

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO.**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Producción de biomasa y rendimiento de grano en familias  
F<sub>2:5</sub> de triticales (*X Triticosecale* Wittmack) y sus progenitores  
en dos localidades del norte de México.**

**Por:**

**JESÚS ASUNCIÓN PÉREZ MORALES**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

**Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2011**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Producción de biomasa y rendimiento de grano en familias  
F<sub>2:5</sub> de triticales (X *Triticosecale* Wittmack) y sus progenitores  
en dos localidades del norte de México.

POR

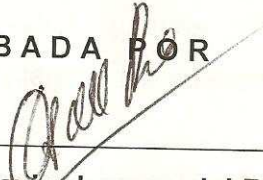
JESÚS ASUNCIÓN PÉREZ MORALES

TESIS

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

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

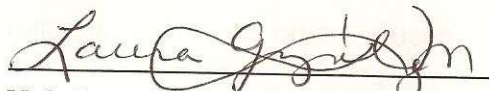
A PROBADA POR



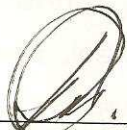
Dr. Alejandro Javier Lozano del Río  
Presidente del Jurado



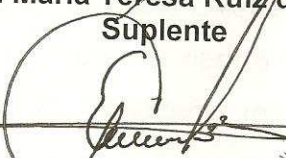
M.C. Sofía Comparán Sánchez  
Sinodal



M.C. Laura María González Méndez  
Sinodal



M.C. María Teresa Ruiz de León  
Suplente



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



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2011

## DEDICATORIA

**A mis papás,** Jesús Alejandro Pérez Hernández y Candelaria Morales Solano, que me enseñaron a salir adelante en las buenas y en las malas, GRACIAS por todo el gran amor, paciencia, tolerancia, confianza, comprensión y apoyo que me han brindado durante toda mi vida. Esta tesis es dedicada para ustedes con todo mi amor y cariño, ya que me servirá para obtener el título de mi estudio profesional y seguir saliendo adelante, los quiero mucho.

**A mi hermano** Ing. Adrian Alejandro Pérez Morales que quiero mucho, juntos nos hemos desarrollado ante todo, para ser alguien en la vida y poner en alto a nuestra familia que apreciamos, queremos y respetamos.

**A mis hermanas** Faviat Isabel Zabaleta Morales, Adriana Zabaleta Morales y Nubia Astrid Pérez Morales, quienes con su apoyo y cariño incondicional me enseñaron a salir adelante las quiero mucho.

**A mis abuelos** Miguel Pérez Balcázar, Ernestina Hernández Díaz, Juan Ramírez Solano y María Solano Martínez que siempre me han dado su cariño y sabiduría durante todo el desarrollo de mi vida, los quiero mucho.

**A todos mis tíos, primos, sobrinos y cuñados;** Abraham, Adelin, Rafa, Asunción, Luis, Guadalupe, Rosa, José, Florinda, Esperanza, Martha, Carmen, Flor, Edmunda, Enrique, Huberto Ulises, Fabián, Marena Guadalupe, Luis Alejandro, Emiliano Alexander, Roldan e Isabel por haberme ayudado en todo lo que estuviera a su alcance y los ánimos que me dieron. Muchísimas gracias, los aprecio, respeto y quiero mucho.

**A la Ing. Gloria Laura Nuncio Orta y su familia** por haberme dado su apoyo y confianza durante todo el tiempo que los conozco.

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios** porque en las malas le pido que me saque adelante y en las buenas le agradezco todo lo que me ha dado.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro;** por haberme dado la oportunidad de ingresar a esta institución y llenarme de conocimientos que me servirán para desarrollarme en el resto de mi vida. Muchas gracias mi Alma Terra Mater te prometo no defraudarte poniendo en práctica tus conocimientos y alternativas en el ámbito laboral.

**Al Dr. Alejandro Javier Lozano del Río,** le agradezco tanto por haberme dado la oportunidad de presentar uno de sus muchos trabajos de investigación, que me servirá para obtener el título profesional de Ingeniero en Agrobiología, gracias por su paciencia, humor y dedicación.

**A la MC. Sofía Comparán Sánchez,** por sus enseñanzas, consejos, paciencia y apoyo que me brindo en el trascurso de mi estudio profesional.

**A la MC. Laura María Gonzales Méndez** por su apoyo, comprensión y enseñanzas que me brindo durante mi estudio profesional.

**A la MC. María Teresa Ruíz De León** por todo el tiempo que me brindó sus consejos, dedicación, apoyo y comprensión durante mi estudio.

**A los profesores** de la UAAAN, en especial al Ingeniero Juan Javier González y MC. Andrés Rodríguez Gámez quienes me apoyaron, orientaron y enseñaron que hay tiempo para todo en la vida.

**A mis compañeros y amigos (as)** porque junto a ellos, aprendí, conviví, compartí y vivimos tantos momentos de diversión, alegrías y sueños; en especial a Milton, Víctor Vásquez, Oscar, Emir, Juan, Víctor, Jeremías, Gari, Marely, Adriana, Valeria, Erik. Gracias a todos por formar parte de mí.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>CONTENIDO</b> .....	iii
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	v
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>INTRODUCCION</b> .....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
<b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
Generalidades del cultivo de triticale.....	4
Tipos de triticale.....	4
Tipos de triticale forrajero.....	5
Heterosis.....	6
Generalidades.....	6
Heterosis en trigo.....	7
Heterosis en triticale.....	8
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	11
Localización de los sitios experimentales.....	11
Características del suelo.....	13
Establecimiento del experimento y labores de cultivo.....	13
Barbecho.....	13
Rastra.....	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.....	19
Contrastes ortogonales.....	19
Estimación de la heterosis y heterobeltiosis.....	20
Variables registradas.....	21
<b>RESULTADOS</b> .....	24

Resultados de los análisis de varianza de las variables estudiadas. Navidad, N.L.....	24
Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas en la localidad de Navidad, N.L.....	24
Resultados de los análisis de varianza entre tratamientos para las variables estudiadas. Zaragoza, Coahuila.....	30
Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas en la localidad de Zaragoza, Coahuila.....	30
Resultados de los análisis de varianza entre localidades para las variables estudiadas .....	36
Resultados de las pruebas de comparación de medias entre localidades .....	37
Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.....	37
Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y sus progenitores. Navidad, N.L.....	43
Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias $F_{2:5}$ y sus progenitores. Zaragoza, Coahuila.....	43
Resultados de la estimación de heterosis y heterobeltiosis Navidad, N.L.....	48
Resultados de la estimación de heterosis y heterobeltiosis Zaragoza, Coahuila.....	50
Resultados de las correlaciones fenotípicas entre las variables estudiadas.....	51
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>60</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.</b>		<b>Pág.</b>
3.1	Material genético utilizado en el experimento. Ciclo 2009-2010.....	16
4.1	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de las variables estudiadas. Navidad, N.L.....	24
4.2	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas. Navidad, N.L.....	28
4.2	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas. Navidad, N.L. (continuación).....	29
4.3	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de las variables estudiadas. Zaragoza, Coahuila.....	30
4.4	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas. Zaragoza, Coahuila.....	34
4.4	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas. Zaragoza Coahuila (continuación).....	35
4.5	Resultados de los análisis de varianza combinados entre localidades para las variables estudiadas.....	36
4.6	Resultados de las pruebas de comparación de medias entre localidades de las variables evaluadas del análisis combinado.....	37
4.7	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.....	41
4.7	Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades (continuación).....	42
4.8	Resultados de los análisis de varianza de los contrastes ortogonales entre grupos de genotipos de las variables evaluadas en Navidad, N.L.....	43

<b>4.9</b>	Resultados de los análisis de varianza de los contrastes ortogonales entre grupos de genotipos de las variables evaluadas en Zaragoza, Coahuila.....	44
<b>4.10</b>	Comparación de medias entre las familias $F_{2:5}$ y los progenitores femeninos primaverales (PFPRI). Navidad, N.L.....	45
<b>4.11</b>	Comparación de medias entre las familias $F_{2:5}$ y los progenitores femeninos intermedios (PFINT). Navidad, N.L.....	45
<b>4.12</b>	Comparación de medias entre las familias $F_{2:5}$ y el progenitor masculino intermedio-invernal (PMII). Navidad, N.L.....	46
<b>4.13</b>	Comparación de medias entre las familias $F_{2:5}$ y los progenitores femeninos primaverales (PFPRI). Zaragoza, Coahuila.....	47
<b>4.14</b>	Comparación de medias entre las familias $F_{2:5}$ y los progenitores femeninos intermedios (PFINT). Zaragoza, Coahuila.....	47
<b>4.15</b>	Comparación de medias entre las familias $F_{2:5}$ y el progenitor masculino intermedio-invernal (PMII). Zaragoza, Coahuila.....	48
<b>4.16</b>	Porcentaje de familias $F_{2:5}$ que registraron heterosis y heterobeltiosis positiva en las variables estudiadas en Navidad, N.L.....	49
<b>4.17</b>	Porcentaje de familias $F_{2:5}$ que registraron heterosis y heterobeltiosis positiva en las variables estudiadas en Zaragoza, Coahuila.....	51
<b>4.18</b>	Resultados de los análisis de correlación entre las variables estudiadas en Navidad, N.L. y Zaragoza, Coahuila.....	52



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>		<b>Pág.</b>
3.1	Diagrama de localización geográfica del Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Navidad, N.L.....	12
3.2	Diagrama de localización geográfica del Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Zaragoza, Coahuila.....	13

## INDICE DE FIGURAS DEL APÉNDICE

<b>Figuras</b>		<b>Pág.</b>
1	Rendimiento de paja total de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	66
2	Rendimiento de grano de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	66
3	Altura de planta de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	67
4	Número de espigas por $m^2$ de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	67
5	Peso hectolítrico de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	68
6	Número de granos/espiga de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	68
7	Peso de 1000 granos de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	69
8	Rendimiento de paja total de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Zaragoza, Coahuila.....	69

<b>9</b>	Rendimiento de grano de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Zaragoza, Coahuila.....	70
<b>10</b>	Altura de planta de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	70
<b>11</b>	Número de espigas por $m^2$ de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	71
<b>12</b>	Peso hectolítrico de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	71
<b>13</b>	Número de granos/espiga de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	72
<b>14</b>	Peso de 1000 granos de las familias $F_{2:5}$ en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.....	72

## RESUMEN

Se realizó la presente investigación 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 la producción de biomasa y el rendimiento de grano y sus componentes de 44 familias  $F_{2:5}$  de triticale en comparación con sus progenitores. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en cada localidad. Se evaluaron las siguientes variables: biomasa de tallos y hojas (BTH), Biomasa de espigas (BESP), biomasa total (BTOT), % de paja, % de espiga, altura de planta (ALT), rendimiento de grano (RENDG), número de espigas por  $m^2$  (ESP/ $M^2$ ), peso hectolítrico (PH), longitud de espiga (LE), espiguillas por espiga (EE), número de granos por espiga (NGE) y peso de 1000 granos (P1000G). 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 para las variables en estudio entre las familias y sus progenitores agrupados como: progenitores femeninos primaverales (PFPRI); progenitores femeninos intermedios (PFINT), y progenitor masculino intermedio-invernal (PMII). Se estimó 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 de grano. 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 cruza en comparación con sus progenitores agrupados por hábito de crecimiento. 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 al rendimiento de grano y sus componentes, la localidad de Zaragoza registró una menor expresión de las variables que inciden en el mismo (PH y P1000G) en comparación con la localidad de Navidad, N.L., debido principalmente a la susceptibilidad de algunas de las familias  $F_{2:5}$  y del progenitor masculino (ABT) al ataque de la roya de la hoja (dato no presentado) que se registró en la fase final del ciclo del cultivo (etapa de floración-llenado de grano) de los materiales, que disminuyó en forma importante el rendimiento de grano, independientemente de la mayor expresión en esta localidad de las variables que inciden en una mayor de acumulación de biomasa (ALT, BTH, BESP, BTOT) en comparación con la localidad de Navidad, N.L., donde normalmente no existen las condiciones ambientales (alta humedad y temperatura) que favorecen el desarrollo de epifitias como las que generalmente se presentan al final del ciclo de cultivo (Abril-Mayo) en Zaragoza, Coah. 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-38 x ABT, y particularmente en las variables BTOT, RENDG, ALT y NGE. En Zaragoza, Coah., los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis se registraron también en familias pertenecientes a la cruza AN-38 x ABT en las variables BTOT, NGE y P1000G. 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 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 importante 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 triticale ( 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 triticale 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 autógeno como el trigo, el uso comercial de la heterosis ha tenido solo un éxito moderado (Jordaan *et al.*, 1999). En triticale, el cual es tratado generalmente como un cultivo autógeno, 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 autógamias, 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  $F_{2:5}$  con 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 triticale 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 triticale

Las primeras plantas de triticale sintetizadas por el hombre datan de 1875, cuando Wilson (1876), obtuvo un híbrido interéspecifico 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 triticale 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 interéspecificas, 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<sub>1</sub> (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 metilación del ADN (Tsiftaris *et al.*,

1997). La metilación es la adición de un grupo metilo (-CH<sub>3</sub>) a una molécula. La metilación consiste en la transferencia de grupos metilos a algunas de las bases citosinas (C) del ADN situadas previa y contiguamente a una guanina (G). Puesto que la metilación es fundamental en la regulación del silenciamiento de los genes, puede provocar alteraciones en la transcripción genética sin necesidad de que se produzca una alteración en la secuencia del ADN, siendo uno de los mecanismos responsables de la plasticidad fenotípica. También pueden ser metilados los productos de los genes, es decir, las proteínas, regulándose así también su función. En este proceso intervienen las enzimas ADN-metiltransferasas.

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<sub>1</sub> 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<sub>1</sub> 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<sub>1</sub>. Nedelea y Moiscu (1981) reportaron heterosis significativa sobre el progenitor medio para rendimiento de grano por espiga.

Winzeler *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; WeiBmann y WeiBmann, 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 triticale. 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 triticale resultaron en una heterosis sobre el progenitor medio de aproximadamente 10-20% para rendimiento de grano en triticale de hábito primaveral (Pfeifer *et al.*, 1998) y triticale 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 autógamias, 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 óptima, 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 cruces 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

### Localización de los sitios experimentales

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

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 (Figura 2.1)

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.





**Figura 3.1.- Diagrama de localización geográfica del Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Navidad, N.L.**

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 (Figura 2.2).

En esta localidad se registra un clima de subtipo seco semicálido; la temperatura media anual es de 22 a 24°C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros, con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y escasas el resto del año. Los vientos predominantes soplan en dirección noroeste a velocidad de 15 km/h. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de uno a dos días en la parte noreste del municipio y cero a uno en el resto.



**Figura 3.2.- Diagrama de localización geográfica del Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Zaragoza, Coah.**

### **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.

### **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  $3.6 \text{ m}^2$ . 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*), 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.**

Se evaluaron 50 genotipos en el presente trabajo, consistiendo de 4 familias  $F_{2:5}$  originadas de la cruza AN-137 x ABT, 17 familias de la cruza AN-38 x ABT, 22 familias de la cruza AN-105 x ABT y una familia de la cruza AN-123 x ABT, con un total de 44 familias y sus correspondientes progenitores femeninos AN-137, AN-38, AN-105 y AN-123 y el progenitor masculino común ABT, de arista reducida, además de las línea avanzada AN-125, que fue utilizada como testigos. Los genotipos evaluados fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la UAAAN.

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

Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción
1	* AN-90-2010	26	* AN-115-2010
2	* AN-91-2010	27	* AN-116-2010
3	* AN-92-2010	28	* AN-117-2010
4	* AN-93-2010	29	* AN-118-2010
5	* AN-94-2010	30	* AN-119-2010
6	* AN-95-2010	31	* AN-120-2010
7	* AN-96-2010	32	* AN-121-2010
8	* AN-97-2010	33	* AN-122-2010
9	* AN-98-2010	34	* AN-123-2010
10	* AN-99-2010	35	* AN-124-2010
11	* AN-100-2010	36	* AN-125-2010
12	* AN-101-2010	37	* AN-126-2010
13	* AN-102--2010	38	* AN-127-2010
14	* AN-103-2010	39	* AN-128-2010
15	* AN-104-2010	40	* AN-129-2010
16	* AN-105-2010	41	* AN-130-2010
17	* AN-106-2010	42	* AN-131-2010
18	* AN-107-2010	43	* AN-132-2010
19	* AN-108-2010	44	* AN-26-2010
20	* AN-109-2010	45	AN-123 ♀
21	* AN-110-2010	46	AN-125 ♀
22	* AN-111-2010	47	AN-137 ♀
23	* AN-112-2010	48	AN-38 ♀
24	* AN-113-2010	49	AN-105 ♀
25	* AN-114-2010	50	ABT ♂

\* familias F<sub>2</sub>:F<sub>5</sub>; ♀: progenitores femeninos; ♂: progenitor masculino.

### Diseño experimental utilizado en campo

El diseño experimental utilizado 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..

$\mu$  : = 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.**

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

donde:

$i$  = repeticiones

$j$  = localidades

$k$  = genotipos

donde:

$Y_{ijk}$  = Variable observada.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$R_i(j)$  = Efecto de la  $i$ -ésima repetición anidada en la  $j$ -ésima localidad.

$L_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima localidad.

$G_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo genotipo.

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

$E_{ijk}$  = Error experimental.

### Comparación de medias

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

$$To = q\alpha \bar{Sx}$$

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

Donde:

$q\alpha$  = Valor tabular, que es un valor de t modificado

$\bar{Sx}$  = error estándar

$S^2$  = Cuadrado medio del error

r = Número de repeticiones

Así mismo, se calculó el coeficiente de variación para cada una de las características estudiadas con el fin de precisar la exactitud de la conducción del experimento, utilizando la siguiente 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 (Steel y Torrie, 1992). La fórmula para tal estimación fue:

$$r = \frac{Cov Fx.y}{\sqrt{\sigma^2 fx * \sigma^2 fy}}$$

donde:

$r$  = Coeficiente de correlación que mide el grado de asociación entre las variables X y Y.

$Cov Fx.Y$  = Producto de los cuadrados medios de las medias de las variables X, Y.

