

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO.**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Potencial de producción de biomasa de familias $F_{2:5}$ de triticales
(X *Triticosecale* Wittmack) en comparación con sus progenitores en
dos ambientes del norte de México.**

Por:

JOSE ANTONIO NEGRETE LEDESMA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México. Marzo de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Potencial de producción de biomasa de familias $F_{2:5}$ de triticales
(X *Triticosecale Wittmack*) en comparación con sus progenitores en
dos ambientes del norte de México.

POR

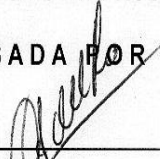
JOSE ANTONIO NEGRETE LEDESMA

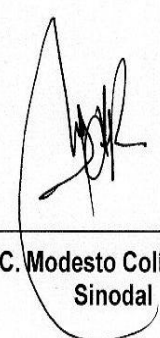
TESIS

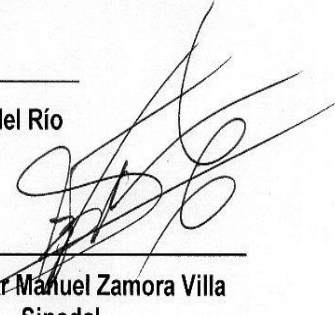
Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

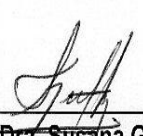
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

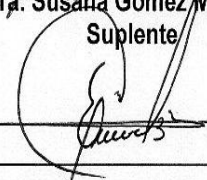
APROBADA POR


Dr. Alejandro Javier Lozano del Río
Presidente del Jurado


M.C. Modesto Colín Rico
Sinodal


Dr. Víctor Manuel Zamora Villa
Sinodal


Dra. Susana Gómez Martínez
Suplente


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México. Marzo de 2011

DEDICATORIA

Con profundo amor y respeto a mis padres:

Adelaida Ledezma García y Cecilio Negrete Martínez.

Por el apoyo que me brindaron, por la formación, por fomentar en mí el deseo de saber, de conocer lo novedoso y abrirme las puertas al mundo ante mi curiosidad insaciable, Siendo que ellos son la guía de mi vida, ya que a base de su esfuerzo, confianza y sacrificio me permitieron culminar mi carrera profesional, siendo que a pesar de la distancia, de los momentos buenos y malos, nunca dejaron de creer en mí. Y que con el presente trabajo me permito agradecerles eternamente, por darme la oportunidad de que mi sueño se hiciera realidad y que es la mejor herencia que pudiera recibir y por lo cual les viviré eternamente agradecido.

A MIS HERMANOS:

Miguel Ángel, Cecilio, Leonel, Fidencio y Alejandro (Juan),

A MIS HERMANAS:

Lupita, Josefina, Martina e Irma.

Por creer en mí, porque siempre conté con su confianza y buenos consejos y que sin esperar nada, lo dieron todo sabiendo que no existiría una forma de agradecer toda una vida de sacrificios y esfuerzos, quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por darme la oportunidad de vivir y por permitirme tener una gran familia. Por todos los momentos difíciles que he vivido y que en cada uno de ellos he aprendido la fuerza para vivir mejor.

A mi **ALMA MATER**, por brindarme la herramienta del conocimiento y por las oportunidades que me ha regalado para seguir adelante.

Al Dr. Alejandro Javier Lozano del Río. Por su gran apoyo y confianza, por el tiempo dedicado a este proyecto y todas sus enseñanzas.

A la Dra. Susana Gómez Martínez, al Dr. Víctor Zamora Villa, al M.C. Modesto Colín Rico por su disposición y ayuda brindada en este proyecto y aceptar ser parte del jurado calificador.

A mis compañeros y amigos de esta institución por compartir buenos y malos momentos, con quienes construimos conocimiento, compartimos mañanas, tardes y noches de estudio, momentos de nerviosismo en parciales y finales.

A toda mi familia, compañeros, amigos, maestros a las personas que alguna vez creyeron y confiaron en mí, mil gracias a todos. Dios los bendiga por siempre.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CONTENIDO	iii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
INTRODUCCION	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
 REVISION DE LITERATURA	 4
Generalidades del cultivo de triticale.....	4
Tipos de triticale.....	4
Tipos de triticale forrajero.....	5
Heterosis.....	5
Generalidades.....	5
Heterosis en trigo.....	7
Heterosis en triticale.....	8
 MATERIALES Y METODOS	 11
DESARROLLO DEL EXPERIMENTO	11
Localización de los sitios experimentales.....	12
Características del suelo.....	13
Establecimiento del experimento y labores de cultivo.....	13
Barbecho.....	13
Rastra.....	14
Nivelación.....	14
Tamaño de parcela experimental.....	14
Siembra.....	14
Fertilización.....	14
Riegos.....	15
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	15
Material genético utilizado.....	15
Diseño experimental utilizado en campo.....	16
Análisis estadísticos.....	17
Modelo estadístico de los análisis de varianza individuales por localidad.....	17
Modelo estadístico de los análisis de varianza combinados entre localidades.....	17
Comparación de medias.....	18
Correlaciones fenotípicas.....	18
Contrastes ortogonales.....	19
Estimación de la heterosis y heterobeltiosis.....	19
Variables registradas.....	20

RESULTADOS.....	22
Resultados de los análisis de varianza por localidad de las variables estudiadas. Navidad, N.L.	22
Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas en la localidad de Navidad, N.L.	22
Resultados de los análisis de varianza entre tratamientos para las variables estudiadas. Zaragoza, Coah.	27
Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas en la localidad de Zaragoza, Coahuila.	27
Resultados de los análisis de varianza entre localidades.	32
Resultados de las pruebas de comparación de medias entre localidades.	32
Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.	35
Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y sus progenitores. Navidad, N.L.	40
Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y sus progenitores. Zaragoza, Coah.	42
Resultados de la estimación de heterosis y heterobeltiosis Navidad, N.L.	45
Resultados de la estimación de heterosis y heterobeltiosis Zaragoza,Coah.	46
Resultados de las correlaciones fenotípicas entre las variables estudiadas.	48
DISCUSIÓN.....	49
CONCLUSIONES.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	55
APÉNDICE.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1.	Material genético utilizado en el experimento. Ciclo 2009-2010.....	16
2.	Resultados de los análisis de varianza entre tratamientos para las variables estudiadas. Navidad, N. L.....	22
3.	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas en Navidad, N.L.....	25
4.	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas en Navidad, N.L.....	26
5.	Resultados de los análisis de varianza entre tratamientos para las variables estudiadas. Zaragoza, Coahuila.....	27
6.	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas en Zaragoza Coah.....	30
7.	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas en Zaragoza Coah.....	31
8.	Resultados de los análisis de varianza combinados entre localidades para las variables estudiadas.....	33
9.	Resultados de la prueba de comparación de medias entre localidades para las variables estudiadas.....	35
10.	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.....	38
11.	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.....	39
12.	Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y los progenitores femeninos primaverales. Navidad, N.L.....	40

13. Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y los progenitores femeninos intermedios. Navidad, N.L.....	41
14. Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y el progenitor masculino intermedio-invernal. Navidad, N.L.....	42
15. Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y los progenitores femeninos primaverales. Zaragoza, Coah.....	43
16. Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y los progenitores femeninos intermedios. Zaragoza, Coah.....	43
17. Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y el progenitor masculino intermedio-invernal. Zaragoza, Coah.....	44

INDICE DE FIGURAS DEL APÉNDICE

Figuras		Pág.
1.	Rendimiento de paja total de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	62
2.	Rendimiento de grano de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	62
3.	Altura de planta de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	63
4.	Número de espigas por m^2 de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	63
5.	Peso hectolítrico de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	64
6.	Número de granos/espiga de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	64
7.	Peso de 1000 granos de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	65
8.	Rendimiento de paja total de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Zaragoza, Coah.	65
9.	Rendimiento de grano de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Zaragoza, Coah.	66
10.	Altura de planta de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	66
11.	Número de espigas por m^2 de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	67
12.	Peso hectolítrico de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	67
13.	Número de granos/espiga de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	68
14.	Peso de 1000 granos de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.	68

RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos localidades del noreste de México: Navidad, N.L. y Zaragoza, Coah., durante el ciclo otoño-invierno 2009-2010, con el objetivo de determinar el comportamiento de producción de biomasa, rendimiento de grano y sus componentes de 44 familias $F_{2:5}$ de triticales en comparación con sus progenitores. El diseño utilizado en campo fue un bloques completos al azar con tres repeticiones en cada una de las localidades de estudio. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de paja (tallos y hojas), rendimiento de paja (espigas con grano), rendimiento de paja total, % de paja, % de espiga, altura de planta, rendimiento de grano, número de espigas por m^2 , peso hectolítrico, longitud de espiga, espiguillas por espiga, número de granos por espiga y peso de 1000 granos. Se realizaron análisis de varianza individuales por localidad y combinado entre localidades. Se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey) entre localidades y tratamientos. Se realizaron contrastes ortogonales entre las familias y sus progenitores para las variables estudiadas. Se calculó el porcentaje de superioridad de las familias sobre el promedio de sus progenitores y sobre el mejor progenitor (heterosis y heterobeltiosis). Las diferencias estadísticas detectadas en los análisis de varianza entre los tratamientos en cada una de las localidades del estudio indicaron la gran diversidad genética presente entre las familias $F_{2:5}$ y sus progenitores. Lo anterior se debió principalmente a las diferencias entre los hábitos de crecimiento de los genotipos utilizados como hembras (hábitos primaverales e intermedios) y el progenitor masculino de hábito intermedio-invernal, lo que originó una gran diversidad de las progenies con respecto a su fenología, altura de planta y en su capacidad de acumulación de biomasa y su potencial de rendimiento. Un importante porcentaje de las familias mostraron en muchos casos valores significativamente mayores que sus progenitores en la mayoría de las variables estudiadas, lo que fue confirmado por los resultados de los contrastes ortogonales entre el promedio de las familias sin importar su cruce y sus progenitores primaverales, intermedios y el progenitor masculino

tardío. La localidad de Zaragoza, Coah., registró en forma general los mayores valores en las variables que inciden en la acumulación de biomasa en comparación con la localidad de Navidad, N.L., debido principalmente a las diferencias en clima, suelo y particularmente a las diferencias en manejo. Con respecto a los resultados de la estimación de heterosis y heterobeltiosis de las familias $F_{2:5}$ evaluadas, en la localidad de Navidad, N.L., se registraron los mayores valores, principalmente en las familias pertenecientes a la cruza AN-125 x ABT, y particularmente en las variables paja total, rendimiento de grano, altura de planta y granos/espiga. En Zaragoza, Coah., los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis se registraron en las variables paja total, granos/espiga y peso de 1000 granos. Con respecto a la altura de planta, la cual es una característica que típicamente muestra heterosis en muchas especies cultivadas, los resultados de este estudio mostraron valores superiores a los reportados en trigo (10%) por diversos autores. Los resultados de las correlaciones fenotípicas realizadas entre las variables en estudio en ambas localidades permiten inferir que se pueden seleccionar genotipos de alto rendimiento basándose en las significativas y positivas correlaciones entre altura y paja total con el rendimiento de biomasa y grano. Se concluye que en forma general, una adecuada proporción de las familias $F_{2:5}$ registraron superioridad con respecto a sus progenitores en las características agronómicas que inciden en una mayor acumulación de biomasa como son la paja total y la altura de planta, confirmando los posibles efectos de heterosis y heterobeltiosis, lo cual es un aspecto importante en el desarrollo de nuevas variedades más productivas.

Palabras clave: triticale, producción de biomasa, familias, progenitores.

INTRODUCCIÓN

En el Norte y Centro de México es muy importante la actividad ganadera bajo sistemas extensivos e intensivos. Bajo manejo intensivo en las regiones mencionadas, cuando menos el 50% de la alimentación del ganado, tanto de carne como lechero, se basa en el uso de forrajes de corte, ya sea verdeado, henificado o ensilado o bajo pastoreo directo. Existen opciones importantes para aumentar la producción durante la época mencionada, entre ellas el triticales (X *Triticosecale* Wittmack), ya que se ha confirmado, en base a información relevante que se ha generado de los diversos estudios realizados con este cultivo por el Programa de Cereales de la UAAAN en las regiones mencionadas, que representa una buena alternativa en la producción de forraje de invierno, debido a que es un cultivo de rápido crecimiento, considerable capacidad de adaptación, con mayor tolerancia al frío, buena calidad forrajera, excelente palatabilidad y mayor eficiencia de transformación de agua a materia seca en comparación con las especies tradicionalmente utilizadas, como la avena y el ballico anual.

El método tradicional de mejoramiento en triticales ha sido el de líneas puras, las cuales se han desarrollado tanto para variedades de hábito primaveral como invernal, utilizando principalmente el sistema de pedigree o selección individual (Cichy *et al.* 2002). Todas las variedades liberadas actualmente son líneas homocigóticas y homogéneas (Oettler, 2005). El fenómeno de heterosis ha sido explotado por largo tiempo en cultivos de polinización cruzada tales como el maíz, el centeno o el mijo perla, para tomar ventaja del comportamiento superior de los híbridos producidos a partir de líneas genéticamente no relacionadas. Uno de los aspectos clave en la producción comercial de híbridos es la cantidad de heterosis. En un cultivo autógamo como el trigo, el uso comercial de la heterosis ha tenido solo un éxito moderado (Jordaan *et al.* 1999). En triticales, el cual es tratado generalmente como un cultivo autógamo, la producción de híbridos ha recibido recientemente

una considerable atención (Oettler *et al.* 2001; WeiBmann y WeiBmann, 2002), particularmente con estudios de heterosis para rendimiento de grano y sus componentes. Sin embargo, existen autores que 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 y Parodi, 2001). Por otra parte, Bears *et al* (1988), señalan que la regresión del rendimiento de una serie de híbridos con el mejor rendimiento de los padres, converge cuando los rendimientos son altos, respaldando la teoría que establece que en la medida que las líneas puras se vuelven superiores e incorporan alelos apropiados en los loci, las ventajas de los híbridos disminuyen, siendo posible fijar en una línea pura lo que se percibía como heterosis. Según Braun *et al.* (1998), las razones por las que la producción de trigo híbrido no sería económicamente viable son: a) que presenta ventajas heteróticas limitadas b) que existe una carencia de ventajas agronómicas (calidad y resistencia), y c), que la heterosis puede ser fijada haciendo que los híbridos pierdan sus ventajas. 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 determinar el comportamiento productivo de biomasa, rendimiento de grano y sus componentes en 44 familias $F_{2:5}$ de triticale en comparación con sus progenitores en dos ambientes del norte de México, con los siguientes objetivos específicos:

1.- Identificar familias $F_{2:5}$ que rindan una mayor producción de biomasa que sus progenitores en dos localidades del norte de México.

2.- Identificar familias $F_{2:5}$ que tengan un mayor rendimiento de grano que sus progenitores en dos localidades del norte de México.

3.- Estimar la heterosis y la heterobeltiosis de las características de producción de biomasa y rendimiento de grano en las familias $F_{2:5}$, bajo la siguiente:

Hipótesis

Cuando menos una de las familias $F_{2:5}$ producidas a partir del cruzamiento de líneas y variedades comerciales de triticales de diferente hábito de crecimiento presentan significativamente una mayor capacidad de acumulación de biomasa y de rendimiento de grano que sus progenitores.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo de triticales

Las primeras plantas de triticales sintetizadas por el hombre datan de 1875, cuando Wilson (1876), obtuvo un híbrido interespecífico usando polen de centeno para polinizar flores de trigo. El interés de esta nueva especie fue, durante muchos años, meramente botánico, hasta que el descubrimiento de la colchicina y el desarrollo de la técnica de cultivo de embriones permitieron superar parcialmente, los problemas de esterilidad asociados a su origen híbrido. A partir de los años 50 los objetivos en el estudio de esta planta dejaron de ser descriptivos y se centraron en la aptitud agronómica de este nuevo cereal (National Research Council, 1989).

Desde hace aproximadamente 30 años, se ha incrementado el interés en el uso del triticales como forraje a nivel mundial y nacional. La selección de las variedades está en función de su hábito de crecimiento, características agronómicas y nutricionales, ya que depende de las condiciones ambientales, el manejo y el tipo de explotación. Su uso incluye la producción en monocultivo o en mezclas intraespecíficas invernales/primaverales (Baron *et al.* 1992), en mezclas con leguminosas (Carnide *et al.* 1998), bajo pastoreo directo (CIMMYT, 2004), corte para verdeo o henificado (Lozano, 1990), ensilaje (Haesaert *et al.* 2002), y doble propósito (Wright *et al.* 1990; Macas *et al.* 2002). Las mezclas intraespecíficas e interespecíficas, principalmente con leguminosas anuales, pueden mejorar la producción y/o la calidad (Baron *et al.* 1992).

Tipos de triticales

Los híbridos obtenidos directamente de la cruce entre el trigo y el centeno se denominan “primarios” y por ser bastante pobres desde el punto de vista agronómico, hoy en día no se cultivan; es por tal razón que solo son utilizados como elementos para la obtención de otros tipos y de esta manera ampliar la diversidad genética de la especie. También existen los triticales

“secundarios” los cuales se han obtenido de la cruce de triticales primarios con trigo o con otros triticales, todo esto se ha realizado con el único propósito de mejorar sus características, por tal razón la mayoría de los triticales cultivados en la actualidad son aquellos que pertenecen al grupo de los “secundarios” (Royo, 1992).

Tipos de triticales forrajero

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 los anteriores. 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 ó 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.

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 explotación comercial de heterosis en híbridos producidos a partir de germoplasma genéticamente divergente es practicado en todo el mundo en cultivos alógamos como el centeno (*Secale cereale* L.), maíz (*Zea mays* L.) y mijo perla [*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum], para tomar ventaja del comportamiento superior de los híbridos producidos a partir de líneas genéticamente no relacionadas. La utilización de la heterosis es una importante herramienta para incrementar el rendimiento y mejorar la calidad de los cultivos.

En estas y otras especies alógamas, la heterosis también ha sido ampliamente utilizada en programas de mejoramiento para la identificación de poblaciones genéticamente divergentes como base para el desarrollo de líneas endogámicas para ser usadas en cruzamientos F_1 (Hallauer y Miranda 1981).

No existe una teoría concluyente sobre la heterosis como agente causal del vigor híbrido (Birchler *et al*, 2003). Para explicar el fenómeno de heterosis se han formulado varias teorías y posiciones al respecto, a saber: 1) teoría de dominancia; 2) teoría de sobredominancia; 3) teoría epistática; 4) teoría de la acción conjunta de la dominancia y sobredominancia (Allard, 1975). A las anteriores teorías se ha sumado también la mutación del ADN (Tsaftaris *et al.*, 1997).

La heterosis puede ser expresada de diferentes formas, dependiendo del criterio usado para comparar el comportamiento de un híbrido: a) heterosis media (con base al promedio de los progenitores), b) heterosis útil (con base al promedio de un testigo estándar comercial) y c) heterobeltiosis (con base al promedio del mejor progenitor). Desde el punto de vista práctico, la heterosis

útil es la más importante, porque permite desarrollar híbridos deseables superiores a los genotipos comerciales existentes en los sistemas de producción actual. Alam *et al.*, (2004) señalan que es mejor expresar la heterosis no sólo en comparación con los valores parentales sino también con un buen genotipo testigo, dado que la estimación de heterosis en cruza de variedades o líneas poco productivas no tiene mayor valor comercial.

Heterosis en trigo

La heterosis en trigo fue reportada por primera vez por Freeman (1919), señalando que la F_1 era más alta que los progenitores. Generalmente se asocia el vigor híbrido a un mayor tamaño de las plantas aunque puede existir heterosis e incluso heterobeltiosis negativa en la altura de las plantas, ya que en experimentos realizados en Indiana, Estados Unidos, obtuvieron como resultado que algunos F_1 tenían menor altura que el más bajo de los padres (Parodi y Patterson, 1977). Briggles *et al.*, (1963) reportaron heterosis para rendimiento de grano y componentes de rendimiento en varios cruzamientos de trigos F_1 . Nedelea y Moiscu (1981) reportaron heterosis significativa sobre el progenitor medio para rendimiento de grano por espiga.

Winzler *et al.*, (1993) encontraron heterosis relativamente alta para rendimiento por espiga, variando entre 29.9 y 47.6 %, con un promedio de 42 %. Khan *et al.*, (1995) reportaron efectos de heterosis para caracteres como granos por espiga, peso de 1000 granos y rendimiento por planta. Saleem y Hussain (1988) observaron heterosis para rendimiento de grano por planta y número de granos por espiga. Hamada *et al.*, (2003) reportaron efectos heteróticos para el progenitor medio y el mejor progenitor para número de espigas por planta, número de granos por espiga, peso de 1000 granos y rendimiento por planta. Sin embargo, en este cultivo, el uso comercial de la heterosis ha tenido solo un éxito moderado (Pickett y Galway, 1997; Jordaan *et al.* 1999; Dreisigacker *et al.*, 2005).

Heterosis en triticales

El método tradicional de mejoramiento en triticales 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 triticales, aunque generalmente se considera como un cultivo autógeno, 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; Weißmann y Weißmann, 2002).

Uno de los aspectos clave en la producción comercial de híbridos es la cantidad de heterosis, acerca de la cual existe poca información en triticales. En este cultivo, la cantidad y capacidad de diseminación del polen y la duración de la floración y la tasa de polinización son más altas que en trigo (Yeung y Larter, 1972; Sowa y Krysiak, 1996); por lo tanto, las condiciones para la producción de híbridos son favorables, ya que al ser una cruce entre trigo y centeno, los triticales hexaploides tienen un tercio de sus cromosomas provenientes del centeno, y se espera que tengan un mayor potencial de heterosis para producción de híbridos que el trigo.

