

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO.**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Segregación Transgresiva en Familias F_{2:6} de Triticale (X *Triticosecale*
Wittmack) en Cuatro Ambientes del Estado de Coahuila, México**

Por:

NOÉ FELIPE VICTORIANO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo Coahuila, México. Octubre de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Segregación Transgresiva en Familias F_{2:6} de Triticale (X *Triticosecale*
Wittmack) en Cuatro Ambientes del Estado de Coahuila, México

Por:

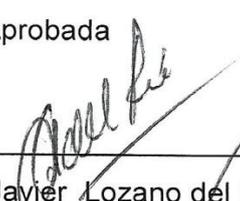
NOÉ FELIPE VICTORIANO

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada



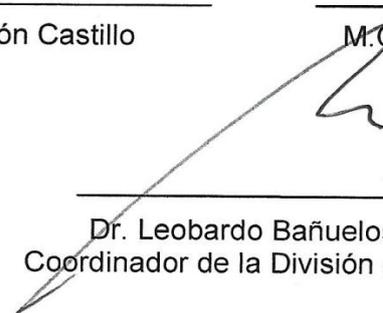
Dr. Alejandro Javier Lozano del Río
Asesor Principal



Dr. Humberto de León Castillo
Coasesor



M.C. Modesto Colín Rico
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México. Octubre de 2012

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Marcos Felipe Marín

Por su ejemplo de trabajo, entrega y espíritu de superación, además del apoyo incondicional a lo largo de toda mi formación profesional.

María Guadalupe Victoriano Álvarez

Quien también dedicó tiempo y esfuerzo, por su apoyo moral y comprensión en los momentos difíciles de mi formación y de la vida.

A MIS HERMANOS:

A todos mis hermanos por brindarme el apoyo necesario para lograr mis metas, en especial a mi hermana Rosa quién siempre me dió esperanzas y estuvo conmigo en cada momento.

CON CARIÑO ESPECIAL PARA:

Para todos mis compañeros y amigos de la UAAAN, generaciones CXIII y CXIV; así como aquellos que no forman parte de esta casa de estudios, de quienes adquirí conocimientos y estrategias nuevas para una formación más integral; por estar conmigo en todo momento y haber compartido esfuerzos para las metas en común, por su apoyo y amistad gracias; a mis maestros quienes con su esfuerzo constante hicieron posible terminar mi licenciatura.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por haberme permitido llegar a este nivel.

A MI ALMA MATER,

Por darme la oportunidad de terminar mi carrera profesional, de quien siempre estaré orgulloso y agradecido por haberme dado las herramientas necesarias para enfrentar los retos en mi vida.

Al Dr. A. Javier Lozano del Río, por haberme permitido trabajar en un proyecto de tesis para culminar con mi preparación académica.

Al Dr. Humberto de León Castillo, por su colaboración para el buen término de este trabajo y por aceptar ser parte del jurado calificador.

Al MC. Modesto Colín Rico por su colaboración en este trabajo y aceptar ser parte del jurado calificador.

A mis amigos, compañeros y familiares por estar conmigo en todo momento, a todos ellos gracias; de igual forma a quienes de forma indirecta contribuyeron en cada una de las etapas de mi formación como Agrónomo. Dios bendiga a todos ellos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	li
CONTENIDO.....	lii
ÍNDICE DE CUADROS.....	Iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	Vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos generales y específicos.....	1
Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Generalidades del cultivo de triticale.....	3
Tipos de triticale forrajero.....	4
Utilización.....	5
Heterosis.....	5
Generalidades.....	5
Heterosis en triticale.....	6
Segregación transgresiva.....	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
Localización de los sitios experimentales.....	11
Rancho “Las Vegas”.....	11
Clima.....	12

Características del suelo.....	12
Campo Agrícola Experimental de la UAAAN. En Zaragoza, Coahuila.....	12
Clima.....	12
Características del suelo.....	13
Establecimiento del experimento y labores de cultivo.....	13
Material genético utilizado.....	14
Tamaño de la parcela experimental.....	15
Fechas de siembra.....	15
Fertilización.....	15
Riegos.....	16
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	16
Diseño experimental usado en campo.....	16
Muestreo temprano para forraje.....	16
Evaluación para grano.....	17
Tamaño de parcela útil.....	17
Cosecha.....	17
Variables registradas.....	17
Evaluación para producción de forraje.....	17
Evaluación para producción de grano.....	18
Análisis estadísticos.....	20
Modelo estadístico de los análisis de varianza individuales por cruza y localidad.....	20
Comparación de medias.....	20
Estimación de la segregación transgresiva positiva.....	21

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
Análisis de varianza.....	22
Identificación de segregantes transgresivos.....	23
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RESUMEN.....	30
VII. LITERATURA CITADA.....	31
VIII. APÉNDICE.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
3.1	Lista de genotipos utilizados en el Experimento. Francisco I. Madero y Zaragoza, Coahuila. Ciclo 2010-2011.....	14
4.1	Familias con segregación transgresiva positiva en las 4 cruzas y localidades evaluadas.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
3.1	Localización geográfica del Rancho “Las Vegas”, Municipio de Francisco I. Madero, Coahuila.....	11
3.2	Localización geográfica del Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Zaragoza, Coahuila.....	13

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro No.		Pág.
A1	Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruce de AN-38XABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas.....	36
A2	Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruce de AN-137 XABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas.....	38
A3	Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruce de AN-105 XABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas.....	40
A4	Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruce de ERONGA XABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas.....	42

A5	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-38 x ABT para las variables estudiadas en Las Vegas, Coahuila. Fecha 1.....	44
A6	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-38 x ABT para las variables estudiadas en Las Vegas, Coahuila. Fecha 2.....	45
A7	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-137 x ABT para las variables estudiadas en Las Vegas, Coahuila. Fecha 1.....	46
A8	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-137 x ABT para las variables estudiadas en Las Vegas, Coahuila. Fecha 2.....	47
A9	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-105 x ABT para las variables estudiadas en Las Vegas, Coahuila. Fecha 1.....	48
A10	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-105 x ABT para las variables estudiadas en Las Vegas, Coahuila. Fecha 2.....	49
A11	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza ERONGA x ABT para las variables estudiadas en Las Vegas, Coahuila. Fecha 1.....	50
A12	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza ERONGA x ABT para las variables estudiadas en Las Vegas, Coahuila. Fecha 2.....	51

I. INTRODUCCIÓN

En el norte de México se cuenta con un clima semidesértico con cambios muy bruscos en temperaturas, de muy cálidas en verano a muy frías en invierno, además de la escasa disponibilidad de agua para la actividad agrícola, lo que hace necesario buscar nuevas alternativas para la producción de forraje que garanticen la alimentación del ganado en invierno, las especies y variedades comúnmente cultivadas tienen un bajo rendimiento debido a las causas antes mencionadas.

El triticale tolera sequías, heladas y algunos problemas del suelo. Esto lo convierte en buena opción de alimento para animales. En condiciones adversas, el triticale produce más biomasa y más grano que cultivos similares. Proporcionalmente requiere menor cantidad de agua. Es buena fuente de proteína y energía, lo cual es una ventaja en la época invernal, donde las otras especies forrajeras presentan bajos índices de desarrollo.

Objetivos generales y específicos

Tomando en cuenta los argumentos anteriores, el potencial de las nuevas variedades forrajeras de este cultivo y las condiciones para la producción agrícola en el norte y centro de México, donde se requiere de especies alternativas con mayor eficiencia en la producción de biomasa, se planteó la presente investigación con el objetivo general de evaluar el comportamiento productivo de forraje, rendimiento de grano y sus componentes en 28 familias $F_{2:6}$ de triticale pertenecientes a cuatro diferentes cruzas en relación con sus progenitores, algunos de los cuales son variedades comerciales actualmente en uso por los productores. Los objetivos específicos fueron:

1.- Identificar familias $F_{2:6}$ que rindan una mayor producción de forraje que sus progenitores en dos localidades y dos fechas de siembra en el norte de México.

2.- Identificar familias $F_{2:6}$ con mayor rendimiento de grano que sus progenitores en dos localidades y dos fechas de siembra en el norte de México.

3.- Estimar la segregación transgresiva de las características de producción de forraje y rendimiento de grano en las familias $F_{2:6}$, bajo la siguiente:

Hipótesis

Cuando menos, una de las familias $F_{2:6}$ producidas a partir del cruzamiento de líneas y variedades comerciales de triticales de diferente hábito de crecimiento, presentan segregación transgresiva positiva para acumulación de biomasa y/o rendimiento de grano en comparación con sus progenitores.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo de triticales

En 1875 un científico de apellido Wilson informó a la Sociedad Británica de Edimburgo de una planta estéril resultante del cruzamiento de trigo x centeno (Guerrero, 1999).

En la historia del triticales han ocurrido dos fenómenos casuales que han tenido consecuencias extraordinarias para el desarrollo de esta especie. El primero de ellos tuvo lugar en la Estación Experimental Agrícola de Saratov en Rusia. Los mejoradores de la misma utilizaban centeno para separar las parcelas experimentales de trigo de invierno y así impedir que se cruzaran entre ellas. En 1918, al sembrar la semilla recogida sobre dichos trigos observaron que aparecían miles de plantas híbridas, que eran el producto de fecundaciones espontáneas del trigo con polen del centeno. Todas ellas eran plantas que presentaban androesterilidad, pero por retrocruzamientos espontáneos con trigo y centeno se crearon miles de semillas fértiles (Royo, 1992).

La utilización del triticales es diversa, pudiendo destinarse tanto a la alimentación humana como animal. En la alimentación animal puede ser usado en forma de grano o en forma de forraje, o incluso en un uso mixto de forraje – grano (Royo, 1992), cuestión por la cual en teoría debiera ser un cereal idóneo para utilizar gracias a las dos posibilidades que puede aportar en cuanto al aprovechamiento para uso animal.

Las primeras variedades obtenidas en los años 60 tenían una concentración proteica muy elevada (del orden del 18%). Este valor es, sin embargo, engañoso, pues estaba relacionado con una alta incidencia de granos "arrugados". Estos granos se caracterizan por la presencia de cavidades en el endospermo que dan lugar a una baja densidad, un bajo contenido en almidón

y, por efecto de dilución, a un mayor nivel proteico. Este problema se ha reducido en gran parte en las variedades actuales, aunque se sigue presentando en triticales cultivados en áreas marginales; y por ello, el contenido proteico ha disminuido hasta valores próximos al 12%.(FEDNA, 2004).

Tipos de triticales forrajero

Desde hace aproximadamente 30 años, se ha incrementado el interés en el uso del triticales como forraje a nivel nacional y mundial. La selección de las variedades está en función de su hábito de crecimiento, características agronómicas y nutricionales, ya que depende de las condiciones ambientales, manejo y tipo de explotación. Su uso incluye la producción en monocultivo o en mezclas intraespecíficas invernales/primaverales.

Lozano del Río (2002), señala que por su capacidad de rebrote, ciclo de desarrollo y producción, existen tres tipos de triticales forrajero: primaverales, intermedios o facultativos e invernales. Los tipos primaverales son de crecimiento rápido, y su utilización es principalmente para ensilaje y henificado, con un desarrollo y producción similar a la avena.

Los tipos intermedios o facultativos son relativamente más tardíos que los primaverales, en forma general presentan una mayor relación hoja-tallo que estos últimos. Presentan además una mayor capacidad de rebrote que los primaverales, por lo que pueden ser utilizados en dos cortes para verdeo, o uno para verdeo y el segundo para henificado o ensilaje.

Los tipos invernales, de ciclo tardío, son excelentes en la producción de forraje para cortes o pastoreos múltiples (3 ó 4), debido a su alta capacidad de rebrote, alta calidad nutritiva, con adecuados rendimientos de forraje seco en etapas tempranas en su desarrollo (encañe) y una mayor proporción de hojas en relación a los tallos, en comparación con los triticales facultativos, avenas y trigos.

Utilización

En animales poligástricos, el triticale es idéntico al trigo. Aparentemente no hay límite para su uso en raciones equilibradas. Además el triticale es degradado de forma más rápida que el maíz o la cebada. Puede ser usado tanto en la alimentación de corderos, como en el ganado bovino, obteniéndose mejores resultados en terneros jóvenes y vacas lecheras jóvenes. También se utiliza como suplemento proteínico parcial en el ganado de engorda para aprovechar la excelente calidad de las proteínas del grano (Royo, 1992).

El contenido de proteína del forraje de triticale se encuentra entre el 22 y el 24 % sobre materia seca, además, proporciona una fuente excelente de fibra digestible que es esencial para la salud y productividad de los rumiantes. El contenido de proteína variará dependiendo de la fertilidad, la humedad, y otras condiciones de crecimiento, pero en general variara entre 12 y 19 % (Royo, 1992).

Heterosis

Generalidades

El término heterosis fue propuesto por G.H. Shull para describir el vigor híbrido que se presenta en generaciones heterocigotas derivadas del cruzamiento entre individuos genéticamente diferentes (Shull, 1909), y en forma práctica se define como el incremento en tamaño, vigor o productividad de una planta híbrida en comparación con la media de ambos progenitores. Para que sea de utilidad, el híbrido debe ser superior al mejor progenitor en rendimiento, calidad y productividad. La utilización de la heterosis es una importante herramienta para incrementar el rendimiento y mejorar la calidad de los cultivos.