$\sigma^2 fx$  = Varianza fenotípica de la variable X

$\sigma^2 fy$  = Varianza de la variable Y

## Contrastes ortogonales

La fórmula general utilizada para los contrastes fue:

$$\psi = c_1 \mu_1 + c_2 \mu_2 + \dots + c_n \mu_n = \sum c_j \mu_j,$$

Donde  $c_j$  es un coeficiente para una comparación particular, con la restricción:

$$\sum c_j = 0,$$

(todos los  $c_j$  para una combinación particular deben sumar cero)



Los contrastes ortogonales se realizaron entre los siguientes grupos de genotipos:

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

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

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

### **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:

➤ **Biomasa de tallos y hojas (BTH)**

Previo a la trilla, se cortó un metro lineal en un surco interno de cada parcela, se separó la paja de hojas y tallos de las espigas, se pesó y se transformó posteriormente a  $t\ ha^{-1}$ .

➤ **Biomasa de espigas (BESP)**

Las espigas provenientes de un surco interno de 1 m de longitud de cada parcela se pesaron y el dato se transformó posteriormente a  $t\ ha^{-1}$ .

➤ **Biomasa total (BTOT)**

Se sumaron los pesos de las dos variables anteriores y se transformó posteriormente a  $t\ ha^{-1}$ .

➤ **% de Paja (% PAJA):**

Se calculó el porcentaje de BTH con respecto al de BTOT.

➤ **% de Espiga (% ESPG):**

Se calculó el porcentaje de BESP con respecto al de BTOT.

➤ **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 (RENDG).**

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  $m^2$  (ESP/ $M^2$ ):

Previo a la trilla, se contaron los tallos con espiga en 50 cm lineales de un surco interno de cada parcela.

➤ 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 de las variables estudiadas. Navidad, N.L.

Los análisis de varianza (Cuadro 4.1), registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, en los siguientes variables: BTH, BESP, BTOT, % PAJA, % ESPIGA, ALT, RENDG, PH, LE, EE, NGE Y P1000G. Se registró diferencia significativa entre los tratamientos en la variable ESP/M<sup>2</sup>.

**Cuadro 4.1.- Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de las variables estudiadas. Navidad, N.L.**

FV	GL	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT	RENDG
REP	2	3.744 ns	0.342 ns	6.292 ns	64.654 ns	64.654 ns	362.00 **	1.350 **
TRAT	49	4.802 **	3.762 **	15.171 **	45.917 **	45.917 **	146.343 **	0.763 **
ERROR	98	1.564	1.550	5.485	21.492	21.492	39.210	0.180
TOTAL	149							
CV		23.8%	21.6%	21.2%	9.7%	8.8%	6.6%	18.8%

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

FV	GL	ESP/ M <sup>2</sup>	PH	LE	EE	NGE	P1000G
REP	2	12952.88 ns	8.571 *	0.157 ns	8.912 ns	16.081 ns	0.113 ns
TRAT	49	12992.255 ns	16.463 **	1.833 **	51.512 **	37.677 **	36.357 **
ERROR	98	7919.329	2.483	0.696	22.849	17.642	12.681
TOTAL	149						
CV		22.4%	2.5%	9.4%	11.5%	13.0%	10.2%

ns= no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente..

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

#### BTH

Como se observa en el Cuadro 4.2, para esta variable se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose 3 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 5 genotipos, el tratamiento 17 (AN-38 x ABT), registró una BTH de 10.797 t ha<sup>-1</sup>, superando en un 266 % al genotipo 45 (AN-123), que registró la menor BTH (2.796 t ha<sup>-1</sup>), el cual quedó incluido en el último grupo de significancia.

## **BESP**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos para esta variable, formándose 3 grupos de significancia estadística (Cuadro 4.2). En el primer grupo, integrado por 28 tratamientos, el genotipo 17 (AN-38 x ABT), registró la mayor BESP, con  $9.759 \text{ t ha}^{-1}$ , superando en un 158 % al genotipo 45 (AN-123), que registró el menor valor ( $3.778 \text{ t ha}^{-1}$ ), y quedó incluido en el tercer grupo de significancia estadística.

## **BTOT**

Para esta variable se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 4.2), con cuatro grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 9 tratamientos, el genotipo 17 (AN-38 x ABT), registró la mayor BTOT, con  $20.556 \text{ t ha}^{-1}$ , superando en un 212 % al genotipo 45 (AN-123), que registró  $6.574 \text{ t ha}^{-1}$ , y quedó incluido en el último grupo de significancia..

## **% PAJA**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, con dos grupos de significancia estadística, estando el primero de ellos integrado por 47 tratamientos (Cuadro 4.2). El genotipo 22 (AN-105 x ABT), registró un porcentaje de paja de 57.2 %, superando en un 38 % al genotipo 27, que registró el menor valor (40.2 %).

## **% ESPIGA**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 4.2), con dos grupos de significancia estadística, estando integrado el primero de ellos por 49 tratamientos, donde el genotipo 27 (AN-105 x ABT), registró 59.7 % de espiga, superando en un 39 % al genotipo 41, que registró 42.7 %.

## **ALT**

En esta variable, se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose 5 grupos de significancia estadística (Cuadro 4.2). En el primero, formado por 19 tratamientos, el genotipo 17 (AN-38 x ABT), registró la mayor altura (116.6 cm), superando en un 48 % al genotipo 45 (AN-123), que registró la menor altura (78.3 cm), que quedó incluido en el quinto grupo de significancia.

## **RENDG**

Para esta variable (Cuadro 4.2), se reportaron 5 grupos de significancia estadística, con diferencias altamente significativas entre tratamientos, donde el genotipo 17 (AN-38 x ABT), registró un rendimiento de grano de  $3.131 \text{ t ha}^{-1}$ , superando en un 145 % al genotipo 4, que registró el menor valor ( $1.276 \text{ t ha}^{-1}$ ).

## **ESP/M<sup>2</sup>**

No se registró diferencia significativa entre tratamientos (continuación Cuadro 4.2), sin embargo, el genotipo 15 (AN-38 x ABT), registró  $524 /\text{m}^2$ , superando en un 92% al genotipo 39, que registro el menor valor para esta variable ( $272/\text{m}^2$ ).

## **PH**

En esta variable (continuación Cuadro 4.2), se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose 10 grupos de significancia estadística, donde el genotipo 27 (AN-105 x ABT), registró el mayor valor (67.9 kg/hl), superando en un 18 % al genotipo 4 (AN-137 x ABT), que registró el menor valor (57.2 kg/hl), y quedó incluido en el último grupo de significancia.

## **LE**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose cuatro grupos de significancia estadística (continuación Cuadro 4.2), donde el genotipo 28 (AN-105 x ABT), registró el mayor valor para esta variable (10.5 cm), superando en un 46 % al genotipo 47 (AN-137), que registró una longitud de espiga de 7.2 cm.

## **EE**

En esta variable se formaron tres grupos de significancia estadística (continuación Cuadro 4.2). En el primer grupo, el genotipo 28 (AN-105 x ABT), registró el mayor valor (49.3 espiguillas por espiga), superando en un 64 % al genotipo 47 (AN-137), que registró el menor valor de todos los tratamientos (30.0 espiguillas por espiga).

## **NGE**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (continuación Cuadro 4.2), formándose tres grupos de significancia estadística. En el primer grupo, el genotipo 17 (AN-38 x ABT), registró el mayor valor para esta variable (40.4 granos por espiga), superando en un 89 % al genotipo 47 (AN-137), que registró el menor valor (21.3 granos por espiga) y quedó incluido en el tercer grupo de significancia.

## **P1000G**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (continuación Cuadro 4.2), formándose 4 grupos de significancia, donde el genotipo 40 (AN-105 x ABT), registró el mayor valor (43.5 g), superando en un 67 % al genotipo 47 (AN-137), que registró el menor valor (26.0 g).



**Cuadro 4.2.- Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas. Navidad. N.L.**

GENOTIPOS	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT	RENDG
1	4.963 bc	5.741 abc	10.703 bcd	46.6 ab	53.3 ab	93.3 bcde	1.819 cde
2	5.019 bc	5.778 abc	10.796 bcd	45.4 ab	54.6 ab	90.0 bcde	2.091 bcde
3	5.796 bc	5.833 abc	11.685 bcd	50.1 ab	49.9 ab	95.0 bcde	2.291 abcde
4	4.833 bc	4.685 bc	9.518 bcd	50.6 ab	49.3 ab	91.6 bcde	1.276 e
5	4.778 bc	6.074 abc	10.852 bcd	43.3 ab	56.6 ab	96.6 abcde	2.197 abcde
6	5.611 bc	6.444 abc	12.055 bcd	46.6 ab	53.4 ab	88.3 bcde	2.419 abcde
7	6.482 bc	8.203 ab	14.685 bca	43.9 ab	56.0 ab	96.6 abcde	3.365 ab
8	6.259 bc	5.500 bc	11.759 bcd	53.4 ab	46.5 ab	93.3 bcde	2.562 abcde
9	6.481 bc	6.648 abc	13.130 abcd	49.3 ab	50.7 ab	90.0 bcde	2.607 abcde
10	4.593 bc	5.148 bc	9.741 bcd	46.5 ab	53.4 ab	93.3 bcde	2.749 abcd
11	5.482 bc	7.389 abc	12.870 abcd	42.6 ab	57.4 ab	85.0 bcde	2.853 abcd
12	6.315 bc	6.333 abc	12.648 bcd	49.9 ab	50.0 ab	95.0 bcde	2.848 abcd
13	4.815 bc	5.519 bc	10.333 bcd	46.4 ab	53.6 ab	98.3 abcde	2.792 abcd
14	5.611 bc	6.130 abc	11.741 bcd	47.9 ab	52.0 ab	103.3abc	3.594 a
15	6.852 abc	8.204 ab	15.055 abc	45.5 ab	54.4 ab	91.6 bcde	2.815 abcd
16	4.463 bc	4.778 bc	9.241 bcd	47.9 ab	52.1 ab	96.6 abcde	2.377 abcde
17	10.797 a	9.759 a	20.556 a	52.5 ab	47.4 ab	116.7 a	3.131 abc
18	5.611 bc	6.315 abc	11.907 bcd	47.0 ab	52.9 ab	96.6 abcde	2.827 abcd
19	6.778 abc	6.389 abc	13.167 abcd	51.8 ab	48.1 ab	101.7 abcd	2.575 abcde
20	4.963 bc	5.352 bc	10.315 bcd	48.0 ab	51.9 ab	86.6 bcde	1.986 bcde
21	5.796 bc	4.870 bc	10.667 bcd	54.5 ab	45.4 ab	98.3 abcde	2.860 abcd
22	7.000 abc	5.685 abc	12.685 abcd	55.7 ab	44.3 ab	105.0 ab	2.365 abcde
23	4.722 bc	4.574 bc	9.296 bcd	50.7 ab	49.2 ab	101.7 abcd	1.735 cde
24	4.963 bc	6.463 abc	11.426 bcd	42.9 ab	57.1 ab	93.3 bcde	2.503 abcde
25	5.611 bc	6.166 abc	11.778 bcd	47.5 ab	52.4 ab	98.3 abcde	2.178 abde
26	4.630 bc	5.518 bc	10.148 bcd	45.4 ab	54.5 ab	93.3 bcde	1.659 de
27	3.889 bc	5.704 abc	9.593 bcd	40.2 b	59.7 a	96.6 abcde	2.418 abcde
28	6.000 b c	6.870 abc	12.870 abcd	46.6 ab	53.3 ab	93.3 bcde	1.828 cde
29	5.444 bc	5.532 bc	10.796 bcd	50.3 ab	49.6 ab	91.6 bcde	2.005 bcde
30	4.926 bc	5.870 abc	10.796 bcd	45.4 ab	54.5 ab	98.3 eabcd	1.976 bcde
31	4.852 bc	5.000 bc	9.852 bcd	48.9 ab	51.0 ab	91.6 bcde	1.777 cde
32	4.333 bc	5.500 bc	9.833 bcd	44.1 ab	55.9 ab	96.6 abcde	2.447 abcde
33	4.833 bc	5.982 abc	10.815 bcd	44.5 ab	55.4 ab	90.0 bcde	2.499 abcde
34	4.630 bc	5.759 abc	10.389 bcd	44.4 ab	55.5 ab	91.6 bcde	1.888 cde
35	4.926 bc	5.593 abc	10.519 bcd	46.9 ab	53.0 ab	86.6 bcde	1.939 bcde
36	3.018 c	4.426 bc	7.445 cd	40.7 b	59.3 a	93.3 bcde	1.808 cde
37	4.648 bc	4.370 bc	9.019 bcd	51.4 ab	48.5 ab	88.3 bcde	1.947 bcde
38	4.593 bc	4.833 bc	9.426 bdc	49.5 ab	50.4 ab	96.6 abcde	1.677 de
39	5.371 bc	4.667 bc	10.037 bcd	53.9 ab	46.0 ab	96.6 abcde	2.310 abcde
40	5.222 bc	5.592 abc	10.852 bcd	48.0 ab	52.0 ab	91.6 bcde	2.034 bcde
41	5.463 bc	4.296 bc	9.759 bcd	57.2 a	42.7 b	103.3 abc	1.672 de
42	4.296 bc	5.037 bc	9.333 bcd	46.5 ab	53.5 ab	81.6 de	1.810 cde
43	8.018 abc	7.426 abc	15.444 ab	51.4 ab	48.6 ab	105.0 ab	1.757 cde
44	4.963 bc	5.574 abc	10.537 bcd	46.6 ab	53.4 ab	88.3 bcde	1.757 cde
AN-123 ♀	2.796 c	3.778 c	6.574 d	42.0 ab	57.9 ab	78.3 e	1.464 de
AN-125 (T)	4.093 bc	4.574 bc	8.667 bcd	47.4 ab	52.5 ab	85.0 bcde	2.056 bcde
AN-137 ♀	3.463 c	4.593 bc	8.056 bcd	42.8 ab	57.2 ab	80.0 e	1.458 de
AN-38 ♀	4.852 bc	5.944 abc	10.796 bcd	44.9 ab	55.0 ab	83.3 cde	2.732 abcd
AN-105 ♀	4.371 bc	4.333 bc	8.704 bdc	50.0 ab	49.9 ab	88.3 bcde	2.198 abcde
ABT ♂	4.537 bc	6.444 abc	10.982 bdc	40.9 b	59.0 a	88.3 bcde	2.454 abcde
Valor Tukey	4.2	4.1	7.8	15.6	15.6	21.1	1.4

**Cuadro 4.2 (continuación).- Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos de las variables estudiadas. Navidad. N.L.**

GENOTIPOS	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
1	424 a	64.5 abcdefgh	9.5 abcd	35.0 abc	29.1 abc	38.6 abc
2	509 a	67.2 ab	8.5 abcd	38.6 abc	29.2 abc	35.5 abcd
3	450 a	62.4 bcdefghijk	9.1 abcd	42.4 abc	35.4 abc	29.0 dc
4	333 a	57.2 k	9.4 abcd	45.3 abc	31.6 abc	35.4 abcd
5	429 a	67.0 abc	8.4 abcd	37.4 abc	33.8 abc	33.3 abcd
6	448 a	64.1 abcdefghi	7.4 cd	35.4 abc	27.8 abc	32.1 abcd
7	505 a	62.2 bcdefghijk	9.7 abcd	47.0 a	39.1 ab	34.5 abcd
8	368 a	60.9 efghijk	8.3 abcd	40.8 abc	29.6 abc	32.2 abcd
9	422 a	62.2 bcdefghijk	9.1 abcd	47.3 a	32.4 abc	36.6 abcd
10	318 a	63.0 abcdefghij	9.1 abcd	44.5 abc	30.1 abc	36.0 abcd
11	504 a	61.8 cdefghijk	8.5 abcd	40.4 abc	29.4 abc	34.5 abcd
12	411 a	61.9 bcdefghijk	8.8 abcd	44.4 abc	33.4 abc	34.3 abcd
13	368 a	64.1 abcdefghi	9.1 abcd	46.7 ab	38.4 ab	37.0 abcd
14	385 a	60.9 fghijk	9.0 cd	41.6 abc	32.9 abc	34.2 abcd
15	548 a	66.6 abcde	7.93 bcd	40.9 abc	34.4 abc	34.8 abcd
16	316 a	57.8 jk	8.83 bcd	44.5 abc	33.7 abc	32.4 abcd
17	524 a	65.6 abcdfg	8.60 bcd	42.0 abc	40.4 a	34.5 abcd
18	461 a	61.86 cdefghijk	8.83 dac	42.0 abc	32.3 abc	35.3 abcd
19	418 a	61.8 cdefghijk	9.26 bcd	41.6 abc	34.8 abc	35.8 abcd
20	398 a	59.1 ijk	8.7 abcd	43.4 abc	33.3 abc	28.3 cd
21	361 a	66.6 abcd	8.5 abcd	42.1 abc	33.3 abc	32.4 abcd
22	331 a	62.3 bcdefghijk	10. 0a	41.6 abc	28.8 abc	41.9 ab
23	449 a	61.7 cdefghijk	8.6 abcd	43.3 abc	30.8 abc	28.2 cd
24	474 a	63.5 abcdefghi	8.1 abcd	37.3 abc	31.5 abc	34.6 abcd
25	388 a	62.8 abcdefghij	9.8 abcd	42.8 abc	34.2 abc	36.3 abcd
26	359 a	62.1 bcdefghijk	9.5 abcd	47.7 a	36.3 ab	31.2 bcd
27	374 a	67.9 a	7.5 cd	37.0 abc	29.5 abc	37.4 abcd
28	374 a	60.7 fghijk	10. 6a	49.3 a	34.4 abc	35.1 abcd
29	335 a	64.8 abcdefgh	9.1 abcd	43.7 abc	29.5 abc	36.8 abcd
30	344 a	63.0 abcdefghij	8.9 abcd	44.3 abc	33.6 abc	38.5 abc
31	355 a	64.3 abcdefghi	10. 3abc	46.4 ab	36.4 ab	37.3 abcd
32	378 a	60.2 ihjk	8.2 abcd	40.8 abc	32.5 abc	34.9 abcd
33	357 a	63.9 abcdefghi	8.9 abcd	39.4 abc	35.9 ab	39.7 abc
34	340 a	63.5 abcdefghi	8.7 abcd	39.6 abc	30.7 abc	35.6 abcd
35	468 a	61.2 efghijk	9.8 abcd	45.4 abc	34.5 abc	30.3 bcd
36	381 a	61.5 defghijk	8.5 abcd	37.2 abc	27.0 abc	31.1 bcd
37	329 a	64.1 abcdefghi	8.9 abcd	42.5 abc	29.7 abc	34.9 abcd
38	313 a	65.7 abcdef	9.0 abcd	40.4 abc	34.4 abc	39.6 abc
39	272 a	64.4 abcdefgh	9.5 abcd	44.1 abc	35.4 abc	37.9 abcd
40	322 a	64.2 abcdefghi	8.5 abcd	39.4 abc	32.2 abc	43.5 a
41	289 a	65.0 abcdefgh	9.1 abcd	43.0 abc	29.1 abc	34.5 abcd
42	364 a	62.6 bcdefghij	7.6 bcd	34.8 abc	25.4 bc	39.4 abc
43	485 a	65.9 abcdef	10.4 ab	47.2 a	33.4 abc	37.1 abcd
44	455 a	63.8 abcdefghi	8.2 abcd	38.0 abc	31.0 abc	31.3 bcd
AN-123 ♀	348 a	61.3 efghijk	7.2 d	30.8 bc	27.0 abc	29.6 cd
AN-125 (T)	372 a	60.7 fghijk	8.1 abcd	38.0 abc	30.9 abc	32.5 abcd
AN-137 ♀	476 a	61.8 cdefghijk	7.2 d	30.0 c	21.3 c	26.0 d
AN-38 ♀	415 a	60.4 ghijk	8.1 abcd	39.0 abc	35.2 abc	32.3 abcd
AN-105 ♀	329 a	60.7 fghijk	8.7 abcd	39.3 abc	32.7 abc	35.2 abcd
ABT ♂	389 a	66.2 abcde	8.1 abcd	39.0 abc	28.2 abc	33.2 abcd
Valor Tukey	229	5.3	2.8	16.1	14.1	12.0

