayoría controlada por genes de herencia mendeliana (Kermicle, 1971; Evans, 2007; Rebolloza *et al.*, 2011) y algunos señalados bajo el control de poligenes (Castro, 1979; Espinoza *et al.*, 1998). En términos naturales, la PE aparece con frecuencias sumamente bajas; sin embargo, una vez detectada es fácilmente incrementada bajo esquemas de cruzamientos y selección.

El Instituto Mexicano del Maíz (IMM) “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en México, ha generado dos poblaciones poliembriónicas de maíz (PPM) que en la actualidad presentan frecuencias de PE de 55 a 65%, denominadas como: IMM-UAAAN-BAP (enana de alta poliembriónía, nombre breve = BAP) e IMM-UAAAN-NAP (porte normal de alta poliembriónía, nombre breve = NAP). Al inicio de los trabajos en este tema, los investigadores de entonces propusieron que esta PE se heredaba de manera cuantitativa (heredabilidad de 0.65; Castro, 1979; Espinoza *et al.*, 1998); sin embargo, los resultados de estudios posteriores en estas poblaciones han permitido proponer y validar un modelo de herencia cualitativa, controlada por dos loci en interacción génica epistática recesiva duplicada del tipo 15:1 en segregación F_2 y de 12:4 en cruce de prueba (Rebolloza *et al.*, 2011). La poliembriónía presenta además el fenómeno de penetrancia incompleta (PI), por lo que el carácter se expresa generalmente en el 30 a 70% de los casos.

La PE presente en poblaciones del IMM-UAAAN fue observada por primera vez en una población denominada SSE (selección súper enana), base de los maíces enanos generados en la UAAAN. Originalmente, la condición de plantas gemelas se presentó en frecuencias de 1 a 2% (Castro, 1979) y aunque se desconoce el origen exacto de esta poliembriónía, Espinoza *et al.* (2005) reportaron que en base al historial poliembriónico y poliploide de estas poblaciones y los trabajos preliminares sobre conducta reproductiva atípica en maíz, se puede plantear que las poblaciones de maíz BAP y NAP pudieran contener la capacidad de manifestar reproducción asexual por semilla, en alguna modalidad de apomixis.

A pesar de la atención que se ha puesto sobre el factor que induce y afecta la frecuencia de poliembriónía en diferentes especies, sus mecanismos y causas no son aún del todo claros. Webber (1940) señaló que muchos casos en la formación de células adventicias en angiospermas se refieren a la apomixis, y que es muy probable que la PE y la apomixis puedan estar interconectadas.

La introducción de la característica de apomixis en maíz se ha intentado a través de retrocruzas (cruzas de prueba) convencionales usando como fuente del fenómeno a especies del género *Tripsacum*, de donde pueden generarse semillas viables de la hibridación inter-genérica, las cuales fueron producidas de manera apomictica cuando fueron polinizadas utilizando maíz común (Leblanc *et al.*, 1996). De aquí se desprende que la fuente de polen (efecto xenia) tiene influencia en el desarrollo de embriones apomicticos.

Desde el punto de vista genético, la ventaja de fertilización cruzada o efecto xenia puede ser interpretada en términos de complementación entre los genes del progenitor masculino y del progenitor femenino por algunos sistemas enzimáticos en términos de heterosis (Bulant *et al.*, 2000).

En este contexto, se concibió un proyecto amplio para buscar evidencias que documenten la posible relación funcional entre poliembriónía, xenia y alguna versión de apomixis presente en los maíces IMM-UAAAN; los estudios comprenden la etapa de generación de progenitores, progenies y cruzamientos que pudieran revelar algún tipo de relación entre estos dos fenómenos y la poliembriónía, y una segunda etapa en estudios de laboratorio para ADN y marcadores moleculares. En este artículo se presenta la primera parte de resultados, la cual se refiere a la evaluación agronómica de las progenies poliembriónicas en estado de plántula.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Material en el estudio de xenia. Se utilizaron cuatro familias de medios hermanos, de naturaleza PE, y una línea de alta endogamia (S_6), denominada AN-LCR-401-3, la cual representa al maíz común y no guarda relación genética alguna con las familias PE. De las cuatro familias PE, dos pertenecen a la población BAP y las otras a la población NAP. Cada material fue representado por una muestra aleatoria

de 50 semillas. Los cinco genotipos se sembraron en campo en el ciclo PV 2010 y de ellos se derivaron progenies como material de estudio en este trabajo.

Material genético en el estudio de apomixis. De la población BAP de maíz PE se seleccionaron 35 familias de medios hermanos (MH) para formar un compuesto balanceado representado por 20 semillas por familia; el conjunto de 700 semillas se sembró en un lote experimental en el ciclo PV 2010, y del cual se derivaron progenies de dos tipos: familias de autofecundaciones S_1 y familias de MH de polinización libre, a utilizar en el experimento.

Los dos grupos de materiales experimentales fueron establecidos en el Campo Experimental Buenavista [25° 21' LN, 101° 02' LO, 1756 msnm], en Saltillo, Coah.

Manejo de la reproducción

En el estudio de xenia, las 50 semillas de cualquiera de los cinco materiales se sembraron a semilla por golpe, en dos surcos de 5 m de longitud, la separación entre surcos fue de 80 cm. En cada familia de origen PE se distinguió entre plantas dobles (es decir, plantas PE) e individuales, estas últimas fueron tomadas en principio como segregantes no poliembriónicas (NPE); las plantas señaladas se utilizaron como hembras. Para realizar los cruzamientos, las fuentes de polen se catalogaron de cuatro formas distintas, según su condición de PE o NPE, así como su parentesco con las plantas hembras. Los cuatro polinizadores fueron: 1) plantas poliembriónicas, genéticamente relacionadas (PERE); 2) poliembriónicas, no relacionadas (PENRE); 3) no-poliembriónicas, relacionadas (NPERE); y 4) no poliembriónicas, no relacionadas (NPENRE). El polinizador tipo 4 fue la línea AN-LCR-401-3. En cada combinación de cruzamiento se tomaron tres plantas y sus respectivas mazorcas (Cuadro 2).

Para el estudio de apomixis se siguieron dos estrategias en el manejo reproductivo; 1) dentro de la población BAP se realizaron 50 autofecundaciones con el fin de seleccionar las mejores mazorcas y obtener un total de 20 progenies S_1 ; 2) del mismo grupo de plantas madre BAP se eligió un número considerable de plantas que se polinizaron libremente y de las cuales se seleccionaron 20 familias de MH de polinización libre.

Para el estudio de apomixis se siguieron dos estrategias en el manejo reproductivo; 1) dentro de la población BAP se realizaron 50 autofecundaciones con el fin de seleccionar las mejores mazorcas y obtener un total de 20 progenies S_1 ; 2) del mismo grupo de plantas madre BAP se eligió un número considerable de plantas que se polinizaron libremente y de las cuales se seleccionaron 20 familias de MH de polinización libre.

Evaluación en invernadero

Las progenies de todos los cruzamientos, tanto para el estudio de apomixis como de xenia fueron evalua-

Cuadro 1. Germoplasma de maíz de Buenavista, Saltillo, Coah., México, utilizado en el estudio de xenia.

Germoplasma	Condición o característica	Origen
D-364 BAP 09-S-F 5-3	Familia derivada de la población BAP-2008	UA-2009
D-372 NAP 09-S-F 4-1	Familia derivada de la población	UA-2009 NAP-2008
C-247 NAP 09-S-F 9-1	Familia derivada de la población NAP-2008	UA-2009
AN-LCR-401-3	Línea endogámica del IMM UAAAN-2008	UA-2009

Cuadro 2. Esquema de cruzamientos de diferentes genotipos poliembriónicos y no poliembriónicos.

Progenitores	♂PERE	♂PENRE	♂NPERE	♂NPENRE
♀PE	PE x PERE	PE x PENRE	PE x NPERE	PE x NPENRE
♀No-PE	NPE x PERE	NPE x PENRE	NPE x NPERE	NPE x NPENRE

PE: poliembriónico; NPE: no poliembriónico; PERE: poliembriónico relacionado (pariente); PENRE: poliembriónico no relacionado; NPERE: no-poliembriónico relacionado; NPENRE: no-poliembriónico no-relacionado

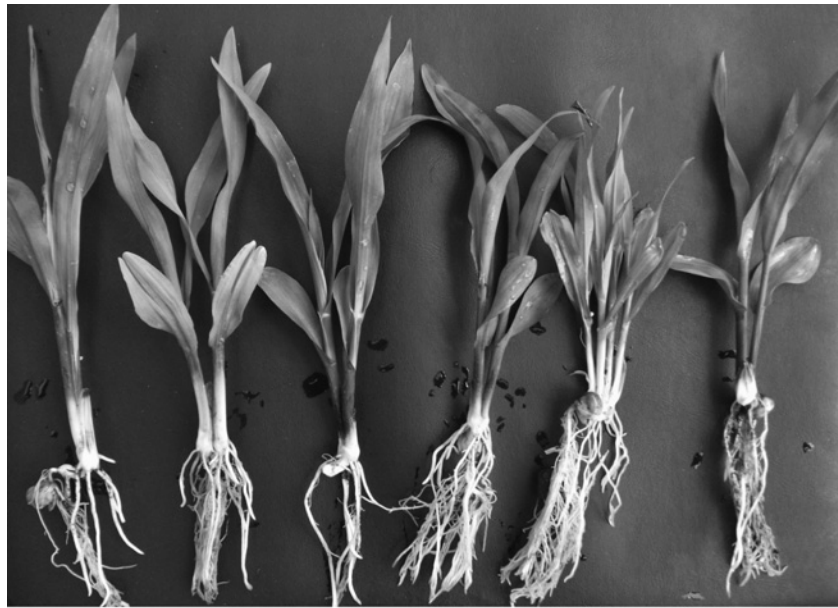


Figura 1. Plántulas poliembriónicas derivadas de la población enana de alta poliembriónia: IMM-UAAAN-BAP.

das en invernadero con la finalidad de caracterizarlas de acuerdo con germinación (GER), anormalidades (ANOR) y frecuencia de PE. Cada familia fue representada por 20 semillas, con dos repeticiones, sembradas en charolas de germinación de 200 cavidades, de 34 x 65 x 6.5 cm. Dispuestas en un diseño estadístico completamente al azar. La calificación de plántulas se llevó a cabo a los 15 d de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación en invernadero

Las características promedio de las variables: germinación, poliembriónia y anormalidades para las familias S_1 y las F_1 de polinización libre desarrolladas para el estudio de apomixis aparecen en los Cuadros 3 y 4, respectivamente. En los dos grupos, la germinación fue igual o superior a 90%, condición muy deseable en materiales derivados de una población poliembriónica y más aún en líneas poliembriónicas S_1 , donde el proceso de endogamia en algóamas como el maíz, generalmente influye para deprimir la expresión fenotípica en distintas etapas fonológicas durante el ciclo vegetativo.

La expresión promedio para PE se ubicó en el intervalo de 55 a 68%, la cual es acorde con las proporciones esperadas en estas poblaciones poliembriónicas del IMM-UAAAN (Espinoza *et al.*, 1998; Espinoza y Vega, 2000). De hecho, la PE en algunas S_1 se ubicó en el extremo superior del intervalo, lo cual

es poco usual en casos previos de la misma condición endogámica (Rebolloza *et al.*, 2011). El proceso de uniformidad genética que se involucra en autofecundaciones conduce a generar ciertos niveles de homocigosis a los genes que influyen la PE, pero también a los genes que la obstruyen, los cuales causan la penetrancia incompleta del carácter. En este sentido, se puede decir que las familias S_1 presentan una expresión variable y errática de la PE y en muchos casos, el monto es inusualmente bajo. La condición errática del fenómeno endogámico logra también montos de PE inesperadamente altos. Como se puede apreciar en los Cuadros 3 y 4, los extremos observados fueron más amplios en las líneas S_1 que en las de polinización libre, éstas se ajustaron más a los valores típicos de la población de origen UA-IMM-BAP.

Por otra parte, el diseño de apareamientos aplicado para el estudio de xenia fue agrupado tomando en cuenta la naturaleza poliembriónica del progenitor femenino. El primero se presenta en el Cuadro 5, donde la fuente materna es PE y sus polinizadores son de su tipo o del tipo No-PE, con la cualidad adicional de estar o no emparentados. La condición donde la madre es No-PE, pero es polinizada por los mismos tipos que en el caso anterior, se presenta en el Cuadro 6.

Como puede apreciarse, la germinación fue igual o superior a 80%. Es notable que la mayoría de los casos de porcentajes bajos ocurriera en las progenies de padres genéticamente relacionados (emparentados), mientras que los de mayor germinación fueron

Cuadro 3. Porcentaje promedio de las variables de interés en las 20 familias S_1 para el estudio de apomixis.

Repetición	GER (%)	PE (%)	ANOR (%)	PE Mínima	PE Máxima
I	92 ± 7	63 ± 19	12 ± 8	26	88
II	93 ± 7	68 ± 21	9 ± 7	23	100

PE: poliembriónico; ANOR: anormalidades; GER: germinación.

Cuadro 4. Porcentaje promedio de las variables observadas en las 20 familias de polinización libre estudio de apomixis.

Repetición	GER (%)	PE (%)	ANOR (%)	PE Mínima	PE Máxima
I	92 ± 8	55 ± 13	10 ± 6	35	72
II	90 ± 7	61 ± 15	8 ± 5	30	82

PE: poliembriónico; ANOR: anormalidades; GER: germinación.

Cuadro 5. Porcentaje promedio de para los diferentes tipos de cruzamiento aplicado en xenia, donde la madre fue de naturaleza poliembriónica.

Tipo de cruzamiento	GERM (%)	PE (%)	ANOR (%)
PE x PERE	96 ± 6	70 ± 7	16 ± 14
PE x PENRE	87 ± 4	68 ± 1	24 ± 5
PE x NPERE	80 ± 16	58 ± 18	20 ± 14
PE x NPENRE	95 ± 5	0	9 ± 4

PE: poliembriónico; NPE: no-poliembriónico; PERE: poliembriónico relacionado (parientes); PENORE: poliembriónico no relacionado; NPERE: no poliembriónico, relacionado; NPENRE: no poliembriónico, no relacionado; ANOR: anormalidades; GER: germinación.

presentados por los progenitores no-emparentados. Sin embargo, hay que considerar que casos como éstos pueden generarse por efectos de muestreo, dado el tamaño finito de las muestras en el experimento.

Los resultados para la PE presentaron dos características importantes. La primera, es la validación de la frecuencia habitual del mutante en progenies de padres PE, que ordinariamente resultan de monto muy similar; la segunda se refiere a la inesperada frecuencia de PE en cruzamientos de progenitores

NPE. A esto, debe señalarse que los tipos de apareamientos en los tres primeros genotipos enlistados en los Cuadros 5 y 6, sean con madre PE o NPE, los individuos pertenecen a familias que son parte de la misma población UA-IMM-UAAAN y, por lo tanto, tienen de origen cierto grado de parentesco genético; aún más, las plantas consideradas como NPERE (no poliembriónico, emparentado) de hecho pertenecen a la misma familia de las PE, pero que germinaron y se desarrollaron como plantas individuales. Por otra

parte, en ambos grupos de datos, el cuarto tipo de cruzamientos corresponde a dos fuentes de germoplasma genéticamente distantes, por lo que la condición NPENRE (es decir, NPE y no emparentada) tiene como polinizador a la línea AN-LCR-401-3, de alta endogamia (S_0), grano blanco, semi-cristalino y buena aptitud combinatoria, y que es genéticamente distinta a cualquiera de las familias PE. En este cuarto tipo de cruzamientos, la progenie F_1 se espera sea fenotípicamente normal, es decir las semillas germinan en una plántula.

Como se puede apreciar, la PE mostrada por los primeros tres tipos de cruzamiento, sin importar la naturaleza de la madre (PE o NPE), fue siempre superior a 50% (Cuadros 5 y 6). Por el contrario, los cruzamientos del tipo PE x NPENRE o NPE x NPENRE, donde la progenie F_1 fue cero PE, es decir, en el 100% de los casos las semillas germinaron en una sola planta. Este resultado es consistente con lo señalado por Rebolloza *et al.* (2011) y González *et al.* (2011), quienes señalan que la progenie F_1 de un cruzamiento entre un genotipo PE y otro normal, exótico al primero, es invariablemente del tipo normal, NPE, debido a la condición de doble recesividad de la poliembriónia de los maíces del IMM-UAAAN.

La poliembriónia detectada en los dos grupos de apareamiento, primeros tres tipos genotípicos de los Cuadros 5 y 6, permite señalar dos temas relevantes: 1) que para la manifestación de la PE es irrelevante la naturaleza de la madre, ya que cualquiera de ellas, sea PE o NPE, da origen a progenies que presentan un grado alto de PE, y 2) que no puede deslindarse la influencia del polen para regir la presencia o au-

sencia del carácter, ya que todo parece indicar que el carácter se rige principalmente por la dotación de genes en el embrión y no por la del núcleo generador del grano de polen que fecunda a los núcleos polares o de fusión para dar origen al endospermo.

