

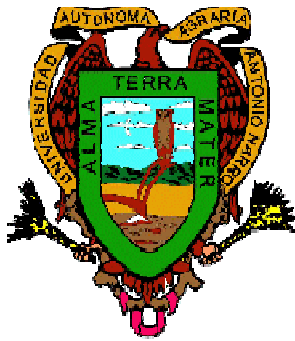
**HETEROSIS Y ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN HÍBRIDOS F<sub>1</sub> DE  
TRITICALE FORRAJERO (*X. Triticosecale* Wittmack) BAJO  
CONDICIONES DE RIEGO NORMAL Y RESTRINGIDO**

DIEGO BARBOZA RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para  
obtener el grado de:

Maestro en Ciencias  
en Fitomejoramiento



Universidad Autónoma Agraria  
" Antonio Narro "

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Julio 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
" ANTONIO NARRO "

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

HETEROSIS Y ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN HÍBRIDOS F<sub>1</sub> DE  
TRITICALE FORRAJERO (*X. Triticosecale* Wittmack) BAJO  
CONDICIONES DE RIEGO NORMAL Y RESTRINGIDO

TESIS

Por:

DIEGO BARBOZA RODRÍGUEZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada  
como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

Aprobada

Comité Particular

---

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río  
Asesor Principal

---

Dr. Víctor Manuel Zamora Villa  
Asesor

---

Dr. Fernando Borrego Escalante  
Asesor

---

Dr. Mario E. Vázquez Badillo  
Asesor

---

Dr. Luis Ibarra Jiménez  
Asesor

---

Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Julio de 2009

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios: Por darme la oportunidad de terminar mis metas, objetivos y propósitos en esta etapa de mi vida.*

*A la gloriosa "Alma Mater" por formarme como profesional en Agronomía.*

*Al Dr. Alejandro Javier Lozano del Río con profundo respeto y admiración por la oportunidad que me brindó para la realización de esta investigación., por sus enseñanzas, consejos, amistad incondicional y por el gran espíritu de superación que lo caracteriza.*

*Al Comité de Asesores: Dr. Fernando Borrego Escalante, Dr. Víctor M. Zamora Villa, Dr. Mario A. Vázquez Badillo y Dr. Luis Ibarra Jiménez, por la revisión, las aportaciones y orientación para la terminación de esta investigación.*

*Al Ing. Raul Gandara por el apoyo en los trabajos de campo y en la formación de las cruas.*

*A los trabajadores del Programa de Cereales de la UAAAN, Enrique Morales Herrera y Jesús Rodríguez Ruiz, por el gran apoyo en los muestreos y trabajo de campo.*

*Al M.C. Eduardo Treviño López por el apoyo en el establecimiento del sistema de riego en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).*

## **DEDICATORIA**

*A Dios por llenar mi vida de bendiciones hoy y siempre.*

*Especialmente a mis padres: Manuel Barboza Rodríguez y Ofelia Rodríguez Ayala, lo que soy se lo debo a ustedes, gracias familia de todo corazón con amor y respeto por darme la más grande de las herencias familiares llamada profesión.*

*A la memoria de mis abuelos: (†) Gabino, Isabel, Maura y María Isabel gracias por todas sus enseñanzas.*

*A todos mis hermanos, Saúl, Herlinda, Rafael, Lázaro, Gloria, Gustavo, Mauricio, Laura, Gaby y Cesar por el cariño que nos tenemos.*

*A mi esposa e hijos: Dora Elia, Osvaldo, Kevin, (†) Roberto Carlos y Ximena con amor y cariño.*

*A la familia Rodríguez Delgado por todas sus atenciones.*

*A mis compañeros de generación: Esthela López, José Manuel Alcalá, Aimer Hernández y Rigoberto Sánchez. Por los retos que enfrentamos juntos, de todo corazón les deseo lo mejor en la vida.*

## COMPENDIO

HETEROSIS Y ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN HÍBRIDOS F<sub>1</sub> DE TRITICALE FORRAJERO (*X. Triticosecale* Wittmack) BAJO CONDICIONES DE RIEGO NORMAL Y RESTRINGIDO

POR

Diego Barboza Rodríguez

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. JULIO DE 2009

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río – Asesor

Palabras clave: Triticale forrajero, híbridos, heterosis, heterobeltiosis  
tratamientos de riego, rendimiento de forraje seco, tasa de crecimiento.