## Resultados de los análisis de varianza de las variables estudiadas. Zaragoza Coahuila.

Los análisis de varianza (Cuadro 4.3) registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos en las variables BESP, % PAJA, % ESPIGA, ALT, RENDG, ESP/M<sup>2</sup>, PH, EE y P1000G. Se registró diferencia significativa entre tratamientos en las variables LE y NGE. Las variables BTH y BTOT no registraron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

**Cuadro 4.3.- Cuadros medios y significancia del análisis de varianza de las variables estudiadas. Zaragoza, Coah.**

FV	GL	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT
REP	2	9.987 ns	2.99 ns	20.606 ns	25.461 ns	25.461 ns	162.586 *
TRAT	49	4.902 ns	4.031 **	20.384 ns	72.808 **	72.808 **	121.335 **
ERROR	98	4.392	2.533	12.215	15.682	15.682	48.634
TOTAL	149						
CV		25.1%	25.7%	24.0%	6.8%	9.4%	5.4%

ns = No significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

FV	GL	RENDG	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
REP	2	0.112 ns	18085.3 ns	1.742 ns	2.141 ns	15.918 ns	7.242 ns	86.913 *
TRAT	49	1.680 **	13803.31 **	47.53 **	1.225 ns	61.596 **	62.807 *	83.459 **
ERROR	98	0.204	7195.510	4.449	0.765	17.851	39.323	20.240
TOTAL	149							
CV		22.7%	21.9%	3.4%	7.7%	7.1%	15.4%	14.9%

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

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

### BTH

Como se observa en el Cuadro 4.4, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos para esta variable. El genotipo 16 (AN-38 x ABT), registró la mayor BTH, con 12.000 t ha<sup>-1</sup>, superando en un 105 % al genotipo 47 (AN-137), que registró la menor BTH (5.852 t ha<sup>-1</sup>).

## **BESP**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 4.4), formándose 4 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 30 genotipos, el tratamiento 48 (AN-38 x ABT), registró la mayor BESP, con  $10.982 \text{ t ha}^{-1}$ , superando en un 186 % al genotipo 37 (AN-105 x ABT), que registró  $3.796 \text{ t ha}^{-1}$ , y quedó incluido en el cuarto grupo de significancia.

## **BTOT**

En esta variable no se reportaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, el genotipo 16 (AN-38 x ABT), registró una BTOT de  $20.666 \text{ t ha}^{-1}$ , superando en un 100 % al genotipo 24 (AN-105 x ABT), que registró el menor valor, con  $10.333 \text{ t ha}^{-1}$ .

## **% PAJA**

Para esta variable se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose 8 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 39 tratamientos, el genotipo 37 (AN-105 x ABT), registró el mayor porcentaje de paja (67.7 %), superando en un 49 % al genotipo 45 (AN-123), que registró 45.2 % , y quedó incluido en el último grupo de significancia.

## **% ESPIGA**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose 8 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 26 tratamientos, el genotipo 45 (AN-123 x ABT), registró el mayor porcentaje de espiga (54.8 %), superando en un 60 % al genotipo 37 (AN-105 x ABT), que registró 34.2 %.

## **ALT**

En esta variable se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose 4 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, integrado por 45 tratamientos, el genotipo 41 (AN-105 x ABT), registró la mayor altura (140.3 cm), superando en un 25 % al genotipo 48 (AN-38), que registró la menor altura de planta (111.6 cm).

## **RENDG**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos en esta variable, formándose 10 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 14 tratamientos, el genotipo 47 (AN-137 x ABT) registró el mayor rendimiento de grano ( $3.922 \text{ t ha}^{-1}$ ), superando en 324 % al genotipo 41 (AN-105 x ABT), que registró 0.924 /ha.

## **ESP/M<sup>2</sup>**

Para esta variable se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose dos grupos de significancia. En el primer grupo, integrado por 46 tratamientos, el genotipo 48 (AN-38), registró el mayor valor ( $592 \text{ espigas/m}^2$ ), superando en un 95 % al genotipo 22, que registro  $294 \text{ espigas/m}^2$ .

## **PH**

En esta variable, se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose 11 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, integrado por 10 tratamientos, el genotipo 45 (AN-123 x ABT), registró el mayor valor para esta variable ( $72.2 \text{ kg/hl}$ ), superando en un 29 % al genotipo 33 (AN-105 x ABT), que registró el menor valor ( $55.8 \text{ kg/hl}$ ).

## **LE**

No se registraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, el genotipo 16 (AN-38 X ABT), registró el mayor valor (12.5 cm), superando en un 21 % al genotipo 36 (AN-105 x ABT), que registró 10.3 cm.

## **EE**

Para esta variable se registraron diferencias significativas entre tratamientos, formándose 5 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 45 tratamientos, el genotipo 23 (AN-105 x ABT), registró el mayor número de espiguillas/espiga (67.3), superando en un 36 % al genotipo 47 (AN-137), que registró el menor valor para esta variable (49.3).

## **NGE**

En esta variable se registraron diferencias significativas entre tratamientos, donde se formaron dos grupos de significancia estadística. En el primer grupo, integrado por 48 tratamientos, el genotipo 5 (AN-38 x ABT), registró el mayor valor (53.9 granos por espiga), superando en un 206 % al genotipo 37 (AN-105 x ABT), que registró el menor valor para esta característica (29.7 granos).

## **P1000G**

Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, formándose 5 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, que integró a 28 tratamientos, el genotipo 38 (AN-105 x ABT), registró 42.9 g, superando en un 87 % al genotipo 37 (AN-105 x ABT), que reportó el menor valor para esta variable (22.8 g).

**Cuadro 4.4.- Resultados de las pruebas de comparación de medias entre los tratamientos de las variables estudiadas. Zaragoza Coahuila.**

GENOTIPOS	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT	RENDG
1	7.018 a	5.204 bcd	12.222 a	58.2 abdegchf	41.8 abcdeghf	128.3 abcd	1.746 defghijk
2	7.352 a	5.000 bcd	12.352 a	59.4 abdegcf	40.5 bcdefgh	130.0 abcd	1.892 defghijk
3	8.093 a	7.055 abcd	15.148 a	53.3 bcdefgh	46.7 abg	113.3 abcd	1.903 defghijk
4	8.130 a	6.333 abcd	14.463 a	55.2 abcdefgh	44.7 abcdef	121.6 abcd	2.211 cdefghij
5	7.111 a	5.722 abcd	12.833 a	55.4 abcdefgh	44.3 abcdef	130.0 abcd	1.756 defghijk
6	7.241 a	6.185 abcd	13.426 a	54.3 bcdefgh	45.6 abcdef	123.3 abcd	2.468 ab cdefghij
7	7.259 a	5.148 bcd	12.407 a	58.6 abcdefg	41.0 bcdefgh	118.3 abcd	1.099 jk
8	10.722a	7.296 abcd	18.019 a	59.7 abcdefg	40.3 bcdefgh	136.0 abc	2.669 abcdefghi
9	8.574 a	5.148 bcd	13.722 a	62.2 abcde	37.7 cdefh	128.3 abcd	1.146 ijk
10	8.018 a	4.926 bcd	12.944 a	61.1 abcdef	38.9 cdefgh	127.3 abcd	1.491 efghijk
11	6.444 a	4.278 d	10.722 a	60.4 abcdef	39.5 cdefgh	123.3 abcd	1.228 hijk
12	7.037 a	4.981 bcd	12.019 a	58.1 abcdefgh	41.9 abcdefgh	127.0 abcd	1.903 defghijk
13	8.407 a	6.778 abcd	15.185 a	55.3 abcdefgh	44.6 abcdefgh	130.0 abcd	2.186 cdefghijk
14	8.259 a	6.000 abcd	14.259 a	56.8 abcdefgh	43.2 abcdefgh	123.3 abcd	2.151 cdefghijk
15	8.500 a	6.353 abcd	14.852 a	57.2 abcdefgh	42.7 abcdefgh	135.0 abcd	2.344 bcdefghijk
16	12.000 a	8.667 abcd	20.666 a	58.4 abcdefgh	41.6 abcdefgh	134.6 abcd	3.095 abcd
17	11.296 a	8.204 abcd	19.500 a	57.9 abcdefgh	42.0 abcdefgh	132.0 abcd	1.696 defghijk
18	9.759 a	7.278 abcd	17.037 a	56.9 abcdefgh	43.1 abcdefgh	123.3 abcd	2.823 abcdefg
19	7.037 a	4.278 d	11.315 a	62.1 abcde	37.8 cdefgh	135.3 abc	2.066 cdefghijk
20	9.296 a	7.278 abcd	16.574 a	55.8 abcdefgh	44.1 cdefgh	123.3 abcd	2.988 abcde
21	8.445 a	4.592 bcd	13.037 a	64.4 abc	35.5 fgh	132.0 abcd	1.558 efghijk
22	6.556 a	3.982 d	10.537 a	62.5 abcde	37.5 cdefh	128.3 abcd	1.555 efghijk
23	7.296 a	5.944 abcd	13.241 a	55.4 abcdefgh	44.5 abcdefgh	135.0 abcd	1.560 efghijk
24	6.444 a	3.889 d	10.333 a	62.1 abcde	37.9 cdefh	123.3 abcd	1.923 defghijk
25	7.518 a	4.908 bcd	12.426 a	60.5 abcdef	39.5 cdefgh	123.3 abcd	1.144 jk
26	9.370 a	6.407 abcd	15.778 a	58.9 abcdefg	41.0 bcdefgh	129.0 abcd	1.249 hijk
27	6.963 a	4.315 cd	11.278 a	61.9 abcde	38.1 cdefh	131.6 abcd	1.199 hijk
28	9.111 a	6.241 abcd	15.352 a	59.6 abcdefg	40.4 bcdefgh	126.6 abcd	1.547 efghijk
29	7.815 a	5.241 bcd	13.055 a	60.0 abcdef	39.9 cdefgh	130.0 abcd	1.786 defghijk
30	8.667 a	5.685 abcd	14.352 a	60.4 abcdef	39.6 cdefgh	130.0 abcd	1.422 fghijk
31	7.945 a	4.389 cd	12.333 a	64.3 abcd	35.6 fgh	135.6 abc	1.115 jk
32	8.852 a	6.741 abcd	15.593 a	56.5 abcdefgh	43.4 abcdefgh	133.3 abcd	1.550 efghijk
33	11.037 a	6.111 abcd	17.148 a	64.3 abcd	35.6 fgh	128.3 abcd	1.191 hijk
34	8.259 a	7.796 abcd	16.055 a	51.5 bbab	48.4 abcdef	125.0 abcd	2.698 abcdefgh
35	7.389 a	5.148 bcd	12.537 a	58.7 abcdefg	41.3 bcdefgh	121.6 abcd	1.792 defghijk
36	8.907 a	8.074 abcd	16.981 a	52.2 cdefgh	47.7 abcdef	127.6 abcd	2.799 abcdefg
37	7.889 a	3.796 d	11.685 a	67.7 a	32.3 h	127.0 abcd	1.359 ghijk
38	8.204 a	6.611 abcd	14.815 a	55.7 abcdefgh	44.3 abcdefgh	129.3 abcd	1.704 abcdefgh
39	9.370 a	6.778 abcd	16.148 a	58.5 abcdefg	41.4 bcdefgh	122.6 abcd	2.681 defghijk
40	7.981 a	4.333 cd	12.315 a	64.4 abc	35.5 fgh	131.6 abcd	1.180 hijk
41	8.926 a	4.481 bcd	13.407 a	65.9 ab	34.0 gh	140.3 a	0.924 k
42	8.815 a	7.648 abcd	16.463 a	54.3 bcdefgh	45.6 abcdefg	128.3 abcd	1.969 defghijk
43	8.278 a	4.296 d	12.574 a	65.7 ab	34.2 gh	137.3 ab	1.246 hijk
44	8.519 a	7.204 abcd	15.722 a	54.2 bcdefgh	45.8 abcdefg	125.0 abcd	2.883 abcdefg
AN-123 ♀	8.019 a	9.667 abc	17.685 a	45.2 h	54.8 a	116.6 bcd	3.510 abc
AN-125 (T)	10.056 a	9.759 ab	19.815 a	51.0 defgh	48.9 abcde	123.3 abcd	3.836 ab
AN-137 ♀	5.852 a	6.259 abcd	12.111 a	48.5 fgh	51.5 abc	115.0 bcd	3.922 a
AN-38 ♀	9.574 a	10.982 a	20.556 a	46.6 gh	53.4 ab	111.6 abcd	2.932 abcdef
AN-105 ♀	7.833 a	7.796 abcd	15.630 a	50.0 efgh	49.9 abcd	115.0 bcd	2.681 abcdefgh
ABT ♂	9.333 a	7.389 abcd	16.722 a	56.5 abcdefgh	43.5 abcdefgh	130.0 abcd	1.442 fghijk
Valor Tukey	7.0	5.3	11.7	13.3	13.3	23.5	1.5

**Cuadro 4.4 (continuación).- Resultados de la pruebas de comparación de medias entre los tratamientos de las variables estudiadas. Zaragoza, Coah.**

GENOTIPOS	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
1	324 ab	66.0 abcdefg	10.6 a	59.8 abcde	38.4 ab	31.5 abcde
2	300 b	65.9 abcdefg	11.1 a	55.2 abcde	35.0 ab	33.1 abcde
3	418 ab	64.9 bcdefgh	11.3 a	57.0 abcde	40.1 ab	30.8 abcde
4	420 ab	62.8 cdefghijk	11.2 a	56.4 abcde	35.0 ab	34.1 abcde
5	315 ab	62.8 cdefghijk	12.7 a	66.0 ab	53.9 a	25.5 de
6	396 ab	65.0 bcdefgh	10.7 a	54.9 abcde	44.3 ab	31.7 abcde
7	388 ab	56.0 k	11.1 a	59.0 abcde	35.5 ab	24.0 e
8	477 ab	57.5 ijk	11.0 a	58.5 abcde	37.1 ab	28.4 abcde
9	396 ab	57.3 ijk	11.2 a	61.0 abcde	35.2 ab	25.0 de
10	327 ab	58.0 ijkh	11.2 a	66.8 a	41.3 ab	25.0 de
11	324 ab	57.1 ijk	11.8 a	62.2 abcde	39.5 ab	23.9 e
12	340 ab	60.3 eijkfgh	11.4 a	62.0 abcde	37.6 ab	26.9 cde
13	409 ab	63.7 cdefghi	10.4 a	59.6 abcde	39.2 ab	30.6 abcde
14	409 ab	57.2 ijk	11.0 a	58.6 abcde	39.5 ab	28.3 abcde
15	485 ab	62.8 cdefghijk	10.5 a	60.1 abcde	37.8 ab	25.8 de
16	476 ab	56.3 jk	13.1 a	67.0 a	44.0 ab	29.1 abcde
17	487 ab	63.9 cdefghi	11.0 a	56.5 abcde	38.1 ab	26.2 de
18	413 ab	62.7 cdefghijk	11.6 a	60.1 abcde	41.8 ab	28.6 abcde
19	300 b	61.8 efghijk	10.7 a	56.4 abcde	39.3 ab	33.8 abcde
20	413 ab	62.5 efghijk	11.1 a	63.0 abcde	49.5 ab	33.9 abcde
21	348 ab	60.6 efghijk	11.2 a	63.6 abcd	38.2 ab	25.2 de
22	294 b	59.8 efghijk	12.5 a	62.3 abcde	44.6 ab	33.9 abcde
23	348 ab	61.9 defghijk	12.4 a	67.3 a	44.4 ab	32.3 abcde
24	352 ab	61.7 defghijk	10.5 a	59.3 abcde	40.9 ab	23.6 e
25	352 ab	57.3 ijk	11.3 a	56.7 abcde	40.1 ab	24.0 e
26	437 ab	59.6 fghijk	11.6 a	66.4 ab	40.3 ab	23.5 e
27	357 ab	61.0 efghijk	10.6 a	59.8 abcde	38.7 ab	27.1 ebcd
28	387 ab	57.3 ijk	12.1 a	62.4 abcde	40.5 ab	26.8 cde
29	355 ab	60.7 efghijk	12.4 a	63.8 abc	40.0 ab	31.2 abcde
30	383 ab	59.6 fghijk	11.9 a	65.8 ab	34.7 ab	26.8 cde
31	309 ab	59.4 fghijk	12.3 a	62.1 abcde	39.9 ab	24.7 de
32	379 ab	58.0 hijk	11.9 a	64.1 abc	17.6 ab	31.4 abcde
33	405 ab	55.8 k	11.7 a	59.6 abcde	43.1 ab	24.6 de
34	346 ab	66.8 abcde	11.1 a	55.4 abcde	45.9 ab	42.1 ab
35	309 ab	59.8 efghijk	11.3 a	60.6 abcde	39.1 ab	28.7 abcde
36	437 ab	65.9 abcdefg	10.3 a	51.2 cde	40.5 ab	39.7 abcd
37	320 ab	59.1 ghijk	11.9 a	59.8 abcde	29.7 b	22.8 e
38	331 ab	66.0 abcdefg	11.2 a	57.0 abcde	42.6 ab	42.9 a
39	416 ab	59.9 efghijk	10.6 a	54.9 abcde	34.6 ab	30.4 abcde
40	325 ab	59.9 efghijk	11.2 a	60.6 abcde	45.1 ab	26.2 de
41	344 ab	58.6 hijk	11.1 a	51.6 cde	36.1 ab	26.9 cde
42	452 ab	61.7 defghijk	10.9 a	55.2 abcde	36.3 ab	33.2 abcde
43	320 ab	63.2 cdefghij	11.8 a	58.7 abcde	32.5 b	25.6 de
44	361 ab	68.4 abcd	10.8 a	61.8 abcde	45.4 ab	36.6 abcde
AN-123 ♀	487 ab	72.2 a	10.9 a	49.6 de	48.4 ab	41.5 abc
AN-125 (T)	533 ab	69.8 abc	10.7 a	52.4 ebcd	40.2 ab	35.9 abcde
AN-137 ♀	303 b	71.8 ab	10.6 a	49.3 e	44.2 ab	37.9 abcde
AN-38 ♀	592 a	63.5 cdefghi	10.6 a	54.9 abcde	43.2 ab	35.3 abcde
AN-105 ♀	385 ab	66.5 abcdef	11.3 a	53.7 abcde	45.8 ab	35.8 abcde
ABT ♂	496 ab	64.1 cdefghi	11.0 a	61.0 abcde	38.0 ab	27.5 ebcd
Valor Tukey	285	7.1	2.9	14.2	21.1	15.1