Es notable que la cruce entre el polinizador representado por la línea AN-LCR-401-3 y las plantas hembra, sean PE o NPE (cuarto tipo de apareamiento en los dos grupos, Cuadros 5 y 6) impidiera por completo la manifestación de la PE. Esta condición es típica de homocigosis recesiva, sea en casos de herencia simple o en casos de interacción génica epistática del tipo recesiva duplicada, como es la que se postuló (Rebolloza *et al.*, 2011) para el tipo de PE utilizado en este trabajo.

El tercer tipo de cruzamiento donde el polinizador es NPERE (NPE y genéticamente relacionado con la hembra) es crucial en el entendimiento de la influencia del polen en la manifestación de la PE. En estos resultados, si la hembra fue poliembriónica, el polinizador no tuvo influencia en la progenie, ya que ésta exhibió una alta frecuencia PE (Cuadro 5); por lo que debe entenderse que el progenitor macho NPERE no impacta la expresión del fenómeno y que la forma de la hembra es genéticamente prevalente (efecto materno). Esta incapacidad del macho para impedir la manifestación de la PE es más notable aún en el caso de hembra NPE, ya que la cruce entre ellos generó también una progenie de alta frecuencia PE (Cuadro 6). Este resultado es inesperado, porque si los dos progenitores fueran genuinamente NPE, no hay razón genética para que la progenie resulte PE. Dado el hecho incuestionable de progenie con 52%

de PE, no es posible plantear prevalencia masculina o femenina. Lo más probable es que los genotipos catalogados como NPE por el hecho de que en su familia PE germinaron como una planta individual son en realidad individuos genéticamente poliembriónicos, pero que por mecanismo de interacción de los genes de la PE con el resto del genoma se obstruye la manifestación del fenómeno; es decir, son los individuos afectados por la penetrancia incompleta señalada en el modelo de herencia por Rebolloza *et al.* (2011).

CONCLUSIONES

Los datos de campo e invernadero sobre la probable presencia de apomixis son relevantes y de interés, pero no son determinantes para su continuación a través de análisis de ADN por la vía de marcadores moleculares. Los datos del estudio de xenia no permiten dilucidar el efecto de las fuentes de polen sobre la poliembriónia en maíz; los polinizadores considerados no poliembriónicos, derivados de las familias de naturaleza poliembriónica, rompieron con la expectativa de obstruir la poliembriónia, y sin importar que la madre fuera o no poliembriónica, las progenies presentaron prácticamente el mismo nivel de poliembriónia de los otros tipos de progenies. Cuando el polen proviene de un progenitor completamente ajeno a las familias poliembriónicas, las progenies F_1 se manifiestan como normales—sin poliembriónia— validando la condición recesiva de esta poliembriónia. De acuerdo con esto, el carácter se rige por la dotación de genes en el embrión y no por la del endospermo.

LITERATURA CITADA

- BULANT, C., A. Gallais, E. Matthys-Rochon and J.L. Prioul. 2000. Xenia effects in maize with normal endosperm. *Crop Sci.* 40: 182-189.
- CASTRO, G., M.E. 1979. Estudio sobre herencias y valores nutritivos de semillas con doble embrión, Avances de investigación en maíz. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coah. Méx., pp. 24-25.
- ESPINOZA, J., M.C. Vega, E. Navarro y G.A. Burciaga. 1998. Poliembriónia en maíces de porte normal y enano. *Agronomía Mesoamericana.* 9(2): 83-88.
- ESPINOZA, V., J. y H. de León. 2005. Apomixis, ¿un fenómeno en proceso de adopción natural en maíz? En: Valdés Reyna, J. 2005. Resultados de proyectos de investigación 2004, pp. 245-252. Dirección de investigación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- ESPINOZA, V., J. y Ma. C. Vega S. 2000. Maíces de alta frecuencia poliembriónica. En: Zavala, G.F., P.R. Ortega, C.J.A. Mejía, R.I. Benítez, A.H. Guillén (eds.). Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética: Notas Científicas. SOMEFI. Chapingo, México, p. 4.
- EVANS, M., M.S. 2007. The indeterminate gametophyte 1 gene of maize encodes a LOB domain protein required for embryo sac and leaf development. *Plant Cell* 19: 46-62.
- GONZÁLEZ, V., V.M., J. Espinoza V., R. Mendoza V., H. de León C. y M.A. Torres T. 2011. Caracterización de germoplasma de maíz que combina alto contenido de aceite y poliembriónia. *Universidad y Ciencia* 27(2): 1-11.
- KERMICLE, J.L. 1971. Pleiotropic Effects on seed development of the indeterminate gametophyte in maize. *Am. J. of Bot.* 58 (1): 1-7.
- LEBLANC, O., D. Grimanelli, N. Islam-Faridi, J. Berthaud and Y. Savidan. 1996. Reproductive Behavior in Maize-Tripsacum polyhaploid Plants: Implications for the Transfer of Apomixes into Maize. *J. Hered., Journal of Heredity* 87: 108-111.
- REBOLLOZA, H.H., J. Espinoza V., D. Sámano G. y V. M. Zamora V. 2011. Herencia de la poliembriónia en dos poblaciones experimentales de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 34(1): 27-33.
- WEBBER, J.M. 1940. Polyembryony, *Bot. Rev.* 6(11): 575-598.
- WEINGARTNER, U., O. Kaeser, M. Long, P. Stamp. 2002. Combining cytoplasmic male sterility and xenia increases grain yield of maize hybrids. *Crop Sci.* 42: 1848-1856.

Cuadro 6. Porcentaje promedio en las diferentes cruces aplicado en el estudio de xenia con progenitores de naturaleza no poliembriónica.

Tipo de cruzamiento	GER (%)	PE (%)	ANOR (%)
NPE x PERE	84 ± 3	53 ± 19	26 ± 10
NPE x PENRE	82 ± 8	55 ± 7	20 ± 8
NPE x NPERE	91 ± 4	52 ± 5	18 ± 10
NPE x NPENRE	91 ± 4	0	5 ± 7

PE: poliembriónico; NPE: no poliembriónico; PERE: poliembriónico relacionado (pariente); PENRE: poliembriónico no relacionado; NPERE: no poliembriónico relacionado; NPENRE: no poliembriónico, no relacionado; ANOR: anomalidades; GER: germinación.

Reacción de materiales genéticos de *Solanum* spp. a las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y posible control genético de la resistencia a la raza 3

Reaction of Genetic Materials of *Solanum* spp. to Races 2 and 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and Possible Genetic Control of Resistance to Race 3

José Antonio Negrete-Ledesma^{*1}, Alfonso López-Benítez¹, Fernando Borrego-Escalante¹, José Espinoza-Velázquez¹

¹Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: j_a_negrete@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

En todas las zonas productoras de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) constituye una limitante de gran importancia en la producción. La mejor alternativa de control para esta enfermedad es el uso de cultivares resistentes, por lo que los fitomejoradores requieren identificar fuentes de resistencia para incorporarlas a los nuevos cultivares mejorados. El objetivo de este trabajo consiste en evaluar un grupo de 25 materiales genéticos de *Solanum* spp., por su reacción a la inoculación de las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* provenientes de variedades cultivadas en predios tomateros de Villa de Arista, S.L.P., México. La identificación de las razas se hizo mediante pruebas de patogenicidad en las variedades diferenciales I3R3, Walter, Manapal y Bony Best. De los 25 materiales evaluados, seis mostraron resistencia a la raza 2, cuatro a la raza 3, uno resistente a las dos razas y los 14 restantes resultaron susceptibles a las dos razas. Para el estudio de herencia a la resistencia de la raza 3 de Fol, se utilizaron como progenitores resistentes los materiales I3R3 y *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486), y como progenitores susceptibles a los materiales D6, D10, IR14, Manapal y Walter. Las generaciones F₂ mostraron proporciones mendelianas de herencia simple, con una proporción fenotípica de tres plantas resistentes y una susceptible. Las retrocruzadas de las generaciones F₁ a progenitores susceptibles, mostraron en todos los casos una segregación en proporción de 1:1. De acuerdo con las pruebas de X², en ambos casos la resistencia está controlada por un gen dominante.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, herencia simple, inoculación, prueba de X².

ABSTRACT

In all producing areas of tomato in Mexico, an important limiting factor for production is the vascular wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol). The best alternative to control this disease is the use of resistant cultivars. Therefore, plant breeders need to identify resistance sources to incorporate them in new cultivars. The objective of this study was to evaluate 25 genetic materials for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* races 2 and 3 from varieties grown in tomato fields in Villa de Arista, S.L.P., Mexico. Races identification was made by pathogenicity tests on differential varieties I3R3, Walter, Manapal y Bony Best for Fol races. Six of the 25 genetic materials evaluated showed resistance to race 2, five to race 3, one to both races and 14, showed susceptibility to both races 2 and 3. To study the inheritance of resistance to race 3 there were used as resistance progenitor I3R3 y *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486) and as susceptible progenitors D6, D10, IR14, Manapal y Walter. F₂ generations showed phenotypic proportions of simple inheritance having a proportion of 3 healthy plants to 1 diseased plant. Retrocrosses of F₁ from resistant progenitors by susceptible progenitors to susceptible ones, showed in all cases a phenotypic segregating proportion of resistant plants to susceptible plants of 1 to 1 which according to tests in both cases resistance is controlled by a single dominant gene.

Key words: *Solanum lycopersicum*, single inheritance, inoculation, X² test.

Recibido: Noviembre 2013 • Aprobado: Febrero 2014

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las especies hortícolas más importantes en México por la superficie sembrada y la producción obtenida. Los principales países productores son China, India, Estados Unidos, Turquía y Egipto, los cuales producen poco más de 50% de la producción mundial.

México se ubica en el lugar número 11 en el mundo, por el volumen de su producción (FAO, 2012). Este cultivo, como muchos otros, no escapa a los ataques de diversas enfermedades. Entre las más importantes están las del tipo marchitamiento, presentes en todas las zonas productoras de tomate que pueden causar pérdidas hasta del 50% de la producción (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2004).

La marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* es la enfermedad fúngica más importante del tomate (Agrios, 2004), el patógeno puede persistir mucho tiempo en el suelo (González, 2006). Hasta ahora se han identificado tres razas de este hongo, la raza 1, 2 y 3 (Ascencio *et al.*, 2008). El conocimiento del patógeno y de sus razas fisiológicas es un aspecto importante para el manejo de la enfermedad y para entender el comportamiento de las variedades cultivadas (Grattidge y Brien, 1982). La raza 2 fue identificada en 1945, en Ohio, Estados Unidos (Alexander y Tucker, 1945), y la resistencia a esta nueva raza se encontró en el nuevo locus (1-2) del híbrido natural *L. esculentum* por *L. pimpinellifolium* PI-126915 (Alexander y Hoover, 1955). La raza 3, capaz de atacar los cultivares con los locus 1 y (1-2) fue identificada en Queensland, Australia, en 1978 (Grattidge y Brien, 1982), y en México (Valenzuela-Ureta *et al.*, 1996).

En México, como en otros países, existe una tendencia cada vez más exigente en el mercado en cuanto a rendimiento, calidad del fruto, sanidad de la planta y resistencia a enfermedades. Las empresas buscan fuentes de resistencia en especies silvestres y genotipos de interés para realizar mejoramiento genético, y obtener nuevas variedades o híbridos resistentes a la enfermedad y con buenos rendimientos.

La identificación de fuentes de resistencia a esta enfermedad es muy importante, por lo que este trabajo se realizó con la finalidad de identificar genotipos resistentes a las razas 2 y 3 de Fol aisladas de cepas colectadas en predios tomateros de Villa de Arista, San Luis Potosí, México, y estudiar la genética de la resistencia a la raza 3.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 25 materiales genéticos de *Solanum* spp. para resistencia a las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Las cepas fueron recolectadas en predios tomateros de Villa de Arista, en S.L.P., México; se seleccionaron plantas con síntomas de marchitez, para esto, se cortaron trozos de tallos enfermos de 10 cm, se trasladaron al Laboratorio de Patosistemas del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Posteriormente, se realizaron los aislamientos del hongo, cortando trozos de tallo de 5 mm, los cuales se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% durante un minuto y luego se lavaron con agua destilada estéril. Los aislamientos del hongo se sembraron en cajas petri con medio de cultivo papa, dextrosa agar (PDA) y se incubaron a 25 ± 2 °C durante 7 d. Los aislamientos obtenidos se purificaron cortando puntas de micelio y sembrándolas en nuevas placas de Agar. Considerando el hospedante de origen, así como la observación de sus características morfológicas, tales como el color de la cepa del hongo en el medio de cultivo, tipo de micelio y presencia de microconidios, macroconidios y clamidosporas, se permitió identificar al agente causal como *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Summerell *et al.*, 2003).

La identificación de las razas en los aislamientos de Fol, se realizó mediante pruebas patogénicas en las variedades diferenciales I3R3, Walter, Manapal y Bony Best (Ascencio *et al.*, 2008), identificando las razas 2 y 3 de Fol, que se utilizaron para evaluar los 25 materiales genéticos de *Solanum* spp., consistentes en 10 cultivares mejorados, 9 cultivares criollos y seis pertenecientes a cuatro diferentes especies silvestres de *Solanum*.

Los 25 materiales genéticos se sembraron en invernadero en charolas de poliestireno de 200 celdas conteniendo peat moss (Premier Pro-Mix PGX Professional), cuando las plantas tenían de 25 a 30 días después de la siembra, se inocularon con las razas 2 y 3 por separado, por medio del método de inmersión de puntas de raíz (Williams, 1981) durante 30 s en una suspensión de 1×10^6 conidios mL⁻¹. La evaluación de la respuesta a la inoculación se hizo mediante la escala de severidad del 1 al 5, según Marlatt *et al.* (1996), siendo 1 = planta sana y 5 = planta muerta.

Para estudiar la herencia de la resistencia a la raza 3 se cruzaron en invernadero materiales susceptibles con susceptibles; resistentes con resistentes y resistentes con susceptibles. Los materiales identificados

Cuadro 1. Reacción de 25 materiales genéticos a las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* procedente de predios tomateros en la región de Villa de Arista, S.L.P, México, 2012.

Genotipo	Origen	Razas		Reacción
		2	3	
I3R3	México	R	R	R. razas 2 y 3
Walter	USA	R	S	R. raza 2, S. raza 3
Manapal	USA	S	S	S. razas 2 y 3
Bony Best	USA	S	S	S. razas 2 y 3
D1	México	S	S	S. razas 2 y 3
D6	México	S	S	S. razas 2 y 3
D10	México	S	S	S. razas 2 y 3
IR13	México	S	S	S. razas 2 y 3
IR14	México	S	S	S. razas 2 y 3
<i>Solanum peruvianum</i> LA462 /79L4445-444]	Chile	S	R	S. raza 2, R. raza 3
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 [86L9486]	Perú	S	R	S. raza 2, R. raza 3
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA2184 [87L0413]	Perú	S	R	S. raza 2, R. raza 3
<i>Solanum esculentum</i> LA473 [90L3543]	Perú	S	S	S. razas 2 y 3
<i>Solanum esculentum</i> LA477 [86L9441]	Perú	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum esculentum</i> LA404 [90L335]	Perú	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum cheesmanii</i> LA317 [82L2446]	Ecuador	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum chilense</i> LA1958 [89L2835]	Perú	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum chilense</i> LA1959 [89L2836]	Perú	R	S	R. raza 2, S. raza 3
<i>Solanum esculentum</i> LA468 [83L4649]	Chile	S	S	S. razas 2 y 3
<i>Solanum esculentum</i> LA134c [90I3516]	Perú	S	S	S. razas 2 y 3
<i>Solanum esculentum</i> LA409 [90L3536]	Ecuador	S	S	S. razas 2 y 3
<i>S. esculentum</i> cv Motelle LA2823 [87L0382]	USA	S	R	S. raza 2, R. raza 3
<i>S. esculentum</i> LA.472 [90L3543]	Perú	S	S	S. razas 2 y 3
<i>S. esculentum</i> LA.1162 [89L2530]	Bolivia	S	S	S. razas 2 y 3
<i>S. esculentum</i> LA.358 [90L3531]	Colombia	S	S	S. razas 2 y 3

R: resistente; S: susceptible.

como resistentes, se cruzaron con materiales susceptibles, utilizando los materiales susceptibles como hembras y los resistentes como progenitores masculinos. Una parte de los botones florales de las plantas híbridas F₁ se cubrieron con pequeños sobres de papel para forzar la autofecundación y con

ello evitar la contaminación de polen extraño y llevarlos hasta la generación F₂; otra parte se utilizó para retrocruzar al progenitor susceptible. Posteriormente, las plántulas obtenidas de las semillas F₂ como de las retrocruzas, se inocularon con la suspensión de 1×10^6 conidios mL⁻¹. La evaluación de la respuesta

Cuadro 2. Reacción de los progenitores, segregación de la generación F₂ y retrocruzas a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Progenitores	Número de plantas				χ ²	P
	R	S	PE			
I3R3	10	0	1:0			
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486)	10	0	1:0			
D10	0	0	0:1			
D6	0	10	0:1			
IR14	0	10	0:1			
Manapal	0	10	0:1			
Walter	0	10	0:1			
Generación F₁ (resistente x resistente)						
I3R3 x <i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486)	12	0	1:0			
Generación F₁ (susceptible x susceptible)						
D6 x D10	0	10	0:1			
IR14 x Manapal	0	12	0:1			
Walter x Manapal	0	10	0:1			
Walter x D10	0	10	0:1			
Walter x D6						
Generación F₂						
IR3R3 x D10	80	88	28	20	3:1	3.44 0.10
I3R3 x D6	79	81	29	27	3:1	0.11 0.01
I3R3 x IR14	70	78	34	26	3:1	2.88 0.05
I3R3 x Manapal	103	105	37	35	3:1	0.09 0.90
I3R3 x Walter	80	78	24	26	3:1	1.40 0.3
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486) x Manapal	70	66	24	28	3:1	0.64 0.50
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486) x D6	67	72	22	17	3:1	0.71 0.70
<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486) x IR14	76	80	21	17	3:1	0.83 0.50
F₁ x progenitor susceptible						
(I3R3 x Manapal) Manapal	50	44	38	44	1:1	1.37 0.30
(I3R3 x D10) D10	56	47	38	47	1:1	1.37 0.30
(I3R3 x IR14) IR14	38	36	34	36	1:1	0.77 0.50
(I3R3 x Walter) Walter	46	41.5	37	41.5	1:1	0.77 0.50
(<i>Solanum pimpinellifolium</i> LA722 (86L9486) x Manapal) x Manapal	23	21.5	30	21.5	1:1	0.90 0.05

R: resistente; S: susceptible; O: observados; E: esperados; PE: proporción esperada; χ²: valor calculado de Ji cuadrada; P: probabilidad de un valor mayor de χ². Nivel de significancia = 0.05.

de estos materiales a la inoculación se evaluó de la misma manera que para la identificación de fuentes de resistencia.