Heterosis en triticale

El método tradicional de mejoramiento en triticale ha sido el de líneas puras, las cuales se han desarrollado tanto en variedades de hábito primaveral como invernal, utilizando principalmente el sistema de pedigree o selección individual ((Wolski, 1990; Schachschneider, 1996; Varughese *et al.*, 1996; Banaszak y Marciniak, 2002; Cichy *et al.*, 2002). Todas las variedades liberadas actualmente son líneas homocigóticas y homogéneas (Oettler, 2005).

En triticale, aunque generalmente se considera como un cultivo autógamo, se han estimado tasas de polinización cruzada de aproximadamente 10%. La producción de híbridos ha recibido recientemente una considerable atención (Warzecha *et al.*, 1998; Fossati *et al.*, 1998; Oettler *et al.*, 2001; Pomaj, 2002; WeiBmann y WeiBmann, 2002).

Sin embargo, algunos autores cuestionan la efectividad de los híbridos en especies autógamas, particularmente en trigo y triticale, pues aseguran que los efectos heteróticos pueden ser fijados en generaciones avanzadas, a medida que se acumulen los mejores alelos en las variedades tradicionales, formando variedades homocigotas superiores a los híbridos (Uauy 2001 y Parodi y Patterson 1977).

Segregación transgresiva

En programas de mejoramiento de cultivos autógamos tales como trigo y triticale, la meta final es derivar líneas puras o variedades que normalmente se originan de la recombinación de genes presentes en las líneas progenitoras. Sin embargo, la obtención de nuevas variedades mejoradas de alto rendimiento ha llegado a ser difícil debido presumiblemente a que la capacidad rendidora de las variedades actuales ha llegado a un límite o “plateau”. Para superar este problema, pueden ser útiles las estrategias de mejoramiento que pueden

capacitar a los mejoradores para seleccionar cruzas potenciales que puedan originar recombinantes superiores.

Muchas características agronómicas importantes tales como el rendimiento y sus componentes son características complejas, las cuales son controladas por múltiples loci (QTLs), y modificadas por el ambiente interno y externo de la planta (Li *et al*, 2003; Liu *et al*, 2008; Mao *et al*, 2011). Los fenotipos de una población segregante presentan con frecuencia una distribución aproximadamente normal. Sin embargo, los fenotipos o individuos en alguno o ambos lados de la distribución son extremos o nuevos comparados con sus líneas parentales. La generación de estos genotipos extremos o nuevos en una población es referida como segregación transgresiva.

Transgresión se define como la aparición de individuos en poblaciones segregantes que caen más allá de los genotipos parentales (De Vicente y Tanksley, 1993). La explotación de segregantes transgresivos que superen al mejor progenitor se ha considerado como una valiosa herramienta en cereales autógamos (Jensen, 1961; Smith, 1966; Busch *et al*, 1974; Snape, 1982; Broers y Jacobs, 1989; Yadav *et al*, 1992).

Así mismo, Barbacki *et al*, (1976), sugirió que la segregación transgresiva juega un importante papel en el fitomejoramiento. Los segregantes transgresivos que superan al mejor padre de una craza pueden ser fijados por endogamia y selección como mostró Smith (1952), trabajando con híbridos intervarietales de la especie cultivada autógamma *Nicotiana rustica* L. Además, la segregación transgresiva a partir de híbridos interespecíficos puede dar lugar a nuevas características (Stebbins, 1977), o a una abundancia de formas extremas (Barbacki *et al*, 1976). A este respecto, Smith (1966), menciona que muchos mejoradores han visto ejemplos de segregación transgresiva en sus progenies híbridas. Esta observación sugiere que la segregación transgresiva puede utilizarse como una herramienta positiva en el mejoramiento de plantas.

Existen reportes frecuentes de individuos con fenotipos extremos o nuevos en generaciones segregantes híbridas (Grant, 1975; Rieseberg y Ellstrand, 1993). La generación de estos genotipos extremos (genotipos que exceden el comportamiento de sus líneas parentales) se conoce como segregación transgresiva (Grant, 1975; De Vicente y Tanksley, 1993). Una revisión reciente de la variación fenotípica en híbridos indica que la segregación transgresiva ocurre frecuentemente en poblaciones vegetales y animales (Rieseberg *et al*, 1999). De los 171 estudios revisados, se concluyó que la segregación transgresiva es más frecuente en plantas que en animales, en cruza intraespecíficas que en interespecíficas, en poblaciones endogámicas y en plantas domesticadas más que en silvestres. Estudios genéticos indican que la segregación transgresiva resulta de la aparición, en genotipos individuales, de combinaciones de alelos de ambos progenitores que tienen efectos en la misma dirección (acción génica complementaria; De Vicente y Tanksley, 1993; Rieseberg *et al*, 1999). Esto es, individuos híbridos que combinan “más” o “menos” alelos de ambos padres para dar fenotipos extremos. Se ha propuesto otros mecanismos para explicar la segregación transgresiva tales como una mayor tasa de mutación, la exposición de alelos recesivos en generaciones segregantes, epistasis y sobredominancia, pero estos mecanismos alternativos han recibido poco apoyo (Rieseberg *et al*, 1999).

La segregación transgresiva puede ser clave en el mejoramiento de plantas cultivadas. De acuerdo con Rieseberg *et al* (1999), la segregación transgresiva es la producción de progenies F_2 o más avanzadas con fenotipos que pueden caer afuera del rango fenotípico de las poblaciones parentales de las cuales fueron derivadas. El mejoramiento de cultivos autógamos, como el triticale, está ligado a la producción de selecciones homocigóticas superiores a los genotipos parentales (Barbacki *et al*, 1978). Los individuos transgresivos observados en generaciones tempranas (F_2 - F_3), pueden ser heterocigóticos y su superioridad no se mantendrá en generaciones sucesivas. Se sabe que la frecuencia de efectos transgresivos en poblaciones homocigóticas depende de

la combinación en la cruce, es decir, de los genotipos de los progenitores. En cebada, se han observado transgresiones en ambas direcciones (positivas o negativas) para muchas características cuantitativas (rendimiento y sus componentes, altura de planta, días a espigamiento, calidad maltera, etc). La frecuencia de transgresión y la simetría/asimetría en los números de segregantes positivos o negativos en una población dada de líneas homocigóticas depende tanto de la característica como de la combinación en cruce (Kuczynska *et al*, 2007).

En especies autógamas como el triticale y el trigo, después de cinco generaciones de autofecundación, comenzando de una F_1 que es 100% heterocigota, cada individuo será aproximadamente 97% homocigótico. En la segregación transgresiva, la producción de genotipos extremos se debe a la recombinación que genera una mayor variación fenotípica. Las desviaciones del valor medio de la F_6 con respecto al progenitor medio indica la presencia de epistasia. Ni los padres ni la F_6 serán influenciados por efectos de dominancia; ya que los padres son completamente homocigóticos, dado su tipo de reproducción, y tienen el mismo nivel de homocigosis que los híbridos F_6 . Rieseberg *et al* (1999), considera que una característica en la progenie híbrida puede ser transgresiva si cae afuera del rango de las medias parentales en cualquier dirección, independientemente de si el valor más extremo de esa característica es significativamente diferente del valor parental. El mismo autor reconoció que algunos genotipos transgresivos pueden ser el producto de factores ambientales más que genéticos. Esto significa que un fenotipo extremo puede originarse por una desviación ambiental extrema.

Al examinar las medias de familias F_2 en comparación con familias F_6 en *Avena barbata*, Johansen-Morris y Latta (2006), mostraron que las medias de familias completas cayeron afuera del rango de los progenitores, concluyendo que la segregación transgresiva es un producto de la variación entre genotipos generada en la progenie recombinante. La segregación transgresiva se ha

reportado en muchas especies de plantas, por ejemplo, girasol (Lexer *et al*, 2003) y en tomate (De Vicente y Tanksley, 1993). La segregación transgresiva ha sido atribuída a acción génica complementaria (Rieseberg *et al*, 2003). Si los alelos en un loci que afecta la aptitud del genotipo están asociados en fase de repulsión en los progenitores, por ejemplo (AAbb y aaBB, donde la selección favorece a A y B), entonces, la simple recombinación de estos alelos producirá recombinantes con alta aptitud (AABB) y baja aptitud (aabb). El mismo autor argumenta que esto ocurre comúnmente para muchas características en muchas especies.

En promedio, los híbridos en generaciones tardías son substancialmente menos aptos que sus progenitores. Pero la recombinación que rompe los complejos genéticos coadaptados también crea una serie de nuevas combinaciones genéticas. Estas se pueden expresar en segregación transgresiva para características individuales, nuevas combinaciones de diferentes características o en algunos casos, nuevas reacciones metabólicas (Latta *et al*, 2004). Cualquiera de estos mecanismos puede resultar en genotipos con mayor adaptación al ambiente parental, o a nuevos ambientes, o a ambientes heterogéneos, respectivamente, y la selección incrementará la frecuencia de estos genotipos (Johansen-Morris y Latta, 2006). También mencionan que la relativa aptitud de los genotipos transgresivos fue substancialmente dependiente del ambiente en que fueron evaluados.

Finalmente, Fabrizius *et al* (1998), mencionan que la diversidad genética entre los progenitores puede contribuir positivamente tanto a una mayor heterosis como a una mayor segregación transgresiva. Un mayor número de progenies cuyo comportamiento excedió el rango parental (segregantes transgresivos) fue observado en cruzas de progenitores no emparentados en avena (Cox, 1979; Cox y Frey, 1984, Cowen y Frey, 1987) y cebada (Vega y Frey, 1980).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de los sitios experimentales

La presente investigación se realizó en dos localidades del Estado de Coahuila:

1.- Rancho Las Vegas, ubicado en el municipio de Francisco I. Madero, en la Región Lagunera y: 2.-Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Zaragoza, Coahuila, con las siguientes características:

Rancho Las Vegas

Esta localidad está ubicada en el Municipio de Francisco I. Madero, que se localiza al suroeste del Estado de Coahuila, entre las coordenadas $103^{\circ} 16' 23''$ longitud oeste y $25^{\circ} 46' 31''$ latitud norte, a una altura de 1100 msnm.



Figura3.1. Localización geográfica del Rancho "Las Vegas", Municipio de Francisco I. Madero, Coahuila.

Clima

Este es BWhW(e'), que es de los subtipos desértico-semicálidos, la temperatura media anual es de 18° C; la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 200 a 300 milímetros, con regímenes de lluvias en los meses de Mayo, Junio, Julio, Noviembre, Diciembre y Enero.

Características del suelo

El suelo es de tipo xerosol, de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla y carbonatos. Los terrenos son planos, ligeramente ondulados, con pendientes menores al 8 %, de textura media.

Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Zaragoza, Coahuila

Ubicado geográficamente entre las coordenadas 28° 36´ 25" latitud norte y 100° 54´ 35" longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 335 msnm.

Clima

En esta localidad se registra un clima de subtipo seco semicálido; la temperatura media anual es de 22 a 24°C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros, con régimen de lluvias en los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y escasas el resto del año. Los vientos predominantes soplan en dirección noroeste a velocidad de 15 km/h. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de uno a dos días en la parte noreste del municipio y 0 a 1 en el resto.

Características del Suelo

En esta localidad los suelos son de origen aluvial, profundos, de textura fina y con carbonatos de calcio.



Figura 3.2. Localización geográfica del Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Zaragoza, Coahuila.

Establecimiento del Experimento y Labores de Cultivo

En ambas localidades, la preparación del terreno para este experimento consistió en acondicionar el suelo para un buen desarrollo de las plantas. Las labores fueron las siguientes:

Barbecho. Se realizó con la finalidad de aflojar el suelo y así aumentar la aireación y descomposición de los residuos de la cosecha anterior, destruir los huevecillos y larvas de plagas que viven en el suelo y favorecer la absorción del agua de riego.

Rastra. Se hizo con la finalidad de desmenuzar los terrones que quedan después del barbecho y nivelar parcialmente el terreno, triturar, mezclar e incorporar los residuos de la cosecha anterior.

Material genético utilizado.

Se evaluaron 33 genotipos en el presente trabajo, consistiendo de 28 familias $F_{2:6}$ originadas a partir de diferentes cruza y sus progenitores (5). Los genotipos evaluados fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la UAAAN.

Cuadro 3.1. Lista de genotipos utilizados en el Experimento. Francisco I. Madero y Zaragoza, Coahuila. Ciclo 2010-2011.