Los primeros reportes del comportamiento de híbridos de triticales resultaron en una heterosis sobre el progenitor medio de aproximadamente 10-20% para rendimiento de grano en triticales de hábito primaveral (Pfeifer *et al.* 1998) y triticales de hábito invernal (Oettler *et al.* 1998; Góral *et al.* 1999; Oettler *et al.* 2001; Góral, 2002; Oettler *et al.* 2003). Fossati *et al.*, (1998), señalaron que los híbridos mejorados son una alternativa prometedora en

triticale, y mencionan que la producción piloto de híbridos comerciales de triticale ha tenido éxito en Europa.

En estudios más recientes, Oettler *et al.* (2005), reportó una heterosis promedio para rendimiento de grano de 10.3%, con rangos entre -11.4 a 22.4%, en tanto la heterobeltiosis o heterosis sobre el mejor progenitor fue en promedio de 5.0%, con rangos de -16.8 a 17.4%. Resultados similares reportaron Tams *et al.* (2006) y Herrmann (2007).

Sin embargo, algunos autores cuestionan la efectividad de los híbridos en especies autóгамas, 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 y Parodi, 2001). Por otra parte, Bears *et al.* (1988), señalan que la regresión del rendimiento de una serie de híbridos con el mejor rendimiento de los padres, converge cuando los rendimientos son altos, respaldando la teoría que establece que en la medida que las líneas puras se vuelven superiores e incorporan alelos apropiados en los loci, las ventajas de los híbridos disminuyen, siendo posible fijar en una línea pura lo que se percibía como heterosis. A este respecto, Braun *et al.* (1998), menciona que las razones por las que la producción de trigos híbridos no sería económicamente viable son: que presenta ventajas heteróticas limitadas, que existe una carencia de ventajas agronómicas (calidad y resistencia), y que la heterosis puede ser fijada haciendo que los híbridos pierdan sus ventajas.

Por otra parte, Falconer y Mackay (1996), mencionan que si los efectos positivos de dominancia son la primera causa de la heterosis, se espera una relación cuadrática entre la heterosis y la distancia genética (parentesco entre los progenitores). Previamente, Moll *et al.* (1965), postularon que existe una

distancia genética optima, más allá de la cual declina el comportamiento de los híbridos debido a la carencia de adaptación entre los genomas divergentes.

A este respecto, se ha hipotetizado que una mayor distancia genética (menor parecido entre los progenitores), incrementará positivamente la heterosis para rendimiento de grano en los híbridos o en la población F_2 resultante. Se han reportado asociaciones positivas entre distancia genética y heterosis entre cruzas en trigos invernales ($r = 0.46$, Cox and Murphy, 1990), trigos primaverales ($r = 0.45$, Shamsuddin, 1985), y avena (*Avena sativa* L.) (Cowen and Frey, 1987b).

MATERIALES Y MÉTODOS

DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Localización de los sitios experimentales

El experimento se desarrolló durante el ciclo otoño - invierno 2009 - 2010 en dos localidades:

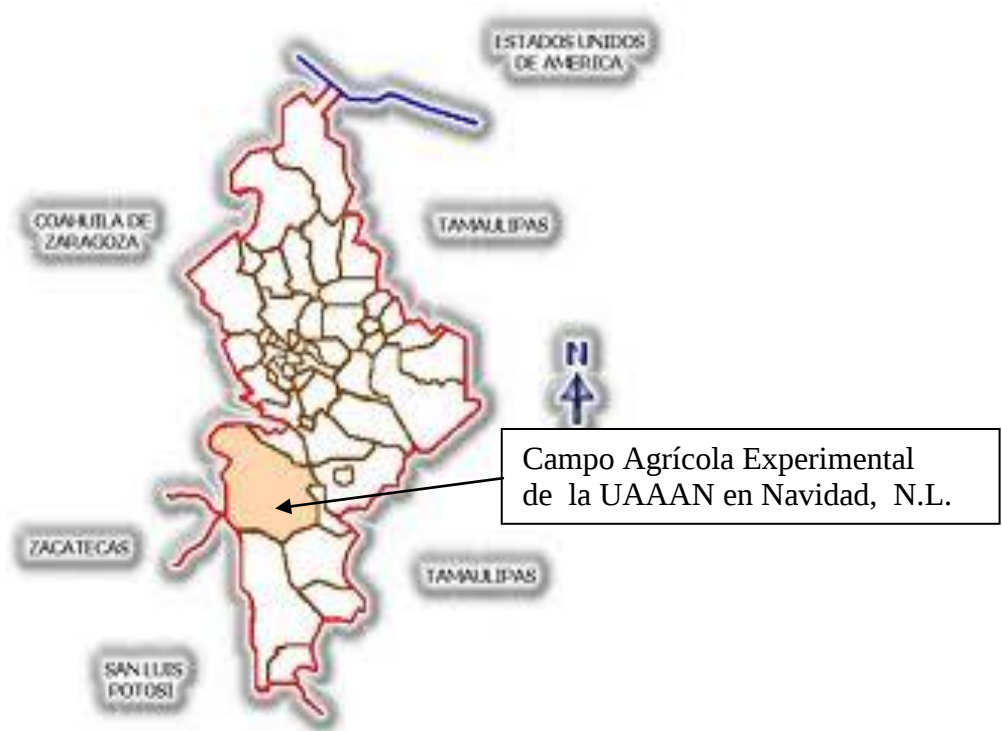
Localidad 1:

Campo Agrícola Experimental de Navidad, Nuevo León, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se encuentra en el Municipio de Galeana, N. L., ubicado geográficamente al sureste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, a 84 km por la carretera 57 México – Piedras Negras entre las coordenadas 25° 04´ Latitud Norte y 100° 56´ Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,895 msnm.

Su clima se designa como $\beta_{soh'w}(e)$, de acuerdo al sistema de clasificación de Koppen, modificado por García (1973) para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana, caracterizado por su grado de humedad como semiárido y por su temperatura como semicálida. Las heladas más severas se presentan en los meses de noviembre, diciembre y enero, aunque con frecuencia se presentan heladas tardías en el mes de febrero y aún en mayo. Su temperatura media anual es de 16 – 18°C con frecuencia de heladas de 20 a 40 días, con una precipitación media anual de 516.2 mm.

En cuanto a su topografía, es casi plana con muy poca pendiente; el tipo de suelo es considerado como ligero y clasificado como migajón de buena profundidad, medianamente salino y de reacción ligeramente alcalina con un PH de 7.5 a 7.6 y un contenido de nitrógeno de medianamente pobre a pobre, medianamente rico en fósforo asimilable y extremadamente rico en potasio

intercambiable. Los cultivos que principalmente se siembran en la región son papa, trigo, cebada, maíz, hortalizas y en menor superficie, manzano.



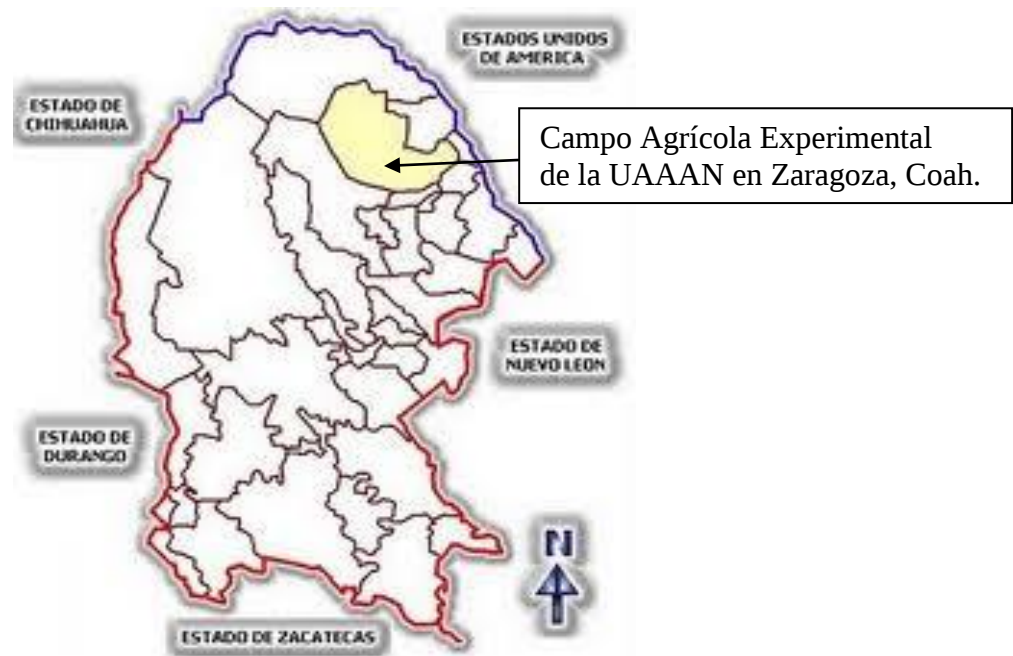
Localidad 2:

Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Zaragoza, Coah., propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado geográficamente entre las coordenadas $28^{\circ} 36' 25''$ Latitud Norte y $100^{\circ} 54' 35''$ Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 335 msnm, y se localiza a una distancia aproximada de 420 kilómetros de la capital del estado.

Clima

Se registran en el municipio climas de subtipos secos semicálidos; 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 cero a uno en el resto.



Características del Suelo

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

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 penetración del agua de riego.

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

Nivelación. Para permitir una mejor distribución del agua de riego.

Tamaño de la parcela experimental.

El área experimental para cada parcela constó de 4 surcos de 3 m de largo por 30 cm de ancho ($4 \times 3 \times .30$), dando un área de 3.6 m^2 . Considerando que se tuvieron 3 repeticiones de cada uno de los 50 tratamientos (híbridos y progenitores) se contó con un total de 150 unidades experimentales.

Siembra.

En la localidad de Navidad, N.L., la siembra se llevó a cabo el día 23 de Diciembre del 2009, en seco, de forma manual, tirando la semilla a chorrillo con una densidad de siembra de 120 kg/ha, aplicando el riego el 28 de Diciembre de 2009, con una lámina aproximada de 10 cm. En Zaragoza, Coah., la siembra se llevó a cabo el día 04 de Diciembre del 2009, en seco, de forma manual, tirando la semilla a chorrillo con una densidad de siembra de 120 kg/ha, aplicando el riego el 07 de Diciembre de 2009, con una lámina aproximada de 10 cm.

Fertilización.

En ambas localidades, no se aplicó fertilizante a la siembra. En Navidad, N.L., al tercer riego de auxilio (13 de Abril de 2009), durante la etapa de encañe de los materiales, se aplicó una dosis de fertilización de $30.75 - 00 - 00$, utilizando como fuente sulfato de amonio (20.5% de N). En Zaragoza, Coah., al primer riego de auxilio (20 de Enero de 2010), durante la etapa de

amacollamiento de los materiales, se aplicó una dosis de fertilización de 160-00-00, utilizando como fuente sulfato de amonio (20.5% de N).

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 Navidad, N.L., se utilizó un sistema por aspersión con una lámina aproximada de 8 cm para cada riego, dando una lámina total de 45 cm. En Zaragoza, Coah., los riegos se aplicaron por gravedad, dando una lámina total aproximada de 50 cm.

Control de plagas, enfermedades y malezas.

En Navidad, N.L., no se presentó incidencia de plagas y enfermedades, por tal motivo, esto contribuyó a que no se hiciera ningún tipo de control. En Zaragoza, Coah., se presentó incidencia de roya de la hoja (*Puccinia recondita tritici*), 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 de Focus en Navidad, N.L., el 18 de Marzo de 2010 y en Zaragoza el 19 de Marzo de 2010, utilizando una aspersora portátil de motor.

Material genético utilizado.

El material genético que se utilizó en el presente trabajo, consistió de 44 familias $F_{2:5}$ de triticales y sus correspondientes progenitores. A este respecto, los progenitores femeninos fueron AN-123, AN-125 y AN-137, de hábito primaveral, AN-38 y AN-105, de hábito intermedio, y un progenitor masculino común (ABT), de hábito intermedio-invernal de arista reducida. Todos los progenitores femeninos presentan espiga barbada. Los genotipos evaluados fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la UAAAN. La lista de las familias y sus progenitores se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Material genético utilizado en el experimento. Ciclo 2009-2010.

Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción
1	* AN-46-2010	26	* AN-71-2010
2	* AN-47-2010	27	* AN-72-2010
3	* AN-48-2010	28	* AN-73-2010
4	* AN-49-2010	29	* AN-74-2010
5	* AN-50-2010	30	* AN-75-2010
6	* AN-51-2010	31	* AN-76-2010
7	* AN-52-2010	32	* AN-77-2010
8	* AN-53-2010	33	* AN-78-2010
9	* AN-54-2010	34	* AN-79-2010
10	* AN-55-2010	35	* AN-80-2010
11	* AN-56-2010	36	* AN-81-2010
12	* AN-57-2010	37	* AN-82-2010
13	* AN-58--2010	38	* AN-83-2010
14	* AN-59-2010	39	* AN-84-2010
15	* AN-60-2010	40	* AN-85-2010
16	* AN-61-2010	41	* AN-86-2010
17	* AN-62-2010	42	* AN-87-2010
18	* AN-63-2010	43	* AN-88-2010
19	* AN-64-2010	44	* AN-89-2010
20	* AN-65-2010	45	AN-123 ♀
21	* AN-66-2010	46	AN-125 ♀
22	* AN-67-2010	47	AN-137 ♀
23	* AN-68-2010	48	AN-38 ♀
24	* AN-69-2010	49	AN-105 ♀
25	* AN-70-2010	50	ABT ♂

* familias F_{2:5} ♀: progenitores femeninos; ♂: progenitor masculino.

Diseño experimental utilizado en campo

El diseño experimental utilizado en campo fue un bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento en cada una de las dos localidades.

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza individuales por localidad y combinados entre localidades, bajo los siguientes modelos:

Modelo estadístico de los análisis de varianza individuales por 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 repetición.

G_k = Efecto del k -ésimo genotipo.

E_{ij} = Error experimental.

Modelo estadístico de los análisis de varianza combinados entre localidades.

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + L_j + G_k + LG_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

i = repeticiones

j = localidades

k = genotipos

Donde:

Y_{ijk} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i -ésima repetición.

L_j = Efecto de la j -ésima localidad.

G_k = Efecto del k -ésimo genotipo.

LG_{jk} = Interacción de la j -ésima localidad con el k -ésimo genotipo.

E_{ijk} = Error experimental.

Comparación de medias

Se realizaron pruebas de comparación de medias para cada una de las variables mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), al 1% (0.01) de probabilidad, con la siguiente fórmula:

$$DMS = t \left(\frac{\alpha}{2}, \text{gle} \frac{\sqrt{2CME}}{r} \right)$$

Donde:

gle = Grados de libertad del error.

CME = Cuadrado medio del error.

$\frac{\alpha}{2}$ = Valor de tablas al nivel α de probabilidad.

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 formula:

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

Donde:

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

X = Media general.

Correlaciones fenotípicas

En este trabajo se estimaron las correlaciones fenotípicas entre las diversas variables establecidas para conocer su grado de asociación. La fórmula para tal estimación fue:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Contrastes ortogonales

Se realizaron contrastes ortogonales para detectar posibles diferencias estadísticas de las variables en estudio entre los siguientes grupos de genotipos:

Familias $F_{2:5}$ vs Progenitores Femeninos Primaverales

Familias $F_{2:5}$ vs Progenitores Femeninos Intermedios

Familias $F_{2:5}$ vs Progenitor Masculino Intermedio-Invernal

Estimación de la heterosis y heterobeltiosis

Se calculó el porcentaje de incremento o decremento de las familias $F_{2:5}$ sobre el progenitor medio (heterosis) y sobre el mejor progenitor (heterobeltiosis) para estimar los posibles efectos heteróticos de las variables evaluadas (Fonseca y Patterson, 1968), con las siguientes fórmulas.

Heterosis sobre el promedio de los progenitores.

El comportamiento de cada familia se midió en relación a la media de los progenitores (PM): $Ht = [(F_1 - PM) / PM] * 100$

Donde:

Ht = Heterosis

F_1 = Media de la familia

PM = Media de los progenitores

Heterosis sobre el mejor progenitor (heterobeltiosis).

El comportamiento de cada familia se comparó con el del mejor progenitor (MP): $Hbt = [(F_1 - MP) / MP] * 100$

Donde:

Hbt = Heterobeltiosis

F_1 = Media de la familia

MP = Media del mejor progenitor

Variables registradas

Las variables registradas durante el desarrollo del trabajo fueron las siguientes:

- Rendimiento de paja (tallos y hojas) en $t\ ha^{-1}$ (PAJATH).
- Rendimiento de paja (espigas con grano) en $t\ ha^{-1}$ (ESPGTH)
- Rendimiento de paja total en $t\ ha^{-1}$ (TOTALTH)
- % de Paja (% PAJA)
- % de Espiga (% ESPG)
- Altura de planta (ALT).

Se tomó en centímetros, desde la superficie del suelo hasta el extremo distal de la espiga, antes de la cosecha.

- Rendimiento de grano (REND).

Se registró el peso en gramos de cada parcela a un 13 % de humedad y se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.

- Número de espigas por m^2
- Peso hectolítrico (PH).

La estimación de este componente se realizó en una balanza diseñada para este propósito en base a la semilla limpia para la determinación de la relación peso – volumen, siendo las unidades de medición kg/hectolitro.

- Longitud de espiga (LE).

Se colectaron 10 espigas al azar en cada parcela para posteriormente medirlas en cm y obtener el promedio por parcela.

- Espiguillas por espiga (EE).

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 granos por espiga (NGE).

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 (P 1000G).

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.

Los análisis de varianza de las variables agronómicas, pruebas de comparación de medias y contrastes ortogonales se realizaron con el paquete estadístico SAS 8.1 (1999) y los análisis de correlación y las gráficas fueron realizadas con el paquete estadístico Statistica 6.1 (2001).

RESULTADOS

Resultados de los análisis de varianza por localidad de las variables estudiadas. Navidad, N.L.

Los análisis de varianza de esta localidad (Cuadro 2) registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (TRAT) para las variables paja, espigas, paja total, altura, rendimiento de grano, peso hectolítrico, longitud de espiga, espiguillas por espiga y peso de 1000 granos. No se registraron diferencias estadísticas entre los tratamientos para % de paja, % de espiga y espigas por m². Dependiendo de la variable, los coeficientes de variación oscilaron entre 2.7 y 29.7%.

Cuadro 2.- Resultados de los análisis de varianza entre tratamientos para las variables estudiadas. Navidad, N. L.

FV	GL	Paja	Espigas	Paja Total	% Paja	% Espiga	Altura	Rendimiento de grano
REP	2	1.653 ns	8.959**	14.096*	147.764**	147.764*	485.206**	1.293**
TRAT	49	3.141**	3.203**	10.969**	71.127 ns	71.127 ns	211.141**	0.639**
ERROR	98	1.633	1.770	5.317	62.211	62.211	59.186	0.165
TOTAL	149							
CV		29.7%	24.0%	23.4%	18.2%	13.8%	8.9%	20.3%

FV	GL	Espigas/ m ²	Peso Hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Granos x espiga	Peso de 1000 granos
REP	2	7148.446 ns	30.673**	5.549**	85.152**	112.82*	186.640**
TRAT	49	11683.646 ns	19.646**	2.435**	66.935**	51.496**	42.760**
ERROR	98	9947.358	2.792	1.111	30.671	29.117	13.737
TOTAL	149						
CV		24.5%	2.7%	12.0%	13.5%	17.3%	11.0%

ns, *, **: no significativo, significativo a p< 0.05 y 0.01, respectivamente.

Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas en la localidad de Navidad, N.L.

Como se observa en los Cuadros 3 y 4, la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables en estudio en la localidad de Navidad, N.L. arrojó los siguientes resultados:

Paja (tallos y hojas): En esta variable se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Los tratamientos 13 y 21, con 6.685 t ha^{-1} , registraron rendimientos significativamente diferentes al tratamiento 17, que registró 2.000 t ha^{-1} . El porcentaje de superioridad de los tratamientos más rendidores fue de 234 % con respecto al tratamiento menos rendidor.

Espigas (paja y grano): En esta variable se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento 13 presentó el mayor rendimiento (8.815 t ha^{-1}), superando en un 132 % al tratamiento 45 (AN-123), que registró el menor valor, con 3.797 t ha^{-1} .

Paja total: Para esta variable se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 13 registró un rendimiento de 15.500 t ha^{-1} , superando en un 146 % al tratamiento 47 (AN-137), que registró el menor valor, con 6.296 t ha^{-1} .

% de paja: Esta variable no registró diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento 16 registró 49.0 % de paja, siendo superior en 161 % al tratamiento 17, que registró el menor porcentaje, con 18.7 % de paja.

% espiga: Esta variable no registró diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento 17 presentó 81.2 % de espiga, superando en un 59 % al tratamiento 16, que registró el menor valor, con 50.9 % de espiga.

Altura de planta: Para esta variable se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 13 registró una altura de 101.6 cm, superando con un 125 % al tratamiento 45 (AN-123), que registró 66.6cm.

Rendimiento de grano: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, ya que el tratamiento 26 rindió 3.066 t ha⁻¹, superando en un 192 % al tratamiento 45 (AN-123), que rindió 1.047 t ha⁻¹.