### Resultados de los análisis de varianza entre localidades para las variables estudiadas.

Los resultados de los análisis de varianza combinados entre localidades (Cuadro 4.5), registraron diferencias altamente significativas entre las mismas excepto para la variable ESP/M<sup>2</sup>. Se registraron diferencias altamente significativas entre tratamientos en las variables BTH, BESP, BTOT, % PAJA, % ESPIGA, ALT, RENDG, ESP/M<sup>2</sup>, PH, LE, EE y P1000G. Se reportó diferencia significativa entre tratamientos en la variable NGE. Se registraron interacciones altamente significativas localidad x tratamiento en las variables BESP, BTOT, % PAJA, % ESPIGA, RENDG, ESP/M<sup>2</sup>, PH, NGE y P1000G y significativas ALT. Las variables BTH y LE no fueron significativas para esta fuente de variación. Los coeficientes de variación oscilaron entre 2.9 y 25.3 %, dependiendo de la variable.

**Cuadro 4.5.- Resultados de los análisis de varianza entre localidades para las variables estudiadas.**

FV	GL	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT
LOC	1	711.313 **	13.941 **	924.400 **	8021.772 **	8021.77 **	84907.36 **
REP (LOC)	4	6.866 ns	1.321 ns	13.449 ns	45.057 *	45.057 *	262.293 **
TRAT	49	5.577 **	5.019 **	16.301 **	82.601 **	82.601 **	202.370 **
LOC*TRAT	49	4.123 ns	6.774 **	19.254 **	36.123 **	36.123 **	65.308 *
ERROR	196	2.978	2.041	8.850	18.587	18.587	43.922
TOTAL	299						
CV		25.3%	23.9%	23.3%	8.1%	9.1%	6.0%

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

FV	GL	RENDG	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
LOC	1	5.264 **	6998.6 ns	89.1 **	458.80 **	24105.9 **	5211.6 **	1619.8 **
REP (LOC)	4	0.731 **	15519.1 ns	5.15 ns	1.14 ns	12.41 ns	11.66 ns	43.513 *
TRAT	49	1.018 **	13164.3 **	35.03 **	2.139 **	85.99 **	45.905 *	48.15 **
LOC*TRAT	49	1.425 **	13631.2 **	28.96 **	0.919 ns	27.1 ns	54.579 **	71.66 **
ERROR	196	0.192	7557.420	3.466	0.731	20.35	28.427	16.461
TOTAL	299							
CV		20.7%	22.2%	2.9%	8.4%	8.9%	14.6%	12.5%

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

### Resultados de las pruebas de comparación de medias entre localidades.

Como se observa en el Cuadro 4.6, la localidad de Zaragoza, Coah. registró diferencias altamente significativas en todas las variables en comparación con la localidad de Navidad, N.L., excepto para la variable espigas/m<sup>2</sup>, que no reportó diferencias estadísticas entre las localidades.

**Cuadro 4.6.- Resultados de las pruebas de comparación de medias entre localidades de las variables evaluadas del análisis combinado.**

LOCALIDAD	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT	RENDG
NAVIDAD	5.255 b	5.740 b	10.996 b	47.5 b	52.4 a	93.5 b	2.249 a
ZARAGOZA	8.335 a	6.171 a	14.507 a	57.9 a	42.0 b	127.1 a	1.984 b
Valor Tukey	0.393	0.325	0.677	0.981	0.981	1.509	0.099

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

LOCALIDAD	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
NAVIDAD	395 a	63.0 a	8.8 b	41.3 b	32.1 b	34.6 a
ZARAGOZA	385 a	61.9 b	11.3 a	59.2 a	40.4 a	30.0 b
Valor Tukey	19	0.42	0.19	1.02	1.21	0.92

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

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

#### Variable:

#### BTH

Como se observa en el Cuadro 4.7, se registraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, formándose dos grupos de significancia estadística. En el primero, integrado por 15 tratamientos, el genotipo 17 (AN-38 x ABT), registro una BTH de 11.046 t ha<sup>-1</sup>, superando en un 137 % al genotipo 47 (AN-137), que registró el menor valor para esta variable, con 4.657 t ha<sup>-1</sup>.

## **BESP**

Para esta variable, la prueba de comparación de medias reportó tres grupos de significancia estadística. En el primero, formado por 32 genotipos, el tratamiento 17 (AN-38 x ABT) registró el mayor valor ( $8.891 \text{ t ha}^{-1}$ ), superando significativamente en un 119 % al genotipo 37, que registró  $4.083 \text{ t ha}^{-1}$ .

## **BTOT**

Para esta variable, la prueba de comparación de medias registró diferencias estadísticas entre los tratamientos, formándose dos grupos de significancia. En el primer grupo, formado por 18 tratamientos, el genotipo 17 (AN-38 X ABT), registró una BTOT de  $20.028 \text{ t ha}^{-1}$ , superando en un 98 % al genotipo 47 (AN-137), que registró la menor BTOT ( $10.083 \text{ t ha}^{-1}$ ).

## **% PAJA**

Esta variable reportó 10 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 33 genotipos, el tratamiento 37 (AN-105 x ABT), registró el mayor porcentaje de paja (59.5 %), superando en un 36 % al genotipo 45 (AN-123), que registró 43.6 %.

## **% ESPIGA**

Esta variable registró 10 grupos de significancia estadística. En el primer grupo, formado por 33 tratamientos, el genotipo 45 (AN-123 x ABT), registró el porcentaje más alto (56.3 %), superando en un 46 % al genotipo 40 (AN-105 x ABT), que registró 38.4 %.

## **ALT**

Para esta variable, la prueba de comparación de medias reportó 6 grupos de significancia estadística; en el primero, formado por 33 genotipos, el tratamiento 19 (AN-38 X ABT), registró la máxima altura de planta (124.3 cm), superando en un 93 % al genotipo 45 (AN-123), que registró la menor altura (97.5 cm).

## **RENDG**

Para esta variable, la prueba de comparación de medias reportó nueve grupos de significancia estadística. En el primero, formado por 32 genotipos, el tratamiento 48 (AN-38 X ABT), registró un rendimiento de grano de 2.832 t ha<sup>-1</sup>, superando en un 118% al genotipo 41 (AN-105 x ABT), que registró un rendimiento de grano del 1.298 t ha<sup>-1</sup>.

## **ESP/M<sup>2</sup>**

Esta variable reportó dos grupos de significancia estadística en la prueba de comparación de medias, donde el primer grupo estuvo conformado por 49 genotipos, de los cuales el tratamiento 15 (AN-38 x ABT), registró 516 espigas/m<sup>2</sup>, superando en un 65 % al genotipo 22 (AN-105 x ABT), que registró 312 espigas/m<sup>2</sup>.

## **PH**

Esta variable registró el mayor número de grupos de significancia estadística (12). En el primero, formado por 22 genotipos, el tratamiento 47 (AN-137) registró el máximo valor (66.8 kg/hl), superando en un 17 % al genotipo 16 (AN-38 x ABT), que registró 57.0 kg/hl.

## **LE**

La prueba de comparación de medias para esta variable reportó 6 grupos de significancia estadística. El primer grupo conformó a 40 genotipos, donde el tratamiento 22 (AN-105 x ABT), registró el mayor valor para esta variable (11.5 cm), superando en un 29 % al genotipo 47 (AN-137), que registró 8.9 cm.

## **EE**

Para esta variable, la prueba de comparación de medias reportó seis grupos de significancia estadística. En el primero, formado por 45 genotipos, el tratamiento 26 (AN-105 x ABT), registró el mayor número de espiguillas/espiga (57.0) siendo mayor en un 41 % al genotipo 47 (AN-137), que registró 39.6 espiguillas /espiga.

## **NGE**

Para esta variable, la prueba de comparación de medias reportó dos grupos de significancia estadística. En el primero, formado por 48 genotipos, el tratamiento 5 (AN-38 x ABT), registró el mayor valor para esta característica (43.8 granos /espiga), superando en un 47 % al genotipo 37 (AN-105), que registró 29.7 granos/espiga.

## **P1000G**

La prueba de comparación de medias para esta variable reportó cuatro grupos de significancia estadística. El primer grupo conformó a 25 genotipos, donde el tratamiento 38 (AN-105 x ABT), registró 41.2 g, superando en un 50 % al genotipo 26 (AN-105 x ABT), que registró un 27.4 g.

**Cuadro 4.7.- Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.**

GENOTIPOS	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT	RENDG
1	5.990 b	5.472 bc	11.463 b	52.4 abcdefghij	47.5 abcdefghij	110.8 abcdef	1.782 defghi
2	6.185 b	5.388 bc	11.574 b	52.4 abcdefghij	47.5 abcdefghij	110.0 abcdef	1.991 abcdefghi
3	6.972 b	6.444 abc	13.417 ab	51.7 abcdefghij	48.2 abcdefghij	104.1 def	2.097 abcdefghi
4	6.481 b	5.509 bc	11.991 b	52.9 abcdefghij	47.0 abcdefghij	106.6 bcdef	1.744 defghi
5	5.944 b	5.898 abc	11.843 b	49.4 cdefghij	50.5 abcdefgh	113.3 abcde	1.977 abcdefghi
6	6.425 b	6.314 abc	12.741 b	50.4 bcdefghij	49.5 abcdefghi	105.8 cdef	2.444 abcdefgh
7	6.870 b	6.675 abc	13.546 ab	51.2 bcdefghij	48.7 abcdefghi	107.5 bcdef	2.616 abcdef
8	8.490	6.398 abc	14.889 ab	56.5 abcdef	43.4 efghij	114.6 abcde	2.232 abcdefghi
9	7.527	5.898 abc	13.426 ab	55.7 abcdefgh	44.2 cdefghij	109.1 abcdef	1.877 bcdefghi
10	6.305 b	5.037 c	11.343 b	53.8 abcdefghi	46.1 bcdefghij	110.3 abcdef	2.120 abcdefghi
11	5.963 b	5.833 abc	11.796 b	51.5 abcdefghij	48.4 abcdefghij	104.1 def	2.040 abcdefghi
12	6.675 b	5.657 abc	12.334 b	54.0 abcdefghi	45.9 bcdefghij	111.0 abcdef	2.375 abcdefgh
13	6.611 b	6.148 abc	12.759 b	50.8 bcdefghij	49.1 abcdefghi	144.1 abcde	2.489 abcdefg
14	6.935 b	6.065 abc	13.000 b	52.3 abcdefghij	47.6 abcdefghij	113.3 abcde	2.873 ab
15	7.675	7.277 abc	14.954 ab	51.4 bcdefghij	48.6 abcdefghi	113.3 abcde	2.579 abcdef
16	8.231	6.722 abc	14.954 ab	53.1 abcdefghij	46.8 abcdefghij	115.6 abcde	2.736 abcd
17	11.046	8.981 a	20.028 a	55.2 abcdefghi	44.7 bcdefghij	124.3 a	2.413 abcdefgh
18	7.676	6.796 abc	14.472 ab	51.9 abcdefghij	48.0 abcdefghij	110.0 abcdef	2.825 abc
19	6.907 b	5.333 bc	12.241 b	57.0 abcdef	42.9 efghij	188.5 abcd	2.321 abcdefghi
20	7.129	6.314 abc	13.444 ab	51.9 abcdefghij	48.0 abcdefghij	105.0 def	2.487 abcdefg
21	7.120	4.731 c	11.852 b	59.5 abc	40.4 hij	115.1 abcde	2.209 abcdefghi
22	6.777 b	4.833 c	11.611 b	59.1 abcd	40.9 ghij	116.6 abcde	1.960 abcdefghi
23	6.009 b	5.259 bc	11.269 b	53.0 abcdefghij	46.9 abcdefghij	188.3 abcd	1.648 fghi
24	5.703 b	5.175 bc	10.880 b	52.5 abcdefghij	47.5 abcdefghij	108.3 bcdef	2.213 abcdefghi
25	6.564 b	5.537 bc	12.102 b	54.0 abcdefghi	45.9 bcdefghij	110.8 abcdef	1.661 fghi
26	7.000 b	5.962 abc	12.963 b	52.2 abcdefghij	47.7 abcdefghij	111.6 abcdef	1.454 ih
27	5.426 b	5.009 c	10.435 b	51.0 bcdefghij	48.9 abcdefghi	114.1 abcde	1.808 cdefghi
28	7.555	6.555 abc	14.111 ab	53.1 abcdefghij	46.8 abcdefghij	110.0 abcdef	1.687 efghi
29	6.629 b	5.296 bc	11.926 b	55.2 abcdefghi	44.8 bcdefghij	110.8 abcdef	1.895 bcdefghi
30	6.796 b	5.777 abc	12.574 b	52.9 abcdefghij	47.0 abcdefghij	114.1 abcde	1.699 efghi
31	6.398 b	4.694 c	11.093 b	56.6 abcdef	43.3 efghij	113.6 abcde	1.446 hi
32	6.592 b	6.120 abc	12.712 b	50.3 bcdefghij	49.6 abcdefghi	115.0 abcde	1.999 abcdefghi
33	7.935	6.046 abc	13.982 ab	54.4 abcdefghi	45.5 bcdefghij	109.1 abcdef	1.845 bcdefghi
34	6.444 b	6.777 abc	13.222 ab	48.0 fghij	52.0 abcde	108.3 bcdef	2.293 abcdefghi
35	6.157 b	5.370 bc	11.528 b	52.8 abcdefghij	47.1 abcdefghij	104.1 def	1.865 bcdefghi
36	5.962 b	6.250 abc	12.213 b	46.4 ghij	53.5 abcd	110.5 abcdef	2.303 abcdefghi
37	6.268 b	4.083 c	10.352 b	59.5 ab	40.4 ij	107.6 bcdef	1.653 fghi
38	6.398 b	5.722 abc	12.120 b	52.6 abcdefghij	47.3 abcdefghij	112.5 abcdef	2.185 abcdefghi
39	7.370	5.722abc	13.093 ab	56.2 abcdefg	43.7 defghij	109.6 abcdef	2.007 abcdefghi
40	6.601 b	4.962 c	11.565 b	56.2 abcdefg	43.7 defghij	111.6 abcdef	1.607 fghi
41	7.194	4.388 c	11.583 b	61.5 a	38.4 j	121.8 ab	1.298 i
42	6.555 b	6.342 abc	12.898 b	50.4 bcdefghij	49.5 abcdefghi	105.0 def	1.889 bcdefghi
43	8.148	5.861 abc	14.009 ab	58.5 cde	41.4 fghij	121.1 abc	1.549 ghi
44	6.740 b	6.388 abc	13.130 ab	50.4 defghij	49.6 abcdefghi	106.6 bcdef	2.320 abcdefghi
AN-123 ♀	5.407 b	6.722 abc	12.130 b	43.6 j	56.3 a	97.500 f	2.487 abcdefg
AN-125 (T)	7.074	7.166 abc	14.241 ab	49.2 defghij	50.7 abcdefg	104.1 def	2.946 a
AN-137 ♀	4.657 b	5.426 bc	10.083 b	45.6 ij	54.3 ab	97.5 ef	2.690 abcde
AN-38 ♀	7.213	8.463 ab	15.676 ab	45.7 hij	54.2 abc	97.5 f	2.832 abc
AN-105 ♀	6.101 b	6.064 abc	12.167 b	50.0 bcdefghij	49.9 abcdefghi	101.6 ef	2.439 abcdefgh
ABT ♂	6.935 b	6.916 abc	13.852 ab	48.7 efghij	51.2 abcdef	109.1 abcdef	1.948 abcdefghi
Valor Tukey	4.0	3.3	6.9	10.1	10.1	15.5	1.0

**Cuadro 4.7 (continuación).- Resultados de las pruebas de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado entre localidades.**