Para el análisis de las proporciones fenotípicas de las generaciones F₁ y F₂, se realizaron pruebas de ajuste, considerando diferentes relaciones teóricas de segregación de genes para resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, aceptando la relación de segregación hipotética con el mejor ajuste entre las proporciones esperadas y las observadas (Gardner, 1988) con un nivel de probabilidad (p≤0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 25 materiales evaluados por resistencia a las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, seis mostraron resistencia a la raza 2 y cuatro a la raza 3 y sólo uno (I3R3) observó resistencia a las dos razas. *Solanum esculentum* LA477 (86L9441), *Solanum esculentum* LA404 (90L335), *Solanum cheesmanii* LA317 (82L2446), *Solanum L. chilense* LA1958 (89L2835), *Solanum L. chilense* LA1959 (89L2836) y Walter mostraron resistencia a la raza 2 y susceptibilidad a la raza 3; *Solanum peruvianum* LA462 (79L4445-4449), *Solanum pimpinellifolium* LA722 (86L9486), *Solanum pimpinellifolium* LA2184 (87L0413), *S. esculentum* cv. Motelle LA 2823 (87L0382) mostraron resistencia a la raza 3 y susceptibilidad a la raza 2. Los cultivares D1, D6, D10, IR13, IR14, Bony Best, Manapal, *Solanum esculentum* LA473 (90L3543), *Solanum esculentum* LA468 (83L4649), *Solanum esculentum* LA134C (90L3516), *Solanum esculentum* LA409 (90L3536), *S. esculentum* LA.473 (90L3543), *S. esculentum* LA.1162 (89L2530) y *S. esculentum* LA 358 (90L3531) resultaron susceptibles a las dos razas, estos resultados coinciden con lo descrito por Ascencio-Álvarez (2008).

Las generaciones F₂ derivadas de las cruzas de progenitores resistentes por susceptibles, mostraron una proporción de plantas resistentes a susceptibles de 3:1 en todos los casos, lo cual indica que la resistencia en estos materiales resistentes obedece a proporciones mendelianas de herencia simple, controlada por un gen en condición homocigota dominante. Ascencio-Álvarez (2008) también determinó que la herencia de la resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en seis cultivares de tomate fue de tipo mendeliano, con una proporción fenotípica en las generaciones F₂ de plantas resistentes a susceptibles de 3:1.

Las retrocruzas de las generaciones F₁ entre progenitores resistentes por susceptibles a progenitores susceptibles mostraron en todos los casos una segregación en proporción de 1:1, lo cual confirma la hipótesis de que la resistencia en los progenitores resistentes está controlada por un gen en condición homocigota y dominante.

McGrath y Gillespie (1987) a partir del cultivar *Lycopersicon pennellii*, PI414773, resistente a la raza 2 y 3 de Fol, realizaron cruzamientos con el cultivar Rouge de Marmande, susceptible a las razas 2 y 3, y el cultivar Contender resistente a la raza 2. La segregación de la F₂ de los cruces de Rouge de Marmande x PI414773 y PI414773 x Contender reveló que la resistencia a la raza 2 en PI414773 fue controlada por dos genes dominantes independientes, uno de los cuales es alélica con el gen I-2. Las segregaciones en F₂ y retrocruzas derivadas de Contender x PI414773 indicaron que un solo gen dominante confiere resistencia a la raza 3.

CONCLUSIONES

De los 25 genotipos evaluados por su respuesta a la inoculación de razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, sólo uno presentó resistencia a las dos razas, seis resultaron resistentes a la raza 2, cuatro a la raza 3 y 14 genotipos resultaron susceptibles a las dos razas. El análisis genético de la reacción de las generaciones F₂ de las cruzas de progenitores resistentes por susceptibles y de las retrocruzas a la inoculación de la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* indicó la validez de la hipótesis de un gen dominante segregando en proporción fenotípica de plantas resistentes a plantas susceptibles de 3:1.

LITERATURA CITADA

- AGRIOS, G.N. 2004. Plant Pathology (5th ed.). Academic Press. San Diego, California, USA. 948 p.
- ALEXANDER, L. and C.Tucker. 1945. Physiological specialization in the tomato wilt fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Agric. Res. (70: 303-313).
- ALEXANDER, L.J. and M. Hoover. 1955. Disease resistance in wild species of tomato. Agricultural Experimental Station Research Bulletin, 76 p.
- APODACA-SÁNCHEZ, M.A., M.E. Zavaleta, E.R. García, K.S. Osada y U.J.G. Valenzuela. 2004. Hospedantes asintomáticos de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f.

Enemigos naturales de la escama de San José *Quadraspidiotus perniciosus* Comstock (Diaspididae: Hemiptera) en árboles de aguacate criollo de Parras, Coahuila, México

Natural Enemies of San Jose scale *Quadraspidiotus perniciosus* Comstock (Diaspididae: Hemiptera) in Creole Avocado Trees of Parras, Coahuila, Mexico

Óscar Ángel Sánchez-Flores¹, Oswaldo García-Martínez^{1*}

¹Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Fax: (844) 4110228. E-mail: drogarcia@yahoo.com.mx [*Autor responsable].

RESUMEN

De enero a julio de 2013, se realizaron muestreos quincenales de una escama armada presente en hojas, ramillas y ramas de árboles de aguacate criollo, localizados en traspatios de casas de la ciudad de Parras de la Fuente, Coah., México, determinando que es *Quadraspidiotus perniciosus*; de esta escama emergieron adultos de los parasitoides afelinidos *Aphytis panicus* y *A. comparei* cuyo parasitismo natural promedio de ambas fue de 38.5%. También emergieron de la escama adultos de una especie de signíforidae del género *Signiphora*, desconociéndose si está actuando como parásito primario o hiperparásito en la escama. Además, se recolectó a los coccinélidos *Diomus debilis* y *Chilocorus cacti* depredadores de la escama. La fauna de enemigos naturales de *Q. perniciosus* es diversa y mantiene sus poblaciones a niveles que no están causando daños económicos.

Palabras clave: *Persea americana* var. *drymifolia*, escama armada, parasitoides, depredadores, Coahuila.

ABSTRACT

From January to July 2013, samplings of scale armored present in leaves, twigs and branches of creole avocado trees located in backyards of houses in the town of Parras, Coah., Mexico were taken twice a month, determining which is *Quadraspidiotus perniciosus*, these scales emerged adult parasitoids of afelinids *Aphytis hispanicus* and *A. comparei* averaging of both natural parasitism was 38.5%. Adults also emerged from a kind of flake signíforidae genera *Signiphora*, not knowing if it is acting as a primary parasite or hyperparasite in scale. Furthermore coccinellids *Diomus debilis* and *Chilocorus cacti* predators of scale were collected. The fauna of natural enemies of *Q. perniciosus* is diverse and keeps their populations at levels that are not causing economic damage.

Key words: *Persea americana* var. *drymifolia*, scale, parasitoids, predators, Coahuila.

sp. *radicis-lycopersici* W.R. Jarvis y Shoemaker en Sinaloa, México. Rev. Mex. Fitopatol. 22(1): 7-13.

ASCENCIO-ÁLVAREZ, A., A. López-Benítez, F. Borrego-Escalante, S. Rodríguez-Herrera, A. Flores-Olivas, F. Jiménez-Díaz y A.J. Gámez-Vázquez. 2008. Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. Rev. Mex. Fitopatol. 26(2): 114-120.

ASCENCIO-ÁLVAREZ, A., A. López-Benítez, F. Borrego-Escalante, S. Rodríguez-Herrera, A. Flores-Olivas, F. Jiménez-Díaz y A.J. Gámez-Vázquez. 2008. Marchitez vascular del tomate: II. Herencia de la resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en tres especies del género *Lycopersicon*. Rev. Mex. Fitopatol 26(2): 180-183.

FAO. 2012. FAOSTAT: Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentación (agosto de 2013). <http://faostat.fao.org>

GARDNER, E. 1988. Principios de Genética (Limusa, Ed.) (4th ed.,). México, D.F. 716 p.

GONZÁLEZ, P. 2006. Enfermedades del tomate. Marchitamiento vascular del tomate. Facultad de Agronomía, Unidad de Fitopatología. Montevideo, Uruguay. <http://>

www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Fusarium_tom.html

GRATTIDGE, R. and R. Brien. 1982. Occurrence of a third race of *Fusarium* wilt tomatoes in Queensland. Plant Disease 66(2): 165-166.

MARLATT, M., J. Correll and P. Kaufman. 1996. Two genetically distinct populations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 in the United States. Plant Disease 80(12): 1336-1342.

MCGRATH, D.J., D. Gillespie and L. Vawdrey. 1987. Inheritance of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* races 2 and 3 in *Lycopersicon pennellii*. Aust. J. Agric. Res. 38(4): 729-733.

SUMMERELL, B.A., R. Botanic, G. Sydney, N.S. Wales and J.F. Leslie. 2003. A Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. Plant Disease 87(2): 117-128.

VALENZUELA-Ureta, J.G., D.A. Lawn, R.F. Heisey and V. Zamudio-Guzman. 1996. First report of *Fusarium* wilt race 3, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* of tomato in Mexico. Plant Disease 80: 105.

WILLIAM, P.H. 1981. *Fusarium* Yellows, pp. 124-129. In Scencing Crucifers for Multiple Disease Resistance. P. H. Williams, Ed. University of Wisconsin.

INTRODUCCIÓN

En México se dan circunstancias ambientales y ecológicas que permiten la existencia de una amplia diversidad de tipos de aguacate (*Persea americana*), lo que propicia que sea el primer productor del mundo, ya que aporta aproximadamente 32% de la producción mundial; este fruto se ha incorporado a la dieta de muchos países, por lo que la producción se ha incrementado en 550 mil toneladas en los últimos años (Teliz y Nava, 2007).

Los árboles de aguacate son atacados por un complejo de plagas como barrenadores del hueso y ramas (Coleoptera: Curculionidae) (Soto, 2007), thrips (Thysanoptera: Thripidae), (Cambero, 2010), ácaros (Acarinae: Tetranychidae) (Soria, 1993), principalmente, así como otras especies consideradas plagas secundarias, a saber, lepidópteros defoliadores (Saturniidae, Papilionidae, Hesperidae), piojos harinosos (Hemiptera: pseudococcidae), agallas del follaje (Hemiptera: Psyllidae), periquitos (Hemiptera: Membracidae), mosquitas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae), escamas blandas (Hemiptera: coccidae) y escamas armadas (Hemiptera: Diaspididae). Las escamas armadas son abundantes en ramas, hojas y frutos; cuando las infestaciones son altas, secan las ramas y provocan la muerte del árbol. En el mundo se reportan 53 especies de escamas armadas que atacan al aguacate (Evans *et al.*, 2009), algunas de las cuales adquieren importancia económica cuando sus poblaciones son altas. En México, se ha reportado que existen las siguientes escamas armadas, *Hemiberlesia lataniae* (Signoret), *Diaspidococcus* Linchtenstein, *Acutaspis albopicta* Cockereli y a *H. rapax* (Comstock), tanto en Michoacán como en otros estados del centro. La *Mycetaspis personata* (Comstock) está presente en Nuevo León (Castellanos *et al.*, 2012).

En el sur de Coahuila se cultivan aguacates mexicanos criollos (*Persea americana* var. *drymifolia*) cuyos árboles crecen sin mayor asistencia técnica, pero son atacados por una gama de enfermedades e insectos a los que no se les aplican plaguicidas. En recolectas para obtener adultos de parasitoides afelinidos realizadas durante los últimos cinco meses de 2013, se detectó en aguacates de Parras, Coahuila, una escama armada desconocida, por lo que los objetivos que se plantearon para este trabajo fueron: determinar la especie de esta escama, conocer sus enemigos naturales y el porcentaje de parasitismo por afelinidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se concretó en campo durante los meses de enero a julio de 2013, en la ciudad de Parras, Coah., México, donde se realizaron muestreos cada 15 d para obtener escamas armadas de hojas, ramillas y ramas de aguacates criollos ubicados en los siguientes sitios: Calle Prolongación Arcos (antes barrio de la máquina vieja), Hotel Antigua Hacienda de Perote y San Lorenzo.

En cada muestreo, se consideraron dos o tres árboles por sitio para buscar escamas armadas e insectos predadores presentes en hojas, ramillas y ramas, principalmente adultos de Coccinellidae que tuvieran las escamas. Las hojas con escamas (cinco a ocho por árbol) se separaron de las ramas, luego se cortaron en trozos de tamaño adecuado para que cupieran en cajas petri que se sellaban en los cantos con plástico transparente. Las ramillas y trozos de ramas se colocaron en bolsas de papel de 1 kg; tanto las cajas petri como las bolsas de papel, se etiquetaron con la siguiente información: recolector, fecha, sitio, situación específica (hoja, ramilla, rama). Los adultos de Coccinellidae se tomaron directamente a mano y se colocaron vivos en cajas petri selladas y etiquetadas. Todo el material biológico obtenido fue trasladado el mismo día, al Laboratorio de Taxonomía de Insectos y Ácaros (LTIA) del Departamento de Parasitología Agrícola (DPA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Campus Buenavista, Saltillo, donde se procedió de la siguiente manera: las ramillas y ramas se sacaron de las bolsas de papel y se cortaron en pedazos y se pusieron en cajas petri, las cuales se sellaron y etiquetaron, y se dejaron en el laboratorio junto con las cajas petri que contenían hojas. Diariamente, con la ayuda de un microscopio estereoscópico, se observó cada caja petri para registrar la emergencia de adultos de parasitoides y machos de escamas, hecho lo cual, se abrían, y utilizando un pincel humedecido con alcohol etílico, se sacaban los adultos y se ponían en frasquitos con alcohol etílico a 75% etiquetados; hecho lo anterior, las cajas petri se volvían a sellar para continuar con la rutina antes mencionada hasta completar el proceso durante un mes.

Para determinar el porcentaje de parasitismo, se seleccionaron al azar 100 restos de ninfas de escamas de cada caja petri y con un microscopio estereoscópico se contó el número de escamas parasitadas (con orificio de emergencia redondeado) y las no parasitadas (sin orificio de emergencia). Con los datos

obtenidos, se estimó el porcentaje de parasitismo mediante la relación $(A/B) \times 100$, donde A se refiere al número de parasitoides emergidos y B al número total de ninfas.