Número de espigas por m²: Esta variable no registró diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento 16 registró 444 espigas por m², superando con un 62 % al tratamiento 22, que registró 274 espigas por m².

Peso hectolítrico: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento 50 (ABT), registró 65.5 kg/hl, superando en un 22 % al tratamiento 32, que registró 53.5 kg/hl..

Longitud de espiga: Esta variable presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 12 registró 10.5 cm, superando en un 50 % al tratamiento 45, que registró la menor longitud, con 8.1 cm.

Número de espiguillas por espiga: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento 13 registró 50.5 espiguillas por espiga, superando en un 62 % al tratamiento 37, que registró 31.1 espiguillas por espiga.

Número de granos por espiga: Esta variable presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 13 registró 42.2 granos/espiga, superando con un 82 % al tratamiento 16, que reportó 23.1 granos/espiga.

Peso de 1000 granos: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento 19 presentó un peso de 1000 granos de 44.1 g, superando en un 83 % al tratamiento 42, que registró el menor peso, con 24.0 g.

Cuadro 3.- Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas en Navidad, N.L.

Genotipos	Paja t ha-1	Espigas t ha-1	Paja Total t ha-1	% Paja	% Espiga	Altura	Rendimiento de grano (t ha-1)
1	4.185 abc	5.556 ab	9.741 abc	43.0 ab	56.9 ab	83.3 abcde	1.890 abcdef
2	3.259 abc	4.037 b	7.296 bc	44.5 ab	55.4 ab	93.3 abcd	1.860 abcdef
3	4.593 abc	5.333 ab	9.926 abc	46.3 a	53.7 b	90.0 abcde	2.039 abcdef
4	3.093 abc	5.463 ab	8.556 abc	35.5 ab	64.4 ab	88.3 abcde	2.149 abcdef
5	4.056 abc	5.093 ab	9.148 abc	44.1 ab	55.9 ab	78.3 abcde	2.075 abcdef
6	4.426 abc	5.315 ab	9.741 abc	45.6 a	54.3 b	85.0 abcde	1.826 abcdef
7	4.741 abc	5.389 ab	10.129 abc	46.6 a	53.4 b	90.0 abcde	2.067 abcdef
8	4.389 abc	6.566 ab	10.945 abc	39.9 ab	60.0 ab	78.3 abcde	2.363 abcdef
9	4.203 abc	4.593 ab	8.796 abc	48.3 a	51.6 b	91.6 abcde	2.3757 abcdef
10	4.222 abc	5.648 ab	9.870 abc	41.5 ab	58.5 ab	88.3 abcde	2.601 abcd
11	3.704 abc	5.444 ab	9.148 abc	41.9 ab	58.1 ab	86.6 abcde	1.892 abcdef
12	4.889 abc	5.241 ab	10.129 abc	46.3 a	53.7 b	91.6 abcde	1.785 abcdef
13	6.685 a	8.815 a	15.500 a	42.9 ab	57.0 ab	101.6 a	2.942 ab
14	5.111 abc	6.481 ab	11.593 abc	43.9 ab	56.0 ab	98.0 ab	2.726 abc
15	4.946 abc	6.833 ab	11.778 abc	41.6 ab	58.4 ab	86.6 abcde	2.449 abcde
16	6.352 ab	6.593 ab	12.945 abc	49.0 a	50.9 b	88.3 abcde	2.011 abcdef
17	2.000 c	6.537 ab	8.537 abc	18.7 b	81.2 a	88.3 abcde	2.251 abcdef
18	3.759 abc	4.759 ab	8.518 abc	44.2 ab	55.7 ab	88.3 abcde	2.009 abcdef
19	4.889 abc	7.019 ab	11.908 abc	41.7 ab	58.2 ab	91.6 abcde	2.367 abcdef
20	3.037 abc	4.852 ab	7.889 abc	38.2 ab	61.8 ab	73.3 bcde	1.848 abcdef
21	6.685 a	7.111 ab	13.796 abc	48.4 a	51.6 b	95.0 abcd	2.085 abcdef
22	3.704 abc	4.185 b	7.889 abc	47.3 a	52.6 b	93.3 abcd	2.036 abcdef
23	4.370 abc	4.815 ab	9.185 abc	48.0 a	51.9 b	96.6 abc	1.809 abcdef
24	3.185 abc	4.852 ab	8.037 abc	39.8 ab	60.1 ab	83.3 abcde	1.992 abcdef
25	3.648 abc	5.518 ab	9.167 abc	39.9 ab	60.1 ab	85.0 abcde	2.270 abcdef
26	6.352 ab	7.907 ab	14.259 ab	44.4 ab	55.5 ab	98.3 ab	3.066 a
27	5.815 abc	6.407 ab	12.222 abc	48.7 a	51.2 b	98.3 ab	2.492 abcd
28	4.611 abc	6.056 ab	10.666 abc	43.1 ab	56.9 ab	93.3 abcd	1.838 abcdef
29	4.111 abc	4.370 ab	8.481 abc	46.9 a	53.1 b	75.0 bcde	1.268 def
30	4.815 abc	6.593 ab	11.408 abc	42.0 ab	57.9 ab	93.3 abcd	1.993 abcdef
31	4.389 abc	5.074 ab	9.463 abc	46.0 a	53.9 b	93.3 abcd	1.420 cdef
32	4.259 abc	4.741 ab	9.000 abc	47.3 a	52.6 b	78.3 abcde	1.421 cdef
33	4.426 abc	5.241 ab	9.667 abc	45.9 a	54.0 b	93.3 abcd	2.481 abcde
34	4.945 abc	5.963 ab	10.907 abc	45.1 ab	54.8 ab	81.6 abcde	2.146 abcdef
35	4.037 abc	5.426 ab	9.463 abc	43.0 ab	56.9 ab	71.6 cde	1.454 cdef
36	5.111 abc	6.204 ab	11.315 abc	45.2 ab	54.7 ab	90.0 abcde	2.435 abcde
37	3.389 abc	4.592 ab	7.982 abc	42.4 ab	57.5 ab	75.0 bcde	1.534 cdef
38	3.667 abc	5.667 ab	9.333 abc	38.0 ab	61.9 ab	76.6 abcde	1.296 def
39	3.704 abc	4.889 ab	8.593 abc	42.8 ab	57.1 ab	90.0 abcde	2.110 abcdef
40	4.963 abc	6.185 ab	11.148 abc	45.0 ab	54.9 ab	75.0 bcde	1.630 bcdef
41	4.963 abc	5.370 ab	10.334 abc	48.0 a	51.9 b	93.3 abcd	1.757 abcdef
42	3.926 abc	4.093 b	8.018 abc	48.6 a	51.3 b	76.6 abcde	1.888 abcdef
43	3.481 abc	4.796 ab	8.278 abc	42.0 ab	57.9 ab	83.3 abcde	2.692 abc
44	3.037 abc	4.500 ab	7.537 bc	40.4 ab	59.5 ab	76.6 abcde	1.134 ef
AN-123 ♀	3.037 abc	3.797 b	6.834 bc	41.8 ab	58.1 ab	66.6 e	1.047 f
AN-125 ♀	2.981 abc	4.704 ab	7.685 bc	38.3 ab	61.7 ab	78.3 abcde	1.433 cdef
AN-137 ♀	2.222 bc	4.074 b	6.296 c	36.0 ab	63.9 ab	70.0 de	1.316 def
AN-38 ♀	5.130 abc	6.741 ab	11.870 abc	41.9 ab	58.0 ab	80.0 abcde	2.554 abcd
AN-105 ♀	4.204 abc	5.130 ab	9.333 abc	45.3 ab	54.7 ab	78.3 abcde	1.608 bcdef
ABT ♂	4.796 abc	5.797 ab	10.593 abc	45.1 ab	54.8 ab	88.3 abcde	2.151 abcdef
dms	4.307	4.482	7.771	26.5	26.5	25.9	1.372

Cuadro 4.- Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas en Navidad, N.L.

Genotipos	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Longitud de espiga (cm)	Espiguillas x espiga	Granos x espiga	Peso de 1000 granos (g)
1	374 a	60.4 abcdefghijk	8.8 a	42.9 abc	31.0 ab	34.5 abcde
2	307 a	64.4 abcd	8.2 a	41.8 abc	29.0 ab	39.4 ab
3	446 a	61.4 abcdefghijk	9.2 a	42.4 abc	36.0 ab	33.3 abcde
4	399 a	58.6 efghijkl	8.0 a	40.8 abc	30.5 ab	30.9 bcde
5	326 a	63.1 abcdefg	9.0 a	43.6 abc	26.7 ab	34.0 abcde
6	466 a	63.4 abcdefg	8.1 a	38.1 abc	25.7 ab	36.4 abcde
7	374 a	62.4 abcdefgh	9.3 a	45.2 abc	31.6 ab	35.7 abcde
8	468 a	58.7 efghijkl	8.7 a	43.4 abc	35.7 ab	30.7 bcde
9	305 a	60.7 abcdefghijk	9.0 a	41.4 abc	33.9 ab	35.2 abcde
10	359 a	63.0 abcdefg	9.3 a	45.4 abc	31.5 ab	34.1 abcde
11	405 a	60.3 abcdefghijk	9.9 a	47.0 abc	32.4 ab	30.7 bcde
12	385 a	58.9 defghijkl	10.5 a	48.6 abc	35.9 ab	34.9 abcde
13	478 a	64.8 abc	10.3 a	50.5 a	42.2 a	35.1 abcde
14	402 a	65.1 ab	9.8 a	48.2 abc	36.3 ab	32.3 abcde
15	400 a	63.7 abcde	8.6 a	39.3 abc	29.3 ab	37.7 ab
16	444 a	60.8 abcdefghijk	8.4 a	39.0 abc	23.1 b	36.3 abcde
17	472 a	56.8 ijkl	7.2 a	39.9 abc	30.6 ab	32.9 abcde
18	376 a	60.0 abcdefghijk	8.8 a	38.4 abc	28.7 ab	38.2 ab
19	435 a	62.4 abcdefgh	9.4 a	42.4 abc	34.8 ab	44.0 a
20	320 a	61.2 abcdefghijk	8.8 a	39.2 abc	31.6 ab	30.5 bcde
21	388 a	60.6 abcdefghijk	10.0 a	45.6 abc	34.03 ab	36.1 abcde
22	274 a	59.7 abcdefghijk	9.4 a	42.8 abc	35.2 ab	38.3 ab
23	337 a	63.2 abcdefg	10.0 a	43.1 abc	30.1 ab	35.8 abcde
24	329 a	62.7 abcdefgh	7.8 a	36.9 abc	31.2 ab	37.7 abc
25	350 a	60.5 abcdefghijk	7.9 a	37.6 abc	29.5 ab	38.8 ab
26	477 a	62.7 abcdefgh	8.5 a	40.5 abc	34.2 ab	30.4 bcde
27	466 a	59.8 abcdefghijk	8.2 a	38.2 abc	32.6 ab	35.3 abcde
28	383 a	59.5 bcdefghijk	10.3 a	49.8 ab	35.5 ab	34.2 abcde
29	429 a	56.8 ijkl	7.7 a	37.6 abc	23.6 ab	30.3 bcde
30	415 a	58.8 defghijkl	9.7 a	44.7 abc	39.1 ab	33.3 abcde
31	363 a	56.4 kll	9.4 a	41.6 abc	28.2 ab	33.1 abcde
32	452 a	53.5 l	9.9 a	48.4 abc	28.0 ab	25.1 de
33	474 a	59.1 defghijkl	8.3 a	36.8 abc	28.3 ab	33.2 abcde
34	431 a	60.8 abcdefghijk	8.7 a	39.5.abc	34.2 ab	32.5 abcde
35	461 a	57.2 hijkl	8.0 a	35.5 abc	27.9 ab	31.8 abcde
36	498 a	62.9 abcdefg	9.7 a	44.4 abc	33.7 ab	29.9 bcde
37	327 a	63.2 abcdefg	7.3 a	31.0 c	24.6 ab	34.1 abcde
38	400 a	59.2 cdefghijk	8.6 a	37.8 abc	33.5 ab	35.1 abcde
39	385 a	63.5 abcdef	7.8 a	37.0 abc	28.2 ab	30.5 bcde
40	483 a	62.2 abcdefghijk	8.9 a	43.7 abc	32.3 ab	34.4 abcde
41	350 a	60.4 abcdefghijk	9.4 a	42.0 abc	31.5 ab	30.7 bcde
42	431 a	59.9 abcdefghijk	7.4 a	33.2 abc	25.7 ab	24.0 e
43	363 a	63.0 abcdefg	9.0 a	40.1 abc	32.6 ab	35.3 abcde
44	350 a	61.3 abcdefghijk	8.9 a	45.8 abc	33.9 ab	30.1 bcde
AN-123 ♀	390 a	56.6 jkl	7.0 a	31.9 abc	23.4 b	32.3 abcde
AN-125 ♀	492 a	57.8 ghijkl	7.4 a	34.4 abc	25.8 ab	30.2 bcde
AN-137 ♀	444 a	60.0 abcdefghijk	8.6 a	37.5 abc	30.4 ab	27.8 bcde
AN-38 ♀	555 a	59.0 defghijkl	7.9 a	37.6 abc	29.1 ab	31.1 abcde
AN-105 ♀	518 a	58.0 fghijkl	7.2 a	31.7 bc	24.4 ab	25.3 cde
ABT ♂	352 a	65.5 a	8.9 a	45.6 abc	33.4 ab	37.2 abcd
dms	336	5.6	3.5	18.6	18.1	12.4

Resultados de los análisis de varianza entre tratamientos para las variables estudiadas. Zaragoza, Coah.

Los análisis de varianza para esta localidad (Cuadro 5) registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (TRAT) para las variables % de paja, % de espiga, altura, rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico, longitud de espiga, espiguillas por espiga, granos por espiga y peso de 1000 granos. No se registraron diferencias significativas entre tratamientos en las variables paja, espigas y paja total. Dependiendo de la variable, los coeficientes de variación oscilaron entre 3.4 y 29.0%.

Cuadro 5.- Resultados de los análisis de varianza entre tratamientos para las variables estudiadas. Zaragoza, Coahuila.

FV	GL	Paja	Espigas	Paja Total	% Paja	% Espiga	Altura	Rendimiento de grano
REP	2	9.662 ns	3.864 ns	25.419 ns	2.259 ns	2.259 ns	657.86**	0.510 ns
TRAT	49	5.001 ns	7.492 ns	20.390 ns	71.138**	71.138**	109.02**	1.683**
ERROR	98	4.841	3.274	14.686	18.107	18.107	26.975	0.167
TOTAL	149							
CV		28.7%	29.0%	27.6%	7.6%	9.5%	4.1%	20.0%

FV	GL	Espigas/ m ²	Peso Hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Granos x espiga	Peso de 1000 granos
REP	2	9420.740 ns	8.255 ns	1.177 ns	25.921 ns	22.135 ns	21.652 ns
TRAT	49	15352.277 ns	45.807**	2.265**	74.853**	66.981 ns	94.590**
ERROR	98	8770.930	4.854	1.259	24.073	31.140	24.148
TOTAL	149						
CV		25.1%	3.4%	9.7%	8.1%	13.0%	15.0%

ns, *, **: no significativo, significativo a $p < 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas en la localidad de Zaragoza, Coahuila.

Como se observa en los Cuadros 6 y 7, la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables en estudio en la localidad de Navidad, N.L. arrojó los siguientes resultados:

Paja (tallos y hojas): Esta variable no registró diferencias significativas entre los tratamientos. Biológicamente, el tratamiento 19 presentó el mayor

rendimiento, con 10.519 t ha⁻¹, superando en un 101 % al tratamiento 17, que registró el menor valor con 5.222 t ha⁻¹.

Espiga (paja y grano): Para esta variable no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento 19 presentó el mayor rendimiento (9.166 t ha⁻¹), superando en 168 % al tratamiento 39, que fue el de menor valor, con 3.408 t ha⁻¹.

Paja total: Esta variable no registró diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento 19 presentó un rendimiento de 19.685 t ha⁻¹, superando en un 127 % al tratamiento 39, que fue el de menor valor (8.667 t ha⁻¹).

% de paja: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, ya que el tratamiento 2 presentó un porcentaje de paja de 66.9 %, superando en un 47 % al tratamiento 45 (AN-123), que fue el de menor valor con 45.3 %.

% de espiga: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, ya que el tratamiento 45 (AN-123), presentó un 54.7 % de espiga, superando en un 65 % al tratamiento 2, que registró el menor valor, con 33.1 %.

Altura de planta: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 19 presentó una altura de 133.3 cm superando con un 23 % al tratamiento 45 (AN-123), que registró 108.3 cm.

Rendimiento de grano: Esta variable reportó diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento 46 (AN-125), rindió 3.992 t ha⁻¹, superando con un 557.% al tratamiento 2, que rindió 0.617 t ha⁻¹.

Número de espigas por m²: Esta variable no registró diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento 29 presentó 537 espigas por m², superando en un 124 % al tratamiento 7, que registró 239 espigas por m².

Peso hectolítrico: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ya que el tratamiento 45 (AN-123), reportó 72.4 kg/hl, superando en un 29 % al tratamiento 28, que registró el menor valor (55.8 kg/hl).

Longitud de espiga: Esta variable presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento 23 registró 13.9 cm, superando en un 44 % al de menor longitud (tratamiento 10, 9.7 cm).

Número de espiguillas por espiga: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 14 presentó 67.3 espiguillas por espiga, superando con 43.0 % al tratamiento 47 (AN-137), que registró 47.0 espiguillas por espiga.

Número de granos por espiga: Esta variable no reportó diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento 13 registró 51.0 granos/espiga, superando con un 54 % al tratamiento 28, que reportó 33.0 granos/espiga.

Peso de 1000 granos: Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento 18 presentó un peso de 1000 granos de 48.1 g, superando en un 122 % al tratamiento 2, que registró 21.6 g.

Cuadro 6.- Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas en Zaragoza Coah.

Genotipos	Paja t ha-1	Espigas t ha-1	Paja Total t ha-1	% Paja	% Espigas	Altura	Rendimiento de grano (tha-1)
1	8.537 a	6.204 a	14.741 a	58.7 acd	41.3 abcd	126.6 abc	1.508 fghij
2	8.981 a	4.407 a	13.389 a	66.9 a	33.1 d	127.3 abc	0.617 j
3	9.315 a	8.018 a	17.333 a	53.6 abcd	46.3 abcd	126.6 abc	2.342 bcdefgh
4	7.222 a	7.259 a	14.482 a	50.4 cd	49.6 ab	128.3 abc	2.210 bcdefghi
5	6.037 a	4.648 a	10.685 a	57.5 abcd	42.4 abcd	128.3 abc	1.260 ghij
6	6.185 a	4.278 a	10.463 a	58.8 acd	41.2 abcd	130.0 ab	1.265 ghij
7	5.648 a	3.722 a	9.370 a	62.1 abc	37.8 bcd	123.3 abcd	1.541 f ghij
8	7.056 a	6.260 a	13.351 a	53.5 abcd	46.4 abcd	120.0 abcd	1.810 efghij
9	5.852 a	4.704 a	10.556 a	55.0 abcd	44.9 abcd	121.6 abcd	1.759 efghij
10	8.759 a	7.630 a	16.389 a	53.3 abcd	46.7 abcd	128.3 abc	2.462 bcdefgh
11	5.815 a	5.018 a	10.833 a	51.6 bcd	48.3 acb	127.0 abc	1.997 cdefghj
12	8.278 a	6.593 a	14.871 a	55.3 abcd	44.7 abcd	128.3 abc	1.522 fghij
13	9.074 a	6.593 a	15.667 a	57.7 abcd	42.2 abcd	128.3 abc	2.199 bcdefghi
14	8.130 a	4.296 a	12.426 a	65.4 ab	34.5 cd	128.3 abc	1.215 hij
15	6.611 a	3.481 a	10.093 a	65.3 ab	34.6 cd	120.0 abcd	1.177 hij
16	5.360 a	4.796 a	10.426 a	54.5 abcd	45.5 abcd	128.3 abc	1.831 efghij
17	5.222 a	4.259 a	9.481 a	55.4 abcd	44.6 abcd	125.0 abcd	1.777 efghij
18	7.796 a	8.130 a	15.926 a	49.2 cd	50.8 ab	130.6 ab	2.764 abcdef
19	10.519 a	9.166 a	19.685 a	54.1 abcd	45.8 abcd	133.3 a	2.487 bcdefgh
20	7.093 a	6.667 a	13.759 a	51.7 bcd	48.2 abc	121.6 abcd	2.616 abcdef
21	8.444 a	6.092 a	14.537 a	58.4 abcd	41.6 abcd	130.0 ab	2.269 bcdefghi
22	8.704 a	8.629 a	17.333 a	49.0 cd	50.9 ab	131.6 ab	3.266 abcd
23	9.352 a	7.241 a	16.593 a	56.7 abcd	43.3 abcd	131.6 ab	2.185 bcdefghi
24	7.500 a	7.426 a	14.926 a	51.1 bcd	48.8 abc	123.3 abcd	2.031 cdefghi
25	8.204 a	8.278 a	16.481 a	49.4 cd	50.5 ab	125.0 acd	2.222 bcdefghi
26	7.241 a	4.486 a	11.722 a	60.0 abc	39.9 bcd	126.0 abc	1.883 efghij
27	7.408 a	5.296 a	12.704 a	58.1 acd	41.9 abcd	133.3 a	1.868 efghij
28	8.000 a	5.222 a	13.222 a	59.6 abc	40.3 bcd	123.3 abcd	1.199 hij
29	9.241 a	6.296 a	15.537 a	59.9 abc	40.1 bcd	123.3 abcd	1.647 fghij
30	6.889 a	4.463 a	11.352 a	61.3 abc	38.6 bcd	128.3 abc	0.930 ij
31	9.130 a	6.092 a	15.222 a	60.1 abc	39.8 bcd	131.6 ab	1.611 fghij
32	9.315 a	8.278 a	17.593 a	52.7 abcd	47.3 abcd	118.3 abcd	1.936 defghij
33	6.796 a	6.593 a	13.389 a	50.1 cd	49.9 ab	123.3 abcd	2.627 abcdefg
34	8.445 a	6.481 a	14.926 a	56.7 abcd	43.3 abcd	123.3 abcd	1.493 fghij
35	6.334 a	5.315 a	11.648 a	54.5 abcd	45.4 abcd	119.0 abcd	1.818 efghij
36	8.556 a	6.722 a	15.278 a	55.9 abcd	44.0 abcd	128.3 abc	1.840 efghij
37	8.815 a	7.648 a	16.463 a	53.1 abcd	46.8 abcd	125.0 abcd	2.735 abcdef
38	6.537 a	6.037 a	12.574 a	51.9 bcd	48.1 abc	111.6 cd	1.928 efghij
39	5.259 a	3.408 a	8.667 a	60.5 abc	39.4 bcd	123.3 abcd	1.587 fghij
40	9.926 a	7.093 a	17.019 a	58.3 abcd	41.0 abcd	118.3 abcd	2.405 bcdefgh
41	7.074 a	4.907 a	11.982 a	57.7 abcd	42.3 abcd	126.6 abc	1.821 efghij
42	7.370 a	4.759 a	12.130 a	61.0 abc	38.9 bcd	123.3 abcd	0.952 ij
43	7.203 a	5.796 a	13.000 a	55.6 abcd	44.3 abcd	120.0 abcd	1.655 fghij
44	8.630 a	8.685 a	17.315 a	50.1 cd	49.6 ab	122.3 abcd	3.152 abcde
AN-123 ♀	7.334 a	8.833 a	16.167 a	45.3 d	54.7 a	108.3 d	3.923 a
AN-125 ♀	7.870 a	8.389 a	16.259 a	48.6 cd	51.3 ab	115.0 bcd	3.992 a
AN-137 ♀	5.685 a	5.945 a	11.629 a	48.7 cd	51.2 ab	111.6 cd	3.367 abc
AN-38 ♀	8.167 a	8.093 a	16.259 a	50.1 cd	49.8 ab	115.6 bcd	3.536 ab
AN-105 ♀	8.093 a	7.907 a	16.000 a	50.3 cd	49.6 ab	111.6 cd	2.522 bcdefgh
ABT ♂	7.278 a	4.870 a	12.148 a	59.5 abcd	40.5 abcd	133.3 a	1.207 hij
dms	7.407	6.098	12.915	14.3	14.3	17.5	1.381

Cuadro 7.- Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas en Zaragoza Coah.