Variedad	Cruza	Clave	Variedad	Cruza	Clave
1	Eronga x ABT	AN-63-2010	19	AN-38 x ABT	AN-107-2010
2	Eronga x ABT	AN-64-2010	20	AN-38 x ABT	AN-110-2010
3	Eronga x ABT	AN-65-2010	21	AN-105 x ABT	AN-117-2010
4	Eronga x ABT	AN-66-2010	22	AN-105 x ABT	AN-119-2010
5	Eronga x ABT	AN-71-2010	23	AN-105 x ABT	AN-120-2010
6	Eronga x ABT	AN-72-2010	24	AN-105 x ABT	AN-122-2010
7	Eronga x ABT	AN-77-2010	25	AN-105 x ABT	AN-123-2010
8	AN-137 x ABT	AN-78-2010	26	AN-105 x ABT	AN-129-2010
9	AN-137 x ABT	AN-80-2010	27	AN-105 x ABT	AN-131-2010
10	AN-137 x ABT	AN-82-2010	28	AN-105 x ABT	AN-26-2010
11	AN-137 x ABT	AN-83-2010	29	AN-137 ♀	
12	AN-137 x ABT	AN-84-2010	30	AN-38 ♀	
13	AN-137 x ABT	AN-85-2010	31	AN-105 ♀	
14	AN-137 x ABT	AN-90-2010	32	Eronga ♀	
15	AN-38 x ABT	AN-101-2010	33	ABT ♂	
16	AN-38 x ABT	AN-102-2010			
17	AN-38 x ABT	AN-105-2010			
18	AN-38 x ABT	AN-106-2010			

♀: progenitores femeninos; ♂: progenitor masculino

Tamaño de la parcela experimental

El área experimental para cada parcela constó de 6 surcos de 3 m de largo por 0.30 m de ancho (4 x 3 x 0.30), dando un área de 5.4 m². Considerando que se tuvieron 3 repeticiones de cada uno de los 33 tratamientos (familias y progenitores) se contó con un total de 99 unidades experimentales.

Fechas de siembra

El experimento se estableció en dos diferentes fechas de siembra en cada una de las dos localidades: en la localidad de Zaragoza, la primera fecha de siembra se realizó en seco el 28 de Octubre de 2010, procediendo a regar el día 29 de Octubre de 2010. La segunda fecha de siembra se realizó el 24 de Noviembre de 2010, regándose el 26 de Noviembre de 2010. En la localidad de Las Vegas, la primera fecha de siembra se realizó en seco el 29 de Octubre de 2010, procediéndose a regar el día 31 de Octubre de 2010. La segunda fecha de siembra se realizó el 30 de Noviembre de 2010, regándose el 03 de Diciembre de 2010. En las dos localidades la siembra se realizó a mano, a "chorrillo", depositando la semilla en el fondo del surco y tapando posteriormente con el pie.

Fertilización

Esta se realizó en Las Vegas en ambas fechas de siembra, se aplicó una dosis de fertilización a la siembra de 135-00-00, utilizando como fuente NovatecSolub 45 (45% de N). En la localidad de Zaragoza, en ambas fechas de siembra se aplicó una dosis de fertilización a la siembra de 60-00-00, utilizando como fuente sulfato de amonio al 21 %. Posteriormente al segundo riego de auxilio se aplicó una dosis de fertilización de 80-00-00, utilizando como fuente urea al 46%, dando una dosis total de 140-00-00.

Riegos

En ambas localidades, se aplicó un riego después de la siembra, posteriormente se aplicaron cuatro riegos de auxilio durante el desarrollo del cultivo que se hicieron en las etapas más críticas (amacollamiento, encañe, floración y llenado de grano). En ambas localidades los riegos se aplicaron por gravedad, dando una lámina total aproximada de 50 cm.

Control de plagas, enfermedades y malezas

En Las Vegas, no se presentó incidencia de plagas y enfermedades, por tal motivo, esto contribuyó a que no se hiciera ningún tipo de control. En Zaragoza, Coahuila., se presentó incidencia de roya de la hoja (*Puccinia recondita*), por lo cual se tomaron lecturas en los materiales evaluados; sin embargo, no se realizó control químico. En cuanto a la infestación por malezas de hoja ancha, estas se controlaron aplicando 1 lt / ha del herbicida Focus en la localidad de Las Vegas, Coahuila, el 18 de Febrero de 2011. En Zaragoza Coahuila, se aplicó el mismo herbicida el 22 de Febrero de 2011, utilizando una aspersora portátil de motor.

Diseño experimental utilizado en campo

El diseño experimental utilizado en campo fue un bloques completos al azar (BCA), con tres repeticiones por tratamiento en las dos localidades.

Muestreo temprano de forraje

En la localidad de Las Vegas, el muestreo para forraje se realizó el día 12 de Enero de 2011, 74 días después del riego de siembra (ddrs). En la localidad de Zaragoza, el muestreo para forraje se realizó el 13 de Enero de 2011. En ambas localidades, se cortó un surco con competencia completa de 60 cm,

dando un área de 0.18 m². Los muestreos se realizaron manualmente, con rozadera, cortando el forraje aproximadamente a 2 cm sobre la superficie del suelo, el forraje cosechado se pesó y se empleó posteriormente para la determinación del rendimiento de forraje verde y seco.

Evaluación para grano

Tamaño de parcela útil

Previo a la cosecha de grano en ambas localidades, se realizó un muestreo de planta completa en cada unidad experimental, cortando 0.6 m lineales en un surco con competencia completa de cada parcela, dando un área de 0.18 m². Posteriormente se trilló el resto de la parcela.

Cosecha

La cosecha de grano de los experimentos se realizó el 25 de Mayo de 2011 en la localidad de Las Vegas y el 07 de Junio de 2011 en la localidad de Zaragoza, Coahuila.

Variables registradas

Evaluación para producción de forraje

- Producción de forraje verde: Se determinó en cada unidad experimental, en g/parcela, cortando 0.60 m de un surco interno con competencia completa, el valor obtenido se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.

- Producción de forraje seco foliar: Se determinó en cada unidad experimental de la muestra de forraje verde, separando las hojas de cada muestra, secándolas y pesándolas en g/parcela, el valor obtenido se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.

- Producción de forraje seco de tallos: Se determinó en cada unidad experimental, separando los tallos de cada muestra, secándolos y pesándolos en g/parcela, el valor obtenido se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.
- Producción de forraje seco total: Se determinó al sumar los pesos de hojas y tallos para cada muestra de forraje, posteriormente se transformó a producción de forraje seco total en toneladas/hectárea.
- Porcentaje de hoja (% hoja): Se calculó en base al peso total de la muestra seca incluyendo hojas y tallos y sacando su proporción.
- Porcentaje de materia seca: Se calculó en base al peso seco total del forraje calculando su proporción con respecto al peso verde en cada unidad experimental.
- Altura inicial de planta: Se tomó en cm, en cada unidad experimental en el corte para forraje temprano.
- Etapa fenológica: Se registró en cada unidad experimental utilizando la escale de Zadoks *et al* (1974).

Evaluación para producción de grano

- Altura final de planta: Se tomó en centímetros, desde la superficie del suelo hasta el extremo distal de la espiga, antes de la cosecha.
- Etapa fenológica final: Se registró en cada unidad experimental utilizando la escale de Zadoks *et al* (1974).
- Longitud de espiga: Se colectaron 10 espigas al azar en cada parcela para posteriormente medirlas en cm y obtener el promedio por parcela.

- Espiguillas por espiga (espiguillas/espiga): Se contaron las espiguillas de cada una de las 10 espigas, tomadas al azar de cada parcela, para obtener el promedio por parcela.
- Número de espigas por m^2 (espigas/ m^2): Previo a la trilla, se contaron los tallos con espiga en 50 cm lineales de un surco interno de cada parcela.
- Número de granos por espiga (granos/espiga): Las mismas 10 espigas al azar de cada parcela se desgranaron individualmente, y se contó el total de granos de las 10 espigas y se obtuvo el promedio de granos por espiga.
- Peso de 1000 granos: Para estimar esta variable se tomaron 1000 granos al azar de cada parcela y se pesaron en una balanza analítica, registrando el peso en gramos.
- Producción de paja: Previo a la trilla, se cortó un metro lineal en un surco interno de cada parcela, se separó la paja de hojas y tallos de las espigas, se pesó y se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.
- Rendimiento de grano: Se registró el peso en gramos de cada parcela a un 13 % de humedad y se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza individuales por cruza y localidad, bajo los siguientes modelos:

Modelo estadístico de los análisis de varianza individuales por cruza y localidad.

$$Y_{ij} = \mu + R_i + G_k + E_{ij}$$

donde:

i = repeticiones

k = genotipos

donde:

Y_{ij} = Variable observada

μ : = Efecto de la media general

R_i = Efecto de la i-ésima repeticón

G_k = Efecto del k-ésimo genotipo

E_{ij} = Error experimental

Comparación de medias

Se realizaron pruebas de comparación de medias por cruza y localidad para cada una de las variables estudiadas, utilizando la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Steel y Torrie, 1992), con la siguiente fórmula:

$$T_o = q\alpha S_{\bar{x}}$$

$$T_o = q\alpha \sqrt{\frac{S^2}{r}}$$

Donde:

qα = Valor tabular, que es un valor de t modificado

S_{̄x} = Error estándar

S² = Cuadrado medio del error

r = Número de repeticiones

Así mismo, se calculó el coeficiente de variación para cada una de las características estudiadas con el fin de precisar la exactitud de la conducción del experimento, utilizando la siguiente fórmula:

$$C. V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{X} \times 100$$

Donde:

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

X = Media general.

Estimación de la segregación transgresiva positiva

Se estimó la segregación transgresiva positiva de cada una de las familias de cada cruce calculando el porcentaje de incremento de las familias $F_{2:6}$ sobre el promedio de los progenitores en las siguientes variables:

Altura Inicial, Forraje Verde, Forraje Seco, % Hoja, Altura Final, Longitud Espiga, Espiguillas/Espiga, Granos/Espiga, Espigas/m², Paja, Peso de 1000 granos y Rendimiento Grano.

Los análisis de varianza de las variables agronómicas y las pruebas de comparación de medias se realizaron con el paquete estadístico SAS 8.1 (1999).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se abordarán los indicadores relacionados con los objetivos del trabajo en términos puntuales se iniciará con:

Análisis de varianza

En este trabajo de investigación se tomaron en cuenta dos fuentes de variación; repeticiones que miden el efecto que se tuvo dentro de las localidades; tratamientos, para medir la variación entre los materiales en evaluación. Se distingue claramente que las diferencias altamente significativas se dieron en los tratamientos, mientras que las repeticiones fueron no significativas o poco significativas. (Apéndice A1-A4).

Con base en estos resultados es obvio que existe variabilidad entre las familias evaluadas confirmando la diversidad genética encontrada entre las familias $F_{2:6}$ y sus progenitores, atribuido principalmente a las diferencias entre los progenitores femeninos, de hábito primaveral e intermedio y el progenitor masculino de hábito invernal (Lozano del Río, 2002), lo que dió lugar a diferentes combinaciones genotípicas-fenotípicas expresadas en las progenies F_6 , cuya frecuencia dependió de la crusa interespecífica y de la característica en estudio.

Los resultados de los análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias considerando las familias y sus progenitores de cada crusa específica en cada localidad y fecha (ambientes), la crusa AN-38 x ABT registró diferencias estadísticas consistentes entre los tratamientos a través de los ambientes principalmente para las variables: % HOJA, ALTURA INICIAL y RENDIMIENTO DE GRANO.

La cruza AN-137 x ABT, se registraron diferencias estadísticas consistentes entre los tratamientos a través de los ambientes, principalmente para las variables % HOJA, ALTURA FINAL y RENDIMIENTO DE GRANO; ALTURA INICIAL fue altamente significativo en Las Vegas fecha 1 y 2.

Cruza AN-105 x ABT, registraron diferencias estadísticas consistentes entre los tratamientos a través de los ambientes principalmente para las variables % HOJA, RENDIMIENTO DE GRANO y ALTURA FINAL.

La cruza ERONGA x ABT registró diferencias estadísticas consistentes entre los tratamientos a través de los ambientes principalmente para las variables: % HOJA, RENDIMIENTO DE GRANO, ALTURA FINAL y PAJA.

Identificación de segregantes transgresivos

En el cuadro 4.1, se muestran los resultados de los segregantes transgresivos positivos por cruza en cada una de las localidades en las dos fechas.

En el caso de la producción de forraje temprano, la selección de familias con mayor producción requiere además del mayor rendimiento, una adecuada proporción de hoja, la cual está ligada a una mayor calidad del forraje; en este estudio, algunas de las familias como 2 y 5 de ERONGA x ABT mostraron rendimientos superiores, también registraron una adecuada proporción de hoja, en algunos casos superior al progenitor masculino ABT, que por su hábito invernal presenta en forma general una mayor proporción de hojas que los correspondientes progenitores femeninos de hábito primaveral (ERONGA y AN-137) e intermedio (AN-38 y AN-105). Los mejores resultados se obtuvieron en Las Vegas en las dos fechas.

Las diferencias encontradas en esta investigación entre las diferentes cruzas concuerdan con lo señalado por Kuczynska *et al*, (2007), quienes mencionan que la frecuencia de efectos transgresivos en poblaciones homocigóticas depende de la combinación en la craza, es decir, de los genotipos de los progenitores. Asimismo, en este estudio, se han observado transgresiones en cebada en ambas direcciones (positivas o negativas) para muchas características cuantitativas (rendimiento y sus componentes, altura de planta, días a espigamiento, calidad maltera, etc). Los autores mencionados anteriormente también señalan que la frecuencia de transgresión y la simetría/asimetría en los números de segregantes positivos o negativos en una población dada de líneas homocigóticas depende tanto de la característica como de la combinación en craza.