Los adultos de parasitoides emergidos se montaron en porta y cubreobjetos con bálsamo de Canadá, siguiendo la técnica de Noyes (1982), con algunas variaciones sugeridas por la doctora Svetlana Nikolaevna, consistentes en poner una gota de aceite de clavo en el centro de un portaobjeto para colocar ahí al insecto y separar la cabeza y el tórax, sin desprender las antenas y las alas, luego agregar suficiente bálsamo de Canadá para cubrir al insecto y finalmente colocar el cubreobjetos. Los restos de ninfas de escamas se montaron en bálsamo de Canadá. Los adultos de Coccinellidae se mataron en alcohol etílico al 75% y luego se montaron en alfiler entomológico con triángulo. Para la identificación de géneros y especies de Aphelinidae se utilizaron las claves de Myartseva *et al.* (2010). Los especímenes de Signiphoridae fueron identificados a género con las claves de Woolley (1997). Los adultos de Coccinellidae se identificaron a género con las claves de Ross (2002), y el doctor Robert Gordon (jubilado) checó la especie de *Diomus*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La escama armada fue identificada como *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock) (Hemiptera: Diaspididae), comúnmente llamada escama de San José. El Cuadro 1 muestra que los himenópteros parasitoides determinados fueron *Aphytis hispanicus* y *Aphytis*

comparei (Hymenoptera: Aphelinidae), así como los depredadores *Diomus debilis* (LeConte) y *Chilocorus cacti* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae). También, aunque no se referencian en el Cuadro 1, estuvieron presentes *Delphastus pusillus* (LeConte) (Coleoptera: Coccinellidae) que prefiere alimentarse de huevecillos y ninfas de Aleyrodidae y *Signiphora* sp. (Hymenoptera: Signiphoridae).

Quadraspidiotus perniciosus es originaria de Asia y fue introducida a los Estados Unidos durante 1870 en árboles importados de China; está distribuida en Norte, Centro y Sudamérica, parte de Europa, Asia, África y Australia; es polífaga, ya que ataca aproximadamente a 150 especies de vegetales, incluyendo al álamo, chabacano, cerezo, ciruelo, durazno, almendro, manzano, peral, nogal, membrillo, entre otros; además de plantas ornamentales y forestales. Daña troncos, ramas, ramillas, hojas y frutos al succionar savia y obstruir estomas; debilita los árboles, seca el follaje, causa marchitamientos, reduce cosechas y deprecia frutos por la aureola que deja en los puntos donde se fijan las ninfas que miden 2 mm al igual que los adultos. El primer estadio ninfal es amarillo y móvil; una vez que se fija, forma el escudo y aumenta de tamaño hasta llegar a adulto con el escudo gris oscuro y anillos claros; el escudo está centrado y sin velo ventral, y al levantarlo se ve el cuerpo amarillo de las ninfas. El escudo de las hembras es circular y el de los machos es ovalado. Los machos adultos son alados, anaranjados, con una banda transversal oscura en el tórax. Invernan en troncos y ramas como ninfas de primer estadio; en primavera, las ninfas se mueven a ramas jóvenes,

Cuadro 1. Enemigos naturales de *Quadraspidiotus perniciosus* y porcentaje de parasitismo natural por Aphelinidae en aguacate criollo de Parras, Coahuila, México. 2013.

Escama	Depredadores	Parasitoides Aphelinidae	Parasitismo %
<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>	<i>Chilocorus cacti</i>	<i>Aphytis hispanicus</i>	36
	<i>Diomus debilis</i>	<i>Aphytis comparei</i>	41
2	2	2	38.5

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, 87149. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

en abril aparecen los primeros adultos que dan lugar a la primera generación de ninfas, en mayo-junio, recién emergidas son ovíparas y se desplazan hasta encontrar un lugar donde fijarse para alimentarse y formar su escudo hasta llegar a adultos, presentándose una segunda generación en julio y agosto, y una tercera de septiembre a noviembre, por lo que puede haber generaciones traslapadas. En México esta especie se reporta afectando al ciruelo (*Prunus domestica* L.), coma (*Bumelia* spp.), durazno (*Prunus persica* Sieb&Zucc), higuera (*Ficus carica* L.), manzano (*Pyrus malus* L.), peral (*Pyrus comunis* L.) y aguacate (*Persea americana* Mil) (García, 1973).

En Coahuila ataca a manzanos (Cabrera, 2010) en la Sierra de Arteaga, donde es controlada por la aplicación de plaguicidas que se dirigen a otras plagas, pero en huertas poco tecnificadas, la escama está presente.

En este estudio, se observó que las escamas ubicadas en ramas fueron más parasitadas que las que se encontraban en hojas, y además en ambos sustratos aumentó el número de escamas parasitadas en mayo y julio, es decir, cuando se presentó la primera generación que incrementó la población del huésped. Este es el primer registro de *Q. perniciosus* atacando aguacate en Coahuila, donde al parecer no está causando daños económicos importantes.

El género *Aphytis* Howard (Hymenoptera: Chalcidoidea: Aphelinidae) tiene distribución cosmopolita y sus especies son ectoparasitoides primarios de escamas, reportándose 130 en el mundo. En México, este género ha sido poco estudiado y sólo se conocen 20 especies, una de las cuales, *A. diaspidis*, ataca a *Q. perniciosus* (Myartseva et al., 2010).

En Coahuila no se ha reportado, a la fecha, ninguna especie del género *Aphytis*. En este trabajo se obtuvieron dos especies de este género parasitando a *Q. perniciosus*, y aunque la determinación a especie es muy difícil, con la clave de Myartseva et al. (2009) se identificaron como *Aphytis hispanicus* y *A. comparei*, por lo que es el primer reporte para el estado; ambas especies juntas promediaron 38.5% de parasitismo natural a *Q. perniciosus*. Wook y Heraty (2012) hicieron una revisión filogenética de los géneros de Aphelinidae generando una nueva clave de identificación e hipótesis filogenética para 16 géneros, de los cuales cuatro son nuevos. Este trabajo de revisión se hace en función de las aportaciones previas para la identificación, tanto de géneros como de especies en este grupo.

Chilocorus cacti, se ha utilizado en campañas de control biológico para las escamas *Asteroleca-*

nium postulans (Cockerell) y *Pseudaulacaspis pentagona* Targini, reportándose que depreda a *Unaspis citry* (Comstock) (escama de la nieve), *Aulascaspis tubercularis* Newstead (escama del mango) y *Comstockniella sabalis* (Comstock) (escama de la palma) (Vanegas, 2009), y *Diomus debilis* es un coccinélido depredador muy eficiente.

Delphastus pusillus depreda a todos los estadios de moscas blancas, aunque prefiere huevos y ninfas; además, larvas y adultos se alimentan de ninfas de Aleyrodidae parasitadas por *Encarsia formosa* y *Eretmocerus eremicus*. En Parras, los árboles de aguacate son atacados al menos por *Aleuropleurocelus affcaudata* y *Paraleyrodes minei*, aleirodidos que están siendo parasitados por *Eretmocerus perseae* y *Encarsia macula*, respectivamente, así que la presencia de *D. pusillus* es explicable.

De *Signiphora* Ashmead (Hymenoptera: Signiphoridae) se han descrito 37 especies en el mundo y 14 en la Región Neártica; son parásitos primarios o secundarios de Diaspididae, Aleyrodidae, Coccidae, Pseudococcidae y raro en otros Hemiptera. También parasitan pupas de Tachinidae y Drosophilidae (Woolley, 1997). En Annotated keys de los géneros de Neartic Chalcidoidea (Hymenoptera pp 693-699). En este estudio emergieron 15 adultos de *Signiphora* de *Q. perniciosus*, desconociéndose si están actuando como parásitos primarios o secundarios. La presencia de los coccinélidos *Chilocorus cacti*, *Diomus debilis* y *Delphastus pusillus*, así como de *Signiphora* (Signiphoridae) en aguacate de Parras, Coahuila, son nuevos reportes.

CONCLUSIONES

La escama de San José *Quadraspidiotus perniciosus* está presente en árboles de aguacate criollo (*Persea americana* var. *drymifolia*) en Parras de la Fuente, Coah., México, cuyas poblaciones están siendo reguladas bióticamente por enemigos naturales afelinidos (*Aphytis hispanicus* y *Aphytis comparei*) y coccinélidos (*Chilocorus cacti* y *Diomus debilis*). El parasitismo natural de los afelinidos a *Q. perniciosus* es de 38.5%. También emergió de la escama una especie parasitoide del género *Signiphora* (Signiphoridae) desconociéndose si está actuando como parásito primario o hiperparásito. Lo anterior muestra que la escama tiene una fauna de enemigos naturales diversa, que mantiene a sus poblaciones en niveles que hasta ahora no causan daños económicos.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por su apoyo económico para hacer posible la realización de este trabajo.

Al Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

A la Srita. Margarita Medellín, quien radica en Parras de la Fuente, por permitir recolectas en su propiedad.

Al Dr. Robert D. Gordon, por sus comentarios respecto al coccinélido *Diomus debilis*.

A la Dra. Myartseva Nikolaevna Svetlana y al Dr. Enrique Ruiz Cancino, por sus comentarios al presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- CABRERA, C., E.B. 2010. Dinámica poblacional, modelos de predicción y efectos de las acciones de control sobre la escama San José *Quadraspidiotus perniciosus* Comstock (Hemiptera: Diaspididae) en manzanos de Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 84 p.
- CAMBERO, C.O.J., R. Johansen, A. Retana, M.O. García, M. Cantú y C. Carvajal. 2010. Thrips (Thysanoptera) del aguacate (*Persea americana*) en Nayarit, México. Revista Colombiana de Entomología 36 (1): 47-51.
- CASTELLANOS, L.C., H.J. González, F.R. Lomeli, S.N. Myartseva, A.L. Ortega y A.S. Ochoa. 2012. Enemigos naturales de escamas armadas (Hemiptera: Diaspididae) en aguacate Hass en Michoacán, México. Revista Colombiana de Entomología 38 (1): 6-13.
- EVANS, G.A., W. Watson and D. Miller. 2009. A new species of armored scale (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) found on avocado fruit from México and a key to the species of armored scales found on avocado worldwide. Zootaxa 1991: 57-68.
- GARCÍA-Martell, C. 1973. Primera lista de insectos entomófagos de interés agrícola en México. Fitófilo, 26 (68): 1-41.

MYARTSEVA, S.N., E. Ruiz-Cancino y J.M. Coronado-Blanco. 2009. Identificación de los géneros de Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de México. pp. 935-939. En: Estrada-Venegas, E. (Ed.). Sociedad Mexicana de Entomología, Entomología Mexicana, volumen 8.

MYARTSEVA, S.N., E. Ruiz-Cancino y J.M. Coronado-Blanco. 2010. El género *Aphytis* Howard (Hymenoptera: Chalcidoidea: Aphelinidae) en México, clave de especies y descripción de una nueva especie. Dugesiana 17(1): 81-94.

NOYES, J.S. 1982. Collecting and preserving chalcid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea). Journal of Natural History 16: 315-334.

ROSS, H. Arnett, J.R. Michael, C. Thomas, Paul E. Skelley and J. Howard Frank. 2002. Keys to genera. American Beetles 2: 371-389. CRC Press. 880 p.

SORIA, M.J. 1993. Lista de insectos y ácaros perjudiciales a los cultivos en México. Monografía de Licenciatura UAAAN-Saltillo. 270 p.

SOTO, H.M. 2007. Picudos (Coleoptera: Curculionidae) presentes en huertos de aguacate Hass en Xalisco, Nayarit. Tesis de Maestría Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 85 p.

TELIZ, O.D. y D.C. Nava. 2007. El Aguacate y su Manejo Integrado, segunda edición. Mundí Prensa, S.A. de C.V., México D.F. 306 p.

VANEGAS, R., J.M. 2009. Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) y sus enemigos naturales en Tlanepantla, Morelos. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. 95 p.

WOOK, K. J. and J. Heraty. 2012. A phylogenetic analysis of the genera of Aphelininae (Hymenoptera: Aphelinidae), with a generic key and descriptions of new taxa. Systematic Entomology 37: 497-549.

WOOLLEY, J.B. 1997. Signiphoridae. pp. 693-699. En: Gibson, G.; Huber, J.; Woolley, J. (Eds.). Annotated keys to the genera of neartic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 794 p.

Producción y calidad de la leche en cabras murciano-granadina alimentadas con triticale hidropónico

Yielding and Quality of Milk in Murciano-Granadina Goats Fed with Hydroponics of Triticale

Humberto Sepúlveda-Palacios^{1*}, Fernando Ruiz-Zárate¹, Ramiro López-Trujillo², Alejandro Lozano-del Río³ y Marco Antonio Arellano-García⁴

Departamento de Producción Animal¹, Departamento de Nutrición Animal², Departamento de Fitomejoramiento³. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: humbertosp@hotmail.com (*Autor responsable). ⁴Centro de Investigación Regional Noreste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Saltillo. Blvd. Vito Alessio Robles 2565, Nazario S. Ortiz Garza, 25100, Saltillo, Coah., México.

RESUMEN

El estudio se realizó en el Campus Buenavista de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coah., México, del 12 de diciembre de 2012 al 14 de febrero de 2013. Se evaluó la producción y la calidad (acidez, proteína y grasa) de leche y el peso de cabras y crías, en cabras Murciana-Granadina alimentadas con triticale hidropónico, sustituyendo el heno de alfalfa en 0, 20 y 40%. En todos los tratamientos se proporcionó 30% de alimento concentrado (Apileche®). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, cada tratamiento estuvo compuesto por cinco cabras (n=5). No se encontraron diferencias (p>0.05) en la producción de leche, pero sí (p<0.0001) en la calidad: el testigo presentó la mayor acidez (2.05 °D), los tratamientos con sustitución de 20 y 40% de heno de alfalfa fueron estadísticamente iguales con 1.65 y 1.60 °D expresados al 10%. También hubo diferencias (p>0.05) en la acidez en relación con los muestreos: el primero fue el más bajo, con 1.60 °D; el segundo muestreo tuvo 1.78 °D; el cuarto, 1.80 °D, y el tercer muestreo, 1.88 °D. Los contenidos de proteína y grasa, así como el peso de las cabras no mostraron diferencias (p>0.05) entre tratamientos. En el peso de las crías, el testigo mostró el mayor peso (p<0.001) durante la prueba (10.03 kg), seguido del tratamiento con la suplementación de 40% de heno de alfalfa (8.85 kg), las crías alimentadas con la suplementación al 20% tuvieron el menor peso (7.85 kg). La sustitución de alfalfa por triticale hidropónico no aumentó la producción, ni los contenidos de proteína y grasa, pero sí afectó la calidad de la leche al bajar el nivel de acidez.

Palabras clave: *Capra hircus* L., triticale (*X. Triticosecale* Wittmack), producción de leche de cabra, acidez, peso.

ABSTRACT

This study was conducted in Campus Buenavista of Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in Saltillo, Coahuila., Mexico from 12 December 2012 to 14 February 2013. The production and quality of milk (acidity, protein and fat), goat and kidgoat weight of Murciano-Granadina goats fed with hydroponic triticale replacing alfalfa hay at 0, 20 and 40% were evaluated. In all treatments 30% of concentrated food (Apileche®) was provided. A completely randomized experimental design was used, each treatment consisted of five goats (n=5). No differences (p>0.05) in milk production were found, but if (p<0.0001) in quality: the control had the highest acidity (2.05 °D), treatment with replacement of 20 and 40% hay alfalfa were statistically equal to 1.65 and 1.60 °D expressed 10%. There were also differences (p>0.05) in acidity relative to the sampling time: the first was the lowest with 1.60 °D, the second sample was 1.78 °D, the fourth 1.80 °D and third sampling 1.88 °D. The contents of protein and fat, and the weight of the goats showed no difference (p>0.05) between treatments. The kidgoat weight of the control showed the highest weight (p<0.001) during the test (10.03 kg), followed by treatment with supplementation of 40% alfalfa hay (8.85 kg), kidgoats fed with supplementation of 20% had the lowest weight (7.85 kg). The replacement of alfalfa by hydroponic triticale did not increase the production, nor the contents of protein and fat, but it affected the quality of milk by lowering the level of acidity.

Key words: *Capra hircus* L., triticale (*X. Triticosecale* Wittmack), goat milk production, acidity, weight.

Recibido: Noviembre 2013 • Aprobado: Marzo 2014

INTRODUCCIÓN

La leche es considerada como un alimento fundamental en la dieta del ser humano, ya que es rica en gran cantidad de nutrientes esenciales como minerales, vitaminas y proteínas fácilmente digeribles que son de vital importancia para sostener las funciones corporales (Drewnowski y Fulgoni, 2008).

La producción de leche de cabra es una alternativa para muchos criadores de ganado a pequeña escala en zonas áridas. Algunos productores de cabras lecheras se han especializado en la pasteurización de la leche; otros, en la elaboración de productos lácteos procesados para su distribución al por menor.

Un aspecto primordial para la producción de leche, tanto en su cantidad como en su calidad, es la alimentación del ganado. Para que una cabra produzca buena leche, es necesario que tenga una alimentación óptima. En el norte de México, se ha tenido desabasto de forraje convencional en la última década, a consecuencia de fenómenos climatológicos, tales como sequías y heladas, lo cual ha afectado la producción agropecuaria (Rivera *et al.*, 2010).