GENOTIPOS	ESPIGA/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
1	374 ab	65.3 abcde	10.1 abcdef	47.4 abcdef	33.7 ab	35.1 abcd
2	404 ab	66.5 ab	9.8 abcdef	46.9 abcdef	32.1 ab	34.3 abcd
3	434 ab	63.6 abcdefghij	10.2 abcdef	49.7 abcdef	37.7 ab	29.9 bcd
4	377 ab	60.0 ijklm	10.3 abcdef	50.8 abcd	33.3 ab	34.7 abcd
5	372 ab	64.9 abcdefg	10.5 abcdef	51.7 abcd	43.8 a	29.4 bcd
6	422 ab	64.5 abcdefgh	9.1 def	45.1 bcdef	36.0 ab	31.9 abcd
7	447 ab	59.1 lm	10.4 abcdef	53.0 abcd	37.3 ab	29.3 dc
8	423 ab	59.2 klm	9.6 abcdef	49.6 abcdef	33.3 ab	30.3 bcd
9	409 ab	59.8 ijklm	10.1 abcdef	54.2 abcd	33.8 ab	30.8 bcd
10	323 ab	60.5 hijklm	10.1 abcdef	55.7 ab	35.7 ab	30.5 bcd
11	414 ab	59.4 jklm	10.1 abcdef	51.5 abcd	34.5 ab	29.2 dc
12	375 ab	61.1 efghijklm	10.1 abcdef	53.2 abcd	35.5 ab	30.6 bcd
13	389 ab	63.9 abcdefghi	9.8 abcdef	53.1 abcd	38.8 ab	33.8 abcd
14	397 ab	59.1 lm	10.0 abcdef	50.1 abcdef	36.2 ab	31.2 bcd
15	516 a	64.5 abcdefgh	9.2 cdef	50.5 abcde	36.1 ab	30.3 bcd
16	396 ab	57.0 m	10.9 abcde	55.8 a	38.8 ab	30.8 bcd
17	505 ab	64.7 abcdefgh	9.8 abcdef	49.2 abcdef	39.3 ab	30.3 bcd
18	437 ab	62.3 bcdefghijkl	10.2 abcdef	51.0 abcd	37.1 ab	31.9 abcd
19	359 ab	61.8 cdefghijkl	9.9 abcdef	49.0 abcdef	37.1 ab	34.8 abcd
20	405 ab	60.8 ghijklm	9.9 abcdef	53.2 abcd	41.4 ab	31.1 bcd
21	354 ab	63.6 abcdefghij	9.9 abcdef	52.9 abcd	35.7 ab	28.8 dc
22	312 b	61.1 efghijklm	11.5 a	52.0 abcd	36.7 ab	37.9 abc
23	399 ab	61.8 cdefghijkl	10.5 abcdef	55.3 abc	37.6 ab	30.2 bcd
24	413 ab	62.6 abcdefghijkl	9.3 cdef	48.3 abcdef	36.2 ab	29.1 dc
25	370 ab	60.0 ijklm	10.6 abcdef	49.7 abcdef	37.2 ab	30.1 bcd
26	398 ab	60.8 fghijklm	10.5 abcdef	57.0 a	38.3 ab	27.4 d
27	365 ab	64.5 abcdefgh	9.0 ef	48.7 abcdef	34.1 ab	32.2 abcd
28	380 ab	59.0 lm	11.3 ab	55.8 a	37.5 ab	31.0 bcd
29	345 ab	62.8 abcdefghijkl	10.8 abcdef	53.8 abcd	34.7 ab	34.0 abcd
30	363 ab	61.3 efghijklm	10.4 abcdef	55.1 abc	34.2 ab	32.7 abcd
31	332 ab	61.8 cdefghijkl	11.2 abc	54.2 abcd	38.1 ab	31.0 bcd
32	378 ab	59.1 lm	10.0 abcdef	52.4 abcd	40.0 ab	33.2 abcd
33	381 ab	59.8 ijklm	10.3 abcdef	49.5 abcdef	39.5 ab	32.1 abcd
34	343 ab	65.2 abcdef	9.9 abcdef	47.5 abcdef	38.3 ab	38.8 ab
35	389 ab	60.5 hijklm	10.5 abcdef	53.0 abcd	36.8 ab	29.5 bcd
36	409 ab	63.7 abcdefghij	9.4 bcdef	44.2 def	33.8 ab	35.4 abcd
37	324 ab	61.6 defghijkl	9.9 abcdef	51.2 abcd	29.7 b	28.9 dc
38	322 ab	65.9 abcd	10.1 abcdef	48.7 abcdef	38.5 ab	41.2 a
39	344 ab	62.2 bcdefghijkl	10.1 abcdef	49.5 abcdef	35.0 ab	34.2 abcd
40	324 ab	62.0 cdefghijkl	9.8 abcdef	50.0 abcdef	38.6 ab	34.8 abcd
41	316 ab	61.8 cdefghijkl	10.1 abcdef	47.3 abcdef	32.6 ab	30.7 bcd
42	408 ab	62.1 cdefghijkl	9.2 cdef	45.0 cdef	31.1 b	36.3 abcd
43	402 ab	64.6 abcdefgh	11.1 abcd	52.9 abcd	33.0 ab	31.4 bcd
44	408 ab	66.1 abc	9.5 abcdef	49.9 abcdef	38.2 ab	34.0 abcd
AN-123 ♀	417 ab	66.7 a	9.0 ef	40.2 ef	37.7 ab	35.6 abcd
AN-125 (T)	452 ab	65.2 abcde	9.5 bcdef	45.2 bcdef	35.6 ab	34.2 abcd
AN-137 ♀	389 ab	66.8 a	8.9 f	39.6 f	32.7 ab	31.9 abcd
AN-38 ♀	503 ab	61.9 cdefghijkl	9.4 bcdef	47.0 abcdef	39.2 ab	33.8 abcd
AN-105 ♀	357 ab	63.6 abcdefghijk	10.0 abcdef	46.5 abcdef	39.3 ab	35.5 abcd
ABT ♂	442 ab	65.1 abcdef	9.5 abcdef	50.0 abcdef	33.1 ab	30.4 bcd
Valor Tukey	203	4.3	2.0	10.5	12.5	9.5

**Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F<sub>2:5</sub> y sus progenitores femeninos primaverales. Navidad, N.L.**

Los resultados de los análisis de varianza de los contrastes ortogonales realizados entre las familias F<sub>2:5</sub> y sus progenitores para esta localidad se presentan en el Cuadro 4.8, donde se observa que el contraste entre las familias y el grupo de progenitores femeninos de hábito primaveral (PFPRI), reportó el mayor número de variables con diferencias estadísticas entre ambos grupos. El contraste familias vs progenitores femeninos de hábito intermedio (PFINT) registró diferencias estadísticas entre estos grupos sólo en las variables ALT y PH. De igual manera, el contraste entre familias vs el progenitor masculino de hábito intermedio-invernal (PMII) sólo reportó diferencias estadísticas en la variable peso hectolítrico (PH).

**Cuadro 4.8 .- Resultados de los análisis de varianza de los contrastes ortogonales entre grupos de genotipos de las variables evaluadas en Navidad, N.L.**

FV	GL	Cuadrados medios							
		BTOT	ALT	RENDG	ESP/M2	PH	EE	NGE	P1000G
Familias vs PFPRI	1	103.69 **	1581.2 **	3.199 **	40.85 ns	29.56 **	700.8 **	313.2 **	274.9 **
Familias vs PFINT	1	13.321 ns	462.5 **	0.206 ns	3419.3 ns	39.15 **	46.74 ns	12.29 ns	10.30 ns
Familias vs PMII	1	0.249 ns	123.0 ns	0.093 ns	168.3 ns	28.27 **	26.17 ns	53.89 ns	10.47 ns
Error	98	5.485	39.21	0.180	7919.3	2.483	22.84	17.64	12.68

ns: no significativo; \* , \*\* : significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente. PFPRI: progenitores femeninos primaverales; PFINT: progenitores femeninos intermedios; PMII: progenitor masculino intermedio-invernal.

**Resultados de los contrastes ortogonales entre las familias F<sub>2:5</sub> y sus progenitores. Zaragoza, Coahuila.**

Los resultados de los análisis de varianza de los contrastes ortogonales realizados entre las familias F<sub>2:5</sub> y sus progenitores para la localidad de Zaragoza, Coah., se presentan en el Cuadro 4.9, donde se observa que todos



los contrastes entre las familias y los tres grupos de progenitores registraron diferencias significativas en las variables ESP/M<sup>2</sup> y PH. Los contrastes entre las familias vs PFPRI y PFINT registraron diferencias estadísticas entre los grupos para la variables ALT, RENDG, EE y P1000g. No se reportaron diferencias estadísticas entre las familias y ninguno de los grupos de progenitores para la variable NGE.

**Cuadro 4.9.- Resultados de los análisis de varianza de los contrastes ortogonales entre grupos de genotipos de las variables evaluadas en Zaragoza, Coah.**

FV	GL	Cuadrados medios							
		BTOT	ALT	RENDG	ESP/M2	PH	EE	NGE	P1000G
Familias vs PFPRI	1	47.79 ns	838.7 **	30.97 **	37256.9 *	872.6 **	774.6 **	147.1 ns	710.5 **
Familias vs PFINT	1	88.97 **	1287.3 **	5.372 **	74437.1 **	88.51 **	187.1 **	112.2 ns	229.8 **
Familias vs PMII	1	19.32 ns	8.37 ns	0.46 ns	43221.6 *	26.58 *	3.06 ns	12.64 ns	8.53 ns
Error	98	12.215	48.63	0.204	7195.5	4.44	17.85	39.32	20.24

ns: no significativo; \* , \*\* : significativo a P < 0.05 y 0.01, respectivamente. PFPRI: progenitores femeninos primaverales; PFINT: progenitores femeninos intermedios; PMII: progenitor masculino intermedio-invernal.

En la comparación de medias de las variables estudiadas entre las familias y los progenitores femeninos de hábito primaveral (PFPRI) en Navidad, N.L. (Cuadro 4.10) se reportaron diferencias altamente significativas en las variables BTH, BESP, BTOT, ALT, RENDG, PH, LE, EE, NGE y P1000G, donde los híbridos registraron en promedio 60 % más BTH, 35 % mayor BESP, 45 % más BTOT, 16 % más ALT, 37 % más RENDG, 3 % mayor PH, 18 % mayor LE, 20 % más EE, 23 % más NGE y 19% más P1000g. En este mismo contraste, las familias registraron significativamente 8 % más % PAJA. Los progenitores primaverales registraron un % ESPIGA 7 % mayor que el grupo de familias. No se registraron diferencias estadísticas entre los grupos para ESP/M<sup>2</sup>.

**Cuadro 4.10.- Comparación de medias entre las familias F<sub>2:5</sub> y los progenitores femeninos primaverales (PFPRI). Navidad, N.L.**

VARIABLE	BTH		BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT
FAMILIAS VS PFPRI	5.542 ** vs 3.450		5.848 ** vs 4.314	11.273 vs 7.765 **	47.9 * vs 44.0	52.0 vs 55.9*	94.8 ** vs 81.1
VARIABLE	RENDG	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
FAMILIAS VS PFPRI	2.275 ** vs 1.659	396 vs 398 ns	63.1 ** vs 61.2	8.9 ** vs 7.5	42.0 ** vs 34.9	32.5 ** vs 26.4	35.1 ** vs 29.4

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

Los resultados de la comparación de las medias de las variables evaluadas entre las familias y sus progenitores femeninos intermedios (PFINT) se presentan en el Cuadro 4.11. En estas comparaciones, se registraron diferencias altamente significativas en las variables ALT y PH, donde las familias registraron en promedio 10% más ALT y 4% más PH. No se registraron diferencias significativas entre los grupos en las variables BTH, BESP, BTOT, % PAJA, % ESPIGA, RENDG, ESP/M<sup>2</sup>, LE, EE, NGE y P1000G, aunque se observó en general una tendencia del grupo de familias a tener mayores valores que el grupo de progenitores en la mayoría de las variables.

**Cuadro 4.11.- Comparación de medias entre las familias F<sub>2:5</sub> y los progenitores femeninos intermedios (PFINT). Navidad, N.L.**

VARIABLE	BTH		BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT
FAMILIAS VS PFINT	5.524 vs 4.611 ns		5.848 vs 5.138 ns	11.273 vs 9.750 ns	47.9 vs 47.4 ns	52.0 vs 54.5 ns	94.8 ** vs 85.8
VARIABLE	RENDG	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
FAMILIAS VS PFINT	2.275 vs 2.465 ns	396 vs 372 ns	63.1 ** vs 60.5	8.9 vs 8.4 ns	42.0 vs 39.2 ns	32.5 vs 34.0 ns	35.1 vs 33.7 ns

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

La comparación de las medias de cada una de las variables en estudio entre las familias y el progenitor masculino de hábito intermedio-invernal (PMII) se presentan en el cuadro 4.12. Se registraron diferencias altamente significativas únicamente en la variable peso hectolítrico (PH), donde las familias registraron en promedio 4% más PH que el progenitor masculino. En este mismo contraste, las familias registraron diferencias significativas en las variables % PAJA (6%), ALT (7%) y LE (9%). No se registraron diferencias significativas entre los grupos para las variables BTH, BESP, BTOT, % ESPIGA, RENDG, ESP/M2, EE, NGE y P1000G.

**Cuadro 4.12.- Comparación de medias entre las familias F<sub>2:5</sub> y el progenitor masculino intermedio-invernal (PMII). Navidad, N.L.**

VARIABLE	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT	
FAMILIAS VS PMII	5.524 vs 4.537 ns	5.848 vs 6.444 ns	11.273 vs 10.981 ns	47.9 * vs 44.9	52.0 vs 59.0 ns	94.8 * vs 88.3	
VARIABLE	RENDG	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
FAMILIAS VS PMII	2.275 vs 2.454 ns	396 vs 388 ns	63.1 vs 66.2 **	8.9 * vs 8.1	42.0 vs 39.0 ns	32.5 vs 28.2 ns	35.1 vs 33.2 ns

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente

En la comparación de medias de las variables estudiadas entre el promedio de las familias y el grupo de progenitores femeninos de hábito primaveral (PFPRI) en la localidad de Zaragoza, Coah. (Cuadro 4.13), se registraron diferencias altamente significativas en las variables BESP, % PAJA, % ESPIGA, ALT, RENDG, PH, EE y P1000G, donde las familias superaron a los progenitores en las variables % PAJA (22%), ALT (8%) y EE (19%). Los progenitores primaverales superaron significativamente a las familias en BESP (46%), % ESPIGA (26%), RENDG (104%), PH (16%) y P1000G (31%). Se registraron diferencias significativas en las variables LE y ESP/M<sup>2</sup>, donde las familias registraron mayor LE (5%) y ESP/M<sup>2</sup> (17%). No se registraron diferencias significativas entre los grupos en las variables BTH, BTOT y NGE.

**Cuadro 4.13.- Comparación de medias entre las familias F<sub>2:5</sub> y los progenitores femeninos primaverales (PFPRI). Zaragoza, Coah**

VARIABLE	BTH		BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT
HIBRIDOS VS HPRI	8.320 vs 7.975 ns		5.834 vs 8.561 **	14.155 vs 16.537 ns	59.0 ** vs 48.2	40.9 vs 51.7 **	128.3 ** vs 118.3
VARIABLE	RENDG	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
HIBRIDOS VS HPRI	1.839 vs 3.756 **	374 vs 441 *	61.0 vs 71.2 **	11.3 * vs 10.7	60.0 ** vs 50.4	40.1 vs 44.2 ns	29.2 vs 38.4 **

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

Los resultados de la comparación de las medias de las variables evaluadas entre las familias y sus progenitores femeninos intermedios (PFINT) se presentan en el cuadro 4.14. En estas comparaciones, se registró diferencia altamente significativa en las variables BESP, BTOT, % PAJA, % ESPIGA, ALT, RENDG, ESP/M<sup>2</sup>, PH, EE y P1000G, ALT y EE, donde el grupo de familias registró en promedio 22% más % PAJA y 13% más ALT que sus progenitores. En este mismo contraste, los progenitores registraron 60% más BESP, 27% más BTOT, 26% más % ESPIGA, 52% más RENDG, 30% más ESP/M<sup>2</sup>, 6% más PH y 21% más P1000G que las familias. No se registraron diferencias significativas entre los grupos para las variables BTH, LE y NGE.

**Cuadro 4.14.- Comparación de medias entre las familias F<sub>2:5</sub> y los progenitores femeninos intermedios (PFINT). Zaragoza, Coah.**

VARIABLE	BTH		BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT
FAMILIAS VS PFINT	8.320 vs 8.703 ns		5.834 vs 9.388 **	14.155 vs 18.092 **	59.0 ** vs 48.3	40.9 vs 51.6 **	128.3 vs 113.3 **
VARIABLE	RENDG	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
FAMILIAS VS PFINT	1.839 vs 2.806 **	374.9 vs 488.8 **	61.0 vs 65.0**	11.3 vs 11.0 ns	60.0 vs 54.3 **	40.1 vs 44.5 ns	29.2 vs 35.6 **

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

La comparación de las medias de cada una de las variables en estudio entre las familias y el progenitor masculino de hábito intermedio-invernal (PMII) se presentan en el cuadro 4.15. Se registraron diferencias significativas entre los grupos en las variables ESP/M<sup>2</sup> y PH, donde el progenitor masculino registró un 32% más ESP/M<sup>2</sup> y 5% más PH que el grupo de familias. No se registraron diferencias estadísticas entre los grupos en las variables BTH, BESP, BTOT, % PAJA, % ESPIGA, ALT, RENDG, LE, EE, NGE y P1000G.