Cuando se consideró la altura final de planta y el rendimiento de paja, respectivamente, se registró una alta frecuencia de familias con segregación transgresiva positiva en varias cruzas y particularmente en las familias 1, 2 y 4 para altura final y para paja 1, 2, 5 y 6 pertenecientes a las cruzas ERONGA x ABT y las familias 8 y 12 AN-137 x ABT, (apéndice A11-A12 y A7-A8 respectivamente). Es importante señalar que estas dos variables son muy importantes en la producción de biomasa final, particularmente en lo que se refiere a la explotación para ensilaje y principalmente en el caso de la utilización de las familias superiores con fines bioenergéticos.

De la misma manera que lo observado en este estudio para las variables de producción de forraje, Rieseberg *et al* (1999), considera que una característica en la progenie híbrida puede ser transgresiva si cae afuera del rango de las medias parentales en cualquier dirección, independientemente de si el valor más extremo de esa característica es significativamente o no diferente del valor parental, como se observó en los análisis de varianza para estas características. El mismo autor señala que algunos genotipos transgresivos pueden ser el producto de factores ambientales más que

genéticos. Esto significa que un fenotipo extremo puede originarse por una desviación ambiental extrema.

En el caso de los componentes del rendimiento, número de GRANOS POR ESPIGA y PESO DE 1000 GRANOS, respectivamente, se registraron las siguientes tendencias: ERONGA x ABT, familias 1, 3, 4, 5 y 7; y AN 38 x ABT, familias 17, 16 y 19; en PESO DE 1000 GRANOS. Para GRANOS POR ESPIGA la familia 22 de AN- 105 x ABT y la 6 de ERONGA x ABT, ambas en Las Vegas fecha 2, (apéndice A5-A12).

Los mayores promedios observados en las familias para esta característica correspondieron al ambiente de Las Vegas en ambas fechas de siembra, debido a que esta localidad presenta mejores condiciones ambientales para la mayor expresión del potencial de los genotipos, particularmente en lo que se refiere a una menor humedad relativa que en la localidad de Zaragoza, en la cual se presentaron condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades como la roya de la hoja que incidieron en un menor rendimiento de grano de algunas familias susceptibles al patógeno pertenecientes a las diferentes cruces.

De las familias mas sobresalientes para rendimiento de forraje y grano, 2 y 5 de ERONGA x ABT en forraje temprano, para grano, 5 de ERONGA x ABT, 25 de 105 x ABT y 19 de AN-38 x ABT; de las cuales pueden derivarse líneas superiores a sus progenitores, (apéndice A11-A12, A9-A10 y A5-A6).

Cuadro 4.1. Familias con segregación transgresiva positiva en las 4 cruzas y localidades evaluadas.

Cruza	Altura inicial	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	FSTP
AN-38 x ABT						0 %
AN-137 x ABT			10 y 12			28.5 %
AN-105 x ABT		25 y 26		24 y 25		25 %
Eronga x ABT		2, 3 y 4				42 %
Cruza	Forraje Verde	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT						0 %
AN-137 x ABT						0 %
AN-105 x ABT						0 %
Eronga x ABT			2 y 5			28.5 %
Cruza	Forraje Seco	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT			17			16 %
AN-137 x ABT						0 %
AN-105 x ABT			28			12.5 %
Eronga x ABT						0 %
Cruza	% Hoja	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT		18				16 %
AN-137 x ABT		8 y 12		12		28.5 %
AN-105 x ABT		21 y 27		21		25 %
Eronga x ABT		4, 5 y 6	1 y 2	6	5 y 6	71.4 %
Cruza	Altura Final	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT		18				16 %
AN-137 x ABT		8 y 12	8 y 12			28.5 %
AN-105 x ABT				25		12.5 %
Eronga x ABT		1 y 4	1	2		42 %
Cruza	Longitud Espiga	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT		19				16 %
AN-137 x ABT						0 %
AN-105 x ABT		21				12.5 %
Eronga x ABT		1	5	2 y 4		57 %

LVF1= Las Vegas Fecha 1; ZARF1= Zaragoza Fecha 1; LVF2= Las Vegas Fecha 2; ZARF2= Zaragoza Fecha 2; FSTP= Familias con Segregación Transgresiva Positiva.

Cuadro 4.1. Familias con segregación transgresiva positiva en las 4 cruzas y localidades evaluadas (continuación).

Cruza	Espiguillas/Espiga	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	FSTP
AN-38 x ABT			15			16 %
AN-137 x ABT		12	8 y 9	12		57 %
AN-105 x ABT				22		12.5 %
Eronga x ABT				4		14.2 %
Cruza	Granos/Espiga	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT						0 %
AN-137 x ABT						0 %
AN-105 x ABT				22		12.5 %
Eronga x ABT				6		14.2 %
Cruza	Espigas/m ²	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT						0 %
AN-137 x ABT						0 %
AN-105 x ABT						0 %
Eronga x ABT		5				14.2 %
Cruza	Paja	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT						0 %
AN-137 x ABT						0 %
AN-105 x ABT		21 y 23				25 %
Eronga x ABT		5 y 6	1 y 2			57 %
Cruza	Peso 1000 granos	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT				17, 16 y 19		50 %
AN-137 x ABT						0 %
AN-105 x ABT				21 y 25		25 %
Eronga x ABT						0 %
Cruza	Rendimiento de grano	LVF1	ZARF1	LVF2	ZARF2	
AN-38 x ABT					19	16 %
AN-137 x ABT						0 %
AN-105 x ABT				25		12.5 %
Eronga x ABT			3			14.2 %

LVF1= Las Vegas Fecha 1; ZARF1= Zaragoza Fecha 1; LVF2= Las Vegas Fecha 2; ZARF2= Zaragoza Fecha 2; FSTP= Familias con Segregación Transgresiva Positiva.

Los resultados encontrados en este estudio concuerdan con lo señalado por diversos autores, en que muchas características agronómicas importantes como el rendimiento y sus componentes son características complejas, las cuales son controladas por múltiples loci (QTLs), y modificadas por el ambiente interno y externo de la planta (Li *et al*, 2003; Liu *et al*, 2008; Mao *et al*, 2011),

como se observó en las diferentes variables por el efecto de las localidades, más que de las fechas de siembra. A este respecto, Rieseberg *et al* (1999), señalan que algunos genotipos transgresivos pueden ser el producto de factores ambientales más que genéticos; esto significa que un fenotipo extremo puede originarse por una desviación ambiental extrema, como pudo haber sido el caso por las diferencias entre las dos localidades donde se realizó este trabajo.

La explotación de segregantes transgresivos que superen al mejor progenitor se ha considerado como una valiosa herramienta en cereales autógamos, incluyendo al triticale (Jensen, 1961; Smith, 1966; Busch *et al*, 1974; Snape, 1982; Broers y Jacobs, 1989; Yadav *et al*, 1992). En este estudio, es importante señalar que dependiendo de la característica, la cruce y el ambiente, se registraron frecuencias de familias segregantes transgresivas positivas, de las cuales se pueden derivar líneas superiores al promedio de sus familias y progenitores, ya que la meta final es derivar líneas puras o variedades que normalmente se originan de la recombinación de genes presentes en las líneas progenitoras, ya que como señala Barbacki *et al*, (1978) el mejoramiento de cultivos autógamos, como el triticale, está ligado a la producción de selecciones homocigóticas superiores a los genotipos parentales.

En este estudio, y concordando con lo señalado por Fabrizio *et al* (1998), la diversidad genética entre los progenitores pudo contribuir positivamente a una mayor segregación transgresiva, ya que también Cox, (1979); Cox y Frey, (1984), Cowen y Frey, (1987) y Vega y Frey, (1980), observaron un mayor número de progenies cuyo comportamiento excedió el rango parental (segregantes transgresivos) en cruces de progenitores no emparentados en avena y cebada.

V. CONCLUSIONES

En base a las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo esta investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La utilización de progenitores con diferente hábito de crecimiento permitió obtener progenies o familias con una gran diversidad de expresiones fenotípicas de las diferentes variables evaluadas en este estudio.
- Las familias evaluadas mostraron diferentes niveles de segregación transgresiva positiva dependiendo de su cruce, localidad y fecha de siembra.
- En todas las cruces evaluadas, la frecuencia de familias segregantes transgresivas positivas fue mayor para las características que inciden en un mayor rendimiento de forraje temprano y una mayor proporción de hoja.
- En todas las cruces evaluadas, la frecuencia de familias segregantes transgresivas positivas fue menor para las características que inciden en un mayor rendimiento de grano y sus componentes, sin embargo, se identificaron familias con un adecuado comportamiento para estas variables.
- En este estudio se confirma que la identificación de familias segregantes transgresivas que superan al mejor progenitor y por lo tanto, la derivación de líneas superiores de esas familias, es una valiosa herramienta en el mejoramiento del triticale en el norte de México, principalmente para fines forrajeros.

VI. RESUMEN

Debido a los problemas de desabasto de forraje derivado de las bajas temperaturas que imperan en el norte de México en la época invernal, se buscan nuevas alternativas para poder alimentar al ganado, principalmente al estabulado. El triticale, es un cultivo que tolera mejor que otras especies, factores ambientales desfavorables como los déficits de humedad y temperaturas bajas. Esta investigación se realizó en dos localidades del estado de Coahuila; Las Vegas y Zaragoza, durante el ciclo otoño-invierno 2010-2011, donde se evaluaron en dos fechas de siembra familias $F_{2:6}$ pertenecientes a cuatro cruces de triticale: AN-38 x ABT, AN-105 x ABT, AN-137 x ABT y ERONGA x ABT.

Las variables evaluadas fueron: Altura Inicial, Rendimiento de Forraje Verde, Forraje Seco de Hojas, Forraje Seco de Tallos, Forraje Seco Total, % de Hojas, Altura Final, Longitud de Espiga, Número de Espiguillas por Espiga, Número de Granos por Espiga, Espigas por m^2 , Rendimiento de Paja, Peso de 1000 Granos y Rendimiento de Grano. Se realizaron análisis de varianza individuales y pruebas de comparación de medias por localidad y fecha para cada una de las variables evaluadas. Se estimó la segregación transgresiva en las familias evaluadas para cada variable en cada localidad y fecha, comparando sus valores medios contra la media de sus progenitores y contra el mejor progenitor.

En el caso de la producción de forraje temprano, algunas de las familias como 2 y 5 de ERONGA x ABT mostraron rendimientos superiores, también registraron una adecuada proporción de hoja, en algunos casos superior al progenitor masculino ABT, que por su hábito invernal presenta en forma general una mayor proporción de hojas que los correspondientes progenitores femeninos de hábito primaveral (ERONGA y AN-137) e intermedio (AN-38 y AN-105). Los mejores resultados se obtuvieron en Las Vegas en las dos fechas.

De las familias más sobresalientes para rendimiento de forraje y grano, 2 y 5 de ERONGA x ABT, 5 de la misma cruce, 25 de 105 x ABT y 19 de AN-38 x ABT, de estas, pueden derivarse líneas superiores a sus progenitores para comercializarse como nuevas variedades.

En todas las familias, en cada localidad y fecha se registró segregación transgresiva tanto positiva como negativa, identificándose familias en cada cruce que mostraron superioridad con respecto a sus progenitores para todas las variables en estudio. Se concluye que la segregación transgresiva puede ser una útil herramienta para los mejoradores de plantas autóгамas, en este caso triticales, para identificar y derivar líneas homocigóticas superiores al mejor progenitor.

Palabras clave: Segregación transgresiva, X *Triticosecale* Wittmack, características cuantitativas, loci (QTLs), locus, alelos, heterocigosis, homocigosis, dominancia, codominancia, genotipo, fenotipo y epistasis.

VII. LITERATURA CITADA

- Banaszak, Z., and K. Marciniak. 2002. Wide adaptation of DANKO triticale varieties. In Proc. 5th Int. Triticale Symp. Vol. I. Radzików, Poland. pp. 217-2222.
- Barbacki, S.G., G. Kurhanska, T. Adamski & M. Surma. 1976. Transgressions in barley (*Hordeumsativum* Jess.) V. Transgression and heterosis-their importance for plant evolution and breeding. Genet.Pol. 17: 77-82.
- Barbacki, S., Calinski, T., Surma, M., Kurhanska, G., Adamski, T., Kaczmarek, Z. 1978. Transgressions in barley (*Hordeumsativum* Jess.). 7a Transgressions of F6 and F7 hybrids Burea x Brown. Genet Pol 19: 403-421.
- Broers, L.H.M. and Jacobs, T. 1989. The inheritance of host plant effect on latency period of wheat rust in spring wheat. II. Number of segregating factors and evidence for transgressive segregation in F3 and F5 generations. Euphytica 44: 207-214.
- Busch, R.H., Janke, J.C., Froberg, R.C. 1974. Evaluation of crosses among high and low yielding parents of spring wheat (*Triticumaestivum* L.) and bulk prediction of line performance. Crop Sci. 14: 47-50.
- Cichy, H., J. Wós, G. Bidzianowski. 2002. Program of winter and spring triticale breeding at Plant Breeding Company Strzelce. In: E. Arseniuk editor. Proc 5th International Triticale Symposium. Vol. II. Radzików, Poland. pp. 325-331.
- Cowen, N.M. and K.F. Frey. 1987. Relationship between three measures of genetic distance and breeding behavior in oats (*Avena sativa* L.). Genome. 29 (1): 97-106.
- Cox, T.S. 1979. Inheritance and complementarity of genes for high groat protein from two *Avena* specie. M.S. thesis. Iowa State University Library, Ames, Iowa.
- Cox, T.S., and K.J. Frey. 1984. Improving cultivated oats (*Avena sativa* L.) with alleles for vegetative growth index from *A. sterilis* L.). Theor. Appl. Genet. 68: 239-245.