La producción forrajera está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas, por lo que debe destacarse la diferencia estacional del clima como la principal causa que afecta la producción durante el año (Guevara *et al.*, 2002), por lo que es necesario aplicar nuevas formas de trabajo y utilizar correctamente los recursos (Mena *et al.*, 2007).

Ante estas problemáticas, el cultivo de forraje por hidroponía se presenta como una solución, ya que con este sistema los cultivos tienen un rápido crecimiento, gastan menos agua, no erosionan la tierra y no dependen de las condiciones climáticas.

El objetivo de esta investigación fue comparar los parámetros de producción y calidad de la leche de cabra alimentada con una dieta tradicional contra una dieta adicionada con forraje verde hidropónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se llevó a cabo en los corrales de producción ovino-caprina del Campus Buenavista, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la ciudad de Saltillo, Coah., México, a una altitud de 1800 msnm, con coordenadas geográficas 25° 20' 50.32" LN y 101° 01' 50.03" LO.

Tiempo

El periodo de adaptación al forraje verde hidropónico (FVH) fue de 12 d y el periodo experimental de 65 d, comprendiendo del 12 de diciembre de 2012 al 14 de febrero de 2013.

Alimentación por tratamiento

Las dietas de los animales estuvieron compuestas por los siguientes alimentos en diferentes proporciones: heno de alfalfa, triticale hidropónico y concentrado Apileche®.

Muestreos

La separación entre muestreos fue de dos semanas, con excepción del último cuya separación fue de una semana. La noche anterior al muestreo se separaba a las crías de las cabras, al día siguiente por la mañana se pesaban las crías (peso 1) y luego se amarraban a las chivas para dejar que mamaran durante un lapso de media hora. Al terminar este tiempo, se tomaba a las

crías y se volvían a pesar (peso 2). De la diferencia entre ambos pesos (peso 2 - peso 1), se obtuvieron los datos de consumo (individual de cada cría) y producción de leche (aumento de peso de las crías). Los muestreos de leche para su análisis de calidad, se llevaron a cabo al comenzar el experimento, a la mitad, una semana antes del final y al finalizar el mismo, siendo cuatro muestras de leche por tratamiento. Para cada muestreo se combinaba en una botella de plástico la leche de las cinco cabras que componían un tratamiento.

La leche se analizó para cuantificar los siguientes parámetros de calidad: acidez —por medio de los grados Dornic (°D)—; grasa —a través de la prueba de Gerber—; proteína —por medio de la prueba de Walker.

También se determinó el cambio de peso de las cabras. Los pesajes se realizaron en las mismas fechas en que se tomaron las muestras para la calidad de leche.

Producción de triticale hidropónico

Durante el experimento se produjo el FVH de Triticale en un túnel del Departamento de Horticultura.

Estructura

Se usaron cinco bastidores de fierro de 2m x 1m. Se alinearon en el túnel y se colocaron dos mangueras de riego de 17 mm. En cada línea de riego se instalaron 30 microaspersores (seis por línea por bastidor). La línea de riego fue conectada a una línea directa de la bomba de ½ caballo de fuerza, la cual se alimentaba de un tinaco de 1,100 litros.

Riego

Se realizaron seis riegos durante el día: 9 am, 11 am, 12, 13, 14 y 16 pm, con una duración de 1 min por riego, regando alrededor de 800 mL de agua.

Siembra

Para cada siembra se tomaron 8 kg de semilla de triticale, se pusieron a remojar a las 7 pm en una tina llena de agua, y se esterilizaron con 10 mL de cloro; 12 horas después, se vació el agua y se extendió la semilla en una lona durante 2 h y después se colocaron en las charolas (2 kg de semilla seca por charola), ahí recibieron el primer riego.

Cosecha

La cosecha se realizó a los 12 d después de cada siembra; se sacaron las charolas con el FVH desarro-

llado y se ofreció a las cabras de manera completa, conforme a su respectiva ración.

Diseño experimental

Se utilizaron 15 cabras de la raza Murciano-Granadina al pico de la lactancia, agrupadas en tres tratamientos (n=5). Para el acomodo de los tratamientos se usó como parámetro de distribución el peso, equilibrando el peso total entre tratamientos. Se utilizó un diseño completamente al azar y los datos se analizaron con el programa SAS 9.1 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de leche

No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Este resultado concuerda con lo reportado por Marsico *et al.* (2009), quienes no encontraron diferencias estadísticas en la producción de leche de cabras alimentadas con avena hidropónica comparada con una alimentación tradicional. A pesar de que no hubo diferencias estadísticas, podemos apreciar que el T2 (20% triticale hidropónico) mostró una mayor cantidad de leche producida, lo que podría sugerir una mejora en la producción de leche con un bajo porcentaje de forraje hidropónico en la dieta. García *et al.* (2013) encontraron diferencias significativas en la producción de leche de cabras alimentadas con forraje hidropónico de maíz ($p < 0.05$). Además, compararon el maíz hidropónico en dos niveles (15 y 30%) tomando como alimento base el heno de alfalfa, contra una alimentación a base de heno de alfalfa y vaina de mezquite. El tratamiento 2 (30% de maíz hidropónico) fue estadísticamente superior a los otros dos para el parámetro de producción de leche.

Las cabras presentaron el pico de la lactancia entre los 54 y 62 d, lo cual discrepa de los datos obtenidos por León *et al.* (2007), en el que cabras Murciano-Granadina de tercer parto, presentan el pico de lactancia a los 47 d.

Calidad de leche

Acidez. El análisis estadístico probó que existen diferencias ($p < 0.0001$) entre tratamientos y tiempo de muestreo. Las diferencias estadísticas de acidez entre los tratamientos que incluyeron triticale hidropónico en la dieta contra el testigo, demuestra que la inclusión del triticale hidropónico ayuda a disminuir la acidez en la leche. La sustitución de alfalfa por

Cuadro 1. Ingredientes en los tratamientos de cabras alimentadas con una dieta tradicional y una dieta adicionada con forraje verde hidropónico.

Tratamiento	Heno de alfalfa	Triticale hidropónico %	Concentrado Apileche®
1	79	9	30
2	50	20	30
3	30	40	30

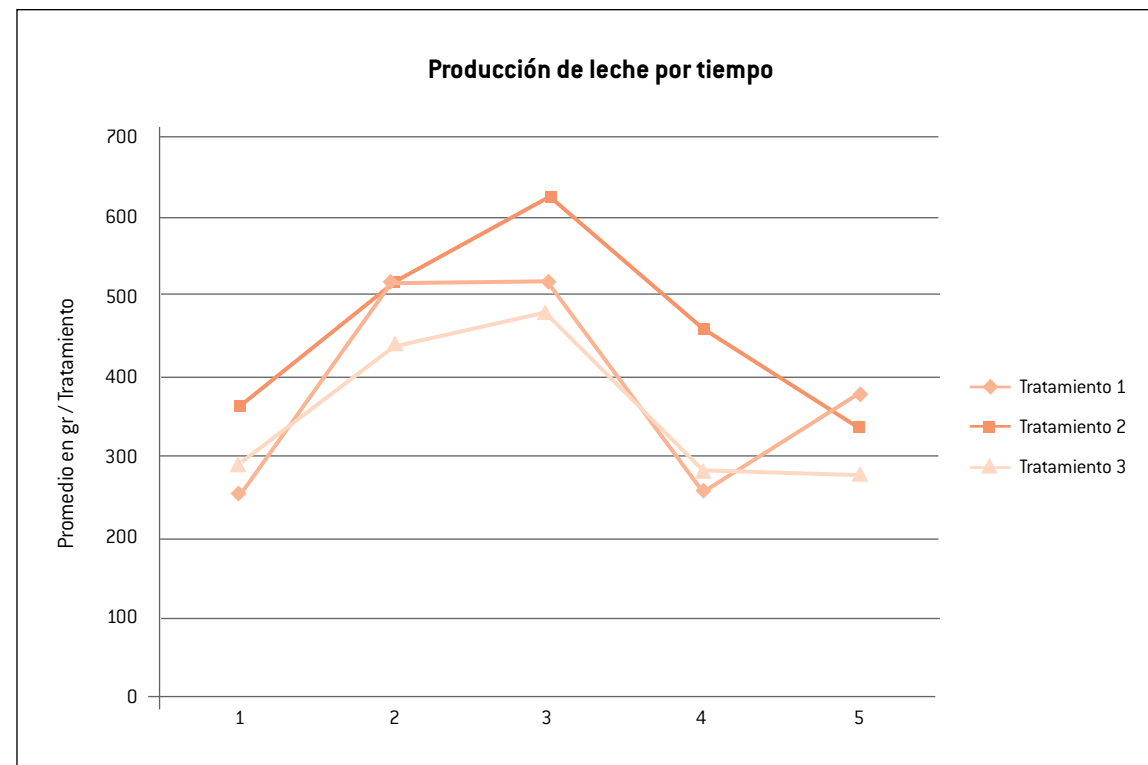


Figura 1. Producción de leche a lo largo del periodo experimental de cabras alimentadas con una dieta tradicional y una dieta adicionada con forraje verde hidropónico.

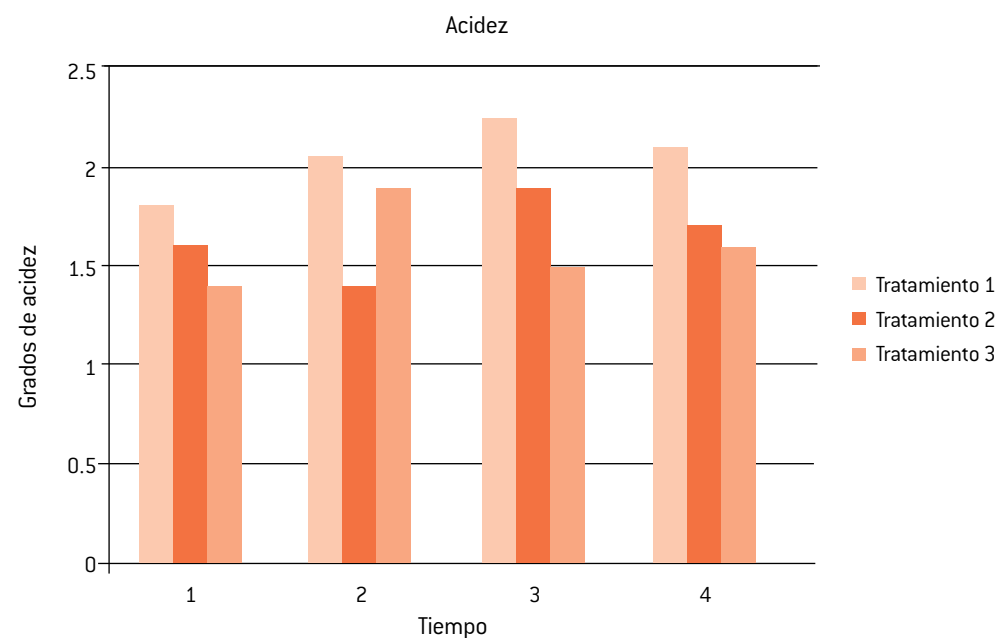


Figura 2. Comparación gráfica de la acidez entre tratamientos a lo largo de los muestreos en cabras alimentadas con una dieta tradicional y una dieta adicionada con forraje verde hidropónico.

triticale hidropónico afectó la calidad de la leche al bajar el nivel de acidez.

En los primeros dos muestreos se observó un menor grado de acidez. Según el análisis estadístico ($p < 0.0001$), el primer muestreo tuvo menor acidez con 1.60°D , mientras que el segundo alcanzó 1.78°D . Ambos muestreos se tomaron antes del pico de la lactancia, lo que demuestra que la leche posee menor grado de acidez en la primera fase de muestreo. El cuarto muestreo tuvo 1.80°D , mientras que el tercero fue el más alto con 1.88°D .

Proteína. El testigo tuvo el mayor porcentaje de proteína en leche; sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. En cuanto al contenido de proteína, los resultados de este experimento fueron superiores al 3% reportado por Vega *et al.* (2005), en un experimento en el que se sometieron cabras lecheras a una alimentación a base de heno de alfalfa suplementadas con maíz

hidropónico en tres niveles (0, 15 y 30%). García *et al.* (2013) reportan contenidos de proteína de 3.54 a 3.68%, mientras que el contenido más bajo de proteína para nuestras cabras fue de 3.87% en el testigo y de 4.62% en el tratamiento con suplementación de 20% de heno de alfalfa.

Grasa. Con la suplementación de 40% de heno de alfalfa se obtuvo el mayor contenido de grasa, aunque tampoco se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Cabe resaltar el alto contenido de grasa de los tres tratamientos, pues en la literatura se menciona que la leche de cabra de la raza Murciano-Granadina tiene un porcentaje de grasa de hasta 6% (Durán, 2007). García *et al.* (2013) reportan que con maíz hidropónico en un nivel de 15%, se obtuvieron mejores niveles de grasa ($p < 0.05$) que con un 30% de vaina de mezquite. Aunque el valor más alto fue de 4.42%, inferior a lo producido por nuestras cabras.

Cuadro 2. Calidad de la leche de cabras alimentadas con una dieta tradicional y una dieta adicionada con forraje verde hidropónico.

	Testigo	SHA 20%	SHA 40%
Producción de leche (g)*	387.2 a	460.8 a	354 a
Acidez **	2.05° a	1.65° b	1.60° b
Proteína (%)	4.625 a	3.875 a	4.325 a
Grasa (%)	6.812 a	6.750 a	6.987a

Suplementación del 20% de heno de alfalfa: SHA 20%; suplementación del 40% de heno de alfalfa: SHA 40%.

*Promedio en gramos por tratamiento a lo largo del periodo experimental.

**Los grados de acidez están expresados en °D al 10% o mg de ácido láctico en 1 litro de leche.

Cuadro 3. Peso de cabras (kg) alimentadas con una dieta tradicional y una dieta adicionada con forraje verde hidropónico.

	Testigo	SHA 20%	SHA 40%
Peso de las cabras	37.14 a	33.41a	34.63 a
Peso de las crías	10.03 a	7.85 b	8.85 ab

Suplementación de 20% de heno de alfalfa: SHA 20%; suplementación de 40% de heno de alfalfa: SHA 40%.

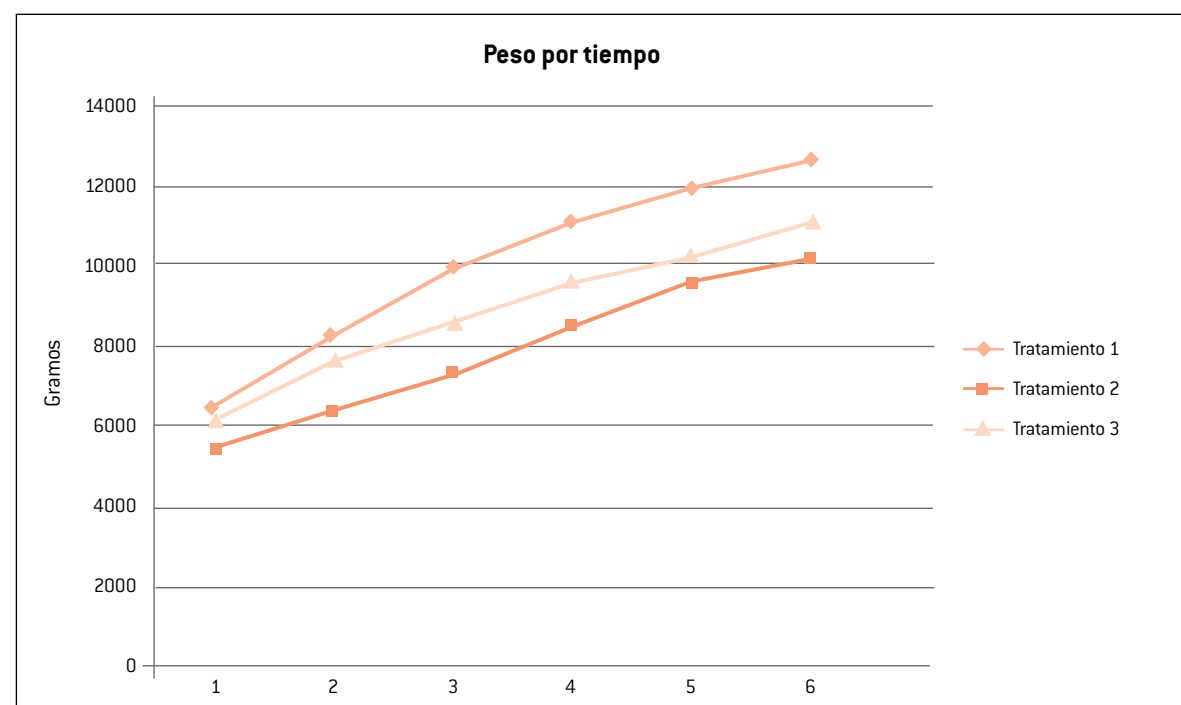


Figura 3. Incrementos de peso de las crías por tiempo en cabras alimentadas con una dieta tradicional y una dieta adicionada con forraje verde hidropónico.