El objetivo del presente estudio fue estimar la heterosis y la heterobeltiosis en cinco híbridos de triticale forrajero en diferentes variables agronómicas, fisiológicas y de crecimiento, documentando además las características y distribución del aparato fotosintético y su eficiencia en la acumulación de materia seca en los híbridos y sus progenitores por medio de análisis de crecimiento bajo riego normal y restringido en una localidad del norte de México. Los experimentos se establecieron en el mes de Enero de 2008, utilizándose un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizaron cuatro muestreos destructivos a los 75, 87, 102 y 115 días después de la siembra (dds). Se estimó la heterosis y la heterobeltiosis para peso seco de planta (PSTOT), altura de planta (ALTURA), rendimiento de forraje seco (RFS), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), relación de área foliar (RAF) y relación de peso foliar (RPF). En promedio de los muestreos y los tratamientos de riego, los híbridos superaron a los progenitores en ALTURA (>14.7%), PSTOT (>30.8%), RFS (>30.8%), TCC (>48.3%), TAN (>29.4) y IAF (>5.5%). Los progenitores superaron a los híbridos en RAF (>12.8%) y RPF (>13.1%). El AFE fue similar entre híbridos y progenitores. Se concluye que los híbridos mostraron efectos significativos de heterosis y heterobeltiosis y fueron más eficientes en la acumulación de materia seca que sus progenitores y pueden utilizarse en forma comercial directamente o derivando líneas de las cruas sobresalientes.

## **ABSTRACT**

HETEROSIS AND GROWTH ANALYSIS OF F<sub>1</sub> FORAGE TRITICALE  
HYBRIDS (*X Triticosecale* Wittmack) UNDER NORMAL AND RESTRICTED  
IRRIGATION..

By

Diego Barboza Rodríguez

MASTER OF SCIENCE IN PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. July 2009

PH. D. Alejandro Javier Lozano del Río – Adviser

Key words: Forage triticale, hybrids, heterosis, heterobeltiosis, irrigation treatments, dry forage yield, crop growth rate.

The objective of the current study was to document the heterosis and heterobeltiosis in five forage triticale hybrids on different agronomic, physiologic

and growth characteristics, studying elsewhere the characteristics and distribution of the photosynthetic canopy and its efficiency in dry matter accumulation by growth analysis in the hybrids and its parents under two treatments of irrigation. A randomly complete block design with three replications was used. Four sampling dates were carried out at 75, 87, 102, and 115 days after the seeding (das). Crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), specific leaf area (SLA), leaf area ratio (LAR), leaf weight ratio (LWR), plant dry weight (PDW), plant height (PH), and dry forage yield (DMY) were evaluated. In average of samplings and irrigation treatments, the hybrids exceeded the parents on PH (>14.7%), PDW (>30.8%), DFY (>30.8%), CGR (>48.3%), NAR (>29.4) and LAI (>5.5%). The parents exceeded the hybrids on LAR (>12.8%) and LWR (>13.1%). The SLA was similar between hybrids and parents. As a conclusion, the hybrids show significantly heterosis and heterobeltiosis effects, and were more efficient on the accumulation of dry matter and may be used directly as commercial crop or deriving lines of the significant crosses.





## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
COMPENDIO.....	v
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
Hipótesis.....	19
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
Generalidades del cultivo de triticale.....	20
Heterosis (Generalidades).....	21
Estimación de heterosis.....	22
Heterosis en trigo.....	22
Heterosis en triticale.....	23
Análisis de crecimiento.....	25
Parámetros de crecimiento.....	27
Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).....	27
Tasa de asimilación neta (TAN).....	28
Índice de área foliar (IAF).....	28
Área foliar específica (AFE).....	29
Relación de área foliar (RAF).....	29
Relación de peso foliar (RPF).....	30
Fotosíntesis.....	30
Transpiración y uso eficiente del agua.....	31
Correlaciones Fenotípicas.....	31
Regresión lineal múltiple.....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
Localización y descripción de los sitios experimentales.....	33
Clima.....	33
Etapa 1.....	34
Material genético.....	34
Fechas de siembra.....	34
Etapa 2.....	34
Evaluación de los híbridos y progenitores (CIQA).....	34
Material genético utilizado.....	35
Siembra y riegos.....	35
Fertilización.....	35