- De Vicente, M.C. & Tanksley, S.D. 1993. QTL analysis of transgressive segregation in an interespecific tomato cross. *Genetics* 134: 585-596.
- Fabrizius, M.A., R.H. Busch, K. Khan and L. Huckle. 1998. Genetic diversity and heterosis of spring wheat crosses. *CropSci.* 38: 1108-1112.
- FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2004.
- Fossati, D., R. Jaquierey, and A. Fossati, 1998: Agronomical performance of triticale F1 hybrids. In: Proceedings of the 4th International Triticale Symposium Vol. 2: Poster Presentations, 124-126. 26-31 July 1998; Red Deer, Canada.
- Grant, V. 1975. *Genetics of flowering plants*, 2nd edn. New York: Columbia University Press.
- Guerrero, A. 1999. *Cultivos Herbáceos Extensivos*. Editorial Mundi Prensa.
- Jensen, N.F. 1961. Genetics and inheritance in oats. Inheritance of morphological and other characters. In *Oats and oat improvement*, pp. 125-206. Ed. F.A. Coffman. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Johansen-Morris, A.D. and R.G. Latta. 2006. Fitness consequences of hybridization between ecotypes of *Avenabarbata*: hybrid breakdown, hybrid vigor and transgressive segregation. *Evolution* 60 (8): 1585-1595.
- Kuczynska, A., M. Surma and T. Adamski. 2007. Methods to predict transgressive segregation in barley and other self-pollinated crops. *J. Appl. Genet.* 48(4): 321-328.
- Latta, R.G., J.L. MacKenzie, A. Vats, and D.J. Schoen. 2004. Divergence and segregation of quantitative traits between allozyme genotypes of *Avenabarbata* from contrasting habitats. *J. Ecol.* 92: 57-71.
- Lexer, C., M.E. Welch, O. Raymond, and L.H. Rieseberg. 2003. The origin of ecological divergence in *Helianthus paradoxus* (Asteraceae): selection on transgressive characters in a novel hybrid habitat. *Evolution* 57:1989-2000.
- Li, ZK., Yu, S.B., Laffite, H.R., Huang, N., Courtois, B., Hittalmani, S., Vijayakumar C.H.M., Liu, G.F., Wang, G.C., Shashidhar, H.E., Zhuang, J.Y., Zheng, K.L., Singh, V.P., Sidhu, J.S., Srivantaneeyakul, S., Khush, G.S. 2003. QTL x environment interactions in rice. I. Heading date and plant height. *Theor. Appl. Genet.* 108: 141-153.

- Liu, G.F., Zhang, Z.M., Zhu, H.T., Zhao, F.M., Ding, X.H., Zeng, R.Z., Li, W.T., Zhang, G.Q. 2008. Detection of QTLs with additive effects and additive-by-environment interaction effects on panicle number in rice (*Oryza sativa* L.) with single-segment substitution lines. *Theor. Appl. Genet.* 116: 923-931.
- Lozano del Río, A.J. 2002. Triticales forrajeros para la Región Lagunera. *Revista Agropecuaria Laguna.* Nov-Dic. 2002. No. 29. pp. 4-5.
- Mao, D., Liu, T, Xu, C.; Li, X., Xing, Y. 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.
- Oettler, G., H.C. Becker, G. Hoppe. 2001. Heterosis for yield and other agronomic traits of winter triticale F1 and F2 hybrids. *Plant Breeding.* 120: 351-353.
- Oettler, G., S.H. Tams, H.F. Utz, E. Bauer, and A.E. Melchinger. 2005. Prospects for hybrids breeding in winter triticale: I. Heterosis and combiningability for agronomics traits in European elite germplasm. *CropSci.* 45: 1476-1482.
- Parodi, P.C. y F. Patterson. 1977. Vigor híbrido, capacidad combinatoria y acción génica en un cruzamiento dialélico de seis progenitores de trigo invernal (*Triticumaestivum*). *Ciencia e Investigación Agraria.* Chile. 4 (2): 75-84.
- Pomaj, MS. 2002. Preliminary results of a study in triticale hybrids. In: E. Arseniuk, editor. *Proc 5th International Triticale Symposium.* Vol. II. Radzików, Poland. pp 299-302.
- Rieseberg, L.H. & Ellstrand, N.C. 1993. What can morphological and molecular markers tell us about plant hybridization?. *Crit. Rev. Pl. Sci.* 12: 213-241.
- Rieseberg, L.H., Archer, M.A. & Wayne, R.K. 1999. Transgressive segregation, adaptation and speciation. *Heredity* 83: 363-372.
- Rieseberg, L.H., A. Widmer, A. M. Arntz and J.M. Burke. 2003. The genetic architecture necessary for transgressive segregation is common in both natural and domesticated populations. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 358: 1141-1147.
- Royo, C. 1992. El triticale, base para el cultivo y aprovechamiento. Editorial Agroguías Mundi – Prensa. Madrid.
- SAS Institute Inc. 1999. User's Guide. Statistics, Version 8.1. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA.

- Schachschneider, R. 1996. Einige Erfahrungen aus 12 Jahren triticales-Züchtung. Vorträge für Pflanzenzüchtung. 34: 278-291.
- Shull, G.H. 1909. A pure line method of corn breeding. In: American Breeders' Association Report. Vol. 5: pp. 51-59.
- Smith, H.H. 1952. Fixing transgression vigor in *Nicotiana rustica*. In: John W. Gowen (Ed.) Heterosis. Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp. 161-174.
- Smith, G.S. 1966. Transgressive segregation in spring wheats. Crop Sci. 6: 310-312.
- Snape, J.W. 1982. Predicting the frequencies of transgressive segregants for yield and yield components. Theoretical and Applied Genetics 62: 127-134.
- Statistica. 2001. By Statsoft Inc. U.S. A. Versión 6.1.
- Stebbins, G.L. 1977. Processes of organic evolution. Third ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. 1992. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Editorial Graf América. México 622 p.
- Uauy, C. 2001. Análisis de un Agente Hibridizante Químico para la Producción de Trigo Híbrido. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Varughese, G., W.H. Pfeiffer, & R.J. Peña. 1996. Triticale: a successful alternative crop (Part 2). Cereal Foods World. 41: 635-645.
- Vega, U., and K.J. Frey. 1980. Transgressive segregation in inter and intraspecific crosses of barley. Euphytica 29: 585-594.
- Warzecha, R., K. Salak-Warzecha, and Z. Staszewski. 1998. Development and use of triticales CMS system in hybrid breeding. In: Proceedings of the 4th International Triticales Symposium Vol.1: Oral Presentations: 79-85. Red Deer, Canada.
- Weißmann, S., and A.E. Weißmann. 2002. Hybrid triticales- prospects for research and breeding- Part I: Why hybrid? Vol. I. In Proc. 5th Int. Triticales Symp., Radzików, Poland. pp. 188-191.
- Wolski, T. 1990. Winter triticales breeding. In Proceedings of the Second International Triticales Symposium. Passo Fundo, RS, Brazil. Mexico, D.F: CIMMYT. pp 41-48.

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

VIII. APENDICE

Cuadro A1. Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruz de AN-38 X ABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas.

Localidad	Variable	Rep.	Trat.	Error	C.V.	Media
	Altura Inicial					
LVF 1		ns	**	0.166	2.0	19.4
ZAR 1		ns	ns	40.922	13.2	48.3
LVF 2		ns	*	9.005	14.4	20.7
ZAR 2		ns	ns	26.613	18.9	26.8
	Forraje Verde					
LVF 1		ns	ns	7.150	28.1	9.5
ZAR 1		ns	ns	19.798	23.5	18.8
LVF 2		ns	ns	5.961	28.2	8.6
ZAR 2		ns	ns	23.043	32.3	14.8
	Forraje Seco Total					
LVF 1		ns	ns	0.154	22.1	1.7
ZAR 1		*	*	0.567	18.6	4.0
LVF 2		ns	ns	0.348	32.9	1.7
ZAR 2		ns	ns	0.396	23.5	2.6
	% de Hoja					
LVF 1		*	**	11.824	4.6	73.7
ZAR 1		ns	ns	52.315	11.8	61.0
LVF 2		*	**	17.877	6.2	67.9
ZAR 2		ns	**	7.230	3.7	71.6
	Altura Final					
LVF 1		ns	*	50.404	7.3	97.1
ZAR 1		ns	ns	64.732	7.9	100.6
LVF 2		ns	ns	33.642	5.2	111.5
ZAR 2						
	Longitud de Espiga					
LVF 1		ns	ns	0.575	8.0	9.4
ZAR 1		ns	ns	0.931	11.7	8.2
LVF 2		ns	ns	0.702	9.1	9.1
ZAR 2		ns	ns	0.732	10.1	8.4

Rep.= Repetición; Trat.= Tratamientos; C.V.=Coeficiente de Variación; LVF 1=Las Vegas Fecha 1; ZAR 1= Zaragoza Fecha 1; LVF 2= Las Vegas Fecha 2; ZAR 2= Zaragoza Fecha 2; ns, *, **: no significativo, significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro A1. Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruz de AN-38 X ABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas, (continuación).

Localidad	Variables	Rep	Trat	Error	C.V.	Media
	Espiguillas/espigas					
LVF 1		ns	ns	30.875	11.0	50.1
ZAR 1		ns	*	22.732	10.6	44.5
LVF 2		ns	ns	24.880	9.8	50.7
ZAR 2		ns	ns	26.613	18.9	26.8
	Granos/espiga					
LVF 1		ns	ns	29.077	17.5	30.7
ZAR 1		ns	ns	37.815	21.9	27.9
LVF 2		ns	ns	31.696	14.0	40.2
ZAR 2		ns	ns	30.053	20.6	26.5
	Espigas/m ²					
LVF 1		ns	ns	4358.089	18.9	349.0
ZAR 1		ns	ns	3821.208	28.5	216.8
LVF 2		ns	ns	1605.958	12.9	309.6
ZAR 2		ns	ns	2636.928	19.7	259.3
	Paja					
LVF 1		ns	ns	2.176	18.9	7.8
ZAR 1		ns	ns	1.833	22.7	5.9
LVF 2		ns	ns	1.130	13.6	7.8
ZAR 2		ns	ns	1.583	19.3	6.5
	Peso 1000 Granos					
LVF 1		ns	ns	21.516	112.8	36.2
ZAR 1		ns	ns	26.292	16.6	30.8
LVF 2		ns	**	6.697	6.7	38.2
ZAR 2		*	ns	12.452	11.4	30.7
	Rendimiento Grano					
LVF 1		ns	ns	1.141	31.0	3.3
ZAR 1		ns	ns	0.931	11.7	8.2
LVF 2		ns	*	0.199	11.4	3.9
ZAR 2		ns	*	0.308	32.2	1.7

Rep.= Repetición; Trat.= Tratamientos; C.V.=Coeficiente de Variación; LVF 1=Las Vegas Fecha 1; ZAR 1= Zaragoza Fecha 1; LVF 2= Las Vegas Fecha 2; ZAR 2= Zaragoza Fecha 2; ns, *, **: no significativo, significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro A2. Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruz de AN-137 X ABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas.

Localidad	Variable	Rep.	Trat.	Error	C.V.	Media
	Altura Inicial					
LVF 1		ns	**	0.277	3.0	17.3
ZAR 1		ns	ns	32.291	13.1	43.3
LVF 2		ns	**	5.773	12.0	19.9
ZAR 2		ns	ns	26.736	19.3	26.6
	Forraje Verde					
LVF 1		ns	*	4.059	25.2	7.9
ZAR 1		ns	ns	37.241	35.1	17.3
LVF 2		ns	ns	3.410	25.2	7.3
ZAR 2		*	ns	14.079	25.6	14.6
	Forraje Seco Total					
LVF 1		ns	*	0.105	19.8	1.6
ZAR 1		ns	ns	0.980	24.4	4.0
LVF 2		ns	ns	0.158	24.6	1.6
ZAR 2		*	ns	0.371	21.5	2.8
	% de Hoja					
LVF 1		*	**	11.618	4.5	75.7
ZAR 1		ns	**	26.619	8.2	62.9
LVF 2		ns	**	24.877	7.3	68.1
ZAR 2		ns	**	11.945	4.9	70.0
	Altura Final					
LVF 1		ns	**	28.666	5.5	96.0
ZAR 1		ns	**	37.382	6.1	99.2
LVF 2		ns	**	19.444	4.1	106.1
ZAR 2		ns	*	60.300	7.9	98.1
	Longitud de Espiga					
LVF 1		ns	ns	0.523	7.6	9.4
ZAR 1		ns	ns	0.473	19.0	3.6
LVF 2		ns	ns	1.019	10.7	9.4
ZAR 2		ns	ns	0.541	8.2	8.9

Rep.= Repetición; Trat.= Tratamientos; C.V.=Coeficiente de Variación; LVF 1=Las Vegas Fecha 1; ZAR 1= Zaragoza Fecha 1; LVF 2= Las Vegas Fecha 2; ZAR 2= Zaragoza Fecha 2; ns, *, **: no significativo, significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro A2. Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruz de AN-137 X ABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas, (continuación).