Pesos de las cabras. No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Además, los promedios de peso de las cabras se mantuvieron en la misma posición, el testigo tuvo un peso de 40.6 kg; las cabras alimentadas con suplementación de 20% de heno de alfalfa, de 34.9 kg, y las alimentadas con suplementación de 40% de heno de alfalfa, de 35.2 kg. En un experimento para evaluar ganancias diarias de peso (GDP) en la sustitución de alfalfa por triticale hidropónico, Garcieras (2011) encontró que a medida de que el nivel de forraje hidropónico aumentaba en las raciones (15, 30 y 45%), las ganancias diarias de peso disminuyeron ($p = 0.0025$).

Pesos de las crías. Se encontraron diferencias ($p < 0.001$) entre tratamientos. El testigo obtuvo un mejor peso seguido de las crías de cabras alimentadas con suplementación de 40% de heno de alfalfa y, por último, las crías de cabras con 40% de suplementación de heno. En la Figura 3, se muestra el promedio del peso por tratamientos durante el periodo experimental. El testigo, que fue el más pesado al inicio, terminó con el mayor incremento de peso.

CONCLUSIONES

La sustitución de heno de alfalfa por triticale hidropónico no constituye una mejora en la producción y calidad de la leche de cabras Murciano-Granadina a excepción de la acidez. El triticale hidropónico probó reducir los grados de acidez mejorando la calidad de la leche.

LITERATURA CITADA

- DREWNOWSKI, A. and V. Fulgoni. 2008. Nutrient profiling of foods: creating a nutrient-rich food index. *Nutr. Rev.* 66: 23-39.
- DURÁN, R.F. 2007. Manual de explotación y reproducción en caprinos. Grupo Latino Editoriales. 1ª. ed. 688 p.
- GARCÍA, C.M., P.L. Salas, R.J.R. Esparza, R.P. Preciado y P.J. Romero. 2013. Producción y calidad fisicoquímica de leche en cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agron. Mesoam.* 24(1): 169-176.
- GARCIERAS, B.F. 2011. Cambios de peso de cabras alimentadas con forraje verde hidropónico de Triticale (X Tri-

ticosecale Wittm.) al final de la lactancia. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 28-35.

GUEVARA, R., R. Ruiz, G. Guevara, L. Curbelo, C. Parra y E. Canino. 2002. Análisis integrado de los factores del suelo, la planta y el animal en pastoreo racional intensivo. *Pastos y Forrajes Cuba.* 25(2): 107-114.

LEÓN, J.M., J. Quiroz, J. Pleguezuelos, E. Martínez y J.V. Delgado. 2007. Curva de lactación para el número de lactación en cabras Murciano-Granadina. *Arch. Zootec.* 56 (1): 641-646.

MARSICO, G., E. Micera, S. Dimatteo, F. Minuti, A. Vicenti and A. Zarilli. 2009. Evaluation of animal welfare and milk production of goat fed on diet containing hydroponically germinating seeds. *J. Animal Sci.* 8(2): 625-627.

MENA, C.M., V.J.A. Bertot, B.R. Avilés, V.R. Guevara, V.G. Guevara y M. de O.R. Vázquez. 2007. Estacionalidad en la producción de leche en un rebaño bovino. *Rev. Prod. Animal.* 19(1): 9-12.

RIVERA, A., M. Moronta, E.M. González, D. González Perdomo, D.E. García y G. Hernández. 2010. Producción de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Trop.* 28: 33-41.

VEGA, S., R. Gutiérrez, G. Díaz, M. González, A. Ramírez, J. Salas, M. Coronado y G. González. 2005. Leche de Cabra: Producción, composición y aptitud industrial. *Rev. Carnilac Industrial.* 20: 9-18.

Segregación transgresiva en familias $F_{2:7}$ de triticales

Transgressive Segregation in $F_{2:7}$ Triticale Families

José Luis Velasco-López¹, Alejandro Javier Lozano-del Río^{1*}, Víctor Manuel Zamora-Villa¹,
Modesto Colín-Rico¹, Luis Ibarra-Jiménez² y Juan Plutarco Munguía-López²

¹Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Tel.: [844] 4 110254. E-mail: jlozrio@uaaan.mx; ajlozanodelrio@yahoo.com [*Autor responsable]. ²Centro de Investigación en Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna 140, 25250, Saltillo, Coah., México.

RESUMEN

La segregación transgresiva en plantas autógamas es importante para la derivación de nuevas variedades con mejores características. El objetivo de esta investigación fue evaluar la segregación transgresiva en 26 familias $F_{2:7}$ de triticales, provenientes de diferentes cruces entre progenitores femeninos de hábito primaveral e intermedio y un progenitor masculino común de hábito invernal para características de producción de biomasa de hojas, biomasa total y rendimiento de grano, bajo tres ambientes, e identificar las familias que confieran una mayor productividad bajo estrés ambiental. Se realizaron análisis de varianza individuales por ambiente y combinados entre ambientes, además de sus correspondientes pruebas de comparación de medias para cada una de las variables estudiadas, utilizando la prueba de Tukey a una probabilidad ($p < 0.05$). Se realizaron análisis de contrastes ortogonales entre las familias y sus progenitores. Los análisis de varianza mostraron diferencias ($p < 0.01$) y ($p < 0.05$) entre tratamientos para biomasa total y rendimiento de grano en los tres ambientes. El análisis combinado registró diferencias estadísticas en ambientes y tratamientos para las tres variables, la prueba de medias entre ambientes también registró diferencias en las tres variables y la prueba de medias combinada entre tratamientos no registró diferencias estadísticas para la biomasa de hojas. Los análisis de contrastes por familias registraron poca diferencia contra sus progenitores; sin embargo, hubo familias que presentaron más de 50% de genotipos transgresivos, algunos genotipos mostraron transgresión positiva en base a su mejor progenitor para las tres variables y mantuvieron su transgresión en los tres ambientes. Así se concluye que la segregación transgresiva ocurre en familias avanzadas $F_{2:7}$ de triticales para estas variables y es una herramienta importante para el mejoramiento de este cultivo bajo estrés ambiental, además de que las cruces entre materiales primaverales y tardíos permite la ocurrencia de transgresivos positivos.

Palabras clave: Triticales, familias, mejor progenitor, transgresión positiva.

ABSTRACT

Transgressive segregation in self-pollinated plants is important for the derivation of new varieties with better characteristics. The objective of this research was to evaluate the transgressive segregation in 26 families $F_{2:7}$ triticales from different female parents of crosses between spring and intermediate habit and a common male ancestor of winter habit, for production traits leaf biomass, total biomass and grain yield under three environments and to identify families that confer increased productivity under environmental stresses. Analysis of individual and combined environment variance between environments and mean comparison tests were conducted for each variable, using the Tukey test at ($p < 0.05$) probability. Analysis of orthogonal contrast between families and parents groups were done. The analysis of variance showed differences ($p < 0.01$) and ($p < 0.05$) between treatments for total biomass and grain yield in the three environments. The combined analysis showed statistical differences in environments and treatments for the three variables, the mean test environments also showed differences between the three variables and the mean test between combined treatments did not register differences for leaf biomass. The contrast analysis registered little differences between families and parents; however, there were families who had more than 50% of transgressive genotypes, which showed positive transgression based on their best parent for the three variables and maintained their transgression across the three environments. We conclude that the transgressive segregation occurs in advanced families $F_{2:7}$ of triticales for these variables and it is an important tool for the improvement of this crop under environmental stress furthermore, crosses between spring and late materials allows the occurrence of positive transgressive.

Key words: Triticales, families, best parent, positive transgression

Recibido: Diciembre 2013 • Aprobado: Abril 2014

INTRODUCCIÓN

En el mejoramiento de plantas autógamas se busca obtener nuevas variedades a partir de cruzamientos entre progenitores que generen características importantes como: un alto potencial en rendimiento tanto en grano como en biomasa, resistencia y tolerancia a factores bióticos/abióticos y con ciclos cortos. Estas características dependerán de la frecuencia de alelos complementarios presentes en las líneas progenitoras y de la capacidad del mejorador de realizar las cruzas más convenientes para seleccionar genotipos superiores (Yadav *et al.*, 1998).

En poblaciones segregantes, las características cuantitativas presentan una distribución normal. Algunos individuos o un grupo de ellos, pueden estar presentes en los extremos superior o inferior de la media de la distribución. A este fenómeno, en el que ciertos individuos presenten superioridad en una o más características diferentes respecto a sus progenitores y el resto de la población, se le conoce como segregación transgresiva (Grant, 1978; De Vicente y Tanksley, 1993).

La ocurrencia de transgresión es común en las plantas, ya que diversos caracteres han exhibido transgresión, en un mayor porcentaje a características morfológicas (65%), mientras que el resto se divide entre los diferentes caracteres como fertilidad, fisiología, ciclo de vida, tolerancia a estrés biótico y abiótico (Jinksy Ponni, 1980). En cruzas realizadas en diversos cultivos agrícolas se ha reportado transgresión en características agronómicas que son difíciles de mejorar como rendimiento de grano. Choo *et al.* (1986) reportaron que 1.7% de líneas evaluadas rindieron más que sus progenitores más rendidores. Surma (1996) reportó resultados similares donde 1.4% fue superior al mejor progenitor.

La explotación de segregantes transgresivos que superen al mejor progenitor ha sido considerada una valiosa herramienta en cereales autógamas como el cultivo de avena (Cowen y Frey, 1987); arroz (Mao *et al.*, 2011) y trigo de primavera (Yadav *et al.*, 1992). Así la estrategia del mejorador es encontrar y poder manipular la variación genética transgresiva que puede ser utilizada para mejorar características importantes en los cultivos agrícolas.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la segregación transgresiva en 26 familias $F_{2:7}$ provenientes de diferentes cruzas entre progenitores femeninos de hábito primaveral e intermedio y un progenitor masculino común de

hábito invernal, para características de producción de biomasa de hojas, biomasa total y rendimiento de grano, bajo tres condiciones ambientales diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Zaragoza, Coah., México, ubicado entre las coordenadas 28° 36' 25" LN y 100° 54' 35" LO del meridiano de Greenwich, con una altitud de 335 msnm.

El material genético utilizado fueron 26 familias $F_{2:7}$ de triticale forrajero y sus progenitores, consistiendo de 11 familias originadas de la cruza AN-123 x ABT, seis familias de la cruza AN-125 x ABT, cuatro familias de la cruza AN-137 x ABT, tres familias de la cruza AN-38 x ABT y una familia de las cruzas Eronga x ABT y AN-105 x ABT, respectivamente. Los genotipos evaluados fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la UAAAN (Cuadro 1).

El establecimiento de los experimentos consistió en las labores normales para acondicionar el suelo para un buen desarrollo de las plantas, esto es, barbecho, rastreo doble y nivelación.

Los experimentos de campo fueron conducidos de la siguiente manera, donde se evaluaron los genotipos bajo tres diferentes ambientes: 1) Irrigación normal (riegos a la siembra, amacollamiento, inicio de embuche, floración y llenado de grano, con fertilización); 2) Irrigación normal sólo hasta floración, con fertilización; 3) Irrigación normal, con un corte para forraje en la etapa de inicio de encañe y posterior evaluación para grano con fertilización (Cuadro 2). El riego se aplicó por gravedad en los tres ambientes en la localidad de Zaragoza, Coah., México.

El tamaño de las parcelas en los tres ambientes consistió de seis surcos de 5 m de largo por 30 cm entre hileras (9.0 m²). Durante el desarrollo del experimento se presentó incidencia de roya de la hoja (*Pucciniare condita*), por lo cual se tomaron lecturas en los materiales evaluados; sin embargo, no se realizó control químico.

El diseño experimental utilizado fueron bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento en cada uno de los tres ambientes. Se realizaron análisis de varianza individuales por ambiente y combinados entre ambientes. Se efectuaron pruebas de comparación de medias por ambiente y el combinado entre

Cuadro 1. Material genético utilizado en la evaluación de la segregación transgresiva en 26 familias $F_{2:7}$ de triticale provenientes de diferentes cruzas entre progenitores femeninos de hábito primaveral e intermedio y un progenitor masculino común de hábito invernal durante los ciclos otoño-invierno 2012-2013 y verano 2013.

Trat	Variedad	Cruza	Origen LV-11-12	Trat	Variedad	Cruza	Origen LV-11-12
1	AN-2-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V1	18	AN-65-2010	Eronga x ABT	TCL2-V3
2	AN-3-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V2	19	AN-80-2010	AN-137 x ABT	TCL2-V9
3	AN-8-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V5	20	AN-82-2010	AN-137 x ABT	TCL2-V10
4	AN-12-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V6	21	AN-83-2010	AN-137 x ABT	TCL2-V11
5	AN-13-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V7	22	AN-90-2010	AN-137 x ABT	TCL2-V14
6	AN-24-210	AN-123 x ABT	TCL1-V10	23	AN-101-2010	AN-38 x ABT	TCL2-V15
7	AN-28-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V12	24	AN-102-2010	AN-38 x ABT	TCL2-V16
8	AN-31-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V14	25	AN-107-2010	AN-38 x ABT	TCL2-V19
9	AN-33-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V15	26	AN-123-2010	AN-105 x ABT	TCL2-V25
10	AN-34-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V16	27	AN-123 ♀		Progenitor
11	AN-39-2010	AN-123 x ABT	TCL1-V19	28	AN-125 ♀		Progenitor
12	AN-42-2010	AN-125 x ABT	TCL1-V20	29	AN-137 ♀		Progenitor
13	AN-49-2010	AN-125 x ABT	TCL1-V22	30	AN-38 ♀		Progenitor
14	AN-50-2010	AN-125 x ABT	TCL1-V23	31	AN-105 ♀		Progenitor
15	AN-55-2010	AN-125 x ABT	TCL1-V25	32	Eronga 83 ♀		Progenitor
16	AN-60-2010	AN-125 x ABT	TCL1-V27	33	ABT ♂		Progenitor
17	AN-61-2010	AN-125 x ABT	TCL1-V28				

* Familias $F_{2:7}$; ♀: progenitores femeninos; ♂: progenitor masculino.

Cuadro 2. Condiciones de los ambientes en la evaluación de la segregación transgresiva en 26 familias $F_{2:7}$ de triticale provenientes de diferentes cruzas entre progenitores femeninos de hábito primaveral e intermedio y un progenitor masculino común de hábito invernal.

Ambiente	Fecha de siembra	Fertilización total	Número de riegos	Lámina total (incluyendo precipitación)
1	13-12-2012	167-00-00	5	79.2
2	13-12-2012	167-00-00	4	67.2
3	13-11-2012	237-00-00	6	89.2

ambientes para cada una de las variables estudiadas, utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se realizaron análisis de contrastes ortogonales entre las familias y sus correspondientes progenitores, tanto femenino como masculino, así como con el progenitor medio.

Las variables registradas fueron: rendimiento de grano (RG), el cual se registró en gramos por parcela a un 13% de humedad y se transformó a toneladas por hectárea; biomasa de hojas (BH) ésta se determinó en cada unidad experimental, cortando 0.60 m de un surco interno con competencia completa, y de la muestra de forraje verde, se separaron las hojas de cada muestra, secándolas y pesándolas en gramos por parcela, el valor obtenido se transformó posteriormente a toneladas por hectárea; biomasa total (BT) que consistió en la suma de los pesos de las variables biomasa de hojas, biomasa de tallos y biomasa de espigas con grano que se transformó a toneladas por hectárea. La transgresión de cada familia se comparó con el del mejor progenitor con la fórmula $T = [(Fn - MP) / MP] * 100$, donde: T = % de transgresión, Fn = Media de la familia, MP = Media del mejor progenitor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza individual para los tres ambientes, y muestra que

los tratamientos registraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) para la BT, mientras que el RG mostró diferencia ($p \leq 0.01$) en los ambientes uno y tres, para el ambiente uno sólo se observó diferencia ($p \leq 0.05$) y para la BH únicamente diferencia ($p \leq 0.01$) en el ambiente tres.

El análisis de varianza combinado entre ambientes (Cuadro 4) indica que los tres ambientes presentaron efectos en las variables evaluadas y nos permite seleccionar a los tratamientos más sobresalientes, ya que registraron diferencias ($p \leq 0.01$) para los tres ambientes en las tres variables evaluadas. Los tratamientos registraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) para RG, BT, y diferencias ($p \leq 0.05$) para la BH, lo que significa que los tratamientos mostraron diferencias en sus comportamientos en los ambientes. Para las interacciones ambiente por tratamiento se registraron diferencias ($p \leq 0.01$) en el RG y la BT, por lo que se puede afirmar que existió efecto de los ambientes sobre los tratamientos.