**Cuadro 4.15.- Comparación de medias entre las familias F<sub>2:5</sub> y el progenitor masculino intermedio-invernal (PMII). Zaragoza, Coah.**

VARIABLE	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT	
FAMILIAS VS PMII	8.320 vs 9.333 ns	5.834 vs 7.388 ns	14.155 vs 16.722 ns	59.0 vs 56.4 ns	40.9 vs 43.5 ns	128.3 vs 130.0ns	
VARIABLE	RENDG	ESP/M2	PH	LE	EE	NGE	P1000G
FAMILIAS VS PMII	1.839 vs 1.442 ns	374.9 vs 496.2 *	61.0 vs 64.1*	11.3 vs 11.0 ns	60.0 vs 61.0 ns	40.1 vs 38.0 ns	29.2 vs 27.5 ns

ns = no significativo, \* significativo al 5% y \*\*altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

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

Para la variable BTOT, el genotipo 17 (AN-38 x ABT), registró el máximo valor (20.556 t ha<sup>-1</sup>) y reportó una heterosis de 88.7% y una heterobeltiosis de 87.1%. Sus progenitores (AN-38 y ABT), registraron valores de 10.796 y 10.982 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para la variable altura de planta (ALT), el mismo genotipo 17 (AN-38 x ABT), registró una altura de 116.6 cm, y reportó una heterosis de 35.8% y una heterobeltiosis de 32.0%. Sus progenitores registraron respectivamente 83.3 y 88.3 cm, para AN-38 y ABT, respectivamente. Para rendimiento de grano (RENDG), este mismo genotipo 17 (AN-38 x ABT), rindió 3.131 t ha<sup>-1</sup>, y registró una heterosis de 24.0% y una

heterobeltiosis de 14.8%. Sus progenitores (AN-38 y ABT), registraron rendimientos de 2.7 y 2.4 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para ESP/M<sup>2</sup>, el genotipo 17 (AN-38 x ABT), que registró 524 espigas/m<sup>2</sup>, reportó una heterosis de 30.3% y una heterobeltiosis de 26.2%. Sus progenitores (AN-38 y ABT), registraron 415 y 389 espigas/m<sup>2</sup>, respectivamente. En el caso de la variable PH, el genotipo 27 (AN-105 x ABT), registró 67.9 kg/hl, y reportó una heterosis de 12.4% y una heterobeltiosis de 11.8%. Sus progenitores (AN-105 y ABT), registraron 60.7 y 60.2 kg/hl, respectivamente. Para la variable granos/espiga (NGE) el genotipo 17 (AN-38 x ABT), registró 40.4 granos/espiga y reportó una heterosis de 27.4% y una heterobeltiosis de 14.7%. Sus progenitores registraron 35.2 y 28.2 granos por espiga, respectivamente. Para el peso de 1000 granos (P1000G), el genotipo 40 (AN-105 x ABT), registró el máximo valor (43.5 g) y reportó una heterosis de 27.1% y una heterobeltiosis de 23.5%. Sus progenitores registraron rendimientos de 35.2 y 33.2 g, respectivamente. En esta localidad, adicionalmente se calculó el porcentaje de familias por cada craza que exhibieron heterosis y heterobeltiosis para las variables anteriormente mencionadas, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.16.

**Cuadro 4.16.- Porcentaje de familias F<sub>2:5</sub> que registraron heterosis y heterobeltiosis positiva en las variables estudiadas en Navidad, N.L.**

Navidad, N.L.									
Cruza	Familias (n)		BTOT	ALT	RENDG	ESP/M <sup>2</sup>	PH	NGE	P1000G
AN-137 x ABT	4	Ht	75.0	100.0	50.0	50.0	50.0	100.0	75.0
		Hbt	25.0	100.0	0.0	25.0	25.0	100.0	75.0
AN-38 x ABT	17	Ht	64.7	94.1	64.7	58.8	35.2	76.4	70.5
		Hbt	64.7	82.3	58.8	52.9	17.6	17.6	70.5
AN-105 x ABT	22	Ht	63.6	86.3	22.7	45.4	45.4	68.1	81.8
		Hbt	22.7	86.3	9.0	18.1	4.5	45.4	59.0
AN-123 x ABT	1	Ht	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	100.0	0.0
		Hbt	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0

\*\* Ht: Heterosis; Hbt: Heterobeltiosis

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

Para la variable BTOT, el genotipo 16 (AN-38 x ABT), registró el máximo valor en esta localidad ( $20.666 \text{ t ha}^{-1}$ ) y reportó una heterosis de 10.7% y una heterobeltiosis de 0.4%. Sus progenitores registraron rendimientos de 20.500 y  $16.700 \text{ t ha}^{-1}$ , para AN-38 y ABT, respectivamente. Para altura de planta (ALT), el genotipo 41 (AN-105 X ABT), registró la máxima altura (140.3 cm) y reportó una heterosis de 14.5% y una heterobeltiosis de 22.0%. Sus progenitores registraron una altura de 115.0 y 130.0 cm, para AN-105 y ABT, respectivamente. Para la variable rendimiento de grano (RENDG), el genotipo 16 (AN-38 x ABT) registró un rendimiento de grano de 3.095 y reportó la máxima heterosis y heterobeltiosis (41.0 y 5.5%, respectivamente). Sus progenitores rindieron  $2.932$  y  $1.442 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente. Para el número de espigas por  $\text{m}^2$  (ESP/M) y peso hectolítrico (PH), ninguna familia registró heterosis. Para la variable número de granos/espiga (NGE), el genotipo 5 (AN-38 x ABT), registró el máximo valor (53.9 granos/espiga) y reportó valores de heterosis y heterobeltiosis de 32.7 y 24.7%, respectivamente. Sus progenitores registraron 43.2 y 38.0 granos/espiga, para AN-38 y ABT, respectivamente. Para P1000G, el genotipo 38 (AN-105 x ABT), registró el máximo valor (42.9 g) y reportó una heterosis de 35.7% y una heterobeltiosis de 19.8%. Sus progenitores registraron 35.8 y 27.5 g, para AN-105 y ABT, respectivamente. Adicionalmente se calculó el porcentaje de familias por cada cruce que en esta localidad exhibieron heterosis y heterobeltiosis para las variables anteriormente mencionadas, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.17.

**Cuadro 4.17.- Porcentaje de familias F<sub>2:5</sub> que registraron heterosis y heterobeltiosis positiva en las variables estudiadas en Zaragoza, Coah.**

Zaragoza, Coah.									
Cruza	Familias (n)		BTOT	ALT	RENDG	ESP/M <sup>2</sup>	PH	NGE	P1000G
AN-137 x ABT	4	Ht	50.0	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0	50.0
		Hbt	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AN-38 x ABT	17	Ht	11.7	94.1	35.2	17.6	0.0	35.2	17.6
		Hbt	5.8	35.2	5.8	5.8	0.0	23.5	0.0
AN-105 x ABT	22	Ht	13.6	95.4	13.6	4.5	13.6	27.2	27.2
		Hbt	9.0	31.8	9.0	0.0	4.5	4.5	13.6
AN-123 x ABT	1	Ht	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0	100.0
		Hbt	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0

\*\* 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 (Cuadro 4.18), arrojaron los siguientes resultados: en la localidad de Navidad, N.L. las variables relacionadas positiva y significativamente con el rendimiento de biomasa total (BTOT) fueron ALT y ESP/M<sup>2</sup> ( $r = 0.66$  y  $0.41$ , respectivamente). Adicionalmente estuvo relacionada positiva y significativamente con la característica antes mencionada la variable RENDG ( $r = 0.48$ ). Con respecto al rendimiento de grano, las variables positiva y significativamente más relacionadas fueron BTOT, ALT y NGE ( $r = 0.56$ ,  $0.35$  y  $0.42$ , respectivamente).



En Zaragoza, Coah., la variable relacionada positiva y significativamente con BTOT fue ESP/M<sup>2</sup> (r = 0.86). Además estuvo relacionada positiva y significativamente con la característica antes mencionada la variable RENDG (r = 0.53). Para el rendimiento de grano (RENDG), las variables positiva y significativamente más relacionadas fueron ESP/M<sup>2</sup>, PH, NGE y P1000G (r = 0.41, 0.69, 0.41 y 0.74, respectivamente). En esta localidad, la altura de planta no estuvo positivamente asociada al rendimiento de grano.

**Cuadro 4.18.- Resultados de los análisis de correlación entre las variables estudiadas en Navidad, N.L. y Zaragoza, Coah.**

Variable	BTH	BESP	BTOT	% PAJA	% ESPIGA	ALT	RENDG	Esp/M <sup>2</sup>	PH	LE	EE	NGE	P 1000G
BTH		0.78 *	0.95 *	0.50 *	-0.50 *	0.66 *	0.48 *	0.41 *	0.21 ns	0.39 *	0.42 *	0.50 *	0.22 ns
BESP	0.59 *		0.94 *	-0.10 *	0.10 ns	0.39 *	0.59 *	0.69 *	0.25 ns	0.15 ns	0.24 ns	0.46 *	0.15 ns
BTOT	0.86 *	0.92 *		0.20 ns	-0.20 ns	0.57 *	0.56 *	0.57 *	0.24 ns	0.29 *	0.36 *	0.51 *	0.20 ns
% PAJA	-0.00 ns	-0.80 *	-0.50 *		-1.0 *	0.49 *	0.01 ns	-0.29 *	-0.02 ns	0.46 *	0.41 *	0.21 ns	0.18 ns
% ESPIGA	0.00 ns	0.80 *	0.50 *	-1.0 *		-0.49 *	-0.01 ns	0.29 *	0.02 ns	-0.46 *	-0.41 *	0.21	0.18 ns
ALT	0.21 ns	-0.39 *	-0.14 ns	0.63 *	-0.63 *		0.35 *	0.02 ns	0.25 *	0.46 *	0.45 *	0.49 *	0.28 *
RENDG	0.17 ns	0.71 *	0.53 *	-0.77 *	0.77 *	-0.43 *		0.31 *	0.08 ns	-0.02 ns	0.19 ns	0.42 *	0.11 ns
ESP/M <sup>2</sup>	0.69 *	0.83 *	0.86 *	-0.50 *	0.50 *	-0.23 ns	0.41 *		0.16 ns	-0.17 ns	-0.12 ns	0.09 ns	-0.35 *
PH	-0.18 ns	0.47 *	0.20 ns	-0.69 *	0.69 *	-0.36 *	0.69 *	0.14 ns		-0.09 ns	-0.15 ns	0.01 ns	0.33 *
LE	0.11 ns	-0.16 ns	-0.05 ns	0.26 ns	-0.26 ns	0.29 *	-0.28 *	-0.23 ns	-0.43 *		0.77 *	0.50 *	0.36 *
EE	0.05 ns	-0.35 *	-0.19 ns	0.44 *	-0.44 *	0.40 *	-0.45 *	-0.23 ns	-0.57 *	0.64 *		0.66 *	0.18 ns
NGE	-0.04 ns	0.34 *	0.20 ns	-0.49 *	0.49 *	-0.22 ns	0.41 *	0.01 ns	0.29 *	0.27 *	0.10 ns		0.17 ns
P1000G	-0.05 ns	0.56 *	0.33 *	0.73 *	0.73 *	-0.34 *	0.74 *	0.14 ns	0.73 *	-0.24 ns	-0.53 *	0.40 *	

\*\*\* Navidad, N.L.; \*\*\* Zaragoza, Coah; \* : significativo a P < 0.05; ns: no significativo.

## DISCUSIÓN

Las diferencias estadísticas detectadas en los análisis de varianza entre los tratamientos en cada una de las localidades de 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*).

En ambas localidades, un importante porcentaje de las familias mostraron valores significativamente mayores que sus progenitores en la mayoría de las variables estudiadas, particularmente en la cruce AN-38 x ABT, (Cuadros 4.16 y 4.17), lo que fue también confirmado por los resultados de los contrastes ortogonales entre el promedio de las familias sin importar su cruce y sus progenitores agrupados por hábito de crecimiento (primaverales, intermedios e intermedio-invernal), (Cuadros 4.10 – 4.15). 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 detectadas en los análisis combinados para la totalidad de las variables, excepto para la variable  $ESP/M^2$ , que no reportó diferencias entre las localidades (Cuadro 4.6), 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 (BTH, BESP, BTOT y ALT), 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, la localidad de Zaragoza registró una menor expresión de las variables que inciden en el mismo (PH y P1000G, Cuadro 4.6) en comparación con la localidad de Navidad, N.L., debido principalmente a la susceptibilidad de algunas de las familias  $F_{2:5}$  y del progenitor masculino (ABT) al ataque de la roya de la hoja (dato no presentado) que se registró en la fase final del ciclo del cultivo (etapa de floración-llenado de grano) de los materiales, que disminuyó en forma importante el rendimiento de grano (dato no presentado), independientemente de la mayor expresión en esta localidad de las variables que inciden en una mayor de acumulación de biomasa (ALT, BTH, BESP, BTOT, Cuadro 4.6) en comparación con la localidad de Navidad, N.L., donde normalmente no existen las condiciones ambientales (alta humedad y temperatura) que favorecen el desarrollo de epifitias como las que generalmente se presentan al final del ciclo de cultivo (Abril-Mayo) en Zaragoza, Coah. Asimismo, la significancia encontrada en la interacción localidades x genotipos para la mayoría de las variables que inciden en la acumulación de biomasa y el rendimiento de grano (Cuadro 4.5), indicó el comportamiento diferencial de los genotipos al evaluarlos en ambientes contrastantes.

De acuerdo 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  $F_1$ , se detectaron las tendencias siguientes: en la localidad de Navidad, N.L., se registraron los mayores valores, principalmente en las familias pertenecientes a la cruce AN-38 x ABT, y particularmente en las variables ALT, BTOT, RENDG, NGE y P1000G (Cuadro 4.16). En Zaragoza, Coah., los mayores valores de heterosis y heterobeltiosis se registraron en las variables ALT, NGE y BTOT (Cuadro 4.17), y al igual que en Navidad, N.L., mayormente en las familias provenientes de la cruce AN-38 x ABT. Los valores de heterosis encontrados en este estudio para rendimiento de grano fueron superiores a las estimaciones de Oettler *et al* (2003), que reportó un 10.1% de superioridad de rendimiento en 24 híbridos  $F_1$  en triticales invernal; 9.5% en 31 híbridos de triticales de hábito primaveral (Pfeiffer *et al.*, 1998) y 10.5% en seis híbridos de triticales invernal 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 primaveral (5.2%).

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 (> 60 %) 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, la etapa fenológica de aproximadamente el 20 % de las familias evaluadas en el período de espigamiento-floración fue similar a

la registrada por los progenitores y testigos de hábito primaveral e intermedio, siendo en este caso una ventaja, ya que de las familias sobresalientes para producción de biomasa y rendimiento de grano es posible derivar líneas con una mayor biomasa y rendimiento de grano con una duración del ciclo de cultivo igual o menor que sus progenitores, particularmente si se comparan con el progenitor tardío de hábito intermedio-invernal. Por otra parte, aproximadamente un 20 % de las familias fueron igual o más tardías que el progenitor, lo que puede presuponer una desventaja al derivar líneas de estas familias, independientemente de su nivel de susceptibilidad a las enfermedades. Independientemente de las anteriores consideraciones, 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 mismos 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  $F_1$  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).

Las correlaciones fenotípicas positivas y significativas encontradas entre las variables que inciden en el rendimiento de biomasa y grano en este estudio en ambas localidades permiten inferir que se pueden seleccionar genotipos de alta producción de biomasa y grano basándose en las significativas y positivas correlaciones con el rendimiento de biomasa (BTOT) y grano (RENDG), además de la relación positiva entre BTOT y RENDG con ESP/M<sup>2</sup>. Independientemente de las relaciones positivas entre el rendimiento de grano con la biomasa total (BTOT), la mayor producción de grano estuvo también positiva y significativamente relacionada con tres variables en ambas localidades: NGE, PH y P1000G, pudiéndose realizar selección indirecta para rendimiento de grano utilizando las variables mencionadas.

## CONCLUSIONES

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

- Una importante proporción de las familias  $F_{2:5}$  registraron superioridad con respecto a sus progenitores en los parámetros que miden la capacidad de acumulación de materia seca, como son el rendimiento de biomasa total y la altura de planta, así como el rendimiento de grano, confirmando los posibles efectos de heterosis y heterobeltiosis, lo cual es un aspecto importante en el desarrollo de nuevas variedades más productivas.
- Los porcentajes de superioridad de las familias  $F_{2:5}$  sobre sus progenitores (heterosis y heterobeltiosis) para las variables que inciden en la producción de biomasa (BTH, BESP, BTOT y ALT), mostraron que en forma general, los valores fueron mayores bajo condiciones óptimas, como las registradas en la localidad de Zaragoza, Coah.

- Independientemente de la mayor expresión de las variables que inciden en la producción de biomasa, las altas temperaturas y la incidencia de roya de la hoja en la localidad de Zaragoza, Coah., además del ciclo tardío de aproximadamente el 30 % de las familias, no permitió una mayor expresión del rendimiento de grano y sus componentes, particularmente en comparación con los progenitores primaverales e intermedios, lo que afectó los valores de heterosis y heterobeltiosis.
  
- La positiva y significativa correlación registrada entre la producción de biomasa (BTOT) y el rendimiento de grano en ambas localidades puede permitir la selección de genotipos con alta producción de biomasa para fines forrajeros o de biocombustible, aunada a una adecuada producción de semilla.