Genotipos	Espigas/m ²	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Longitud de espiga (cm)	Espiguillas x espiga	Granos x espiga	Peso de 1000 granos (g)
1	372 a	59.0 ghijkl	11.8 ab	62.7 abcd	37.0 a	28.4 bcdef
2	390 a	57.0 jkl	11.1 ab	66.8 ab	37.2 a	21.6 f
3	385 a	63.6 bcdefghijk	12.1 ab	60.8 abcd	41.1 a	32.1 abcdef
4	348 a	65.6 abcdefg	11.4 ab	63.2 abcd	49.9 a	37.6 abcdef
5	298 a	59.8 efghijkl	11.2 ab	65.7 ab	41.8 a	34.2 abcdef
6	318 a	64.0 bcdefghij	11.4 ab	62.7 abcd	43.1 a	29.0 bcdef
7	239 a	64.4 bcdefghij	11.2 ab	63.8 abc	41.2 a	35.2 abcdef
8	322 a	61.2 cdefghijkl	11.4 ab	66.2 ab	49.2 a	35.0 abcdef
9	255 a	65.1 abcdefgh	11.5 ab	63.3 abcd	49.5 a	39.2 abcd
10	446 a	68.0 abcd	9.7 b	54.4 abcd	33.7 a	37.7 abcdef
11	324 a	62.0 cdefghijkl	12.5 ab	63.8 abc	43.0 a	31.7 abcdef
12	355 a	62.8 bcdefghijkl	11.8 ab	63.8 abc	42.8 a	31.5 abcdef
13	407 a	65.1 abcdefgh	11.8 ab	65.8 ab	51.0 a	27.7 bcdef
14	372 a	62.2 cdefghijkl	12.2 ab	67.3 a	36.9 a	24.4 def
15	244 a	62.6 cdefghijkl	11.1 ab	64.0 abc	40.3 a	29.3 bcdef
16	264 a	64.3 bcdefghi	10.7 ab	55.6 abcd	42.8 a	38.2 abcdef
17	255 a	58.9 ghijkl	10.6 ab	56.8 abcd	38.0 a	32.3 abcdef
18	390 a	67.1 abcde	11.3 ab	58.2 abcd	45.6 a	48.1 a
19	507 a	64.6 bcdefghi	11.6 ab	61.4 abcd	42.1 a	30.3 bcdef
20	340 a	64.2 bcdefghij	9.8 b	54.6 abcd	39.5 a	35.8 abcdef
21	344 a	63.3 bcdefghijk	10.9 ab	58.6 abcd	41.9 a	35.8 abcdef
22	409 a	65.5 abcdef	11.6 ab	59.5 abcd	44.9 a	39.2 abcd
23	387 a	62.2 bcdefghijkl	13.9 a	66.2 ab	49.7 a	30.7 bcdef
24	387 a	61.9 cdefghijkl	10.9 ab	55.2 abcd	42.9 a	34.2 abcdef
25	439 a	63.0 bcdefghijkl	10.5 ab	53.6 abcd	45.3 a	34.3 abcdef
26	320 a	60.1 efghijkl	11.2 ab	60.0 abcd	35.3 a	27.8 bcdef
27	396 a	60.8 defghijkl	11.9 ab	61.1 abcd	43.3 a	30.2 bcdef
28	389 a	55.8 l	12.6 ab	62.6 abcd	33.0 a	25.5 cdef
29	537 a	57.5 ijkl	11.6 ab	62.0 abcd	36.4 a	23.8 def
30	262 a	56.4 kl	12.2 ab	64.9 ab	47.3 a	33.3 abcdef
31	409 a	59.5 fghijkl	12.4 ab	65.1 ab	49.3 a	32.1 abcdef
32	409 a	59.0 fghijkl	11.0 ab	58.2 abcd	44.4 a	31.3 abcdef
33	407 a	65.6 abcdefg	10.3 ab	54.8 abcd	40.3 a	37.7 abcdef
34	422 a	57.9 hijkl	12.2 ab	58.7 abcd	39.8 a	26.7 bcdef
35	390 a	62.9 bcdefghijkl	11.7 ab	60.0 abcd	40.0 a	27.7 bcdef
36	494 a	61.8 cdefghijkl	12.6 ab	63.3 abcd	43.1 a	27.9 bcdef
37	392 a	68.5 abc	11.5 ab	54.6 abcd	37.6 a	34.7 abcdef
38	361 a	66.0 abcdefg	10.8 ab	53.8 abcd	37.8 a	33.7 abcdef
39	290 a	66.3 abcdefg	11.1 ab	60.3 abcd	42.3 a	36.9 abcdef
40	492 a	64.4 bcdefghi	11.7 ab	61.6 abcd	40.6 a	24.5 def
41	272 a	64.1 bcdefghij	12.1 ab	60.5 abcd	47.7 a	30.5 bcdef
42	403 a	57.0 jkl	12.3 ab	62.4 abcd	34.3 a	21.7 def
43	338 a	64.5 bcdefghi	13.3 ab	62.8 abcd	45.4 a	29.9 bcdef
44	439 a	70.0 ab	10.8 ab	56.7 abcd	47.6 a	38.2 abcde
AN-123 ♀	338 a	72.4 a	10.5 ab	47.9 cd	49.4 a	42.0 abc
AN-125 ♀	476 a	70.1 ab	10.4 ab	51.8 abcd	47.7 a	41.6 abc
AN-137 ♀	340 a	72.4 ab	9.7 b	47.0 d	46.8 a	42.4 ab
AN-38 ♀	464 a	61.1 cdefghijkl	10.6 ab	57.4 abcd	49.4 a	30.6 bcdef
AN-105 ♀	433 a	66.6 abcdef	10.4 ab	50.5 bcd	42.6 a	38.0 abcdef
ABT ♂	326 a	60.7 defghijkl	11.7 ab	66.6 ab	45.0 a	28.5 bcdef
dms	315	7.4	3.7	16.5	18.8	16.5

Resultados de los análisis de varianza entre localidades.

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de los análisis de varianza combinados entre localidades, registrándose diferencias altamente significativas entre localidades (LOC) en la mayoría de las variables, excepto para rendimiento de grano y peso de 1000 granos, que resultaron no significativos. Entre los tratamientos, se registraron diferencias altamente significativas en las variables espiga, % de paja, % de espiga, altura de planta, rendimiento de grano, espigas por m², peso hectolítrico, longitud de espiga, espiguillas por espiga, granos por espiga y peso de 1000 granos. Se registraron diferencias significativas para paja. La variable paja total no registró diferencias estadísticas entre los tratamientos. La interacción localidades x tratamientos resultó altamente significativa para las variables espiga, paja total, rendimiento de grano, peso hectolítrico, granos por espiga y peso de 1000 granos, indicando el comportamiento diferencial de los genotipos en la expresión de estas variables al cambiar el ambiente de prueba.

Resultados de las pruebas de comparación de medias entre localidades.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias entre las localidades estudiadas con los siguientes resultados:

Paja (tallos y hojas): La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó un rendimiento promedio de 7.651 t ha⁻¹, superando en 78 %, a la localidad de Navidad (L1).

Espiga (paja y grano): La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó un rendimiento promedio de 6.228 t ha⁻¹, superando en 12 %, a la localidad de Navidad (L1).

Cuadro 8.- Resultados de los análisis de varianza combinados entre localidades para las variables estudiadas.

FV	GL	Paja	Espiga	Paja Total	% Paja	% Espiga	Altura	Rendimiento de grano
LOC	1	847.287**	36.864**	1237.606**	11297.6**	11297.6**	111669.8**	0.130 ns
REP(LOC)	4	5.657 ns	6.412*	19.757 ns	75.0 ns	75.0 ns	2286.1**	0.901**
TRAT	49	4.929*	4.316**	14.728 ns	90.8**	90.8**	13240.0**	0.899**
LOC*TRAT	49	3.217 ns	6.379**	16.631**	51.4 ns	51.4 ns	2447.8 ns	1.423**
ERROR	196	3.232	2.522	10.001	40.159	40.159	43.081	
TOTAL	299							
CV		30.1%	27.0%	26.6%	12.8%	12.5%	6.2%	20.2%

FV	GL	Espigas/ m ²	Peso Hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Granos x espiga	Peso de 1000 granos
LOC	1	87449.61**	476.784**	542.169**	27120.6**	10300.7**	47.4 ns
REP(LOC)	4	8284.59 ns	19.464**	3.363*	55.5 ns	67.4 ns	104.1**
TRAT	49	17184.37**	34.440**	3.440**	112.6**	65.2**	69.1**
LOC*TRAT	49	9851.55 ns	31.012**	1.260 ns	29.1 ns	53.1**	68.2**
ERROR	196	9359.144	3.823	1.185	27.3	30.1	18.9
TOTAL	299						
CV		24.8%	3.1%	10.7%	10.3%	14.8%	13.1%

ns, *, **: no significativo, significativo a p< 0.05 y 0.01, respectivamente.

Paja total: La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó un rendimiento promedio de 13.879 t ha⁻¹, superando en 41 %, a la localidad de Navidad (L1).

% de paja: La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó un porcentaje de paja promedio de 55.5 %, superando en 28 %, a la localidad de Navidad (L1).

% de espiga: La localidad de Navidad, N.L., registró un porcentaje de espiga significativamente superior al localidad de Zaragoza, Coah. (56.7 y 44.4 %, respectivamente).

Altura de planta: La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó en promedio una mayor altura de planta que la registrada en Navidad, N.L. (124.3 y 85.7 cm, respectivamente), esto es, un 45 % mayor altura.

Rendimiento de grano: Para esta variable no se registraron diferencias estadísticas entre localidades, sin embargo, biológicamente, Zaragoza, Coah. (L2), presentó un mayor rendimiento (2.039 t ha⁻¹), superando en 2.1% a la localidad de Navidad, N.L. (L1).

Número de espigas por m²: La localidad de Navidad, N.L., registró en promedio un mayor número de espigas por m² (406 espigas por m²), siendo mayor en un 9.2% a la localidad de Zaragoza, Coah. (L2).

Peso hectolítrico: La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó en promedio un mayor peso hectolítrico (63.2 kg/hl), siendo superior en un 4.2% a la localidad de Navidad, N.L..

Longitud de espiga: La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó en promedio una mayor longitud de espiga (11.4 cm), esto es, un 30.6 % mayor que en la localidad de Navidad, N.L.

Número de espiguillas por espiga: La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó en promedio un mayor número de espiguillas por espiga (60.0), esto es, un 46.4 % mayor que el promedio registrado en Navidad, N.L.

Número de granos por espiga: La localidad de Zaragoza (L2) registró diferencia altamente significativa para esta variable, ya que presentó en

promedio un mayor número de granos por espiga (42.7), esto es, un 37.7 % mayor que el promedio registrado en Navidad, N.L.

Peso de 1000 granos: Para esta variable no se registraron diferencias significativas entre las localidades, sin embargo, Navidad, N.L. presentó en promedio un mayor peso de 1000 granos (33.4 g), superando en un 2.4% a la localidad de Zaragoza, Coah.

Cuadro 9.- Resultados de la prueba de comparación de medias entre localidades para las variables estudiadas.

Localidad	Paja	Espigas	Paja total	% Paja	% Espiga	Altura	Rendimiento
Navidad	4.290 b	5.527 b	9.817 b	43.2 b	56.7 a	85.7 b	1.997 a
Zaragoza	7.651 a	6.228 a	13.879 a	55.5 a	44.4 b	124.3 a	2.039 a
dms	0.409	0.361	0.720	1.4	1.4	1.4	0.093

Localidad	Espigas x m ²	Peso hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Granos x espiga	Peso de 1000 granos
Navidad	406 a	60.7 b	8.7 b	40.9 b	31.0 b	33.4 a
Zaragoza	372 b	63.2 a	11.4 a	60.0 a	42.7 a	32.6 a
dms	22	0.4	0.2	1.1	1.2	0.9

Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.

Como se observa en los Cuadros 10 y 11, se realizó la comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades para las variables en estudio.

Paja (tallos y hojas): Esta variable registró diferencias significativas entre los tratamientos, ya que el tratamiento 13 presentó el mayor rendimiento (7.880 t ha⁻¹), superando en un 118 % al tratamiento 17, que registró el menor valor (3.611 t ha⁻¹).

Espiga (paja y grano): Esta variable reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento 19 presentó el mayor rendimiento (8.092 t ha^{-1}), superando en un 95 % al tratamiento 39, que rindió 4.148 t ha^{-1} .

Paja total: Para esta variable no se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Biológicamente, el tratamiento 19 presentó un rendimiento de 15.797 t ha^{-1} , superando en un 83.0 % al tratamiento 39, que reportó el menor valor (8.630 t ha^{-1}).

% de paja: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, ya que el tratamiento 2 presentó un porcentaje de paja de 55.7 % siendo superior en un 50.3 % al tratamiento 17, que fue el de menor valor (37.0 %).

% de espiga: Se registraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento 17 presentó un porcentaje de espiga de 62.9 %, superando con el 42 % al tratamiento 2, que fue el de menor valor (44.2 %).

Altura de planta: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 27 presentó una altura de 115.8 cm, superando en un 32.4 % al tratamiento 45 (AN-123), que reportó 87.5 cm.

Rendimiento de grano: Esta variable reportó diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento 48 (AN-38) rindió en promedio de las dos localidades 3.045 t ha^{-1} , superando en un 145 % al tratamiento 2, que rindió 1.238 t ha^{-1} .

Número de espigas por m^2 : Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, ya que el tratamiento 48 (AN-38), presentó

510 espigas por m², superando en un 82 % al tratamiento 9, que registró el menor número de espigas por m² (280).

Peso hectolítrico: Esta variable registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento 47 (AN-137), reportó 66.2 kg/hl, superando con el 17.6 % al tratamiento 32, que registró el menor peso (56.3 kg/hl).

Longitud de espiga: Esta variable reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 23 registró 12.0 cm, superando con el 37.3 % al de menor longitud de espiga, que fue el tratamiento 45 (AN-123), con 8.7 cm.

Número de espiguillas por espiga: Esta variable presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento 13 registró 58.1 espiguillas por espiga, superando en un 45.7 % al tratamiento 45 (AN-123), que registró 39.9 espiguillas por espiga.

Número de granos por espiga: Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que el tratamiento 13 presentó 46.6 granos/espiga, superando con un 55.3 % al tratamiento 29, que reportó 30.0 granos/espiga.

Peso de 1000 granos: Esta variable reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El tratamiento 18 presentó un peso de 43.1 g, superando con un 88.6 % al tratamiento 42, que fue el de menor peso de 1000 granos, con 22.8 gramos.

Cuadro 10.- Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.

Genotipos	Paja t ha-1	Espigas t ha-1	Paja Total t ha-1	% Paja	% Espigas	Altura	Rendimiento de grano (t ha-1)
1	6.361 ab	5.879 ab	12.241 a	50.8ab	49.1ab	105.0	1.699cdefghijk
2	6.120 ab	4.222 b	10.343 a	55.7 a	44.2 b	110.3 abcdefg	1.238 k
3	6.954 ab	6.675 ab	13.630 a	49.9 ab	50.0 ab	108.3 abcdefgh	2.190 abcdefghijk
4	5.157 ab	6.361 aab	11.519 a	42.9 ab	57.0 ab	108.3 abcdefgh	2.180 abcdefghijk
5	5.046 ab	4.870 ab	9.917 a	50.8 ab	49.8 ab	103.3	1.668 defghijk
6	5.306 ab	4.796 ab	10.102 a	52.2 a	47.7 b	107.5 abcdefgh	1.545 fghijk
7	5.195 ab	4.555 ab	9.750 a	54.3 a	45.6 b	106.6 abcdefgh	1.804 bcdefghijk
8	5.722 ab	6.407 ab	12.130 a	46.7 ab	53.2 ab	99.1d efghij	2.087 bcdefghijk
9	5.028 ab	4.648 ab	9.676 a	51.6 ab	48.3 ab	106.6 abcdefgh	2.067 bcdefghijk
10	6.491 ab	6.639 ab	13.130 a	47.4 ab	52.6 ab	108.3 abcdefgh	2.532 abcde
11	4.759 ab	5.231 ab	9.991 a	46.7 ab	53.2 ab	106.8 abcdefgh	1.945 bcdefghijk
12	6.583 ab	5.916 ab	12.500 a	50.8 ab	49.2 ab	110.0 abcdefg	1.654 defghijk
13	7.880 a	7.703 ab	15.583 a	50.3 ab	49.6 ab	115.0 ab	2.570 abcd
14	6.621 ab	5.388 ab	12.009 a	54.6 a	45.3 b	113.6 abcd	1.970 bcdefghijk
15	5.778 ab	5.157 ab	10.935 a	53.4 a	46.5 b	103.3	1.813 bcdefghijk
16	5.991 ab	5.694 ab	11.685 a	51.7 a	48.2 ab	108.3 abcdefgh	1.921 bcdefghijk
17	6.611 b	5.398 ab	9.009 a	37.0 b	62.9 a	106.6 abcdefgh	2.014 bcdefghijk
18	5.778 ab	6.444 ab	12.222 a	46.7 ab	53.2 ab	109.5 abcdefgh	2.387 abcdefghi
19	7.704 ab	8.092 a	15.797 a	47.9 ab	52.0 ab	112.5 abcde	2.427 abcdefgh
20	5.065 ab	5.759 ab	10.824 a	44.9 ab	55.0 ab	97.5 fghij	2.232 abcdefghij
21	7.565 ab	6.601 ab	14.167 a	53.4 a	46.6 b	112.5 abcde	2.177 abcdefghijk
22	6.204 ab	6.407 ab	12.611 a	48.1 ab	51.8 ab	112.5 abcde	2.651 abc
23	6.861 ab	6.027 ab	12.889 a	52.3 a	47.6 b	114.6 abc	1.997 bcdefghijk
24	5.343 ab	6.139 ab	11.482 a	45.4 ab	54.5 ab	103.3	2.011 bcdefghijk
25	5.926 ab	6.898 ab	12.824 a	44.6 ab	55.3 ab	105.0	2.246 abcdefghij
26	6.796 ab	6.194 ab	12.991 a	52.2 a	47.7 b	112.1 abcde	2.474 abcdg
27	6.611 ab	5.851 ab	12.463 a	53.4 a	46.5 b	115.8 a	2.180 abcdefghijk
28	6.306 ab	5.638 ab	11.944 a	52.3 ab	48.6 ab	108.3 abcdefgh	1.518 ghijk
29	6.676 ab	5.333 ab	12.009 a	53.4 a	46.6 b	99.1 cdefghij	1.458 ijk
30	5.852 ab	5.527 ab	11.380 a	51.7 ab	48.3 ab	110.8 abcdef	1.461 ijk
31	6.760 ab	5.583 ab	12.342 a	53.1 a	46.9 b	112.5 abcde	1.515 hijk
32	6.787 ab	6.509 ab	13.296 a	50.0 ab	49.9 ab	98.3 defghij	1.678 defghijk
33	5.611 ab	5.916 ab	11.528 a	48.0 ab	51.9 ab	108.3 abcdefgh	2.554 abcde
34	6.695 ab	6.222 ab	12.917 a	50.9 ab	49.0 ab	102.4	1.819 bcdefghijk
35	5.185 ab	5.370 ab	10.556 a	48.7 ab	51.2 ab	95.3 ghi	1.636 efghij
36	6.833 ab	6.463 ab	13.297 a	50.6 ab	49.3 ab	109.1 abcdefgh	2.137 abcdefghijk
37	6.102 ab	6.120 ab	12.222 a	47.8 ab	52.2 ab	100.0 bcdefghi	2.134 bcdefghijk
38	5.102 ab	5.852 ab	10.954 a	44.9 ab	55.0 ab	94.2 hij	1.612 efghijk
39	4.482 ab	4.148 b	8.630 a	51.9 ab	48.3 ab	106.6 abcdefgh	1.848 bcdefghijk
40	7.444 ab	6.639 ab	14.084 a	51.7 ab	48.3 ab	96.6 fghij	2.017 bcdefghijk
41	6.019 ab	5.138 ab	11.158 a	52.8 a	47.1 b	110.0 abcdefg	1.789 bcdefghijk
42	5.628 ab	4.426 b	10.074 a	54.8 a	45.1 b	100.0 bcdefghij	1.420 jk
43	5.342 ab	5.296 ab	10.639 a	48.8 ab	51.1 ab	101.6	2.173 abcdefghijk
44	5.833 ab	6.592 ab	12.426 a	45.2 ab	54.7 ab	99.1 cdefghij	2.143 abcdefghijk
AN-123 ♀	5.185 ab	6.314 ab	11.500 a	43.5 ab	56.4 ab	87.5 j	2.485 abcdef
AN-125 ♀	5.426 ab	6.546 ab	11.972 a	43.4 ab	56.5 ab	96.6 fghij	2.713 ab
AN-137 ♀	3.954 ab	5.009 ab	8.963 a	42.4 ab	57.5 ab	90.5 ij	2.341 abcdghij
AN-38 ♀	6.648 ab	7.146 ab	14.084 a	46.0 ab	53.9 ab	97.8 efghij	3.045 a
AN-105 ♀	6.148 ab	6.518 ab	12.667 a	47.8 ab	52.1 ab	95.0 ghij	2.065 bcdefghijk
ABT ♂	6.037 ab	5.333 ab	11.370 a	52.3 a	47.6 b	110.8 abcdef	1.679 defghijk
dms	4.214	3.723	7.413	14.8	14.8	15.3	0.957

Cuadro 11.- Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.