Localidad	Variables	Rep.	Trat.	Error	C.V.	Media
	Espiguillas/espiga					
LVF 1		ns	*	22.425	9.5	49.8
ZAR 1		ns	*	10.861	7.3	45.1
LVF 2		ns	ns	26.509	10.6	48.4
ZAR 2		ns	ns	17.134	8.9	46.2
	Granos/espiga					
LVF 1		ns	ns	51.620	21.9	32.7
ZAR 1		ns	**	16.583	13.5	30.1
LVF 2		ns	ns	45.000	17.0	39.4
ZAR 2		ns	ns	28.398	17.6	30.1
	Espigas/m ²					
LVF 1		ns	ns	3342.634	16.4	351.4
ZAR 1		ns	ns	5172.884	32.4	221.6
LVF 2		ns	ns	6406.967	24.9	321.0
ZAR 2		ns	ns	4600.356	24.2	279.8
	Paja					
LVF 1		*	ns	1.361	17.5	6.6
ZAR 1		ns	ns	1.007	21.0	4.7
LVF 2		ns	ns	1.211	16.4	6.6
ZAR 2		ns	ns	2.207	25.0	6.9
	Peso 1000 Granos					
LVF 1		ns	ns	46.079	18.8	36.0
ZAR 1		ns	ns	22.226	14.6	32.1
LVF 2		ns	ns	18.607	10.6	40.5
ZAR 2		ns	ns	26.270	16.4	31.1
	Rendimiento Grano					
LVF 1		ns	*	0.473	19.0	3.6
ZAR 1		ns	*	0.171	25.1	1.6
LVF 2		ns	ns	0.697	21.3	3.9
ZAR 2		ns	*	0.354	28.4	2.0

Rep.= Repetición; Trat.= Tratamientos; C.V.=Coeficiente de Variación; LVF 1=Las Vegas Fecha 1; ZAR 1= Zaragoza Fecha 1; LVF 2= Las Vegas Fecha 2; ZAR 2= Zaragoza Fecha 2; ns, *, **: no significativo, significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro A3. Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruz de AN-105 X ABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas.

Localidad	Variable	Rep.	Trat.	Error	C.V.	Media
	Altura Inicial					
LVF 1		ns	**	0.225	2.4	19.4
ZAR 1		ns	ns	28.425	12.6	42.0
LVF 2		ns	**	14.614	17.0	22.4
ZAR 2		ns	ns	20.555	16.7	27.0
	Forraje Verde					
LVF 1		ns	ns	8.957	33.3	8.9
ZAR 1		ns	**	6.487	15.1	16.8
LVF 2		ns	ns	12.635	37.9	9.3
ZAR 2		ns	ns	20.687	32.7	13.8
	Forraje Seco Total					
LVF 1		ns	ns	0.216	25.8	1.7
ZAR 1		ns	**	0.318	14.1	3.9
LVF 2		ns	ns	0.460	33.9	2.0
ZAR 2		ns	ns	0.440	24.4	2.7
	% de Hoja					
LVF 1		ns	**	11.491	4.6	73.5
ZAR 1		ns	ns	56.183	11.5	64.9
LVF 2		ns	**	23.666	7.3	66.3
ZAR 2		ns	**	18.961	6.3	68.4
	Altura Final					
LVF 1		ns	**	27.374	5.3	96.9
ZAR 1		ns	ns	123.240	11.8	94.0
LVF 2		ns	**	55.092	6.5	113.6
ZAR 2		ns	ns	77.500	9.3	94.3
	Longitud de Espiga					
LVF 1		ns	**	0.654	8.3	9.6
ZAR 1		ns	ns	1.127	12.4	8.5
LVF 2		ns	ns	0.801	9.4	9.5
ZAR 2		ns	ns	1.262	12.1	9.2

Rep.= Repetición; Trat.= Tratamientos; C.V.=Coeficiente de Variación; LVF 1=Las Vegas Fecha 1; ZAR 1= Zaragoza Fecha 1; LVF 2= Las Vegas Fecha 2; ZAR 2= Zaragoza Fecha 2; ns, *, **: no significativo, significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro A3. Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruz de AN-105 X ABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas, (continuación).

Localidad	Variables	Rep.	Trat.	Error	C.V.	Media
	Espiguillas/espiga					
LVF 1		ns	**	26.088	10.1	50.3
ZAR 1		ns	ns	34.603	12.9	45.3
LVF 2		ns	**	19.514	8.6	51.2
ZAR 2		ns	ns	26.988	10.7	48.3
	Grano/espiga					
LVF 1		ns	ns	40.859	18.5	34.5
ZAR 1		ns	ns	39.625	21.0	30.0
LVF 2		ns	*	23.270	11.2	42.9
ZAR 2		ns	ns	67.922	29.2	28.1
	Espigas/m ²					
LVF 1		ns	ns	2151.581	14.5	319.2
ZAR 1		ns	ns	6374.211	37.0	215.4
LVF 2		ns	*	1814.522	13.4	317.6
ZAR 2		ns	ns	6899.381	30.4	272.9
	Paja					
LVF 1		ns	**	0.976	13.6	7.2
ZAR 1		ns	ns	1.556	23.7	5.2
LVF 2		ns	ns	2.929	21.7	7.8
ZAR 2		ns	ns	1.128	17.4	6.0
	Peso 1000 Granos					
LVF 1		ns	*	17.146	10.6	38.9
ZAR 1		ns	ns	17.244	12.7	32.5
LVF 2		ns	ns	12.345	8.5	41.3
ZAR 2		ns	ns	18.026	12.8	33.0
	Rendimiento Grano					
LVF 1		ns	ns	0.645	20.8	3.8
ZAR 1		ns	*	0.183	27.7	1.5
LVF 2		ns	**	0.477	15.1	4.5
ZAR 2		**	**	0.275	26.8	1.9

Rep.= Repetición; Trat.= Tratamientos; C.V.=Coeficiente de Variación; LVF 1=Las Vegas Fecha 1; ZAR 1= Zaragoza Fecha 1; LVF 2= Las Vegas Fecha 2; ZAR 2= Zaragoza Fecha 2; ns, *, **: no significativo, significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro A4. Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruz de ERONGA X ABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas.

Localidad	Variable	Rep.	Trat.	Error	C.V.	Media
	Altura Inicial					
LVF 1		ns	**	0.486	2.9	23.7
ZAR 1		ns	ns	35.069	13.3	44.4
LVF 2		ns	ns	17.379	17.9	23.2
ZAR 2		ns	ns	22.569	16.7	28.3
	Forraje Verde					
LVF 1		*	ns	3.836	21.7	9.0
ZAR 1		*	**	14.938	22.8	16.8
LVF 2		ns	ns	7.965	30.9	9.1
ZAR 2		ns	ns	18.778	28.8	15.0
	Forraje Seco Total					
LVF 1		ns	ns	0.111	19.0	1.7
ZAR 1		*	ns	0.806	22.1	4.0
LVF 2		ns	ns	0.308	28.1	1.9
ZAR 2		ns	ns	0.443	23.2	2.8
	% de Hoja					
LVF 1		ns	*	19.528	6.1	72.1
ZAR 1		ns	*	48.860	10.6	65.8
LVF 2		ns	**	92.201	15.5	61.8
ZAR 2		ns	**	9.749	4.5	69.0
	Altura Final					
LVF 1		ns	**	32.370	5.7	98.9
ZAR 1		ns	**	69.328	8.4	98.1
LVF 2		ns	**	47.453	5.8	117.5
ZAR 2		ns	ns	82.523	9.2	98.1
	Longitud de Espiga					
LV 1		*	*	0.274	5.2	9.9
Z 1		ns	ns	0.683	9.2	8.8
LV 2		ns	ns	0.397	6.4	9.7
Z 2		ns	ns	0.754	9.5	9.1

Rep.= Repetición; Trat.= Tratamientos; C.V.=Coeficiente de Variación; LVF 1=Las Vegas Fecha 1; ZAR 1= Zaragoza Fecha 1; LVF 2= Las Vegas Fecha 2; ZAR 2= Zaragoza Fecha 2; ns, *, **: no significativo, significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro A4. Concentrado de los análisis de varianza para 15 variables de las familias de la cruz de ERONGA X ABT evaluados en el 2011 en dos localidades y dos fechas, (continuación).

Localidad	Variables	Rep.	Trat.	Error	C.V.	Media
Espiguillas/espigas						
LVF 1		ns	ns	26.425	9.8	52.1
ZAR 1		ns	ns	18.898	9.3	46.7
LVF 2		ns	*	7.611	5.2	52.7
ZAR 2		ns	ns	19.402	9.1	48.1
Granos/espiga						
LVF 1		ns	ns	71.023	24.8	33.9
ZAR 1		ns	ns	30.162	18.4	29.7
LVF 2		ns	*	22.981	11.1	43.0
ZAR 2		ns	ns	42.689	20.9	31.2
Espigas/m ²						
LVF 1		ns	*	2083.875	13.9	326.6
ZAR 1		ns	ns	4061.550	30.2	210.9
LVF 2		ns	ns	1676.787	13.3	307.3
ZAR 2		ns	ns	3501.662	20.8	283.2
Paja						
LVF 1		ns	*	1.370	16.7	6.9
ZAR 1		ns	**	1.217	25.9	4.2
LVF 2		ns	ns	2.434	20.3	7.6
ZAR 2		ns	ns	0.953	14.6	6.6
Peso 1000 Granos						
LVF 1		ns	ns	79.815	22.2	40.0
ZAR 1		ns	ns	33.858	17.2	33.7
LVF 2		ns	ns	7.547	6.6	41.3
ZAR 2		ns	ns	13.194	11.2	32.2
Rendimiento Grano						
LVF 1		ns	*	0.919	25.4	3.7
ZAR 1		ns	*	0.196	27.9	1.5
LVF 2		*	*	0.427	14.7	4.4
ZAR 2		ns	**	0.337	23.8	2.4

Rep.= Repetición; Trat.= Tratamientos; C.V.=Coeficiente de Variación; LVF 1=Las Vegas Fecha 1; ZAR 1= Zaragoza Fecha 1; LVF 2= Las Vegas Fecha 2; ZAR 2= Zaragoza Fecha 2; ns, *, **: no significativo, significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente.

A5. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-38 x ABT para las variables estudiadas. Fecha 1.

Las Vegas

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
15	10.3e	6.000c	1.216a	78.2ab	101.6ab	9.6ab
16	15.0d	6.463a	1.405a	76.4abc	98.3ab	8.9ab
17	20.3c	12.111a	2.266a	69.5bc	98.3ab	10.0ab
18	15.0d	9.908a	1.898a	82.5a	110.0a	9.3ab
19	25.0b	13.018ac	2.198a	67.7c	91.6b	10.7a
20	20.3c	8.759a	1.542a	69.9bc	96.6ab	8.9ab
AN-38xABT ♀	30.0a	11.019a	1.948a	73.0abc	86.6b	8.4b
ABT ♂	19.6c	8.833a	1.718a	72.4bc	94.0ab	9.3ab
V. Tukey					20.4	2.1
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
15	52.0a	31.3a	372.3a	8.220a	35.6a	3.375a
16	52.0a	32.6a	348.3a	7.513a	38.3a	3.004a
17	53.6a	33.0a	333.0a	8.711a	41.6a	3.788a
18	53.0a	33.0a	355.6a	8.967a	38.8a	3.551a
19	51.0a	27.0a	313.0a	7.549a	32.7a	2.511a
20	48.6a	26.6a	387.0a	8.662a	34.9a	4.064a
AN-38xABT ♀	45.0a	30.0a	344.3a	6.293a	33.5a	2.949a
ABT ♂	45.6a	32.6a	338.6a	6.498a	34.1a	4.298a
V. Tukey	16.0	15.5	190.2	4.2	13.3	3.0

V.Tuke= Valor Tukey

Zaragoza

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
15	53.3a	18.815a	3.920ab	58.9a	103.3a	9.4a
16	48.3a	13.463a	2.751b	58.1a	101.6a	7.6a
17	46.6a	21.907a	5.101a	70.6a	91.6a	8.6a
18	50.0a	22.482a	4.694ab	65.5a	106.6a	7.1a
19	41.6a	16.222a	3.535ab	60.1a	100.0a	9.4a
20	48.3a	20.222a	4.464ab	64.0a	100.0a	7.4a
AN-38xABT ♀	48.3a	21.852a	4.540ab	60.6a	98.3a	8.3a
ABT ♂	50.0a	16.056a	3.355ab	50.2a	103.3a	7.8a
V. Tukey	18.4	12.8	2.1	20.8	23.1	2.7
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espiga/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
15	52.6a	34.3a	277.6a	6.984a	30.8a	2.229ab
16	42.6ab	34.3a	155.6a	4.816a	29.7a	0.969bcd
17	45.3ab	28.0a	255.6a	6.273a	29.6a	1.542abcd
18	37.0b	22.0a	159.0a	6.951a	29.8a	0.563d
19	48.6ab	28.3a	233.3a	5.578a	31.9a	1.978abc
20	40.3ab	20.6a	177.6a	6.095a	30.7a	0.726cd
AN-38xABT ♀	46.0ab	33.6a	325.6a	6.140a	29.5a	2.595a
ABT ♂	44.0ab	22.3a	150.3a	4.785a	34.8a	1.609abcd
V. Tukey	13.7	17.1	178.1	3.9	14.7	1.3

V.Tuke= Valor Tukey.