## 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. 5<sup>th</sup> Int. Triticale Symp. Vol. I. Radzików, Poland*. pp. 217-2222.
- 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 4<sup>th</sup> 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 5<sup>th</sup> International Triticale Symposium. Vol. II. Radzików, Poland. pp. 325-331.
- CIMMYT. 2004. Triticale help farmers to diversify. El Batán, Mexico. Available: [www.cimmyt.org/whatisimmyt/recent\\_ar/D\\_support/triticale.htm](http://www.cimmyt.org/whatisimmyt/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. Jaquierey, and A. Fossati, 1998: Agronomical performance of triticale F1 hybrids. In: *Proceedings of the 4<sup>th</sup> 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 5<sup>th</sup> 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 5<sup>th</sup> 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, R.H., J.H. Lonquist, 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 triticales. In: P. Juskiw, editor. *Proc 4<sup>th</sup> 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 triticales 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 triticales. *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 triticales: 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 dialélico 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 triticales hybrids. Vol. .In *Proc. 4<sup>th</sup> 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 triticales hybrids. In: E. Arseniuk, editor. *Proc 5<sup>th</sup> 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 triticale-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 triticale, 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 triticale: 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 triticale 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 triticales- prospects for research and breeding- Part I: Why hybrid? Vol. I. In Proc. 5<sup>th</sup> 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 triticales 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 triticales 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

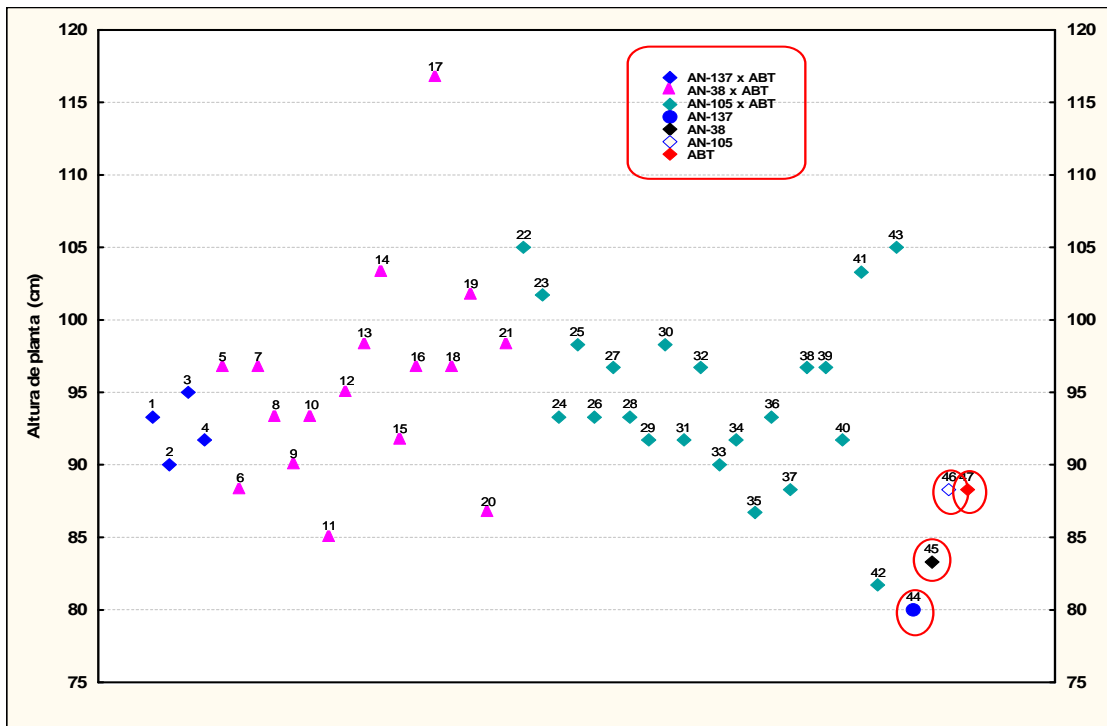


Figura 1.- Rendimiento de paja total de las familias F<sub>2:5</sub> en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

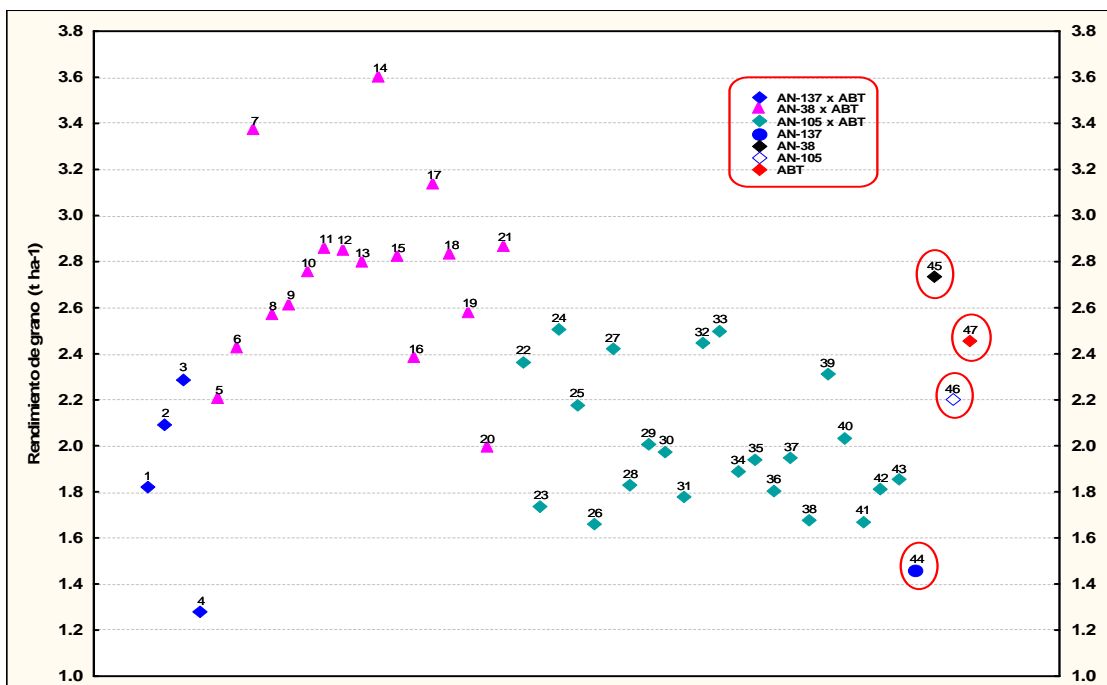


Figura 2.- Rendimiento de grano de las familias F<sub>2:5</sub> en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

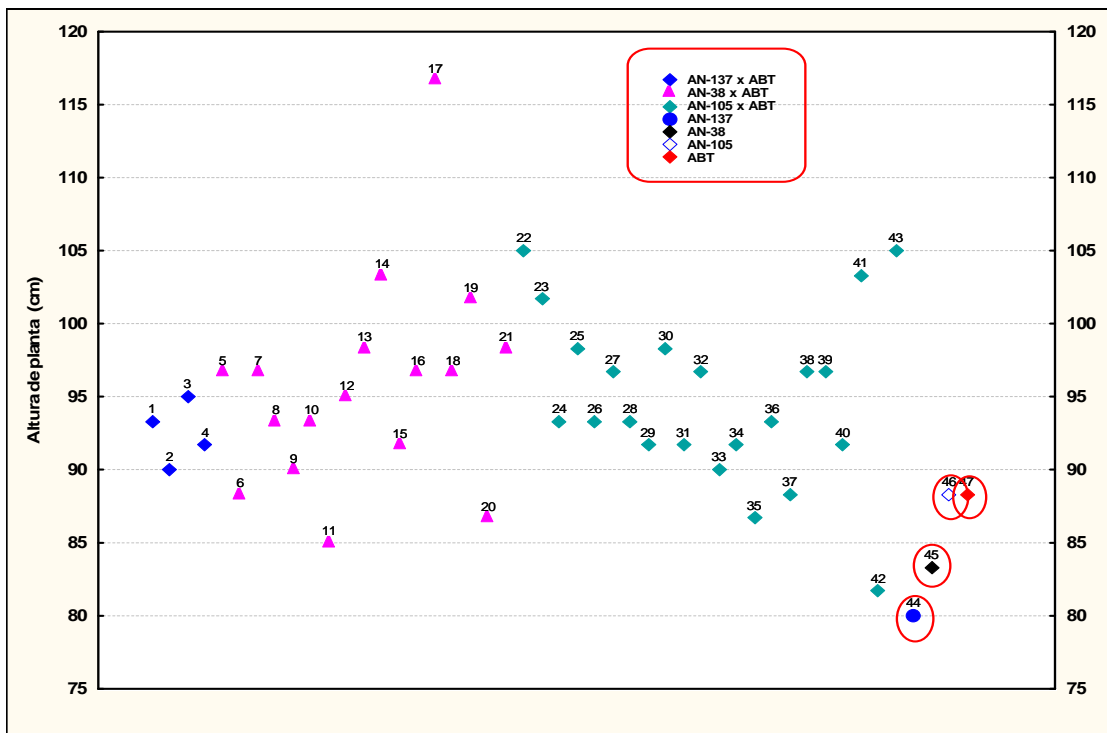


Figura 3.- Altura de planta de las familias  $F_{2:5}$  en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

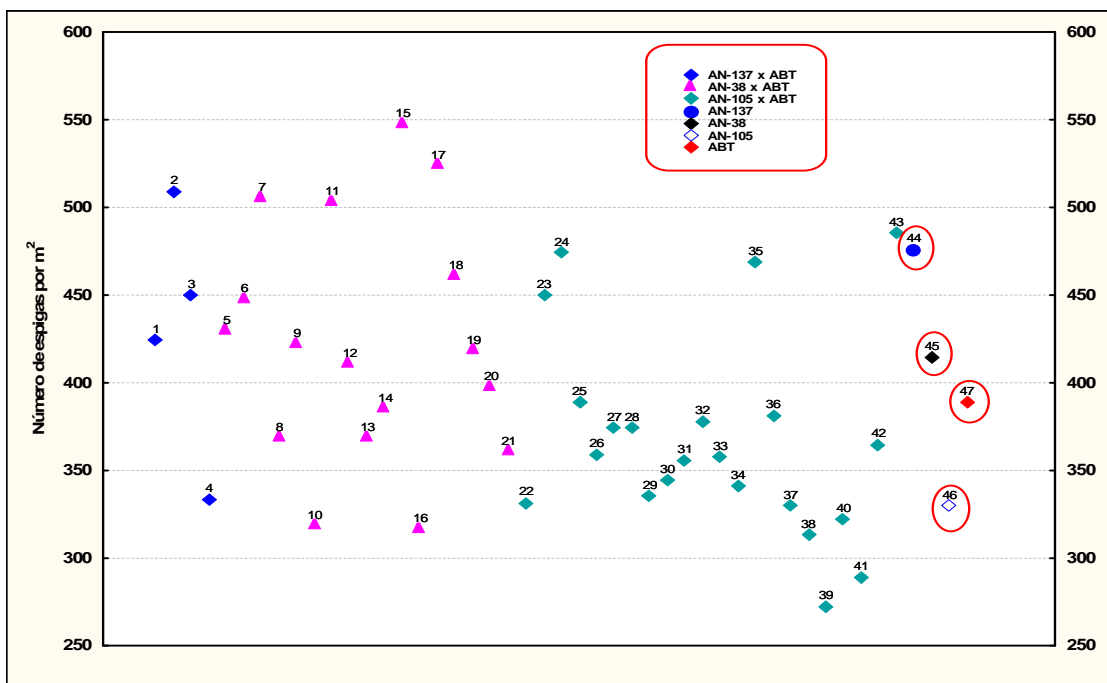


Figura 4.- Número de espigas por  $m^2$  de las familias  $F_{2:5}$  en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.



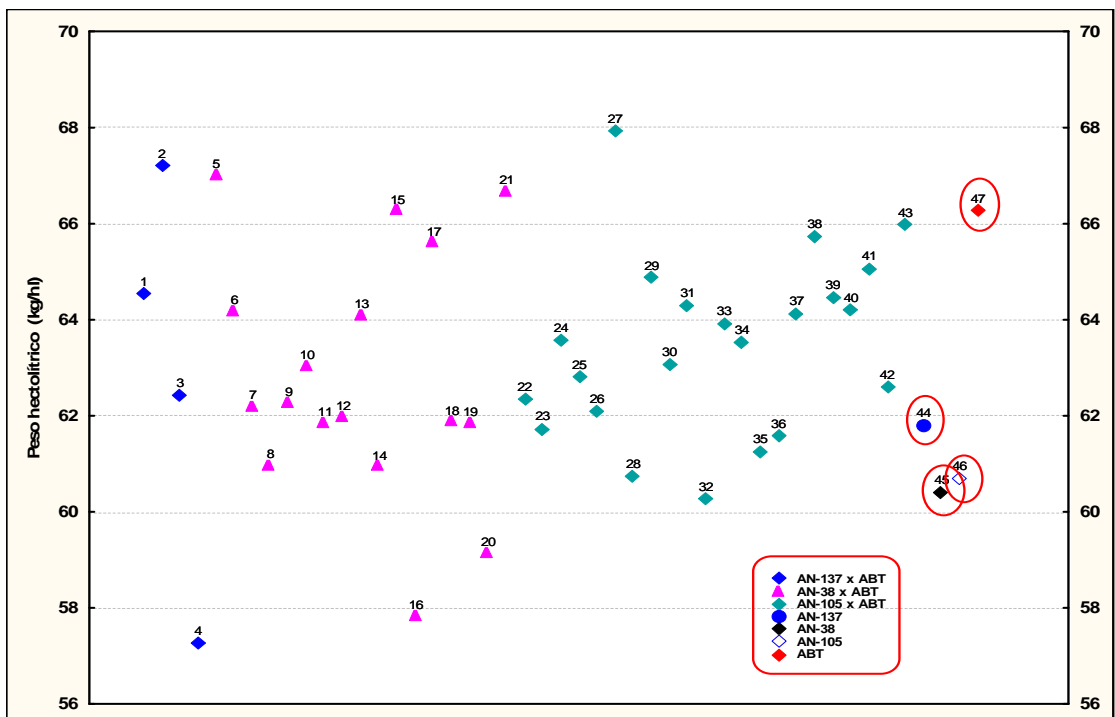


Figura 5.- Peso hectolítico de las familias  $F_{2.5}$  en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

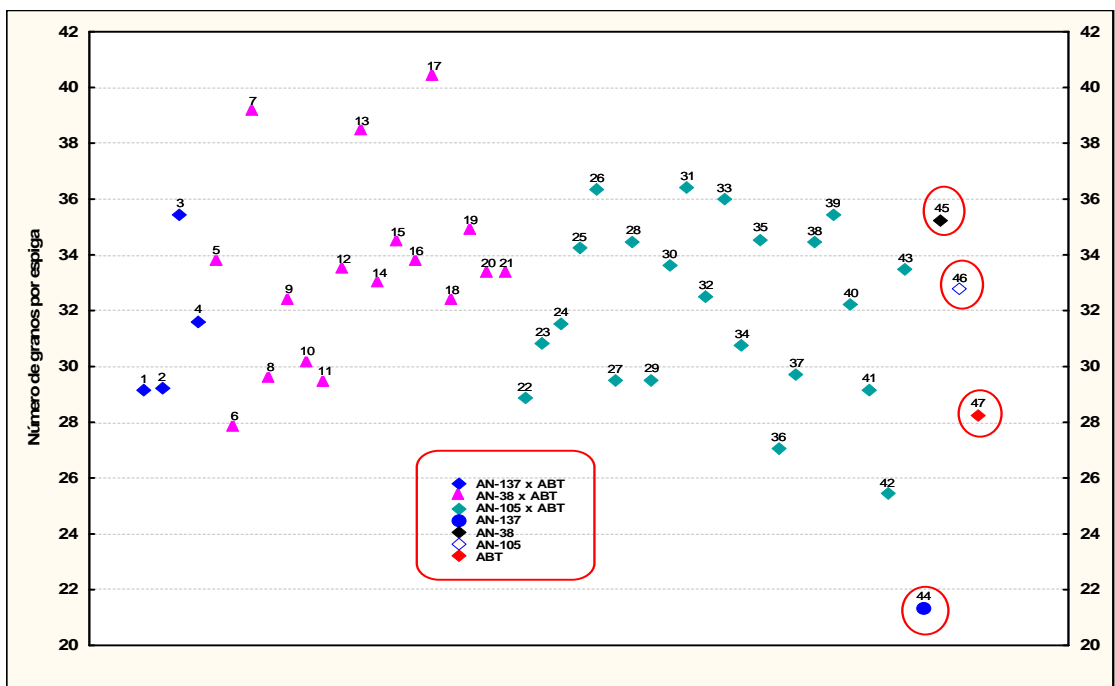


Figura 6.- Número de granos/espiga de las familias  $F_{2.5}$  en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

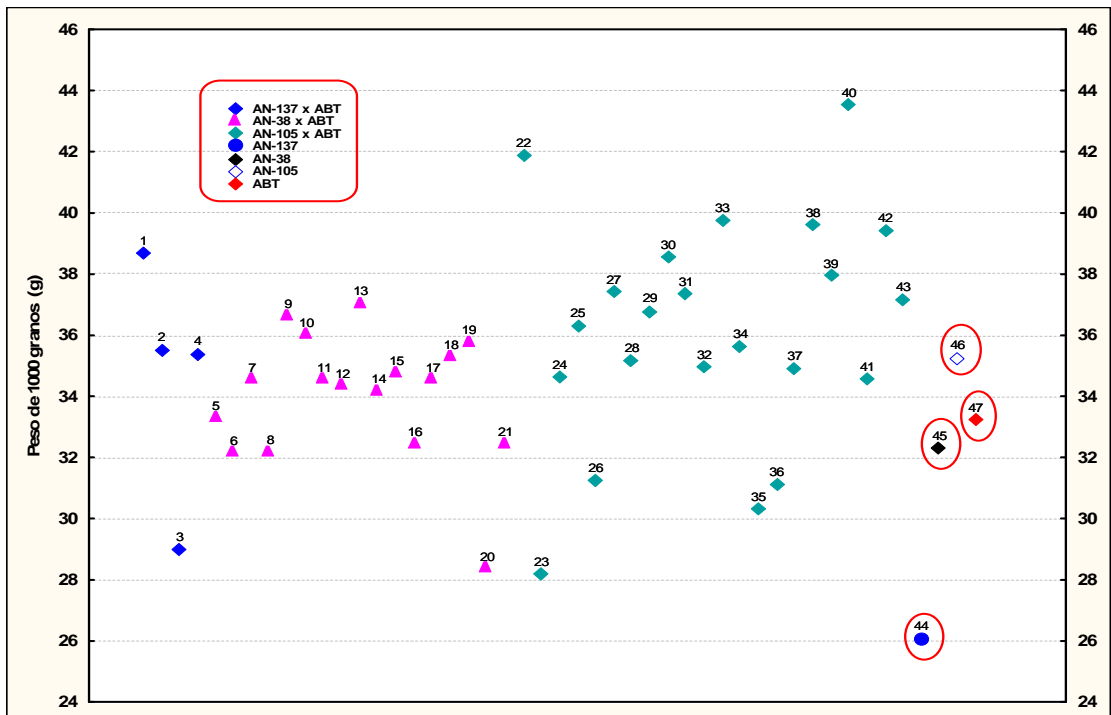


Figura 7.- Peso de 1000 granos de las familias F<sub>2:5</sub> en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