Genotipos	Espigas ² por m	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Longitud de espiga (cm)	Espiguillas x espiga	Granos x espiga	Peso de 1000 granos (g)
1	373ab	59.7 ghijklmn	10.3 abc	52.8 abcde	34.0 abc	31.4 bcd
2	349 ab	60.7 ddefghijklmn	9.7 abc	54.3 abcd	33.1 bc	30.5 bcd
3	415 ab	62.5 abcdefghi	10.6 abc	51.6 abcdef	38.5 abc	32.7 bcd
4	373 ab	62.1 abcdefghijkl	9.7 abc	52.0 abcdef	40.2 abc	34.2 abc
5	312 ab	61.4 bcdefghijklm	10.6 abc	54.6 abc	34.2 abc	34.1 abc
6	392 ab	63.7 abcdefg	9.7 abc	50.4 abcdef	34.4 abc	32.7 bcd
7	306 ab	63.4 abcdefg	10.2 abc	54.5 abcd	36.4 abc	35.5 abc
8	395 ab	60.0 efghijklmn	10.0 abc	54.8 abc	42.4 abc	32.8 bcd
9	280 b	62.9 abcdefgh	10.3 abc	52.4 abcde	41.7 abc	37.2 abc
10	402 ab	65.5 abc	9.5 abc	49.9 abcdef	32.6 bc	35.9 abc
11	364 ab	61.2 cdefghijklm	11.2 abc	55.4 ab	37.7 abc	31.2 bcd
12	370 ab	60.8 cdefghijklm	11.1 abc	56.2 ab	39.3 abc	33.2 abc
13	442 ab	64.9 abcd	11.1 abc	58.1 a	46.6 a	31.4 bcd
14	387 ab	63.6 abcdefg	11.0 abc	57.8 ab	36.6 abc	28.3 cd
15	322 ab	63.1 abcdefg	9.8 abc	51.6 abcdef	34.8 abc	33.5 abc
16	254 ab	62.6 abcdefgh	9.5 abc	47.3 abcdef	32.9 bc	37.2 abc
17	364 ab	57.8 ijklmn	8.9 bc	48.3 abcdef	34.3 abc	32.6 bcd
18	383 ab	63.5 abcdefg	10.0 abc	48.3 abcde	37.1 abc	43.1 a
19	471 ab	63.5 abcdefg	10.5 abc	51.9 abcdef	38.5 abc	37.2 abc
20	330 ab	62.7 abcdefgh	9.3 bc	46.9 abcdef	35.6 abc	33.1 abc
21	366 ab	62.0 abcdefghijkl	10.5 abc	52.1 abcdef	37.9 abc	35.9 abc
22	342 ab	62.6 abcdefgh	10.5 abc	51.1 abcde	40.0 abc	38.7 ab
23	362 ab	63.2 abcdefg	12.0 a	54.1 abcd	39.9 abc	33.3 abc
24	358 ab	62.3 abcdefghij	9.3b c	46.1 abcde	37.1 abc	35.9 abc
25	394 ab	61.7 abcdefghijkl	9.2b c	45.6 bcde	37.4 abc	36.6 abc
26	399 ab	61.4 cdefghijklm	9.9 abc	50.3 abcdef	34.7 abc	29.1 bcd
27	431 ab	60.3 efghijklmn	10.0 abc	49.7 abcdef	37.9 abc	32.8 bcd
28	386 ab	57.7 klmn	11.4 ab	56.2 ab	34.2 abc	29.8 bcd
29	483 ab	57.1 mn	9.6 abc	49.8 abcdef	30.0 c	27.1 bcd
30	338 ab	57.6 lmn	10.9 abc	54.9 abc	43.2 ab	33.3 abc
31	386 ab	57.9 jklmn	10.9 abc	53.3 abcde	38.7 abc	32.6 bcd
32	430 ab	56.3 n	10.4 abc	53.3 abcde	36.2 abc	28.2 cd
33	440 ab	62.3 abcdefghij	9.3 bc	45.8 abcde	34.3 abc	35.4 abc
34	426 ab	59.3 ijklmn	10.4 abc	49.1 abcdef	37.0 abc	29.6 bcd
35	426 ab	60.1 efghijklmn	9.8 abc	47.2 abcdef	33.9 abc	29.7 bcd
36	496 ab	62.3 abcdefghij	11.0 abc	53.8 abcd	38.4 abc	28.9 bcd
37	360 ab	65.8 ab	9.4 bc	42.8 cde	31.1 bc	34.4 abc
38	380 ab	62.6 abcdefgh	9.7 abc	45.8 bcdef	35.6 abc	34.4 abc
39	337 ab	64.9 abcd	9.4 abc	48.7 abcdef	35.2 abc	33.7 abc
40	488 ab	63.3 abcdefg	10.3 abc	52.6 abcde	36.4 abc	29.4 bcd
41	311 ab	62.2 abcdefghijk	10.7 abc	51.2 abcdef	39.6 abc	30.6 bcd
42	417 ab	58.4 hijklmn	9.9 abc	47.8 abcdef	30.0 c	22.8 d
43	350 ab	63.7 abcdefg	11.1 abc	51.4 abcdef	39.0 abc	32.6 bcd
44	394 ab	65.6 abc	9.8 abc	51.2 abcdef	40.6 abc	34.1 abc
AN-123 ♀	364 ab	64.5 abcde	8.7 c	39.9 f	36.4 abc	37.1 abc
AN-125 ♀	484 ab	46.0 abcdef	8.9 bc	43.1 cdef	36.7 abc	35.9 abc
AN-137 ♀	392 ab	66.2 a	9.1 bc	42.3 def	38.6 abc	35.1 abc
AN-38 ♀	510 a	60.0 efghijklmn	9.2 bc	47.5 abcdef	39.3 abc	30.9 bcd
AN-105 ♀	476 ab	62.3 abcdefghij	8.8 bc	41.1 ef	33.5 bc	31.6 bcd
ABT ♂	339 ab	63.1 abcdefg	10.3 abc	56.0 ab	39.2 abc	32.8 bcd
dms	226	4.5	2.5	12.2	12.8	10.2

Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F_{2:5} y sus progenitores. Navidad, N.L.

Los resultados de los contrastes ortogonales realizados entre las familias F_{2:5} y sus progenitores se presentan en el Cuadro 12. En la comparación entre las familias y los progenitores femeninos de hábito primaveral (AN-123, AN-125 y AN-137), se registraron diferencias altamente significativas en las variables paja, espiga, paja total, altura, rendimiento de grano, peso hectolítrico, longitud de espiga, número de espiguillas por espiga, granos /espiga y peso de 1000 granos. Las familias registraron en promedio 58.9 % más paja que el promedio de sus progenitores, 33.5 % más espiga, 43.5 % más paja total, 21.4 % más altura, 61.3 % más rendimiento de grano, 4.6 % más peso hectolítrico, 15.9 % mayor longitud de espiga, 20.2 % más espiguillas/espiga, 18.6 % más granos/espiga y 12.2 % más peso de 1000 granos. No se registraron diferencias estadísticas entre las familias y sus progenitores para las variables % de paja, % de espiga y espigas/m².

Cuadro 12.- Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F_{2:5} y los progenitores femeninos primaverales. Navidad, N.L.

VARIABLE	Paja		Espiga	Paja total	% Paja	% Espiga	Altura
HIBRIDOS vs HPRI	4.366 vs 2.746 **		5.593 vs 4.191 **	9.960 vs 6.938 **	43.4 vs 38.7 ns	56.5 vs 61.2 ns	87.0 vs 71.6 **
VARIABLE	Rendimiento de grano	Espigas por m ²	Peso hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Número de granos por espiga	Peso de 1000 granos
HIBRIDOS vs HPRI	2.040 vs 1.265 **	399 vs 442 ns	60.8 vs 58.2 **	8.8 vs 7.6 **	41.6 vs 34.6 **	31.4 vs 26.5 **	33.8 vs 30.1 **

Los resultados de los contrastes ortogonales realizados entre las familias F_{2:5} y sus progenitores femeninos de hábito intermedio (AN-38 y AN-105) se presentan en el Cuadro 13. En este contraste, se registraron diferencias altamente significativas en las variables peso hectolítrico, longitud de espiga, espiguillas/espiga y peso de 1000 granos, donde los híbridos registraron en

promedio 4 % más peso hectolítrico que el promedio de sus progenitores, 17.8 % mayor longitud de espiga, 20 % más espiguillas/espiga y 19.8 % más peso de 1000 granos. Se registraron diferencias significativas en las variables altura, espigas/m² y granos/espiga, donde las familias registraron 9.9 % más altura, 17.1 % más granos/espiga y 26 % menos espigas por m² que el promedio de sus progenitores. No se registraron diferencias significativas entre ambos grupos en las variables paja, espiga, paja total, % de paja, % de espiga, rendimiento de grano, espigas/m² y peso hectolítrico.

Cuadro 13.- Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F_{2:5} y los progenitores femeninos intermedios. Navidad, N.L.

VARIABLE	Paja		Espiga	Paja total	% Paja	% Espiga	Altura
HIBRIDOS VS HINT	4.366 vs 4.666 ns		5.593 vs 5.935 ns	9.960 vs 10.601 ns	43.4 vs 43.6 ns	56.5 vs 56.3 ns	87.0 vs 79.1 *
VARIABLE	Rendimiento de grano	Espigas por m ²	Peso hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Número de granos por espiga	Peso de 1000 granos
HIBRIDOS VS HINT	2.040 vs 2.081 ns	399 vs 537 *	60.8 vs 58.5 **	8.8 vs 7.5 **	41.6 vs 34.6 **	31.4 vs 26.8 *	33.8 vs 28.2 **

Los resultados de los contrastes ortogonales realizados entre las familias F_{2:5} y el progenitor masculino de hábito intermedio-invernal (ABT), se presentan en el Cuadro 14. Se registraron diferencias altamente significativas entre los grupos únicamente en la variable de peso hectolítrico, donde el progenitor masculino registró 7.6 % más peso hectolítrico que las familias, y significativas en altura de planta, donde las familias fueron 11.1 % más altas que su progenitor. No se registraron diferencias significativas para las variables paja, espiga, paja total, % paja, % espiga, altura, rendimiento de grano, espigas/m², longitud de espiga, número de espiguillas/espiga, granos/espiga y peso de 1000 granos; sin embargo, la tendencia general en la mayoría de estas variables fue de una superioridad biológica del progenitor sobre las familias.

Cuadro 14.- Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F_{2:5} y el progenitor masculino intermedio-invernal. Navidad, N.L.

VARIABLE	Paja		Espiga	Paja total	% Paja	% Espiga	Altura
HIBRIDOS VS PMII	4.366 vs 4.796 ns		5.593 vs 5.796 ns	9.960 vs 10.592 ns	43.4 vs 45.1 ns	56.5 vs 54.8 ns	87.0 vs 78.3 *
VARIABLE	Rendimiento de grano	Espigas por m ²	Peso hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Número de granos por espiga	Peso de 1000 granos
HIBRIDOS VS PMII	2.040 vs 2.151 ns	399 vs 351 ns	60.8 vs 65.5 **	8.8 vs 8.9 ns	41.6 vs 45.4 ns	31.4 vs 33.4 ns	33.8 vs 37.2 ns

Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F_{2:5} y sus progenitores.

Zaragoza, Coah.

Los resultados de los contrastes ortogonales realizados entre las familias F_{2:5} y sus progenitores femeninos de hábito primaveral (AN-123, AN-125 y AN-137), se presentan en el Cuadro 15. En la comparación entre ambos grupos, se registraron diferencias altamente significativas en las variables espiga, % de paja, % de espiga, altura, rendimiento de grano, peso hectolítrico, longitud de espiga, espiguillas/espiga, granos/espiga y peso de 1000 granos, donde las familias registraron en promedio 18 % más paja, 18 % más espiga, 12.4 % más altura, 12.7 % mayor longitud de espiga y 24.3 % más espiguillas/espiga que el promedio de sus progenitoras. Las progenitoras fueron significativamente superiores en rendimiento de grano (> 98.3 %), peso hectolítrico (> 14.3 %), granos/espiga (> 13.7 %) y peso de 1000 granos (> 31.2 %). No se registraron diferencias estadísticas entre los grupos para las variables paja, paja total y espigas por m².

Cuadro 15.- Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F_{2:5} y los progenitores femeninos primaverales. Zaragoza, Coah.

VARIABLE	Paja		Espiga	Paja total	% Paja	% Espiga	Altura
HIBRIDOS VS HPRI	7.684 VS 6.963 ns		6.076 VS 7.722 **	13.761 VS 14.685 ns	56.2 VS 47.5 **	56.2 VS 47.5 **	125.5 VS 111.6 **
VARIABLE	Rendimiento de grano	Espigas por m ²	Peso hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Número de granos por espiga	Peso de 1000 granos
HIBRIDOS VS HPRI	1.896 VS 3.761**	368 VS 385 ns	62.6 VS 71.6 **	11.5 VS 10.2 **	60.8 VS 48.9 **	42.2 VS 48.0 **	32.0 VS 42.0 **

Los resultados de los contrastes ortogonales realizados entre las familias F_{2:5} y sus progenitores femeninos de hábito intermedio (AN-38 y AN-105) se presentan en el Cuadro 16. Se registraron diferencias altamente significativas entre los grupos en las variables % de paja, altura, longitud de espiga y espiguillas por espiga, donde las familias registraron en promedio 11.7 % más % de paja, 10.4 % mayor altura, 9.5 % más longitud de espiga y 12.8 % más espiguillas por espiga. El grupo de progenitoras registró superioridad estadística sobre las familias en las variables espiga (> 31.6 %), % de espiga (> 13.7 %), rendimiento de grano (> 59.7 %) y espigas/m² (> 22.0). No se registraron diferencias significativas en las variables paja, paja total, peso hectolítrico, número de granos por espiga, y peso de 1000 granos.

Cuadro 16.- Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F_{2:5} y los progenitores femeninos intermedios. Zaragoza, Coah.

VARIABLE	Paja		Espiga	Paja total	% Paja	% Espiga	Altura
HIBRIDOS VS HINT	7.684 VS 8.129 ns		6.076 VS 8.000 *	13.761 VS 16.280 ns	56.2 VS 50.2 **	43.7 VS 49.7 **	125.5 VS 113.6 **
VARIABLE	Rendimiento de grano	Espigas por m ²	Peso hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Número de granos por espiga	Peso de 1000 granos
HIBRIDOS VS HINT	1.896 VS 3.029 **	368 VS 449 *	62.6 VS 63.9 ns	11.5 VS 10.5 *	60.8 VS 53.9 **	42.2 VS 46.0 ns	32.0 VS 34.3 ns

Los resultados de los contrastes ortogonales realizados entre las familias F_{2:5} y el progenitor masculino de hábito intermedio-invernal (ABT), se presentan en el Cuadro 17. Se registraron diferencias altamente significativa entre los grupos sólo para la variable rendimiento de grano, donde las familias rindieron en promedio 57.2 % más grano que el progenitor masculino. Asimismo, el progenitor masculino fue significativamente superior a las familias en altura (> 6.0 %) y espiguillas/espiga (> 9.5 %). No se registraron diferencias significativas entre los grupos en las variables paja, espiga, paja tota, % de paja, % de espiga, espigas/m², peso hectolítrico, longitud de espiga, granos/espiga y peso de 1000 granos.

Cuadro 17.- Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F_{2:5} y el progenitor masculino intermedio-invernal. Zaragoza, Coah.

VARIABLE	Paja		Espiga	Paja total	% Paja	% Espiga	Altura
HIBRIDOS VS MINV	7.684 vs 7.277 ns		6.076 vs 4.870 ns	13.761 vs 12.148 ns	56.2 vs 59.5 ns	43.7 vs 40.4 ns	125.5 vs 133.3 *
VARIABLE	Rendimiento de grano	Espigas por m ²	Peso hectolítrico	Longitud de espiga	Espiguillas x espiga	Número de granos por espiga	Peso de 1000 granos
HIBRIDOS VS MINV	1.896 vs 1.206 **	368 vs 325 ns	62.6 vs 60.7 ns	11.5 vs 11.7 ns	60.8 vs 66.6 *	42.2 vs 45.0 ns	32.0 vs 28.5 ns

Resultados de la estimación de heterosis y heterobeltiosis Navidad, N.L.

En la localidad de Navidad, N. L. se obtuvieron los siguientes resultados: para paja total ton/ha, el genotipo 13 (AN-125 x ABT), con 15.500 t ha⁻¹, registró los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis con 69.6% y 46.3% respectivamente. Sus progenitores registraron respectivamente 7.685 y 10.593 t ha⁻¹. Para la variable altura de planta este mismo genotipo 13 (AN-125 x ABT), con 101.6 cm, registró los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis, con 21.9% y 14.7% respectivamente. Sus progenitores registraron 78.3 y 88.3 cm, respectivamente. Para la variable rendimiento de grano, el genotipo 26 (AN-125 x ABT) con 3.066 t ha⁻¹, registró el mayor valor de heterosis y heterobeltiosis con 71% y 42.5% respectivamente; sus progenitores registraron 1.433 y 2.151 t ha⁻¹, respectivamente. Para la variable espigas/m², el genotipo 16 (AN-125 x ABT), con 444 espigas/m², registró el mayor valor de heterosis, con 5.2%. No se registró heterobeltiosis en ninguno de los híbridos F_{2:5} para esta variable. Para la variable peso hectolítrico, el genotipo 14 (AN-125 x ABT) con 65.1 kg/hl, registró una heterosis de 5.5%; sus progenitores registraron 57.8 y 65.5 kg/hl, respectivamente. Para la variable granos/espiga, el genotipo 13 (AN-125 x ABT) con 42.2, registró los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis con 42.6% y 26.3%; sus progenitores registraron 25.8 y 33.4 granos/espiga, respectivamente. Para la variable peso de 1000 granos, el genotipo 19 (AN-125 x ABT) con un peso de 44.0 g, registró el mayor valor de heterosis (30.5 %) y una heterobeltiosis de 18.3 %. Sus progenitores registraron 30.2 y 37.7 g, respectivamente. En esta localidad, adicionalmente se calculó el porcentaje de familias por cada crusa que exhibieron heterosis y heterobeltiosis para las variables paja total, altura de planta, rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico, número de granos/espiga y peso de 1000 granos, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 18.