La prueba de comparación de medias (Cuadro 5) indica que existieron diferencias entre los tres ambientes para RG y BT. El ambiente dos registró diferencias en la BH de los ambientes uno y tres. De esta manera, los ambientes muestran efectos para seleccionar genotipos sobresalientes para las variables evaluadas.

El análisis combinado de la prueba de medias entre tratamientos (Cuadro 6) señala al tratamiento

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables rendimiento de grano, biomasa de hojas y biomasa total.

FV	GL	RG	Ambiente			RG	BH	BT	RG	BH	BTMF
			1	2	3						
Rep	2	0.302 ^{ns}	0.242 ^{ns}	2.325 ^{ns}	0.486 ^{ns}	0.250 ^{ns}	5.620 ^{ns}	0.472 ^{ns}	0.711 ^{ns}	28.758 ^{ns}	
Trat	32	0.619*	0.591 ^{ns}	34.050**	0.670**	0.539 ^{ns}	19.713**	0.374**	0.832**	49.812**	
Error	64	0.382	0.735	15.794	0.314	0.414	9.371	0.173	0.376	14.363	
Total	98										
Media		3.133	2.864	21.868	2.574	2.269	16.617	2.366	3.014	19.024	
C.V (%)		19.7	29.9	18.1	22.7	28.3	18.4	17.6	20.3	19.9	

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total; FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; ns: no significativo, * diferencias ($p \leq 0.05$) y ** ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Cuadro 4. Cuadrados medios de los análisis de varianza combinado entre ambientes para las variables evaluadas.

FV	GL	RG	BH	BT
Amb	2	15.563**	15.362**	683.988**
Amb*Rep	6	0.420 ^{ns}	0.401 ^{ns}	12.231 ^{ns}
Trat	32	1.019**	0.776*	54.601**
Amb*Trat	64	0.322**	0.593 ^{ns}	24.487**
Error	192	0.290	0.508	13.176
Total	296			
Media General		2.691	2.715	19.169
C.V (%)		20.0	26.2	18.9

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total; FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; ns: no significativo, * diferencias ($p \leq 0.05$) y ** ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Cuadro 5. Comparación de medias por ambientes para las variables rendimiento de grano, biomasa de hojas y biomasa total.

Ambiente	RG	BH	BT
1	3.133 ^a	2.864 ^a	21.868 ^a
2	2.574 ^b	2.269 ^b	16.617 ^c
3	2.366 ^c	3.014 ^a	19.024 ^b
Valor Turkey	0.202	0.240	1.143

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total. Tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales al nivel de probabilidad [$p \leq 0.05$].

30 como el de mayor rendimiento, superando en 67% al tratamiento 22, que presentó el rendimiento más bajo. La BH no mostró diferencias estadísticas en ningún tratamiento. El tratamiento 20 produjo la mayor BT, 64% superior al tratamiento 31 que registró el valor más bajo.

El análisis de los contrastes ortogonales (Cuadro 7) indica que la mayor parte de las familias no mostró diferencias estadísticas al compararlas con sus respectivos progenitores, lo cual significa que los genotipos que representan a sus respectivas familias,

no mostraron diferencias respecto a sus progenitores. Con algunas excepciones, como la familia 38, que registró diferencias ($p \leq 0.05$) al compararla con su progenitor femenino para RG en los ambientes uno y dos.

En el ambiente tres, donde se detectó diferencia contra su progenitor masculino, la misma familia registró diferencias en la BT únicamente en el ambiente uno, pero en ninguno de los ambientes mostró diferencias con su progenitor femenino, quien fue el mejor progenitor para las dos variables (Cuadro 10).

Cuadro 6. Comparación de medias entre variedades del análisis combinado entre ambientes de las variables rendimiento de grano, biomasa de hojas y biomasa total.

Trat	RG	BH	BT
1	2.605 ^{bcde}	2.874 ^a	19.807 ^{abcdef}
2	2.211 ^{cde}	3.185 ^a	19.067 ^{abcdef}
3	2.591 ^{abcde}	2.829 ^a	17.955 ^{abcdef}
4	2.590 ^{abcde}	2.577 ^a	23.415 ^{ab}
5	3.097 ^{bcd}	2.682 ^a	20.252 ^{abcdef}
6	2.745 ^{bcde}	3.229 ^a	20.933 ^{abcdef}
7	3.345 ^{ab}	2.696 ^a	19.981 ^{abcdef}
8	2.485 ^{bcde}	3.196 ^a	22.952 ^{abc}
9	2.479 ^{cde}	2.682 ^a	15.437 ^{ef}
10	2.917 ^{bcde}	2.282 ^a	17.319 ^{bcdef}
11	2.758 ^{abcde}	2.829 ^a	16.000 ^{def}
12	2.979 ^{abcde}	2.681 ^a	15.541 ^{ef}
13	2.506 ^{bcde}	2.815 ^a	20.065 ^{abcdef}
14	2.111 ^e	2.916 ^a	22.230 ^{abcd}
15	2.124 ^{de}	2.667 ^a	17.215 ^{bcdef}
16	2.267 ^{cde}	2.459 ^a	20.000 ^{abcdef}
17	2.679 ^{abcde}	2.756 ^a	20.537 ^{abcdef}
18	2.755 ^{abcde}	3.007 ^a	20.874 ^{abcdef}
19	2.768 ^{abcde}	2.548 ^a	21.904 ^{abcde}
20	3.186 ^{abc}	2.807 ^a	24.396 ^a
21	2.432 ^{bcde}	2.785 ^a	21.356 ^{abcdef}
22	2.101 ^e	2.533 ^a	17.363 ^{bcdef}
23	2.740 ^{abcde}	2.977 ^a	21.245 ^{abcdef}
24	2.885 ^{abcde}	2.696 ^a	19.489 ^{abcdef}
25	2.692 ^{abcde}	2.977 ^a	15.463 ^{ef}
26	2.772 ^{abcde}	3.166 ^a	17.689 ^{bcdef}
27	2.647 ^{abcde}	2.755 ^a	17.111 ^{bcdef}
28	2.736 ^{abcde}	2.015 ^a	16.663 ^{bcdef}
29	2.710 ^{abcde}	2.574 ^a	18.148 ^{abcdef}
30	3.512 ^a	2.222 ^a	18.920 ^{abcdef}
31	3.151 ^{abc}	2.668 ^a	14.845 ^f
32	2.784 ^{abcde}	2.267 ^a	20.070 ^{abcdef}
33	2.454 ^{bcde}	2.267 ^a	18.370 ^{abcdef}
Valor Tukey	0.978	1.296	6.597

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total. Tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales al nivel de probabilidad ($p \leq 0.05$).

No se observó transgresión positiva en base a su mejor progenitor en ninguna de las dos variables. Lo contrario ocurrió en la familia Eronga vs su progenitor femenino que registró diferencia ($p \leq 0.01$) en el ambiente tres para la BH, y aunque no se observó diferencia con su progenitor masculino, quien fue el mejor progenitor, lo superó en 34%; además se registró diferencia ($p \leq 0.05$) para la BT que de igual manera con 23% superó a su mejor progenitor masculino y ($p \leq 0.05$) para RG en el ambiente uno de igual manera superó en 5% a su progenitor masculino más rendidor (Cuadro 10).

Asimismo, la familia 137 mostró diferencia ($p \leq 0.05$) en comparación con su progenitor femenino para la BT en los ambientes uno y tres, aunque no tuvo diferencia con su progenitor masculino, quien fue el mejor progenitor, la familia mostró superioridad de 10% en el ambiente uno y 16% en el ambiente tres (Cuadro 10).

La familia 123 fue diferente ($p \leq 0.01$) a su progenitor femenino únicamente en el ambiente tres para la BH, aunque no mostró diferencias con su progenitor masculino quien fue el mejor progenitor en los contrastes. La familia fue superior en 19% a su mejor progenitor.

La familia-105 contra su progenitor femenino presentó diferencia ($p \leq 0.05$) para la misma variable, pero no contra su progenitor masculino que fue el mejor progenitor, además de no mostrar superioridad

en ningún grado a su mejor progenitor (Cuadro 10).

Los contrastes del análisis combinado (Cuadro 8) muestran familias que difieren de sus progenitores, ya que se encontraron diferencias ($p \leq 0.01$) en la comparación de la familia-38 versus su progenitor femenino para RG, la cual no superó a su progenitor femenino que fue más rendidora (Cuadro 9).

La BHMF mostró diferencias ($p \leq 0.01$) en el contraste entre las familias-123 versus progenitor femenino, ya que sólo superó en 1% a su progenitor masculino que fue el progenitor superior. Asimismo, se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre las familias-137 con su progenitor femenino; sin embargo, no superaron a su progenitor masculino que fue el progenitor superior (Cuadro 9).

Las familias-137 mostraron diferencias ($p \leq 0.05$) con su progenitor femenino y masculino en BT, quienes fueron superiores en 6% a su progenitor femenino, que fue el mejor progenitor para esta variable, observándose segregación transgresiva positiva en este análisis combinado para esta familia (Cuadro 9). Las familias-125 comparadas con su progenitor femenino registraron diferencia ($p \leq 0.05$) para BT, pero no mostraron superioridad respecto a su mejor progenitor (Cuadro 9). De esta manera es claro que algunas familias presentan transgresión positiva para las características evaluadas, datos similares reportó Surma (1996) en rendimiento.

Cuadro 7. Contrastes ortogonales y significancia estadística entre las familias y sus progenitores para las variables evaluadas.

Ambiente 1				
FV Familias	GL	RG (CM)	BH (CM)	BT (CM)
123 vs 123	1	0.097 ^{ns}	3.776 ^{ns}	15.468 ^{ns}
123 vs ABT	1	0.249 ^{ns}	0.156 ^{ns}	10.215 ^{ns}
125 vs 125	1	0.928 ^{ns}	0.474 ^{ns}	55.295 ^{ns}
125 vs ABT	1	0.132 ^{ns}	0.036 ^{ns}	1.044 ^{ns}
Eronga vs Eronga	1	0.721 ^{ns}	0.026 ^{ns}	0.358 ^{ns}
Eronga vs ABT	1	0.046 ^{ns}	1.434 ^{ns}	0.026 ^{ns}
137 vs 137	1	0.078 ^{ns}	0.363 ^{ns}	97.292*
137 vs ABT	1	0.018 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	18.968 ^{ns}

Cuadro 7. continuación

Ambiente 1				
FV Familias	GL	RG (CM)	BH (CM)	BT (CM)
38 vs 38	1	2.139*	0.284 ^{ns}	104.956*
38 vs ABT	1	0.015 ^{ns}	0.039 ^{ns}	3.082 ^{ns}
105 vs 105	1	0.420 ^{ns}	0.295 ^{ns}	0.106 ^{ns}
105 vs ABT	1	0.173 ^{ns}	0.074 ^{ns}	37.835 ^{ns}
Ambiente 2				
123 vs 123	1	0.054 ^{ns}	0.016 ^{ns}	6.215 ^{ns}
123 vs ABT	1	0.083 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.523 ^{ns}
125 vs 125	1	1.164 ^{ns}	0.056 ^{ns}	5.531 ^{ns}
125 vs ABT	1	0.071 ^{ns}	0.027 ^{ns}	1.142 ^{ns}
Eronga vs Eronga	1	1.233*	1.306 ^{ns}	35.201 ^{ns}
Eronga vs ABT	1	0.048 ^{ns}	0.000 ^{ns}	17.116 ^{ns}
137 vs 137	1	0.187 ^{ns}	1.101 ^{ns}	3.987 ^{ns}
137 vs ABT	1	0.054 ^{ns}	0.007 ^{ns}	25.261 ^{ns}
38 vs 38	1	1.437*	0.639 ^{ns}	34.682 ^{ns}
38 vs ABT	1	0.226 ^{ns}	0.359 ^{ns}	5.549 ^{ns}
105 vs 105	1	0.168 ^{ns}	0.011 ^{ns}	22.943 ^{ns}
105 vs ABT	1	0.351 ^{ns}	0.074 ^{ns}	11.760 ^{ns}
Ambiente 3				
FV	GL	RG (CM)	BH (CM)	BT (CM)
123 vs 123	1	0.058 ^{ns}	4.231**	33.823 ^{ns}
123 vs ABT	1	0.241 ^{ns}	0.769 ^{ns}	4.231 ^{ns}
125 vs 125	1	0.409 ^{ns}	0.381 ^{ns}	83.109*
125 vs ABT	1	0.341 ^{ns}	1.584 ^{ns}	24.830 ^{ns}
Eronga vs Eronga	1	0.023 ^{ns}	4.054**	65.776*
Eronga vs ABT	1	0.450 ^{ns}	1.183 ^{ns}	27.306 ^{ns}
137 vs 137	1	0.092 ^{ns}	1.577 ^{ns}	58.679*
137 vs ABT	1	0.467 ^{ns}	1.409 ^{ns}	2.136 ^{ns}
38 vs 38	1	0.443 ^{ns}	0.110 ^{ns}	1.441 ^{ns}
38 vs ABT	1	0.692*	1.283 ^{ns}	2.150 ^{ns}
105 vs 105	1	0.110 ^{ns}	1.850*	28.453 ^{ns}
105 vs ABT	1	0.025 ^{ns}	0.426 ^{ns}	0.047 ^{ns}

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total; FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; ns = no significativo, * diferencias ($p \leq 0.05$) y ** ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Cuadro 8. Contrastes ortogonales entre las familias y sus progenitores, combinado entre ambientes para las variables evaluadas.

Cuadrados medios				
FV Familias	GL	RG	BH	BT
123 vs 123	1	0.034 ^{ns}	5.679**	49.954 ^{ns}
123 vs ABT	1	0.546 ^{ns}	0.586 ^{ns}	11.907 ^{ns}
125 vs 125	1	0.656 ^{ns}	0.009 ^{ns}	67.219*
125 vs ABT	1	0.0007 ^{ns}	0.508 ^{ns}	16.679 ^{ns}
Eronga vs Eronga	1	0.003 ^{ns}	0.356 ^{ns}	0.830 ^{ns}
Eronga vs ABT	1	0.408 ^{ns}	0.004 ^{ns}	28.210 ^{ns}
137 vs 137	1	0.055 ^{ns}	2.819*	80.363*
137 vs ABT	1	0.203 ^{ns}	0.525 ^{ns}	70.022*
38 vs 38	1	3.691**	0.119 ^{ns}	3.318 ^{ns}
38 vs ABT	1	0.685 ^{ns}	1.244 ^{ns}	2.331 ^{ns}
105 vs 105	1	0.645 ^{ns}	1.074 ^{ns}	36.403 ^{ns}
105 vs ABT	1	0.456 ^{ns}	0.141 ^{ns}	2.090 ^{ns}

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total; FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; ns = no significativo, * diferencias ($p \leq 0.05$) y ** ($p \leq 0.01$), respectivamente.

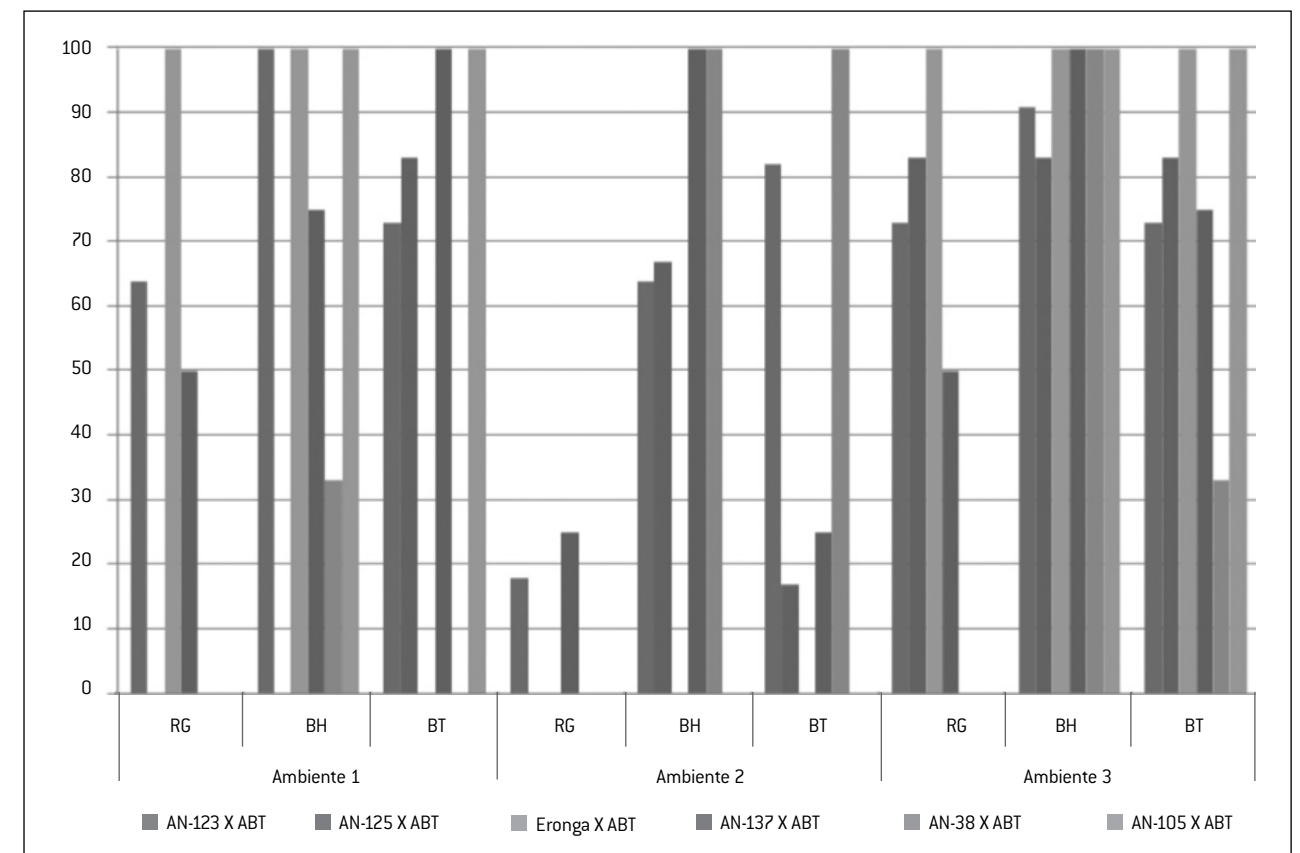


Figura 1. Segregación transgresiva de las diferentes cruces (%). RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total.