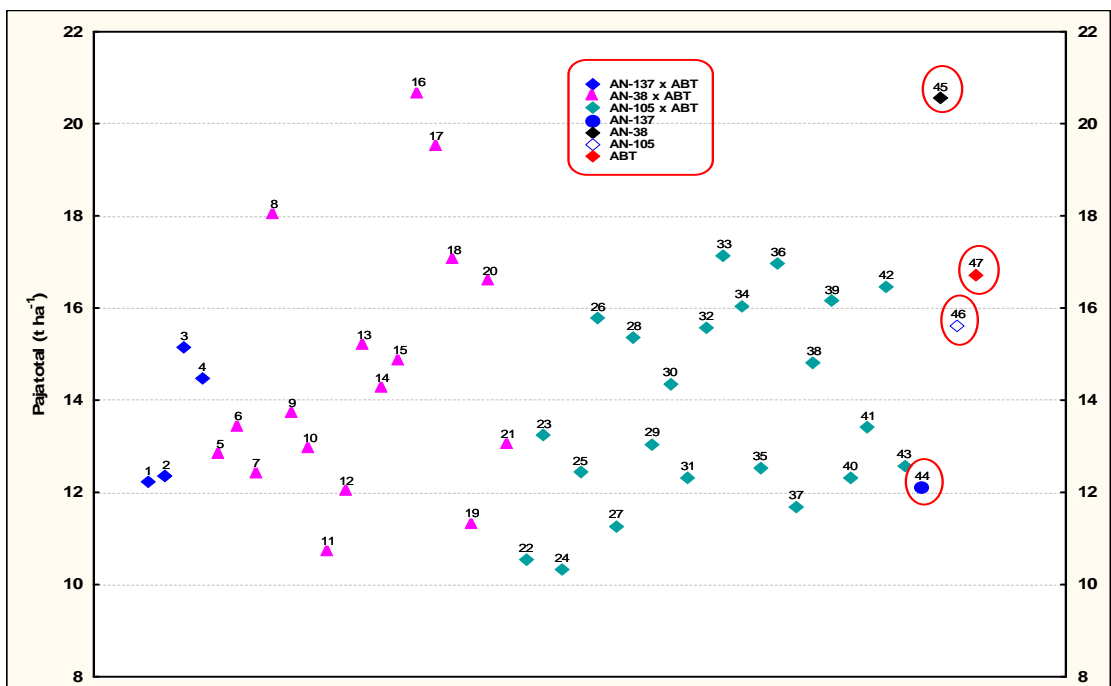


Figura 8.- Rendimiento de paja total de las familias F<sub>2:5</sub> en comparación con sus progenitores en Zaragoza, Coah.

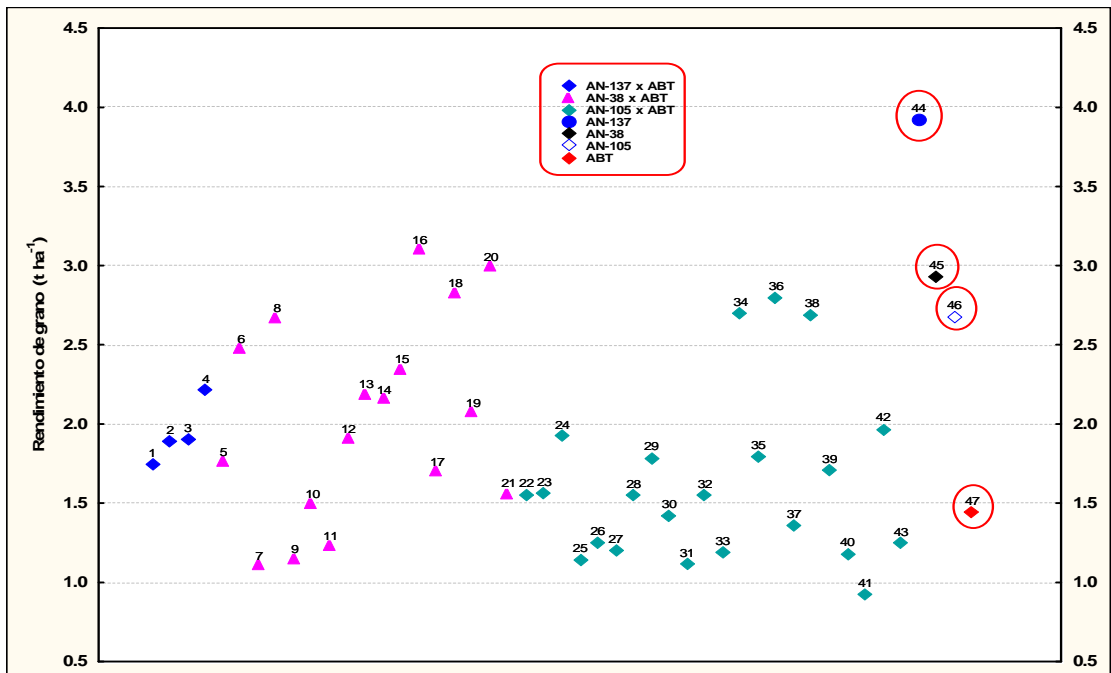


Figura 9.- Rendimiento de grano de las familias F<sub>2:5</sub> en comparación con sus progenitores en Zaragoza, Coah.

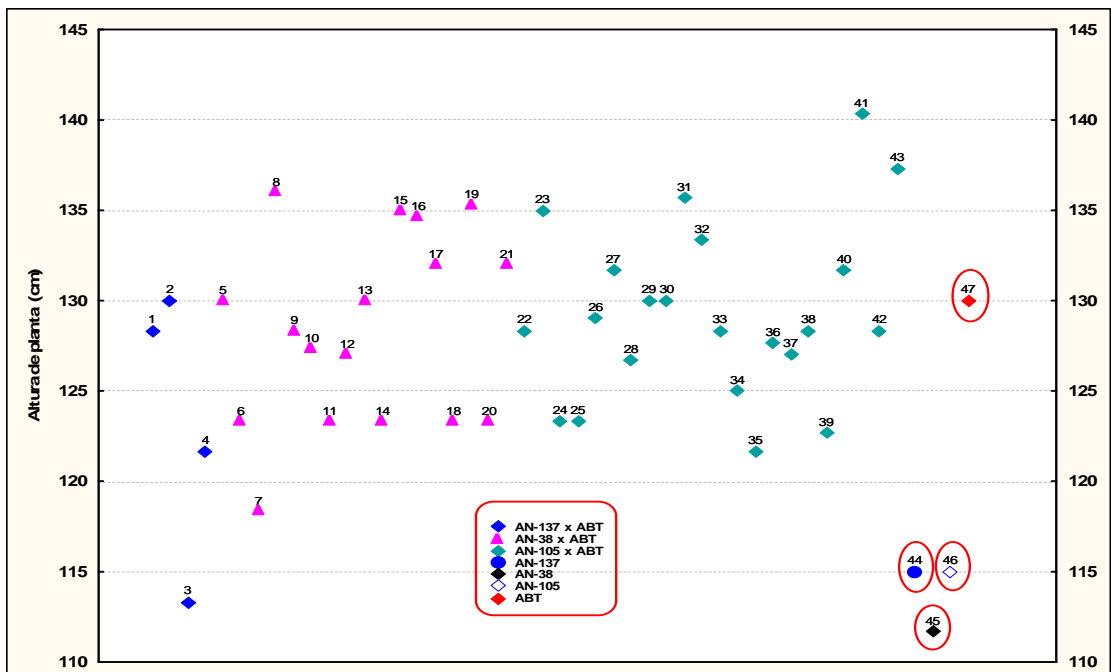


Figura 10.- Altura de planta de las familias F<sub>2:5</sub> en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

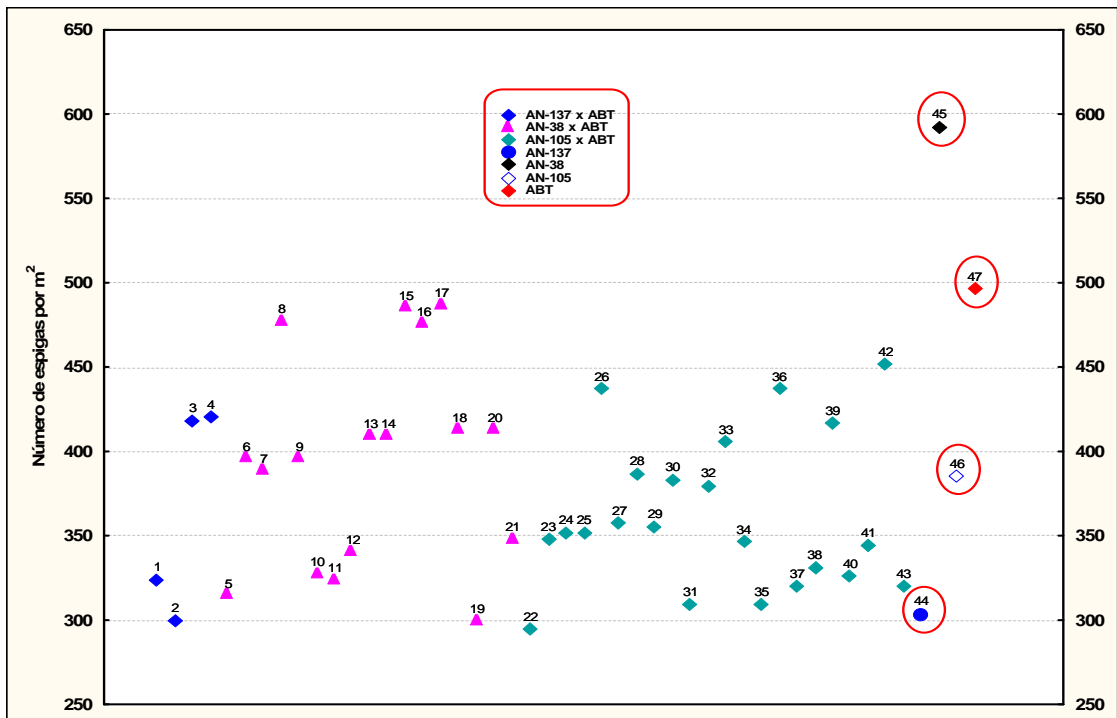


Figura 11.- Número de espigas por m<sup>2</sup> de las familias F<sub>2:5</sub> en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

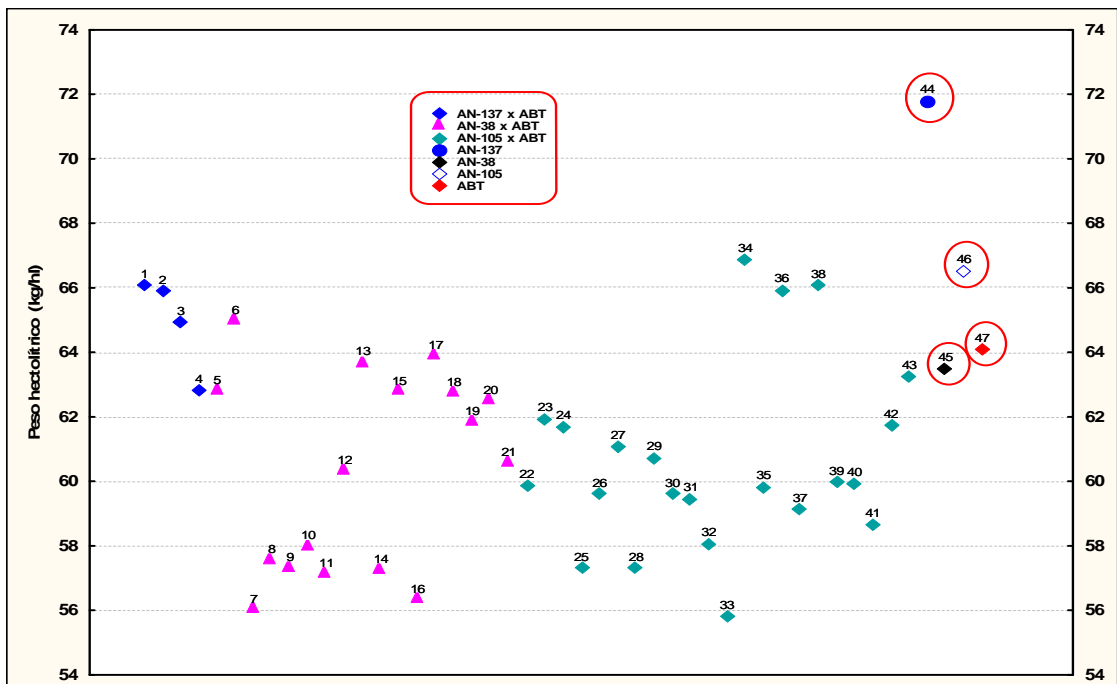


Figura 12.- Peso hectolítico de las familias F<sub>2:5</sub> en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

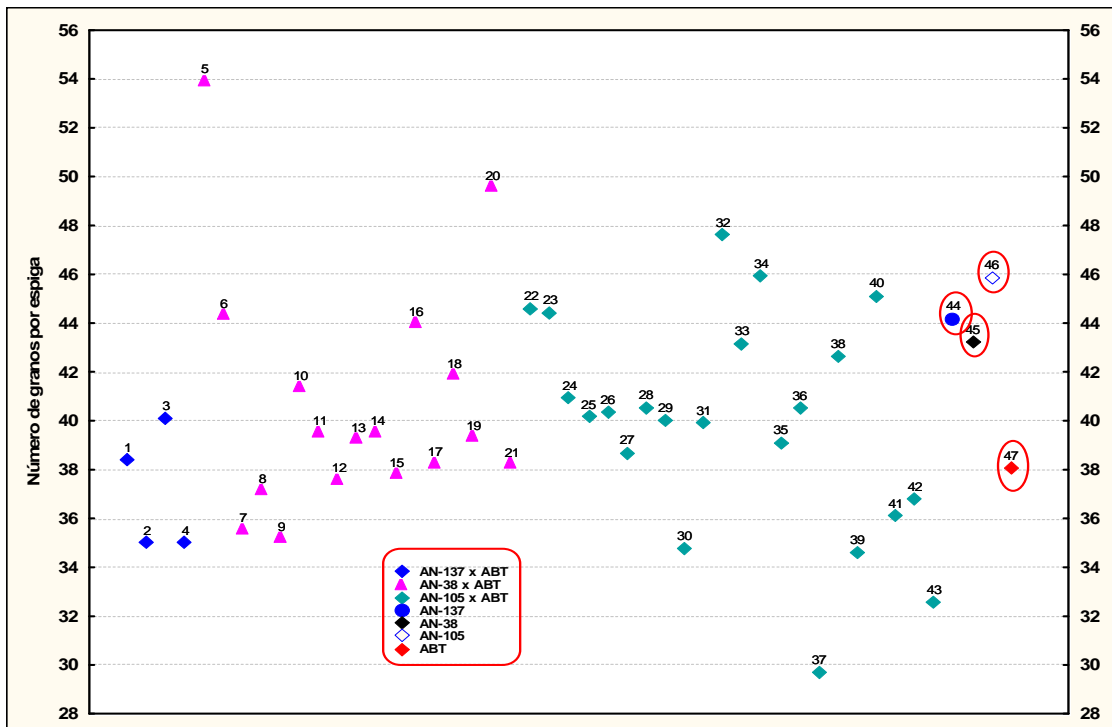


Figura 13.- Número de granos/espiga de las familias  $F_{2:5}$  en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.

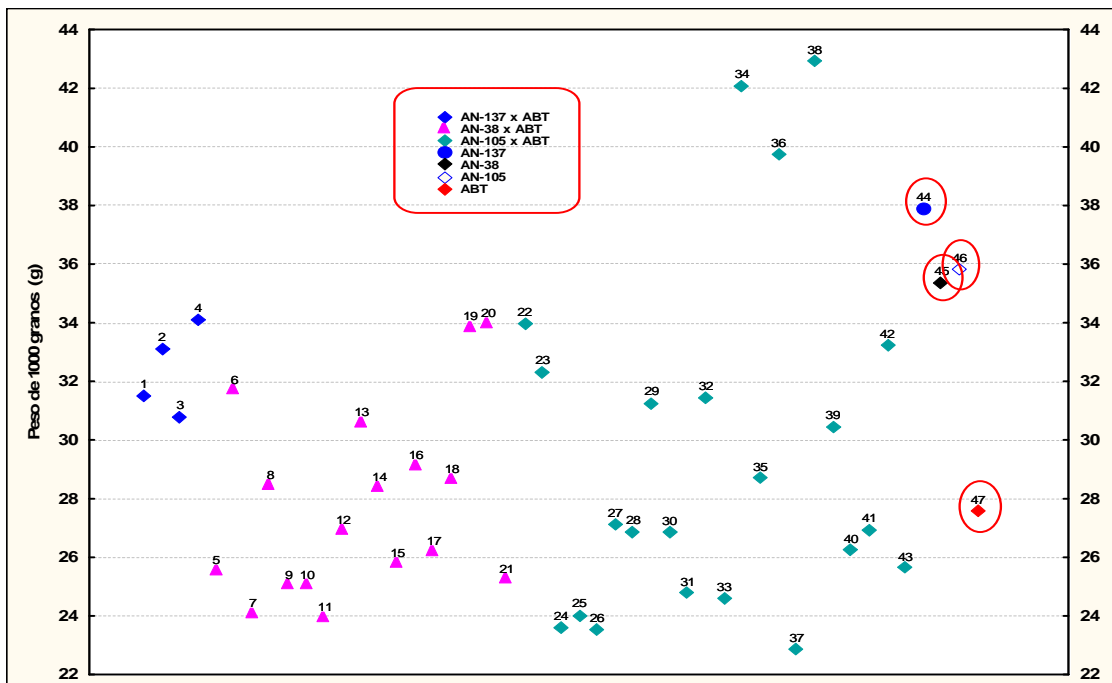


Figura 14.- Peso de 1000 granos de las familias  $F_{2:5}$  en comparación con sus progenitores en Navidad, N.L.