Cuadro 18.- Porcentaje de familias F_{2:5} que registraron heterosis y heterobeltiosis positiva en las variables estudiadas en Navidad, N.L.

Navidad, N.L.									
Cruza	Familias (n)		Paja total	Altura de planta	Rendimiento de grano	Espigas x m2	Peso hectolítrico	Granos x espiga	Peso de 1000 granos
AN-125 x ABT	32	Ht	68.7	78.1	87.5	34.3	43.7	71.8	62.5
		Hbt	34.3	50.0	34.3	0.0	0.0	37.5	18.7
AN-137 x ABT	12	Ht	66.6	50.0	50.0	58.3	33.3	50.0	41.6
		Hbt	25.0	33.3	25.0	33.3	0.0	33.3	0.0

** Ht: Heterosis; Hbt: Heterobeltiosis

Resultados de la estimación de heterosis y heterobeltiosis Zaragoza, Coah.

En la localidad de Zaragoza, Coahuila, se obtuvieron los siguientes resultados: para paja total, el genotipo 19 (AN-125 x ABT) con 19.685 t ha⁻¹, registró los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis, con 38.6% y 21.1%, respectivamente. Sus progenitores registraron 16.259 y 12.148 t ha⁻¹, respectivamente. Para la variable altura de planta, el genotipo 19 (AN-125 x ABT) con 133.3 cm, registró el mayor valor de heterosis con 7.4 %; no se registró heterobeltiosis ya que el padre tuvo la misma altura que el hijo. Para el rendimiento de grano, el genotipo 22 (AN-125 x ABT) con 3.266 t ha⁻¹, registró el mayor valor de heterosis con 25.6%; no se registró heterobeltiosis ya que el mejor progenitor rindió 3.992 t ha⁻¹. Para la variable espigas /m², el genotipo 29 (AN-125 x ABT), con 537 espigas/m², registró los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis con 33.9 % y 12.8 %, respectivamente. Sus progenitores registraron 476 y 326 espigas/m², respectivamente. Para la variable peso hectolítrico el genotipo 44 (AN-137 x ABT) con 70.0 kg/hl, registró el mayor valor de heterosis (5.2 %); no se registró heterobeltiosis ya que el mejor

progenitor registró 72.4 kg/hl. Para la variable granos/espiga, el genotipo 13 (AN-125 x ABT) con 51.0 granos/espiga, registró el mayor valor de heterosis y heterobeltiosis con 10 % y 6.9 %, respectivamente. Sus progenitores registraron 47.7 y 45.0 granos/espiga, respectivamente. Para la variable peso de 1000 granos, el genotipo 18 (AN-125 X ABT) con 48.1 g, registró el mayor valor de heterosis y heterobeltiosis con 37.2 % y 15.6 %, respectivamente. Sus progenitores registraron 41.6 y 28.5 g, respectivamente. En esta localidad, adicionalmente se calculó el porcentaje de familias por cada craza que exhibieron heterosis y heterobeltiosis para las variables paja total, altura de planta, rendimiento de grano, espigas/m², peso hectolítrico, número de granos/espiga y peso de 1000 granos, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19.- Porcentaje de familias F_{2:5} que registraron heterosis y heterobeltiosis positiva en las variables estudiadas en Zaragoza, Coah.

Zaragoza, Coah.									
Cruza	Familias (n)		Paja total	Altura de planta	Rendimiento de grano	Espigas x m2	Peso hectolítrico	Granos x espiga	Peso de 1000 granos
AN-125 x ABT	32	Ht	50.0	68.7	9.3	25.0	12.5	21.8	28.1
		Hbt	21.8	0.0	0.0	6.2	0.0	18.7	8.3
AN-137 x ABT	12	Ht	83.3	58.3	33.3	83.3	16.6	16.6	25.0
		Hbt	66.6	0.0	0.0	75.0	0.0	16.6	0.0

** Ht: Heterosis; Hbt: Heterobeltiosis

Resultados de las correlaciones fenotípicas entre las variables estudiadas.

Los resultados de las correlaciones fenotípicas entre las variables estudiadas en las localidades de Navidad, N.L. y Zaragoza, Coah., respectivamente, arrojaron los siguientes resultados: en la primera localidad, las variables relacionadas positiva y significativamente con el rendimiento de biomasa total (Paja total) fueron altura de planta y espigas por m² (0.44 y 0.54, respectivamente). Adicionalmente estuvieron relacionadas positiva y significativamente con la característica antes mencionada las variables rendimiento de grano, longitud de espiga, espiguillas por espiga, granos/espiga, peso hectolítrico y peso de 1000 granos (0.57, 0.42, 0.42, 0.36, 0.18 y 0.17, respectivamente). Con respecto al rendimiento de grano, las variables positiva y significativamente más relacionadas fueron altura de planta, paja total y espigas (0.59, 0.57 y 0.56, respectivamente). Con menor magnitud, las variables paja (tallos y hojas), peso hectolítrico, granos por espiga, espigas por m², espiguillas por espiga, peso de 1000 granos y longitud de espiga (0.47, 0.43, 0.28, 0.24, 0.24, 0.24 y 0.20, respectivamente), también estuvieron positiva y significativamente asociadas a un mayor rendimiento de grano.

En Zaragoza, Coah., la variable relacionada positiva y significativamente con el rendimiento de biomasa total (Paja total) fue espigas por m² (0.79). Además estuvieron relacionadas positiva y significativamente con la característica antes mencionada las variables rendimiento de grano, longitud de espiga, granos/espiga y peso hectolítrico (0.37, 0.21, 0.23 y 0.11, respectivamente). Para el rendimiento de grano, las variables positiva y significativamente más relacionadas fueron peso hectolítrico, espigas, peso de 1000 granos y paja total (0.69, 0.56, 0.56 y 0.37, respectivamente). Con menor magnitud, las variables espigas por m² y granos por espiga (0.23 y 0.29, respectivamente), estuvieron positiva y significativamente asociadas a un mayor rendimiento de grano. En esta localidad, la altura de planta estuvo negativa y significativamente asociada al rendimiento de grano.

Discusión

Las diferencias estadísticas detectadas en los análisis de varianza entre los tratamientos en cada una de las localidades del estudio indicaron la gran diversidad genética presente entre las familias $F_{2:5}$ y sus progenitores. Lo anterior se debió principalmente a las diferencias entre los hábitos de crecimiento de los genotipos utilizados como hembras (hábitos primaverales e intermedios) y el progenitor masculino de hábito intermedio-invernal, lo que originó una gran diversidad de las progenies con respecto a su fenología, altura de planta y en su capacidad de acumulación de biomasa y su potencial de rendimiento, además de presentar diferencias importantes con respecto a su resistencia a enfermedades, particularmente en la localidad de Zaragoza, Coah., donde normalmente se presentan condiciones favorables al final del ciclo de cultivo (alta humedad relativa y temperatura) para el desarrollo de epifitias, particularmente de chahuixtle o roya de la hoja (*Puccinia recondita*).

Por otra parte, un importante porcentaje de las familias mostraron en muchos casos valores significativamente mayores que sus progenitores en la mayoría de las variables estudiadas, lo que fue confirmado por los resultados de los contrastes ortogonales entre el promedio de las familias sin importar su cruce y sus progenitores primaverales, intermedios y el progenitor masculino tardío. A este respecto, los resultados encontrados en este estudio concuerdan con lo mencionado por Hallauer y Miranda (1981), quienes reportan que está bien documentado en la literatura que las cruces entre progenitores no relacionados y en consecuencia, genéticamente distantes, muestran mayores diferencias en crecimiento y productividad de las progenies que las cruces entre progenitores estrechamente relacionados (por ejemplo, cruces entre genotipos del mismo hábito de crecimiento).

Con respecto a las localidades, las diferencias estadísticas evidenciadas en los análisis combinados entre las mismas para la mayoría de las variables

indicaron diferencias en el potencial productivo de cada ambiente. En este caso, la localidad de Zaragoza, Coah., registró en forma general los mayores valores en las variables que inciden en la acumulación de biomasa en comparación con la localidad de Navidad, N.L., debido principalmente a las diferencias en clima, suelo y particularmente a las diferencias en manejo, principalmente en la lámina y eficiencia de los sistemas de riego (riego por gravedad en Zaragoza y por aspersión en Navidad) y en la fertilización (deficiente en Navidad y óptima en Zaragoza).

Con respecto al rendimiento de grano y sus componentes (principalmente el peso de 1000 granos), no se registraron diferencias significativas entre las localidades, ya que a pesar de que Zaragoza tiene un mayor potencial de expresión del rendimiento de grano que Navidad, la susceptibilidad de algunas de las familias $F_{2:5}$ y del progenitor masculino (ABT) al ataque de la roya de la hoja disminuyó en forma importante el promedio de sus rendimientos, por lo que los análisis de varianza no detectaron diferencias significativas entre las localidades para las variables anteriormente mencionadas. Por otra parte, la significancia encontrada en la interacción localidades x genotipos para las variables de acumulación de biomasa (paja) y el rendimiento de grano y sus componentes indicó el comportamiento diferencial de los genotipos al evaluarlos en ambientes contrastantes.

Con respecto a los resultados de la estimación de heterosis y heterobeltiosis de las familias $F_{2:5}$ evaluadas, (Figuras 1-14 del Apéndice), que en este estudio se puede considerar como el porcentaje de superioridad de cada familia sobre sus progenitores, ya que en forma estricta la heterosis y la heterobeltiosis se estima en los híbridos F_1 , en la localidad de Navidad, N.L., se registraron los mayores valores principalmente en las familias pertenecientes a la cruza AN-125 x ABT, y particularmente en las variables paja total, rendimiento de grano, altura de planta y granos/espiga (Cuadro 18). En Zaragoza, Coah., los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis se

registraron en las variables paja total, granos/espiga y peso de 1000 granos (Cuadro 19). En Navidad, N.L., en forma general, los valores de heterosis encontrados en este estudio para rendimiento de grano son superiores a las estimaciones de Oettler *et al* (2003), que estimó un 10.1% de superioridad de rendimiento en 24 híbridos F1 en triticales invernales; 9.5% en 31 híbridos de triticales de hábito primaveral (Pfeiffer *et al*, 1998) y 10.5% en seis híbridos de triticales invernales sembrados en parcelas pequeñas (Oettler *et al*, 2001). Son también superiores a los valores reportados por Martin *et al* (1995) y Duvick (1999) para trigo. También, para rendimiento de grano, los valores de heterobeltiosis son mayores que los reportados por Pfeiffer *et al* (1998) en triticales primaverales (5.2%).

Por otra parte, en este estudio, los valores de heterosis y heterobeltiosis en granos/espiga y peso de 1000 granos contribuyeron en proporción similar a la heterosis en el rendimiento de grano. Con respecto a la altura de planta, la cual es una característica que típicamente muestra heterosis en muchas especies cultivadas, los resultados de este estudio mostraron valores superiores a los reportados en trigo (10%) por diversos autores (Zhang *et al*, 2007). Estos mismos autores señalan que la heterosis en la altura de la planta resulta de un mayor alargamiento de los entrenudos, debido a mayores niveles de giberelinas (GAs) en los híbridos en comparación con sus progenitores, que produce una mayor tasa de crecimiento en los tallos. Por otra parte, aunque en este estudio no fue analizada estadísticamente, los días a espigamiento y floración de las familias estuvieron en un rango intermedio entre sus progenitores, siendo en este caso una ventaja, ya que de muchas de las familias sobresalientes para producción de biomasa y rendimiento de grano es posible seleccionar genotipos más precoces que el progenitor tardío de hábito intermedio-invernal, pero con una mayor biomasa y rendimiento de grano en un menor período de tiempo, ya que Barth *et al* (2003), señalan que desde el punto de vista agronómico, la biomasa y el rendimiento de grano son las características más importantes con respecto a su respuesta heterótica. Los

misimos autores mencionan que en este contexto, debe ser de interés en este tipo de estudios incluir mediciones del sistema radicular, que pudieran explicar una substancial proporción de la heterosis en biomasa y rendimiento de grano debida a una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes. También mencionan que se puede generar información más detallada acerca de las causas fisiológicas de la heterosis para acumulación de biomasa comparando los híbridos F1 y sus progenitores en su tasa de división celular, tasa fotosintética y flujo metabólico de azúcares, proteínas y otros metabolitos, lo cual se ha sugerido como una explicación de la heterosis (de Vienne *et al*, 2000).

Finalmente, los resultados de las correlaciones fenotípicas realizadas entre las variables en estudio en ambas localidades permiten inferir que se pueden seleccionar genotipos de alto rendimiento basándose en las significativas y positivas correlaciones entre altura y paja total con el rendimiento de biomasa y grano.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló este experimento, se llegó a las siguientes conclusiones:

- En forma general, una adecuada proporción de las familias $F_{2:5}$ registraron superioridad con respecto a sus progenitores en las características agronómicas que inciden en una mayor acumulación de biomasa como son la paja total y la altura de planta, confirmando los posibles efectos de heterosis y heterobeltiosis, lo cual es un aspecto importante en el desarrollo de nuevas variedades más productivas con una menor duración del ciclo del cultivo que el progenitor masculino más tardío.
- Los porcentajes de superioridad de las familias $F_{2:5}$ sobre sus progenitores (heterosis y heterobeltiosis) de cada variable, mostraron que en forma general, los valores fueron mayores bajo condiciones menos óptimas, como las registradas en la localidad de Navidad, N.L., sugiriendo una mayor ventaja de las familias cuando las condiciones de cultivo son menos favorables.
- Las familias producidas mediante cruzamientos entre triticales de diferente hábito de crecimiento manifestaron una mayor capacidad de acumulación de materia seca, inclusive bajo déficits moderados de humedad y fertilización como los registrados en la localidad de Navidad, N.L., a partir de los cuales se pueden derivar nuevos cultivares con mayor rendimiento biomasa y grano que las variedades actuales para su

uso en las explotaciones agrícolas y pecuarias en regiones como el sur de Nuevo León y la Región Norte de Coahuila.

- Se recomienda derivar líneas uniformes de las familias $F_{2:5}$ sobresalientes para fijar los posibles efectos heteróticos, particularmente en el rendimiento de biomasa y grano.

BIBLIOGRAFÍA

- Alam, M.F., M.R Khan, M. Nuruzzaman, S. Parvez., A.M. Swaraz, I. Alam, and N. Ahsan. 2004. Genetic basis of heterosis and inbreeding depression in rice (*Oryza sativa* L.). Journal Zhejiang University Science. Vol. 5, no. 11: 406-411.
- Allard, R. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. 2a ed. Barcelona. Omega. 498 p.
- Banaszak, Z., and K. Marciniak. 2002. Wide adaptation of DANKO triticales varieties. In Proc. 5th Int. Triticale Symp. Vol. I. Radzików, Poland. pp. 217-222.
- Baron, V.S., H.G. Najda, D.F. Salmon, and A.C Dick. 1992. Post-flowering forage potential of spring and winter cereal mixtures. Canadian J of Plant Sci. 72: 137-145.
- Barth, S., AK Busimi, H F. Utz and A.E. Melchinger. 2003. Heterosis for biomass yield and related traits in five hybrids of *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. Heredity. 91: 36–42.
- Bears, T., A.G. Hydon and J. Bingham. 1988. An assesment of the feasibility of producing F1 y F2 hybrids for the UK. In Miller, T.E. y Koebner, R.M.D (ed.).Proc. 7th Intl. Wheat Genetics Symp. Cambridge, Inglaterra. 13-19 Julio. pp. 1057-1062.
- Birchler, J.A., D.L. Auger., and N.C. Riddle. 2003. In research of the molecular basis of heterosis. Plant Cell. Vol. 15 (5): 2236-2239.
- Braun, H.J., Payne, T.S., Morgounov, A.J., Van Ginkel, M., y Rajaran, S. 1998. The challenge: One billion tons of wheat by 2020. Proc. 9th Intl. Wheat Genetics Symp. Saskatoon, Saskatchewan, Canadá. 2-7 Agosto, 1998.
- Briggle, L. W., 1963. Heterosis in wheat: A review. Crop Sci., 3: 407-412.
- Carnide, V., H. Guedes-Pinto, M. Miguel-Rodrigues, C. Sequeira, A. Mascarenhas-Ferreira. 1998. Forage yield and quality of triticales-vetch mixtures. In: P. Juskiw, editor. Proc 4th International Triticale Symposium. Vol II. Red Deer, Alberta, Canada. pp 252-255.
- Cichy, H., J. Wós, G. Bidzianowski. 2002. Program of winter and spring triticales breeding at Plant Breeding Company Strzelce. In: E. Arseniuk editor. Proc 5th International Triticale Symposium. Vol. II. Radzików, Poland. pp. 325-331.

- CIMMYT. 2004. Triticale help farmers to diversify. El Batán, Mexico. Available: www.cimmyt.org/whatis/cimmyt/recent_ar/D_support/triticale.htm.
- Cox, T.S., and J.P. Murphy. 1990. The effect of parental divergence on F2 heterosis in winter wheat crosses. *Theor. Appl. Genet.* 79: 241–250.
- 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.
- de Vienne, D., C. Damerval, A. Leonardi, B. Bost, B. Piégu, C. Dillmann. 2000. Genetics of the maize proteome. In: Gustafson J.P. (ed) *Genomes*, 22nd Stadler Genetics Symposium, Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York. pp. 123–139.
- Dreisigacker, S. A., A. E. Melchinger, P. Zhang, K. Ammar, C. Flachenecker, D. Hoisington, and M. L. Warburton. 2005. Hybrid performance and heterosis in spring bread wheat, and their relations to SSR-based genetic distances and coefficients of parentage. *Euphytica*. 144: 51-59.
- Duvick, D.N. 1999. Commercial strategies for exploitation of heterosis. In J.G. Coors and S. Pandey (ed.). *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Falconer, D.S. and T.F.C. MacKay. 1996. *Introduction to quantitative genetics*. Longman, Essex, England.
- Fonseca, S. and F.L. Patterson, 1968. Hybrid vigour in seven parental diallel cross in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Sci*: 8: 85-88.
- Fossati, D., R. Jaquiere, 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.
- Freeman, G.F., 1919. Heredity of quantitative characters in wheat. *Genetics*. 4: 1-93.
- García, D. M. E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana.
- Góral H, S. Wegrzyn, L. Spiss. 1999. Heterosis and combining ability in spring triticale (x *Triticosecale* Wittm.) *Plant Breed Seed Sci.* 43: 25-34.

- Góral H. 2002. Biological-breeding aspects of utilization of heterosis in triticale (x *Triticosecale* Wittmack). Zesz Nauk Akademii Rolniczej Krakowie. 283: 1-116.
- Haesaert G, V. Derycke, J. Latré, F. Debersaque, K. D'Hooghe, D. Coomans, G. Rombouts. 2002. A study on triticale (X. *Triticosecale* Wittmack) for whole plant silage in Belgium. In: E. Arseniuk, editor. Proc 5th International Triticale Symposium. Vol. I. Radzików, Poland. pp 261-269.
- Hamada, A. A., 2003. Gene effect of some agronomic traits in three bread wheat crosses. Annals of Agricultural Science Cairo. 48: 131-146.
- Hallauer, A. R., and J. B. Miranda, 1981: Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames. USA.
- Herrmann M. 2006. A diallel analysis of various traits in winter triticale. Plant Breeding. 126: 19-23.
- Jordaan, J.P., S.A. Engelbrecht, J.H. Malan, and H.A. Knobel. 1999. Wheat and heterosis. In J.G. Coors and S. Pandey (ed.) The genetics and exploitation of heterosis in crops. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. pp.411-412.
- Khan, N. U. I., H. Gul, M. S. Swati and M. A. Khan, 1995. Estimation of heterosis response for yield and yield components in a 5x5 diallel cross of spring wheat. Sarhad J. Agric., 11: 477-484.
- Lozano, A.J. 1990. Studies on triticale forage production under semiarid conditions of northern Mexico. In: CIMMYT, editor. Proc Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, RS, Brazil. pp 264-267.
- Lozano del R.A.J. 2002. Triticales forrajeros para la Región Lagunera. Revista Agropecuaria Laguna. Noviembre-Diciembre 2002. No. 29. pp. 4-5.
- Macas B, J. Coutinho, A. Costa. 2002. Breeding of triticales and oats for dual purpose management systems. In: E. Arseniuk, editor. Proc 5th International Triticale Symposium. Vol. II. Radzików, Poland. pp 383-390.
- Martin, J.M., L.E.Talbert, S.E.Lanning, and N.K. Blake. 1995. Hybrid performance in wheat as related to parental diversity. Crop Sci. 35:104-08.
- Moll, RH, J.H. Lonnquist, J.V. Fortuna, C.E. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. Genetics. 52: 139–144.
- National Research Council. 1989. Triticale: A promising addition to the World's Cereal Grains, National Academy Press, Washington, D.C.