La Figura 1 muestra las frecuencias de genotipos transgresivos positivos que representan cada cruza, esto es: genotipos que superan al mejor progenitor. Las cruzas representadas por un solo genotipo y que superan a su mejor progenitor representan el 100% de transgresivos positivos, tal es el caso de la cruza Eronga X ABT y la AN-105 X ABT, que aunque mostraron transgresión positiva en las tres variables, no mantuvieron la transgresión en los tres ambientes. La cruza AN-123 X ABT, representada

por 11 genotipos, mostraron entre 15% y 100% de transgresivos positivos y estuvieron presentes en los tres ambientes para las tres variables evaluadas.

La cruza AN-137 X ABT, formada por cuatro genotipos, mostró una frecuencia de transgresivos positivos entre 25% y 100%, presentes en algún grado en los tres ambientes y para las tres variables.

La cruza AN-125 X ABT, que fue representada por seis genotipos, mostró un rango de 15%-83% de transgresivos positivos para BT, también presentó

más de 80% de transgresivos positivos para BH en los ambientes 2 y 3, pero no presentó transgresivos positivos en el ambiente 1.

Finalmente, la cruza AN-38 X ABT, que estuvo representada por tres genotipos, mostró 32% de transgresivos positivos en el ambiente uno y 100%

Cuadro 9. Valores por cruza, progenitor medio y mejor progenitor combinado entre ambientes para las variables evaluadas.

Medias			
FV	RG	BH	BT
AN-123 x ABT	2.711	2.823	19.374
Progenitor medio	1.819	1.707	11.338
Mejor progenitor	♀ 2.647	♀ 2.755	♂ 18.370
AN-125 x ABT	2.397	2.707	19.010
Progenitor medio	1.759	1.814	11.148
Mejor progenitor	♀ 2.736	♂ 2.267	♂ 18.370
Eronga x ABT	2.679	2.756	20.537
Progenitor medio	1.871	1.726	11.793
Mejor progenitor	♀ 2.710	♀ 2.574	♂ 18.370
AN-137 x ABT	2.903	2.787	22.391
Progenitor medio	1.717	1.731	11.403
Mejor progenitor	♀ 3.512	♂ 2.267	♀ 18.920
AN-38 x ABT	2.424	2.765	19.988
Progenitor medio	1.936	1.888	11.907
Mejor progenitor	♀ 3.151	♀ 2.668	♂ 18.370
AN-105 x ABT	2.885	2.696	19.489
Progenitor medio	1.706	1.779	10.430
Mejor progenitor	♀ 2.784	♂ 2.267	♀ 20.070

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total; FV: fuente de variación; ♀: progenitores femeninos; ♂: progenitor masculino.

Cuadro 10. Valores por cruza, progenitor medio y mejor progenitor por ambiente para rendimiento de grano y biomasa de hoja y total (t ha⁻¹).

Cruza	RG Ambiente			BH			BT		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
AN-123 x ABT	3.303	2.525	2.307	3.216	2.210	3.074	23.124	15.770	19.229
Progenitor medio	3.058	2.508	2.086	2.511	2.156	2.222	21.289	14.800	17.133
Mejor progenitor	♀ 3.114	♀ 2.666	♀ 2.161	♂ 2.978	♂ 2.178	♂ 2.578	♂ 21.511	♂ 15.333	♂ 18.267
AN-125 x ABT	2.775	2.184	2.376	2.859	2.281	3.169	20.967	16.000	20.827
Progenitor medio	3.188	2.603	1.994	2.794	2.156	2.778	19.172	16.400	16.978
Mejor progenitor	♀ 3.376	♀ 2.857	♂ 2.011	♀ 3.289	♂ 2.178	♀ 2.978	♂ 21.511	♀ 17.467	♂ 18.267
Eronga x ABT	3.177	2.531	2.559	2.000	2.178	3.467	21.378	18.711	22.533
Progenitor medio	2.742	2.894	2.222	2.422	2.644	2.200	21.456	19.117	17.089
Mejor progenitor	♂ 3.001	♀ 3.438	♀ 2.433	♂ 2.978	♀ 3.111	♂ 2.578	♀ 21.867	♀ 23.556	♂ 18.267
AN-137 x ABT	2.914	2.500	2.453	2.800	2.233	3.294	23.831	18.578	21.356
Progenitor medio	3.048	2.565	2.134	2.778	1.867	2.556	19.733	17.600	17.444
Mejor progenitor	♀ 3.094	♀ 2.780	♀ 2.257	♂ 2.978	♂ 2.178	♂ 2.578	♂ 21.511	♀ 19.867	♂ 18.267
AN-38 x ABT	3.085	2.667	2.566	2.930	2.578	3.333	22.004	16.904	17.289
Progenitor medio	3.531	2.908	2.511	2.913	2.111	2.844	24.402	14.156	17.378
Mejor progenitor	♀ 4.060	♀ 3.467	♀ 3.010	♀ 3.467	♂ 2.178	♀ 3.111	♀ 29.511	♂ 15.333	♂ 18.267
AN-105 x ABT	3.341	2.834	2.142	2.756	2.400	3.111	16.489	18.133	18.444
Progenitor medio	3.436	2.759	2.213	2.644	2.333	2.289	18.867	14.778	16.178
Mejor progenitor	♀ 3.871	♀ 3.169	♀ 2.414	♂ 2.978	♀ 2.489	♂ 2.578	♂ 21.511	♂ 15.333	18.267

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total; ♀: progenitores femeninos; ♂: progenitor masculino

de transgresivos positivos en los ambientes dos y tres para BH, también presentó transgresivos positivos en BT en el ambiente tres con 32% y el ambiente dos con 100%, pero no presentó ningún transgresivo en el ambiente 1 para esta variable. De esta manera, se observó que existen transgresivos para características morfológicas y para estrés abiótico (déficit de humedad), lo cual concuerda con Jinks y Pooni (1980) que mencionan que diversos caracteres pueden exhibir transgresión, incluyendo tolerancia a estrés biótico/abiótico, como fue el caso en este estudio.

De lo anterior se puede observar que existieron genotipos superiores a su mejor progenitor y que mantuvieron su transgresión en los tres ambientes, tal fue el caso del tratamiento 7 de la cruza AN-123 X ABT y el tratamiento 20 de la cruza AN-137 X ABT que superaron su mejor progenitor en los tres ambientes y en las tres variables evaluadas (Cuadro 11). También se observó que los tratamientos 1 y 5 de la cruza AN-123 X ABT mostraron transgresivos positivos para BH y BT, que mantuvieron su transgresión positiva en los tres ambientes (Cuadro 11). En total,

17 de los 26 tratamientos tuvieron mayor transgresión positiva en BH y BT; además, un promedio de nueve tratamientos mostraron transgresión positiva en RG. De esta manera es claro que la transgresión positiva en comparación con el mejor progenitor es importante en el mejoramiento de triticale, como lo es en otros cultivos autógamos, como documentan Cowen y Frey (1987), Mao *et al.* (2011) y Yadav *et al.* (1992).

CONCLUSIONES

La segregación transgresiva positiva ocurrió con frecuencia en las familias de triticale, por lo tanto, es posible la derivación de líneas superiores de esas familias, lo cual es una valiosa herramienta en el mejoramiento del triticale en el norte de México, principalmente para fines forrajeros. En todas las cruza evaluadas, la frecuencia de familias segregantes transgresivos positivos fue menor para rendimiento de grano; sin embargo, se identificaron familias con un adecuado comportamiento para esta variable, principalmente para condiciones de restricciones de humedad.

LITERATURA CITADA

Choo, T.M., A. Kotecha, E. Reinbergs, L.S.P. Song and S.O. Fejer. 1986. Diallel analysis of grain yield in barley using doubled haploid lines. *Plant Breed.* 97: 129-137.

Cowen, N.M., and K.J. Frey. 1987. Relationships between three measures of genetic distance and breeding behavior in oats (*Avena sativa* L.). *Genome* 29: 97-106.

De Vicente, M.C. and S.D. Tanksley. 1993. QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* 134: 585-596.

Grant, V. 1978. *Genetics of Flowering Plants*. Columbia University Press, New York. 514 p.

Jinks, J.L. and H.S. Pooni. 1980. Comparing predictions of mean performance and environmental sensitivity of recombinant inbred lines based upon F3 and triple test cross families. *Heredity* 45: 305-312.

Mao, D., T. Liu, C. Xu, X. Li X. and Y. Xing. 2011. Epistasis and complementary gene action adequately account for the genetic bases of transgressive segregation of kilo-grain weight in rice. *Euphytica* 180: 261-271.

Surma, M. 1996. Biometric-genetic analysis of quantitative traits of hybrids and doubled haploid lines of spring barley. *Treatises and Monographs*. No. 3, Institute of Plant Genetics PAS, Poznan: 110.

Yadav, B., B. Ram, S.K. Sethi and O.P. Luthra. 1992. Genetics of field resistance and transgressive segregation to leaf rust of wheat (*Triticumaestivum* L. em. Thell.). *Cereal Res. Comm.* 20: 41-48.

Yadav, B., B. Ram, S.K. Sethi and O.P. Luthra. 1992. Genetics of field resistance and transgressive segregation to leaf rust of wheat (*Triticumaestivum* L. em. Thell.). *Cereal Res. Comm.* 20: 41-48.

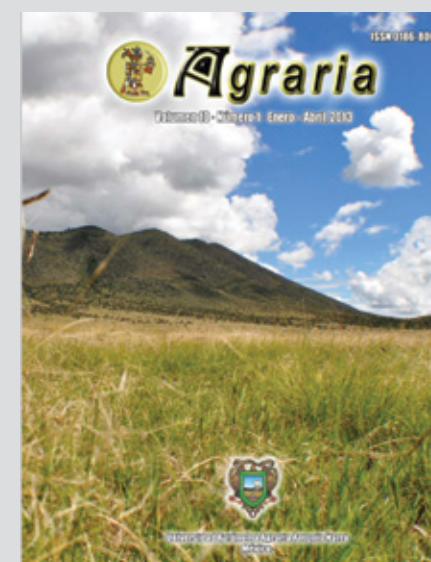
Yadav, B., C.S. Tyagi and D. Singh. 1998. Genetics of transgressive segregation for yield and yield components in wheat. *Ann. Appl. Biol.* 133: 227-235.

Cuadro 11. Segregación transgresiva en base al mejor progenitor.

Trat 1	Ambiente 1 RG	Ambiente 2 BH	Ambiente 2 BT	RG	BH	BT	RG	BH	BT
1	-1.177	47.826	12.869	-9.087	16.667	5.919	7.147	66.667	28.333
2	-12.344	67.391	-3.165	-16.007	27.083	30.530	-22.931	83.333	13.611
3	0.464	52.174	0.844	-12.005	0.000	3.115	6.427	73.810	11.944
4	-1.819	41.304	29.114	-15.632	-14.583	29.283	14.087	78.571	58.611
5	29.183	78.261	2.532	22.593	22.917	25.545	-7.352	83.333	32.778
6	5.780	54.348	24.684	-23.051	-29.167	1.246	33.728	83.333	56.389
7	32.144	63.043	10.338	33.139	33.333	17.134	9.717	102.381	27.222
8	0.535	56.522	46.835	-15.632	-29.167	13.084	-3.907	78.571	51.389
9	-4.816	54.348	-5.274	-18.966	-8.333	-11.215	7.044	-7.143	-14.444
10	11.488	73.913	13.291	-0.333	8.333	-10.592	21.337	40.476	-4.167
11	7.100	41.304	-8.228	-3.210	12.500	11.838	9.203	47.619	-20.556
12	-3.621	-13.514	-8.122	-11.824	22.917	-17.303	60.146	0.000	2.550
13	-11.126	-20.270	22.843	-19.020	29.167	-14.504	11.580	31.343	35.694
14	-31.797	-10.811	46.701	-34.967	-20.833	-9.415	10.062	13.433	79.887
15	-28.440	-14.865	24.365	-23.493	-6.250	-10.178	-10.343	7.463	-5.666
16	-16.557	-18.919	27.919	-33.683	6.250	-11.450	5.734	11.940	41.076
17	-15.273	0.000	45.178	-18.359	10.417	12.468	43.901	13.433	44.759
18	27.919	7.143	-2.236	-26.374	-30.000	-20.566	5.160	90.244	41.620
19	4.632	5.172	26.485	-9.512	37.143	-4.474	13.146	49.123	45.722
20	2.693	20.690	58.416	24.301	20.000	8.277	29.641	33.333	50.535
21	-5.135	-8.621	32.673	-23.141	17.143	-10.738	-1.428	35.088	36.364
22	-25.566	43.103	24.257	-31.894	100.000	-19.016	-6.647	10.526	-13.636
23	-34.756	-35.897	-25.753	-22.885	21.739	55.479	-3.691	8.571	39.892
24	-13.903	-7.692	-6.175	-21.987	23.913	33.904	-18.346	2.857	-18.329
25	-23.372	12.821	-37.500	-24.295	32.609	1.370	-22.222	10.000	-7.008
26	-13.691	19.231	1.644	-10.554	-3.571	27.500	-11.275	55.556	30.915

RG: rendimiento de grano; BH: biomasa de hojas; BT: biomasa total

Publicaciones en 2013



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, Buenavista, 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





- 41** Relación entre poliembrionía, apomixis y xenia en maíces poliembriónicos: evaluación en plántula
Polyembryony, Apomixis and Xenia Relationship in Polyembryonic Maize: Seedlings Evaluation
Marselino Celestino Avendaño-Sánchez, José Espinoza-Velázquez, Raúl Rodríguez-Herrera, Humberto de León-Castillo
- 49** Reacción de materiales genéticos de *Solanum* spp. a las razas 2 y 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y posible control genético de la resistencia a la raza 3
Reaction of Genetic Materials of *Solanum* spp. to Races 2 and 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and Possible Genetic Control of Resistance to Race 3
José Antonio Negrete-Ledesma, Alfonso López-Benítez, Fernando Borrego-Escalante, José Espinoza-Velázquez
- 55** Enemigos naturales de la escama de San José *Quadraspidiotus perniciosus* Comstock (Diaspididae: Hemiptera) en árboles de aguacate criollo de Parras, Coahuila, México
Natural Enemies of San Jose scale *Quadraspidiotus perniciosus* Comstock (Diaspididae: Hemiptera) in Creole Avocado Trees of Parras, Coahuila, Mexico
Óscar Ángel Sánchez-Flores, Oswaldo García-Martínez
- 61** Producción y calidad de la leche en cabras murciano-granadina alimentadas con triticale hidropónico
Yielding and Quality of Milk in Murciano-Granadina Goats Fed with Hydroponics of Triticale
Humberto Sepúlveda-Palacios, Fernando Ruiz-Zárata, Ramiro López-Trujillo, Alejandro Lozano-del Río y Marco Antonio Arellano-García
- 69** Segregación transgresiva en familias $F_{2,7}$ de triticale
Transgressive Segregation in $F_{2,7}$ Triticale Families
José Luis Velasco-López, Alejandro Javier Lozano-del Río, Víctor Manuel Zamora-Villa, Modesto Colín-Rico, Luis Ibarra-Jiménez y Juan Plutarco Munguía-López

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.