A6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-38 x ABT para las variables estudiadas. Fecha 2.

Las Vegas

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
15	18.3a	7.333a	1.470a	76.9ab	106.6a	8.8a
16	16.6a	6.944a	1.537a	65.4bc	111.6a	8.1a
17	23.3a	9.248a	1.944a	59.8c	115.0a	10.1a
18	16.6a	7.037a	1.629a	78.9a	115.0a	9.0a
19	23.3a	10.500a	2.166a	59.2c	108.3a	9.6a
20	21.6a	10.019a	2.074a	62.5c	108.3a	8.7a
AN-38xABT ♀	23.3a	9.444a	1.925a	69.2abc	105.3a	8.8a
ABT ♂	22.6a	8.704a	1.611a	71.3abc	118.3a	9.6a
V. Tukey	8.6	7.0	1.7	12.1	16.7	2.4
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
15	47.6a	39.3a	322.0a	6.240a	35.6ab	3.611ab
16	48.0a	34.3a	366.0a	7.033a	41.7a	3.671ab
17	54.3a	43.0a	326.0a	8.855a	42.2a	3.860ab
18	48.6a	38.0a	344.6a	8.544a	31.8b	3.282b
19	51.3a	39.6a	326.0a	8.904a	39.9a	3.517ab
20	51.3a	40.0a	302.0a	8.271a	36.3ab	4.729a
AN-38xABT ♀	50.3a	41.6a	322.3a	6.202a	35.6ab	4.029ab
ABT ♂	54.6a	45.6a	268.3a	8.448a	42.7a	4.544ab
V. Tukey	14.3	16.2	115.4	3.0	7.4	1.2

V.Tuke= Valor Tukey

Zaragoza

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
15	25.0a	13.407a	2.518a	75.6a	103.3a	8.2a
16	28.3a	15.944a	2.833a	73.3a	98.3a	8.5a
17	23.3a	12.648a	2.426a	75.0a	90.0a	8.8a
18	25.0a	14.111a	2.518a	76.3a	110.0a	7.2a
19	26.6a	17.037a	3.092a	63.7a	100.0a	9.3a
20	28.3a	16.815a	2.629a	72.5a	96.6a	9.1a
AN-38xABT ♀	33.3a	15.982a	2.925a	64.6a	91.6a	7.6a
ABT ♂	25.0a	12.685a	2.425a	71.7a	93.3a	8.7a
V. Tukey	14.7	13.8	1.8	7.4	21.1	2.4
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
15	43.3a	27.6a	263.6a	4.993a	30.9a	1.953ab
16	46.3a	33.3a	259.3a	5.718a	34.0a	1.762ab
17	47.3a	26.0a	263.6a	6.493a	31.9a	1.733ab
18	37.6a	21.0a	183.3a	7.744a	30.3a	1.020b
19	48.0a	27.6a	298.0a	7.309a	31.2a	2.073a
20	48.3a	23.0a	233.3a	7.373a	26.4a	1.002b
AN-38xABT ♀	40.6a	28.3a	309.6a	5.724a	30.3a	2.695a
ABT ♂	48.0a	25.3a	259.0a	6.678a	30.5a	1.555ab
V. Tukey	12.2	15.7	147.9	3.6	10.1	1.6

V.Tuke= Valor Tukey.

A7. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-137 x ABT para las variables estudiadas. Fecha 1.

Las Vegas

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
8	10.3d	6.222b	1.405ab	82.6ab	103.3ab	9.4a
9	10.3d	9.352ab	1.901ab	72.3cd	95.0abc	8.9a
10	15.0c	9.408ab	1.835ab	76.2abc	101.6abc	9.3a
11	20.3b	5.093b	1.146b	76.9abc	90.0bc	9.6a
12	10.3d	7.611ab	1.553ab	84.6a	106.6a	10.6a
13	20.0b	7.093ab	1.479ab	78.1abc	91.6abc	8.7a
14	15.3c	5.926b	1.316b	73.7bcd	95.0abc	10.1a
AN-137XABT ♀	34.6a	12.185a	2.303a	64.4d	86.6c	8.9a
ABT ♂	19.6b	8.833ab	1.718ab	72.4cd	94.0abc	9.3a
V. Tukey	1.5	5.8	0.9	9.9	15.5	2.1
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
8	53.3ab	34.0a	375.6a	7.253a	36.5a	4.211a
9	47.0ab	27.6a	394.6a	7.111a	36.4a	3.666a
10	47.3ab	31.0a	331.6a	6.360a	42.5a	4.022a
11	49.0ab	30.3a	366.6a	6.358a	39.9a	3.908a
12	59.0a	37.3a	281.6a	8.406a	36.6a	2.580a
13	47.6ab	31.3a	415.0a	6.386a	34.9a	3.758a
14	55.3ab	36.6a	289.0a	5.735a	34.5a	2.500a
AN-137XABT ♀	44.0b	33.3a	270.3a	5.698a	29.1a	3.600a
ABT ♂	45.66ab	32.6a	338.6a	6.497a	34.1a	4.298a
V. Tukey	13.7	20.8	167.9	3.3	19.7	1.9

V. Tukey= Valor Tukey

Zaragoza.

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
8	43.3ab	15.371a	2.961a	67.7ab	120.0a	8.8a
9	43.3ab	22.926a	5.018a	65.0abc	78.3ef	9.2a
10	53.3a	15.907a	5.126a	61.7abc	101.6bcd	9.0a
11	41.6ab	15.204a	3.255a	62.4abc	96.6cd	8.7a
12	36.6b	20.315a	3.892a	74.2a	115.0ab	8.6a
13	41.6ab	18.963a	4.157a	54.8bc	91.6de	8.5a
14	41.6ab	19.296a	4.126a	66.7ab	113.3abc	7.7a
AN-137XABT ♀	38.3ab	12.259a	4.529a	63.0abc	73.3f	7.7a
ABT ♂	50.0ab	16.056a	3.355a	50.2b	103.3abcd	7.8a
V. Tukey	16.5	17.7	2.8	14.9	17.7	1.8
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
8	47.3a	33.3abc	213.0a	4.775a	33.4a	1.744ab
9	48.0a	29.6abc	198.3a	4.435a	28.0a	1.202b
10	43.3ab	31.0ab	218.3a	6.022a	35.8a	2.166ab
11	45.0ab	29.3ab	233.3a	5.440a	36.9a	2.517a
12	51.0a	38.0a	202.0a	4.844a	31.4a	1.580ab
13	46.6ab	26.3ab	276.0a	4.255a	27.3a	1.078b
14	43.3ab	36.0ab	246.3a	5.144a	28.0a	1.326ab
AN-137XABT ♀	37.3b	25.0ab	257.3a	3.246a	28.0a	1.580ab
ABT ♂	44.0ab	22.3c	150.0a	4.784a	34.8a	1.609ab
V. Tukey	9.5	11.8	208.9	2.9	13.6	1.2

V. Tukey= Valor Tukey

A8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-137 x ABT para las variables estudiadas. Fecha 2.

Las Vegas

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
8	13.3b	6.722a	1.351a	82.0ab	106.6ab	9.7a
9	20.0ab	6.759a	1.518a	68.2bc	100.0b	8.8a
10	21.6a	9.111a	2.055a	59.7cd	111.6ab	10.0a
11	21.6a	6.833a	1.685a	60.7cd	100.0b	10.2a
12	13.3b	4.315a	0.944a	84.4a	110.0ab	9.9a
13	20.0ab	7.481a	1.592a	71.2abc	101.6b	9.5a
14	21.6a	7.945a	1.907a	66.3c	106.6ab	8.5a
AN-137XABT ♀	25.0a	8.074a	1.852a	49.5d	100.0b	8.2a
ABT ♂	22.6a	8.704	1.611a	71.3abc	118.3a	9.6a
V. Tukey	6.9	5.3	1.1	14.4	12.8	2.9
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
8	49.0ab	39.3a	300.0a	6.213a	40.5a	3.257a
9	46.3ab	37.6a	304.0a	6.671a	39.2a	4.048a
10	49.3ab	40.6a	301.6a	7.442a	45.3a	4.711a
11	49.0ab	45.6a	279.6a	5.591a	40.3a	3.691a
12	54.0a	37.3a	290.6a	6.137a	39.9a	3.260a
13	46.6ab	32.6a	344.6a	6.793a	39.9a	3.884a
14	47.3ab	37.0a	403.6a	7.144a	39.5a	3.913a
AN-137XABT ♀	38.6b	39.0a	396.6a	5.844a	36.9a	3.931a
ABT ♂	54.6a	45.6a	268.3a	8.448a	42.73	4.544a
V. Tukey	14.9	19.4	232.5	3.1	12.5	2.4

V. Tukey= Valor Tukey

Zaragoza

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
8	25.0a	10.701a	2.037a	76.4a	93.3a	7.8a
9	20.0a	13.942a	3.037a	70.7a	90.0a	9.3a
10	26.6a	16.792a	3.037a	70.0a	110.0a	9.5a
11	28.3a	14.513a	2.666a	71.5a	93.3a	9.1a
12	25.0a	14.254a	2.592a	73.0a	111.6a	9.0a
13	33.3a	18.403a	3.518a	66.9a	95.0a	9.2a
14	23.3a	14.961a	2.852a	74.9a	100.0a	8.6a
AN-137XABT ♀	33.3a	15.135a	3.222a	55.2a	96.6a	9.2a
ABT ♂	25.0a	12.686a	2.425a	71.7a	93.3a	8.7a
V. Tukey	15.0	10.8	1.7	10.0	22.5	2.1
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espiga/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
8	41.6a	30.0a	292.6a	5.440a	26.1a	1.482a
9	48.6a	30.6a	307.3a	6.762a	33.7a	2.751a
10	45.6a	32.0a	300.0a	7.218a	36.2a	2.217a
11	46.6a	31.3a	216.3a	5.955a	27.9a	2.018a
12	48.6a	33.0a	250.0a	4.807a	33.7a	1.909a
13	47.3a	26.0a	339.0a	5.453a	28.1a	2.084a
14	45.6a	29.3a	252.0a	6.222a	29.7a	1.651a
AN-137XABT ♀	44.3a	33.6a	302.0a	4.747a	33.7a	3.202a
ABT ♂	48.0a	25.3a	259.0a	6.678a	30.5a	1.555a
V. Tukey	12.0	15.4	197.0	4.3	14.8	1.7

V. Tukey= Valor Tukey

A9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza AN-105 x ABT para las variables estudiadas. Fecha 1.

Las Vegas

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
21	10.3e	7.815a	1.648a	82.0a	101.6a	11.5a
22	14.6d	7.315a	1.452a	69.6cde	100.0a	9.4abc
23	19.6c	8.000a	1.698a	75.9abcd	100.0a	11.1ab
24	15.0d	5.315a	1.205a	73.9abcd	90.0ab	9.5abc
25	25.0b	10.444a	2.015a	68.8e	105.0a	9.2abc
26	24.6b	11.833a	2.283a	77.7abc	101.6a	9.8abc
27	15.3d	8.185a	1.807a	80.7ab	98.3a	8.8bc
28	20.0c	13.241a	2.431a	71.5bcde	96.6ab	9.4abc
AN-105XABT ♀	29.6a	8.741a	1.718a	66.5de	81.6b	8.5c
ABT ♂	19.6c	8.833a	1.718a	72.4abcde	94.0ab	9.3abc
V.Tukey	1.3	8.7	1.3	9.9	15.3	2.3
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espiga/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
21	67.0a	48.0a	292.6a	9.099a	37.1ab	4.117a
22	52.0a	39.3a	322.0a	7.104ab	33.6b	3.895a
23	51.6a	30.0a	326.0a	8.524a	40.7ab	4.238a
24	48.3a	31.3a	348.3a	6.286ab	38.0ab	3.560a
25	44.0a	34.3a	326.0a	6.517ab	45.9a	4.373a
26	52.0a	31.3a	277.6a	8.364ab	45.6ab	3.897a
27	50.3a	36.0a	320.3a	7.298ab	39.4ab	3.911a
28	51.6a	31.0a	343.0a	6.964ab	39.6ab	2.929a
AN-105XABT ♀	40.3a	30.3a	298.0a	5.575b	34.7ab	2.220a
ABT ♂	45.6a	32.6a	338.6a	6.497ab	34.1ab	4.298a
V.Tukey	14.9	18.7	135.79	2.8	12.1	2.3

V.Tuke= Valor Tukey

Zaragoza.