- Nedelea, G. and A. Moiscu, 1981. Studies on the degree of heterosis by some yield characters of wheat. *Agronomic Timisoara*, 18: 150-154.
- Oettler, G., G. Becker, G. Hoppe, G. Wahle. 1998. Heterosis for yield and yield components in multilocation trials of winter triticale. In: P. Juskiw, editor. *Proc 4th International Triticale Symposium. Vol II. Red Deer, Alberta, Canada.* pp 151-155.
- 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., H. Burger, and A.E. Melchinger. 2003. Heterosis and combining ability for grain yield and other agronomics traits in winter triticale. *Plant Breeding*. 122:318-321.
- 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 combining ability for agronomics traits in European elite germplasm. *Crop Sci*. 45: 1476-1482.
- Oettler G. 2005. The fortune of a botanical curiosity-Triticale: past, present and future. *J of Agric Sci*. 143: 329-346.
- Parodi, P.C. y F. Patterson. 1977. Vigor híbrido, capacidad combinatoria y acción génica en un cruzamiento dialelo de seis progenitores de trigo invernal (*Triticum aestivum*). *Ciencia e Investigación Agraria. Chile*. 4 (2): 75-84.
- Pfeiffer, W.H., K.D. Sayre, and M. Mergoum. 1998: Heterosis in spring triticale hybrids. Vol. .In *Proc. 4th Int.Triticale Symp.*, Red Deer, AB, Canada. pp. 86-91.
- Pickett, A.A., and N.W. Galwey. 1997. A further evaluation of hybrid wheat. *Plant Var. Seeds* 10:15-32.
- 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.
- Royo, C. 1992. El triticale, base para el cultivo y aprovechamiento. Editorial Agroguias Mundi – Prensa Madrid.
- Saleem, M. and S. Hussain, 1988. Estimation of heterosis in yield components of wheat. *Pak. J. Agri. Res.*, 9: 1-5.

- 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 tritcale-Züchtung. Vorträge für Pflanzenzüchtung. 34: 278-291.
- Shamsuddin, A.K.M. 1985. Genetic diversity in relation to heterosis and combining ability in spring wheat. Theor. Appl. Genet. 70: 306-308.
- Shull, G.H. 1909. A pure line method of corn breeding. In: American Breeders' Association Report. Vol. 5: pp. 51-59.
- Sowa, W. and H. Krysiak. 1996. Outcrossing in winter tritcale, measured by occurrence of tall plants. In Triticale: Today and Tomorrow (Eds H. Guedes-Pinto, N. Darvey & V.P. Carnide). Dordrecht. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers. pp 593-596.
- Statistica. 2001. By Statsoft Inc. U.S. A. Versión 6.1.
- Tams, SH., E. Bauer, G. Oettler, A.E. Melchinger, C.C. Schön. 2006. Prospects for hybrid breeding in winter tritcale: II. Relationships between parental genetic distance and specific combining ability. Plant Breeding. 125: 331-336.
- Tsaftaris, A.S., M. Kafka, A. Polidoros, and E. Tani. 1997. Epigenetic changes in maize DNA and heterosis. In: Abstracts of the International Symposium on the Genetic and Exploitation of Heterosis in Crops. (1997) México City, México. Abstracts. México, D.F. Centro Internacional de mejoramiento genético de maíz y trigo, CIMMYT. pp. 112-113.
- 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.
- Warzecha, R., K. Salak-Warzecha, and Z. Staszewski. 1998. Development and use of tritcale CMS system in hybrid breeding. In: Proceedings of the 4th International Triticale Symposium Vol. 1: Oral Presentations: 79-85. Red Deer, Canada.
- WeiBmann, S., and A.E. WeiBmann. 2002. Hybrid tritcale- prospects for research and breeding- Part I: Why hybrid? Vol. I. In Proc. 5th Int. Triticale Symp., Radzików, Poland. pp. 188-191.

- Wilson, A. S. 1876. Wheat and rye hybrids. Transactions and proceedings of the Botanical Society. Edinburgh. 12: 286-288.
- Winzeler, H., J. E. Schmid and M. Winzeler. 1993. Analysis of the yield potential and yield components of F1 and F2 hybrids of crosses between wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.). Euphytica, 74: 211-218.
- Wolski, T. 1990. Winter triticale breeding. In Proceedings of the Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, RS, Brazil. Mexico, D.F: CIMMYT. pp 41-48.
- Wright, R.L., J.A. Agyare, R.S. Jessop. 1990. Selection factors for Australian grazing/dual purpose triticales. In: CIMMYT, editor. Proc Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, RS, Brazil. pp 438-441.
- Yeung, K.C. & E.N. Larter. 1972. Pollen production and dissemination properties of triticale relative to wheat. Canadian Journal of Plant Science. 52: 569-574.
- Zhang, Y., Z. Ni, Y. Yao, X. Nie and Q. Sun. 2007. Gibberellins and heterosis of plant height in wheat (*Triticum aestivum* L.). BMC Genetics. 8:40

APÉNDICE

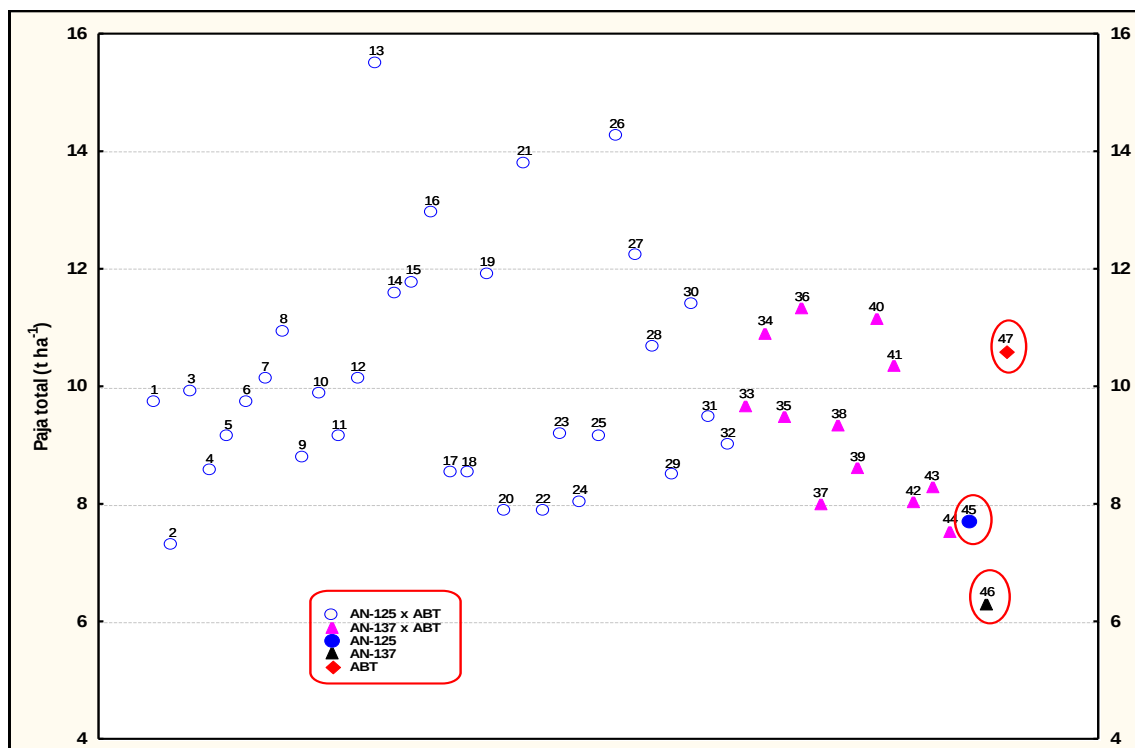


Figura 1.- Rendimiento de paja total de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

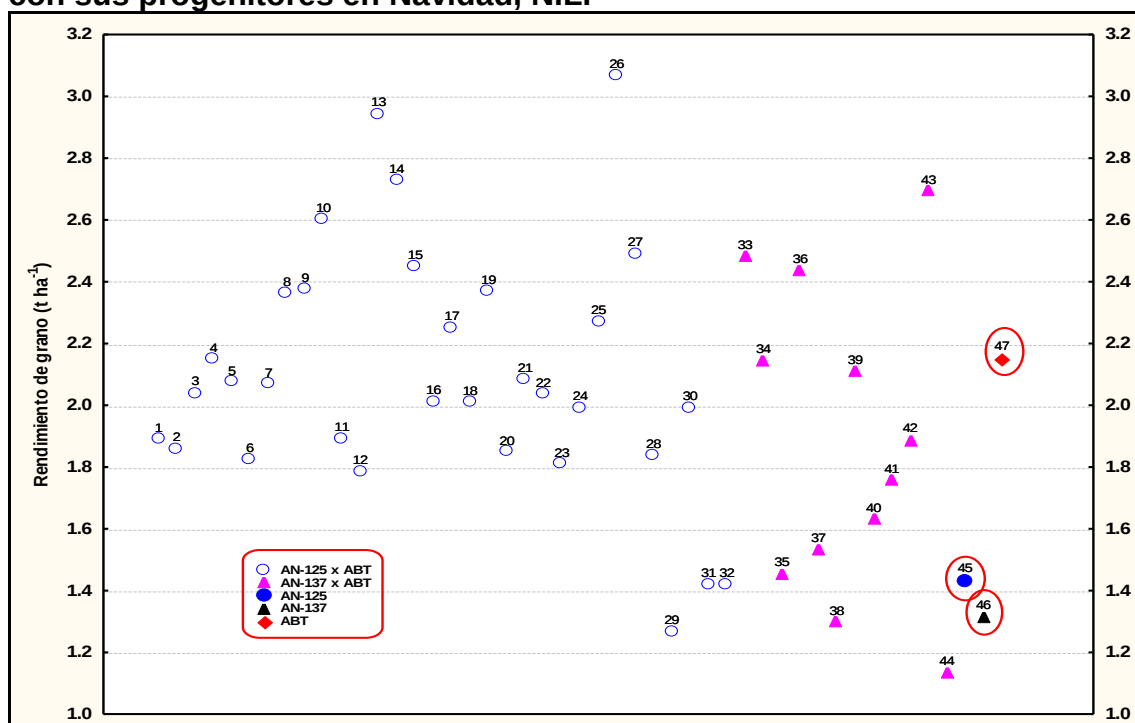


Figura 2.- Rendimiento de grano de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

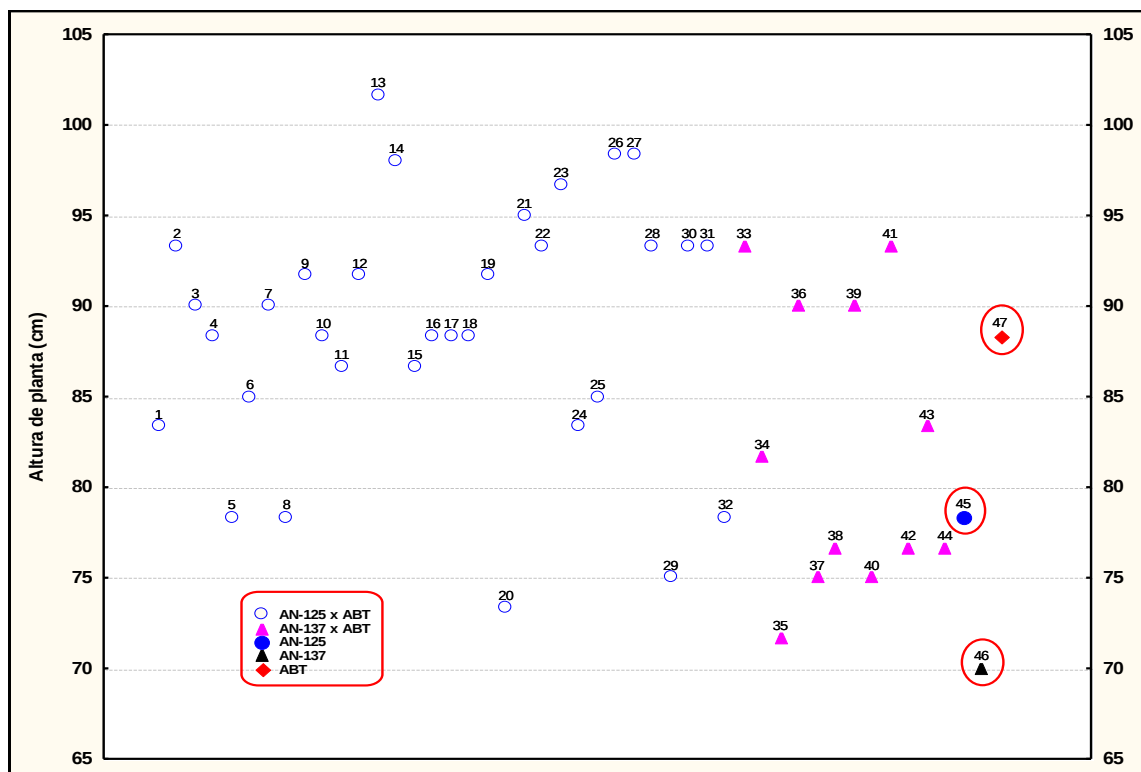


Figura 3.- Altura de planta de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

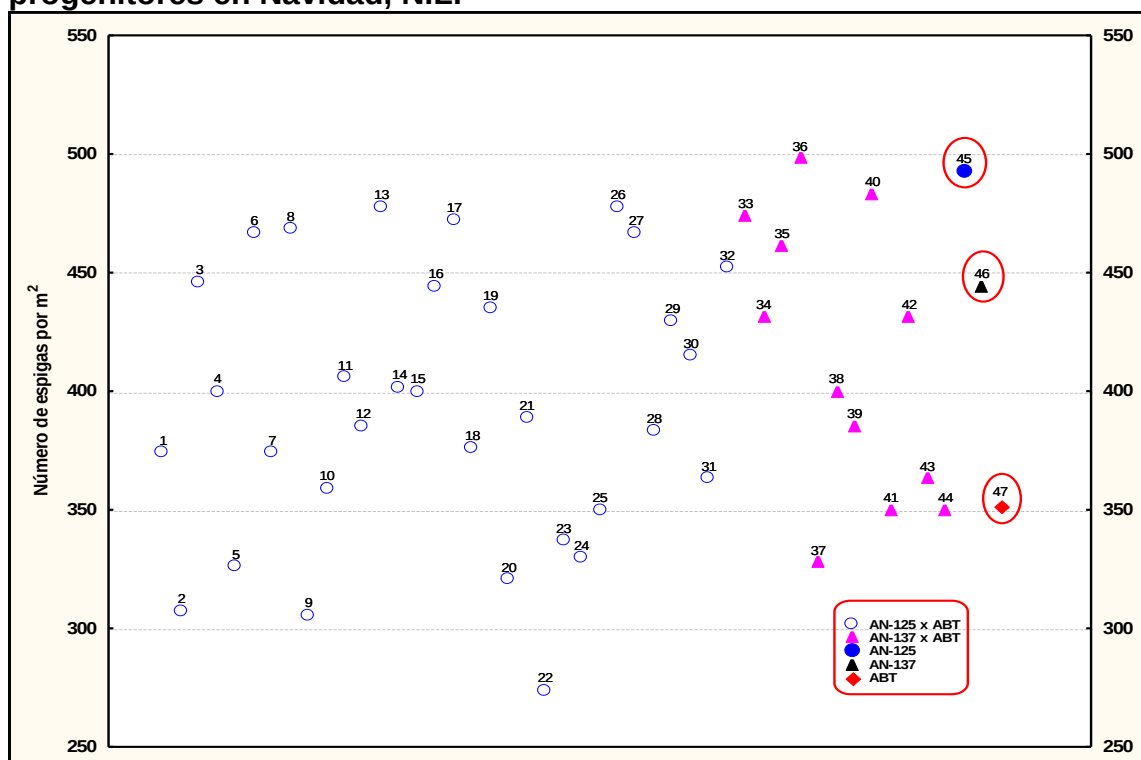


Figura 4.- Número de espigas por m² de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

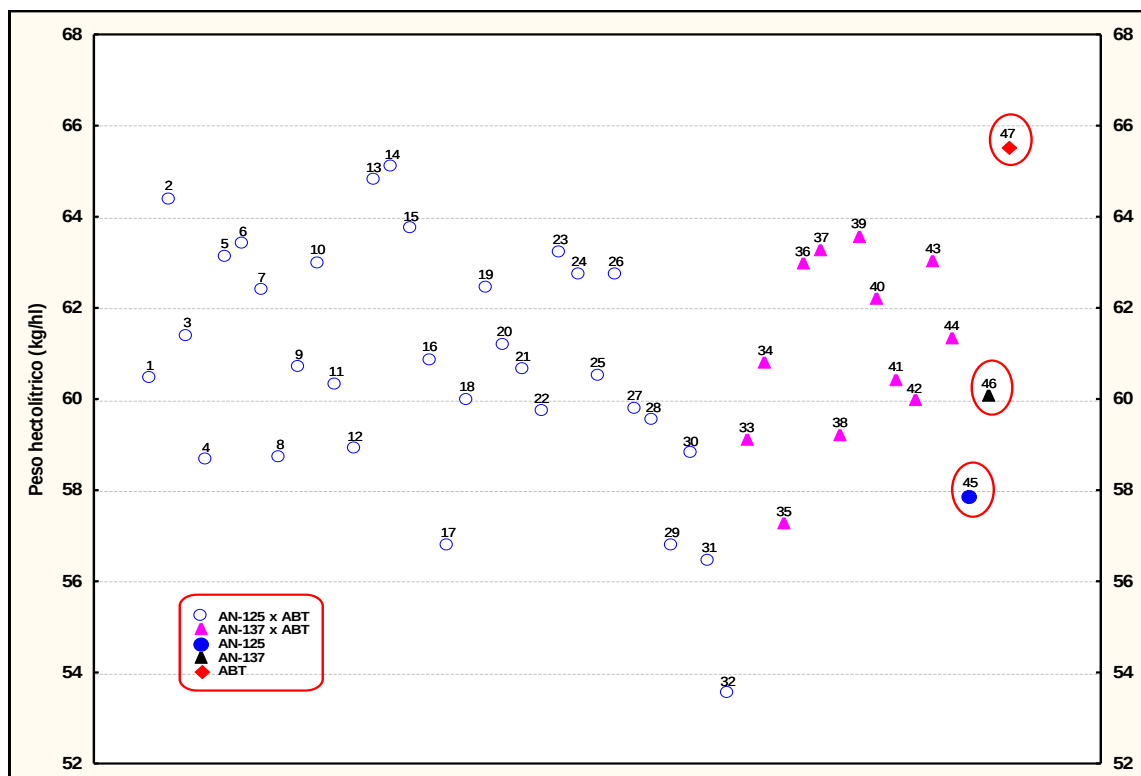


Figura 5.- Peso hectolítico de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

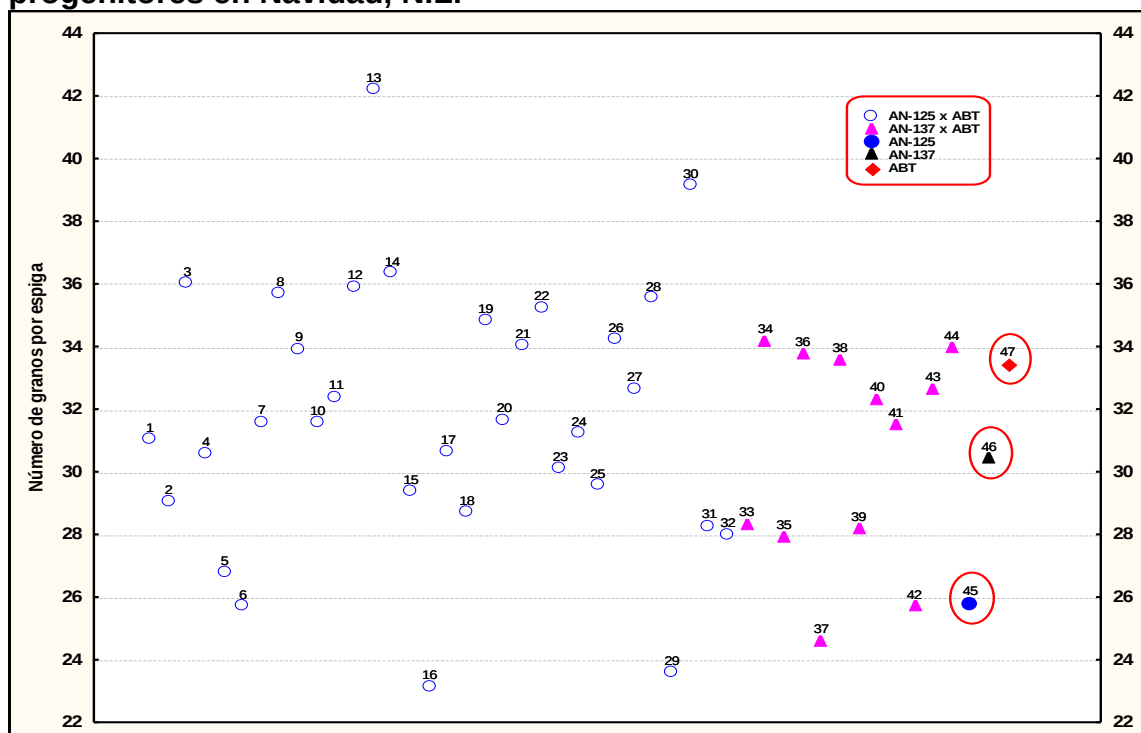


Figura 6.- Número de granos/espiga de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

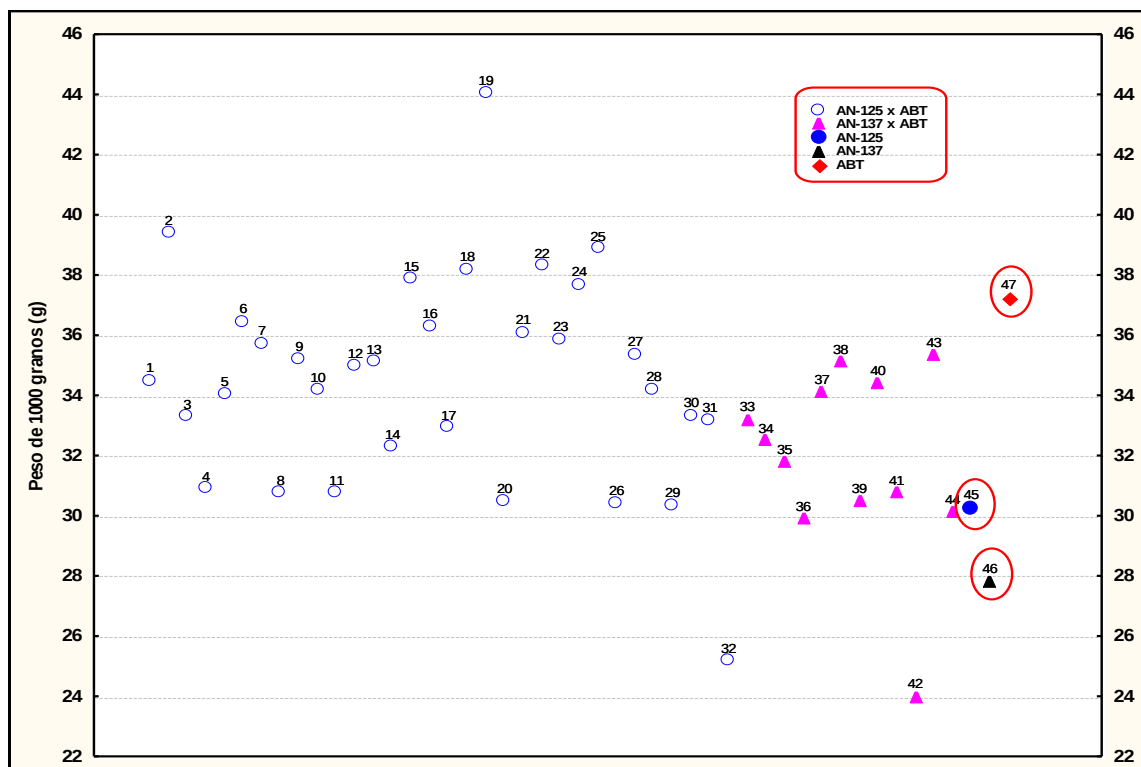


Figura 7.- Peso de 1000 granos de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

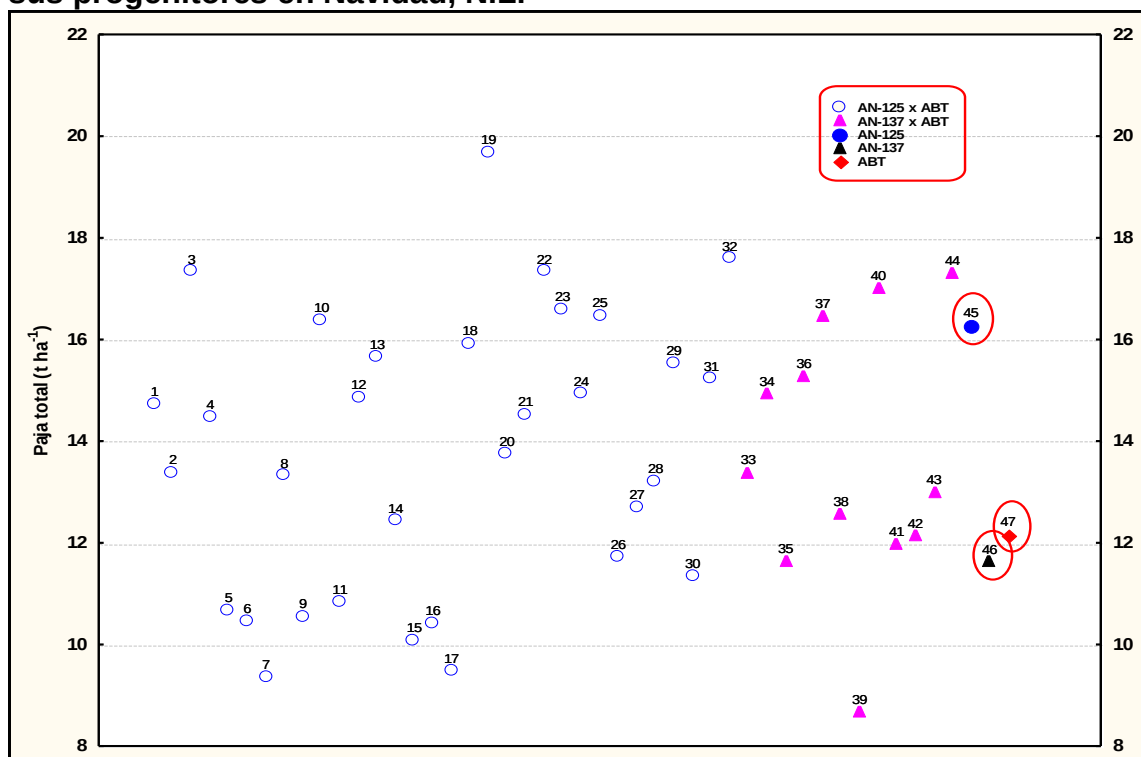


Figura 8.- Rendimiento de paja total de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Zaragoza, Coah.

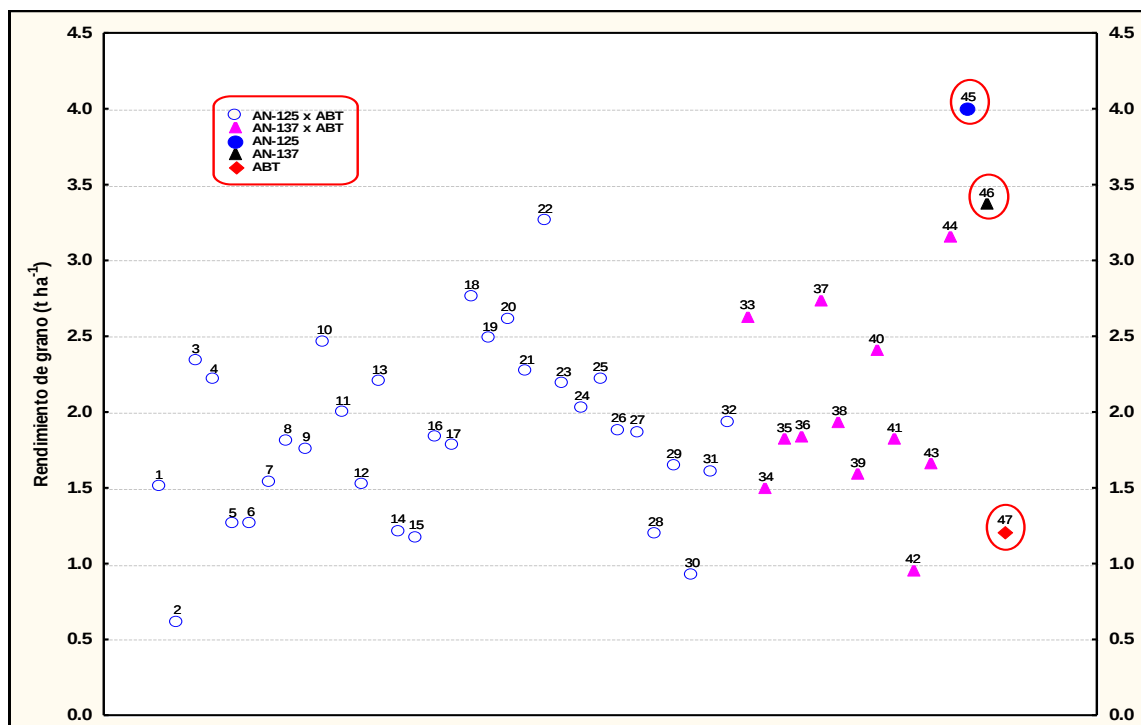


Figura 9.- Rendimiento de grano de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Zaragoza, Coah.

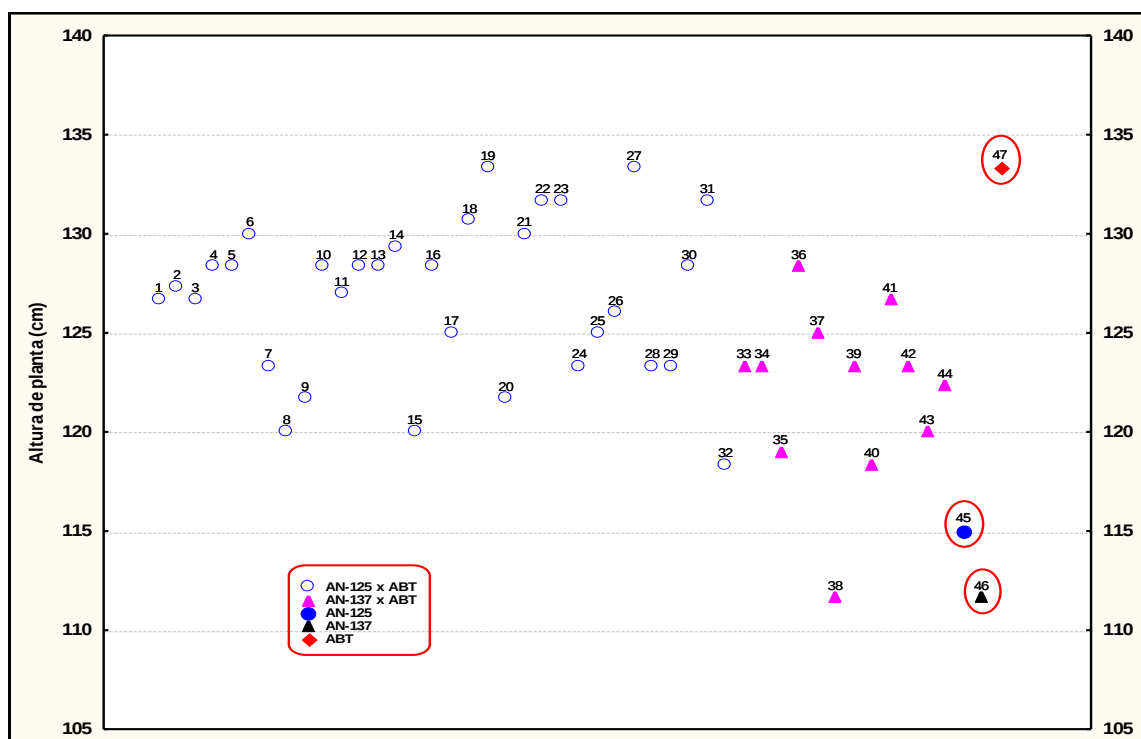


Figura 10.- Altura de planta de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

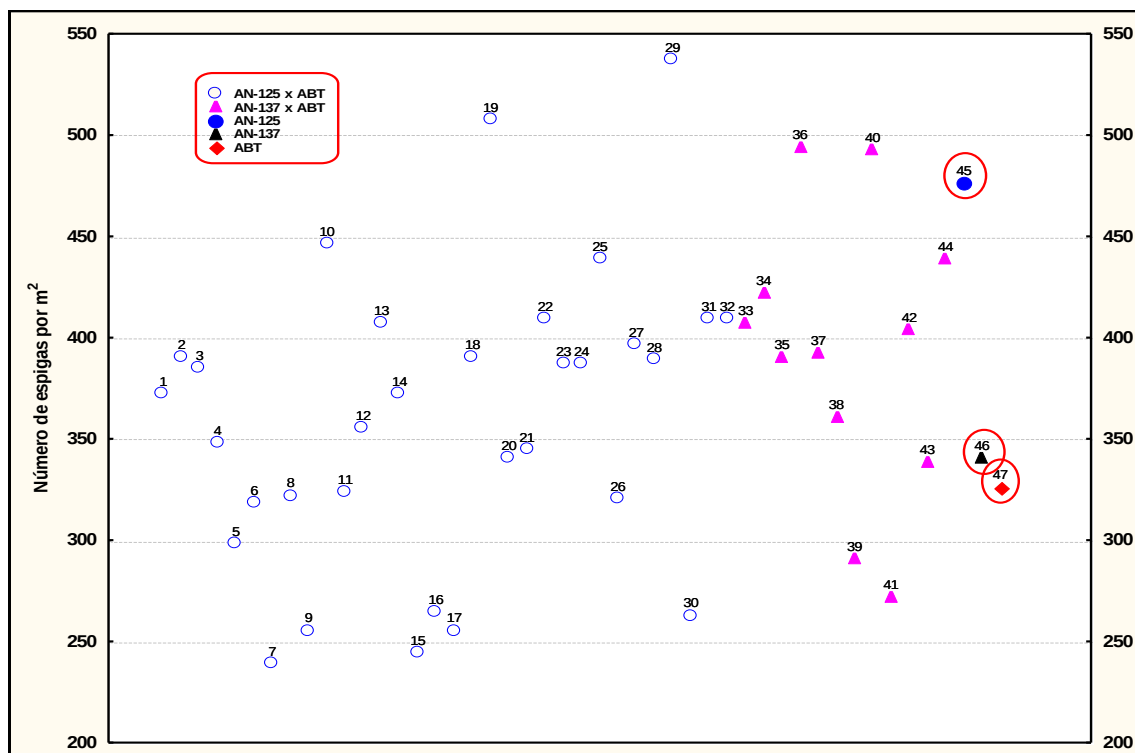


Figura 11.- Número de espigas por m² de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

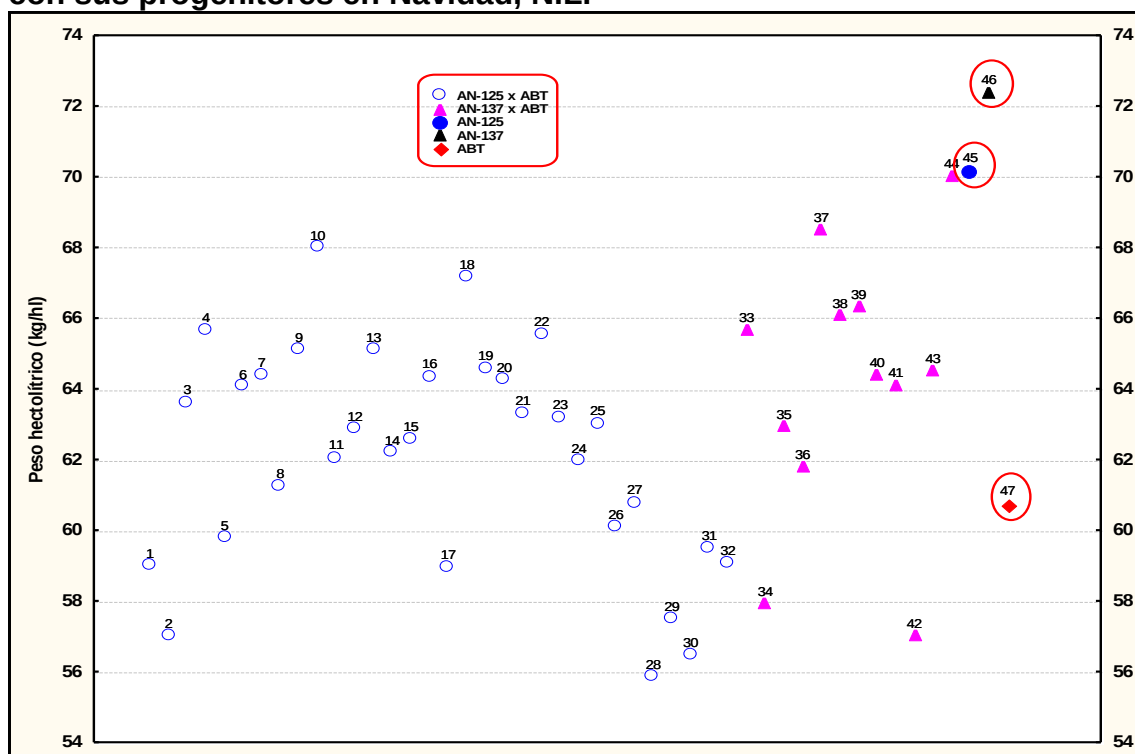


Figura 12.- Peso hectolítrico de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

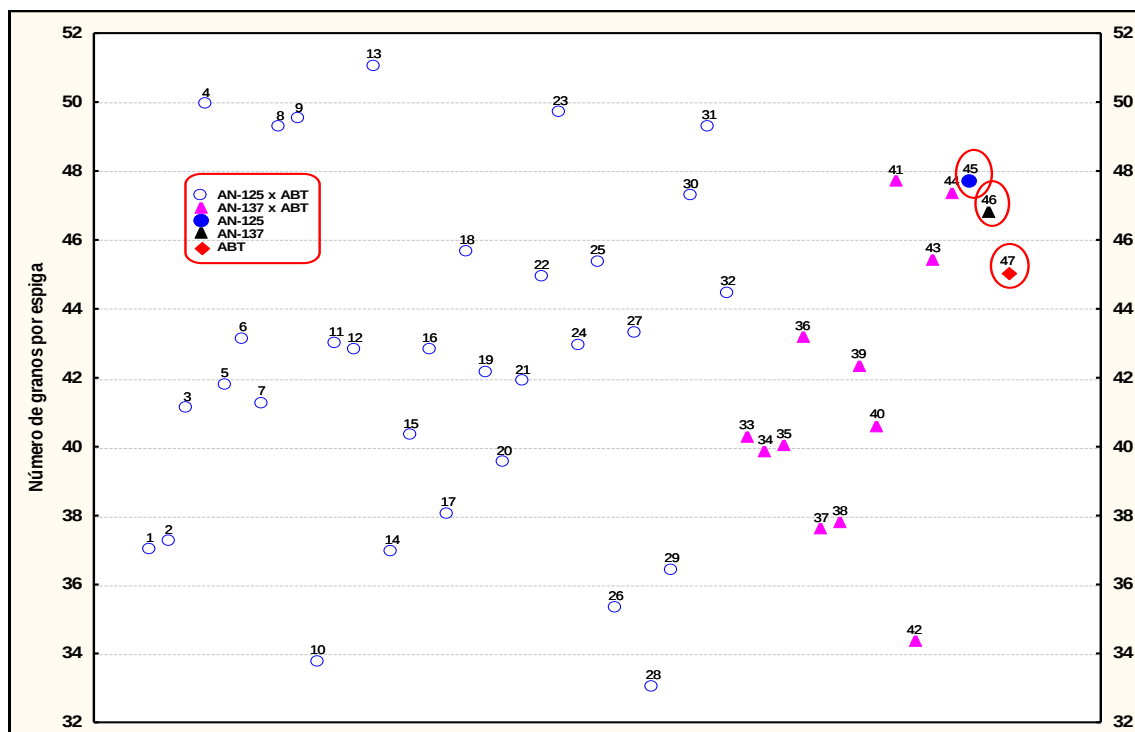


Figura 13.- Número de granos/espiga de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

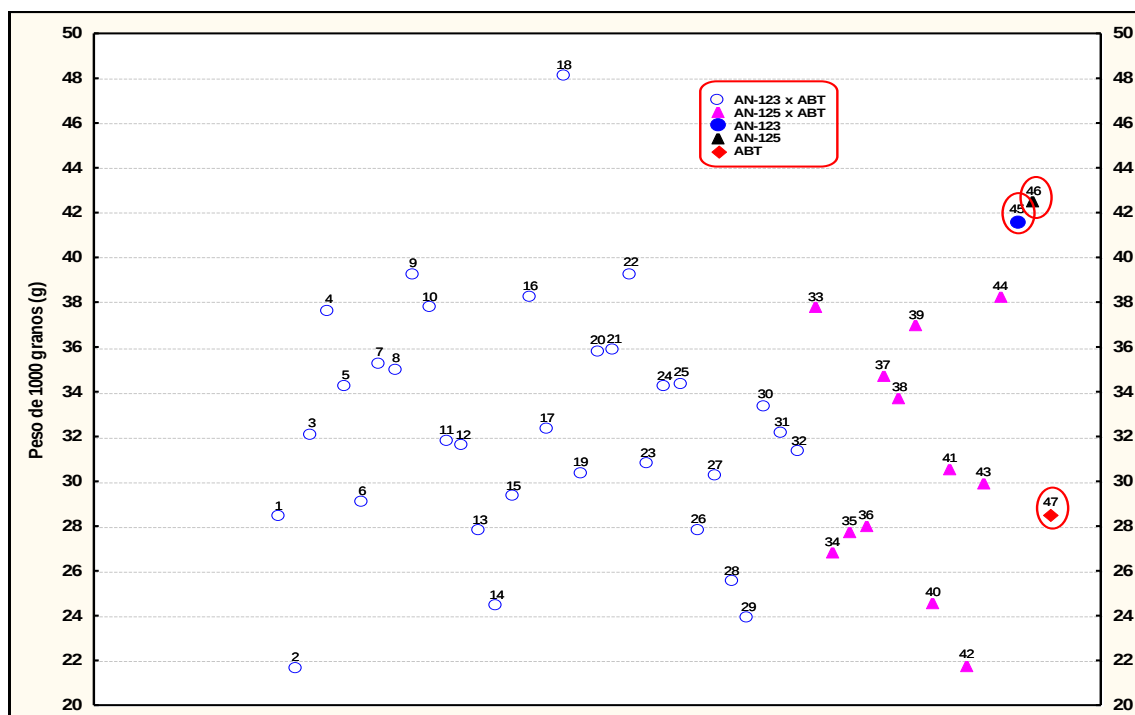


Figura 14.- Peso de 1000 granos de las familias F_{2:5} en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.