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
21	45.0a	18.611ab	4.337abc	66.6a	95.0a	9.7a
22	40.0a	14.222ab	3.302bc	69.2a	90.0a	8.9a
23	45.0a	17.333ab	4.479abc	65.4a	98.3a	8.6a
24	38.3a	15.315ab	3.872abc	66.4a	81.6a	8.8a
25	36.6a	11.852b	3.031c	64.0a	103.3a	6.8a
26	40.0a	20.167a	4.159abc	65.5a	86.6a	8.3a
27	45.0a	15.259ab	3.438bc	69.0a	96.6a	8.7a
28	41.6a	21.000a	4.740ab	67.5a	106.6a	9.5a
AN-105XABT ♀	38.3a	18.241ab	5.150a	65.4a	78.3a	7.6a
ABT ♂	50.0a	16.056ab	3.355bc	50.2a	103.3a	7.8a
V.Tukey	15.6	7.4	1.6	21.9	32.4	3.1
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
21	49.3a	37.6a	340.6a	6.060a	28.7a	2.104a
22	49.3a	31.0a	189.0a	5.047a	31.7a	1.226a
23	45.6a	30.0a	207.3a	4.811a	30.1a	1.122a
24	47.0a	34.6a	192.3a	6.289a	32.0a	1.722a
25	35.0a	29.0a	205.6a	3.589a	35.0a	1.064a
26	45.0a	28.3a	220.6a	5.418a	33.4a	1.049a
27	47.0a	27.6a	300.3a	5.649a	34.0a	2.231a
28	52.0a	29.6a	198.0a	4.907a	31.8a	1.676a
AN-105XABT ♀	38.6a	29.6a	250.0a	5.915a	34.0a	1.633a
ABT ♂	44.0a	22.3a	150.0a	4.785a	34.8a	1.609a
V.Tukey	17.2	18.4	233.7	3.6	12.1	1.2

V.Tuke= Valor Tukey

A10. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruz AN-105 x ABT para las variables. Fecha 2.

Las Vegas

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
21	13.3b	7.778a	1.611a	82.0a	131.6b	9.5a
22	23.3ab	9.167a	2.148a	62.0bcd	115.0ab	10.8a
23	23.3ab	9.000a	1.870a	69.4abc	115.0ab	10.7a
24	25.0a	10.500a	2.351a	59.2cd	103.3b	9.9a
25	30.0a	10.592a	2.351a	53.5d	131.6a	9.3a
26	21.6ab	8.593a	1.740a	75.5ab	120.0ab	9.1a
27	20.0ab	9.000a	1.833a	71.8abc	111.6ab	8.8a
28	20.0ab	9.019a	1.926a	63.5bcd	110.0ab	8.6a
AN-105XABT ♀	25.0a	11.259a	2.570a	54.9d	106.6b	8.4a
ABT ♂	22.6ab	8.704a	1.611a	71.3abc	118.3ab	9.6a
V.Tukey	11.1	10.4	1.9	14.2	21.7	2.6
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
21	55.3ab	43.3ab	352.0ab	7.631a	40.7ab	4.602ab
22	61.0a	51.6a	353.6ab	9.204a	39.1ab	4.906ab
23	53.3abc	42.3ab	288.6ab	7.594a	39.7ab	3.413b
24	53.6abc	45.3ab	311.3ab	8.020a	35.9b	5.026ab
25	48.0bc	41.0ab	363.0ab	9.447a	47.9a	6.182a
26	49.6abc	46.3ab	242.3b	7.506a	41.3ab	4.126b
27	49.0abc	39.0ab	317.0ab	7.213a	40.3ab	3.717b
28	46.6bc	34.3b	300.0ab	6.904a	43.5ab	4.004b
AN-105XABT ♀	42.0c	40.6ab	379.6a	6.709a	41.9ab	5.226ab
ABT ♂	54.6abc	45.6ab	268.3ab	8.449a	42.7ab	4.544ab
V.Tukey	12.9	14.1	124.7	5.0	10.2	2.0

V.Tuke= Valor Tukey

Zaragoza

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
21	28.3a	15.815a	2.592a	75.9a	98.3a	10.0a
22	28.3a	13.704a	2.666a	66.2ab	98.3a	9.5a
23	30.0a	13.667a	2.907a	68.0ab	101.6a	9.3a
24	25.0a	14.426a	2.814a	70.5ab	88.3a	9.6a
25	31.6a	17.833a	3.722a	55.2c	106.6a	9.5a
26	21.6a	14.722a	2.740a	75.3a	85.0a	9.0a
27	23.3a	10.426a	1.944a	73.9a	90.0a	9.1a
28	26.6a	11.296a	2.148a	68.5ab	91.6a	9.4a
AN-105XABT ♀	30.0a	14.222a	3.129a	58.5bc	90.0a	7.9a
ABT ♂	25.0a	12.685a	2.425a	71.7a	93.3a	8.7a
V.Tukey	13.2	13.3	1.9	12.4	25.7	3.2
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
21	52.0a	28.6a	294.3a	7.724a	30.9a	1.973ab
22	50.6a	28.0a	265.0a	6.204a	28.8a	2.169ab
23	46.6a	25.3a	231.3a	5.940a	31.5a	1.713ab
24	49.6a	24.0a	287.0a	5.684a	37.8a	1.702ab
25	48.3a	35.6a	292.6a	6.175a	38.9a	2.117ab
26	46.6a	20.0a	226.0a	5.182a	32.8a	0.713c
27	48.6a	31.6a	292.6a	5.449a	31.5a	2.266ab
28	50.0a	31.3a	239.0a	5.909a	34.9a	2.200ab
AN-105XABT ♀	42.6a	31.6a	342.3a	5.911a	32.6a	3.122a
ABT ♂	48.0a	25.3a	259.0a	6.677a	30.5a	1.555bc
V.Tukey	15.2	24.1	243.1	3.1	12.4	1.5

V.Tuke= Valor Tukey

A11. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruz ERONGA x ABT para las variables estudiadas. Fecha 1.

Las Vegas

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
1	20.3d	11.759a	2.311a	70.7ab	106.6a	9.1b
2	30.3b	10.722a	1.703a	72.4ab	103.3ab	9.7ab
3	30.0b	9.334a	1.748a	71.4ab	98.3ab	9.9ab
4	24.0c	7.815a	1.653a	75.3a	106.6a	10.2ab
5	19.6d	7.408a	1.561a	77.0a	100.0ab	10.0ab
6	15.3e	8.092a	1.677a	75.7a	103.3ab	10.3ab
7	19.6d	7.879a	1.548a	73.0ab	90.0b	10.0ab
ERONGAXABT♀	35.0a	9.315a	1.870a	60.9b	88.3b	11.0a
ABT♂	19.6d	8.833a	1.718a	72.4ab	94.0ab	9.3bab
V. Tukey	2.0	5.6	.9	12.8	16.5	1.5
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
1	55.0a	34.3a	227.6c	6.771ab	36.2a	1.664b
2	49.0a	34.0a	359.3abc	6.491ab	40.6a	3.495ab
3	51.3a	35.3a	398.0ab	7.868ab	38.7a	4.573a
4	53.6a	32.0a	311.3abc	6.498sb	44.2a	3.531ab
5	54.0a	33.0a	427.6a	9.053a	40.9a	4.573a
6	57.0a	34.0a	342.3abc	8.457a	42.6a	3.753ab
7	54.3a	34.0a	361.0c	6.373ab	41.2a	3.708ab
ERONGAXABT♀	49.3a	36.3a	274.0bc	4.782b	43.2a	3.660ab
ABT♂	45.6a	32.6a	338.6abc	6.497ab	34.1a	4.298ab
V. Tukey	14.9	24.4	132.6	3.4	25.9	2.7

V.Tuke= Valor Tukey

Zaragoza

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
1	48.3a	16.852ab	3.850a	76.7a	116.6a	8.5ab
2	50.0a	23.685a	5.276a	70.7a	98.3abcd	8.8ab
3	43.3a	16.870ab	3.816a	61.1ab	86.6bcd	8.9ab
4	45.0a	18.222ab	3.846a	63.8ab	106.6ab	9.1ab
5	45.0a	22.852a	4.563a	65.5ab	105.0ab	10.6a
6	40.0a	15.130ab	3.153a	63.9ab	110.0ab	8.6ab
7	40.0a	14.222ab	3.727a	73.5a	80.0cd	8.4ab
ERONGAXABT♀	38.3a	8.167b	4.983a	66.8ab	76.6d	8.9ab
ABT♂	50.0a	16.056ab	3.355a	50.2b	103.3abc	7.8b
V. Tukey	17.2	11.2	2.6	20.3	24.1	2.4
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
1	44.3a	31.0a	246.3a	5.953a	34.5a	2.073ab
2	46.6a	29.0a	181.3a	6.188a	30.1a	0.887b
3	47.3a	31.6a	281.6a	3.653ab	31.7a	2.218a
4	47.0a	27.3a	227.6a	2.011b	33.2a	1.391ab
5	55.0a	33.0a	189.0a	3.053ab	28.9a	1.322ab
6	48.0a	33.0a	163.0a	3.842ab	32.4a	1.146ab
7	45.3a	26.0a	263.3a	4.867ab	37.2a	1.457ab
ERONGAXABT♀	43.0a	34.3a	196.3a	3.964ab	40.4a	2.142ab
ABT♂	44.0a	22.3a	150.0a	4.784ab	34.8a	1.609ab
V. Tukey	12.6	15.9	185.1	3.2	16.9	1.2

V.Tuke= Valor Tukey

A12. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de la cruza ERONGA x ABT para las variables estudiadas. Fecha 2.

Las Vegas

Tratamiento	Altura inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
1	23.3ab	8.593a	1.796a	69.5ab	121.6ab	9.3ab
2	23.3ab	8.407a	1.870a	60.9ab	128.3a	8.9b
3	25.0ab	9.074a	2.129a	55.7ab	110.0ab	9.9ab
4	20.0ab	8.759a	2.000a	60.2ab	123.3ab	10.0ab
5	21.6ab	10.704a	2.133a	63.2ab	123.3ab	10.0ab
6	16.6b	8.426a	1.648a	80.2a	121.6ab	9.2ab
7	26.6ab	9.592a	2.277a	52.4ab	105.0b	9.9ab
ERONGAXABT♀	30.0a	9.759a	2.315a	42.9b	106.6b	10.9a
ABT♂	22.6ab	8.704a	1.611a	71.3a	118.3ab	9.6ab
V. Tukey	12.1	8.1	1.6	27.8	20.0	1.8
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
1	50.6ab	38.6ab	270.6a	6.822a	38.7a	3.366a
2	46.6b	38.6ab	302.0a	7.524a	45.0a	3.991a
3	52.3ab	42.6ab	355.3a	7.965a	39.9a	5.086a
4	55.3a	45.3ab	305.3a	6.956a	38.2a	4.624a
5	54.0ab	44.6ab	376.0a	9.391a	39.6a	4.962a
6	50.3ab	36.0b	303.6a	8.642a	41.1a	3.677a
7	5.6ab	44.6ab	294.3a	6.845a	42.4a	4.635a
ERONGAXABT♀	54.3ab	51.3a	290.6a	6.573a	44.4a	5.080a
ABT♂	54.6ab	45.6ab	268.3a	8.449a	42.7a	4.544a
V. Tukey	8.0	13.9	118.94	4.5	7.9	1.8

V.Tuke= Valor Tukey

Zaragoza

Tratamiento	Altura Inicial (cm)	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Forraje seco total (t ha ⁻¹)	Hoja (%)	Altura final (cm)	Longitud Espiga (cm)
1	28.3a	17.370a	1.259a	70.1ab	101.6a	9.2a
2	28.3a	14.185a	2.740a	66.1bc	101.6a	8.7a
3	33.3a	16.056a	3.185a	59.2c	96.6a	8.7a
4	25.0a	15.574a	2.925a	70.9ab	98.3a	8.1a
5	25.0a	15.648a	2.796a	75.9a	100.0a	9.7a
6	23.3a	13.278a	2.518a	76.6a	103.3a	9.9a
7	31.6a	15.556a	2.759a	70.6ab	93.3a	9.4a
ERONGAXABT♀	35.0a	14.982a	3.185a	59.7c	95.0a	9.5a
ABT♂	25.0a	12.685a	2.425a	71.7ab	93.3a	8.7a
V. Tukey	13.7	12.5	1.9	9.0	26.3	2.5
Tratamiento	Espiguillas /espiga	Granos /espiga	Espigas/m ²	Paja (t ha ⁻¹)	Peso de 1000 g. (g)	Rendimiento grano (t ha ⁻¹)
1	46.6a	34.3a	283.3a	6.875a	33.2a	3.695ab
2	48.0a	27.6a	303.6a	7.917a	31.4a	1.804c
3	45.3a	32.0a	392.3a	7.066a	32.5a	2.480abc
4	43.6a	28.6a	229.6a	5.320a	28.8a	2.142bc
5	52.3a	31.6a	264.6a	6.578a	32.2a	2.411abc
6	52.0a	28.6a	235.0a	6.431a	30.9a	1.344c
7	50.3a	33.3a	276.0a	7.415a	31.1a	2.586ab
ERONGAXABT♀	46.6a	39.6a	305.6a	5.777a	39.2a	3.931a
ABT♂	48.0a	25.3a	259.0a	6.677a	30.5a	1.555c
V. Tukey	12.7	18.9	171.8	2.8	10.5	1.6

V.Tuke= Valor Tukey