Manejo de los niveles de humedad en los experimentos.....	36
Muestreos.....	36
Variables agronómicas y fisiológicas registradas.....	36
Estimación de heterosis y heterobeltiosis.....	37
Análisis de crecimiento.....	39
Diseño estadístico.....	40
Modelo estadístico de los análisis de varianza por muestreo.....	41
Modelo estadístico de los análisis de varianza combinados entre muestreos.....	42
Pruebas de comparación de medias.....	43
Correlaciones fenotípicas.....	43
Regresión lineal simple entre variables.....	44
Regresión lineal múltiple entre variables.....	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
Heterosis y heterobeltiosis .....	46
Variables agronómicas (Riego normal).....	46
Primer muestreo.....	46
Segundo muestreo.....	47
Tercer muestreo.....	47
Cuarto muestreo.....	48
Heterosis y heterobeltiosis .....	49
Variables fisiológicas (Riego normal).....	49
Primer muestreo.....	49
Segundo muestreo.....	50
Tercer muestreo.....	50
Cuarto muestreo.....	51
Combinado de los cuatro muestreos bajo riego normal.....	53
Heterosis y heterobeltiosis.....	57
Variables agronómicas (Riego restringido).....	57
Primer muestreo.....	57
Segundo muestreo.....	57
Tercer muestreo.....	58
Cuarto muestreo.....	59
Heterosis y heterobeltiosis.....	60
Variables fisiológicas (Riego restringido).....	60
Primer muestreo.....	60
Segundo muestreo.....	60
Tercer muestreo.....	61
Cuarto muestreo.....	62
Combinado de los cuatro muestreos bajo riego restringido.....	63
Análisis de crecimiento.....	70
Primer muestreo.....	70
Segundo muestreo.....	72
Tercer muestreo.....	73
Cuarto muestreo.....	75
Resultados de los análisis combinados entre muestreos de las varia-	

bles agronómicas y fisiológicas.....	77
Relación entre la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y el rendimiento de forraje seco (RFS).....	84
Relación entre la tasa de asimilación neta (TAN) y el rendimiento de forraje seco (RFS).....	85
Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN).....	87
Índice de área foliar (IAF) y área foliar específica (AFE).....	90
Relación de área foliar (RAF) y relación de peso foliar (RPF).....	93
Rendimiento de forraje seco (RFS).....	96
VI. CONCLUSIONES.....	98
VII. RESUMEN.....	100
VIII. LITERATURA CITADA.....	102
IX. APÉNDICE.....	112

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
<b>4.1</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas y fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN). (Promedio de los 4 muestreos). CIQA 2008.....	56
<b>4.2</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas y fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR). (Promedio de los 4 muestreos). CIQA 2008.....	67
<b>4.3</b>	Comparación de medias de heterosis y heterobeltiosis entre los híbridos para las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en el experimento bajo riego normal (RN). (Promedio de los 4 muestreos). CIQA 2008.....	68
<b>4.4</b>	Comparación de medias de heterosis y heterobeltiosis entre los híbridos para las variables agronómicas y fisiológicas evaluados en el experimento bajo riego restringido (RR). (Promedio de los 4 muestreos). CIQA 2008.....	69
<b>4.5</b>	Cuadro 4.5. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables agronómicas evaluadas. CIQA 2008.....	80
<b>4.6</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas entre los genotipos (híbridos y progenitores) del análisis combinado entre muestreos y tratamientos de riego. CIQA 2008.....	81
<b>4.7</b>	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre muestreos de las variables fisiológicas. CIQA 2008.....	82
<b>4.8</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas entre los genotipos (híbridos y progenitores) del análisis combinado entre muestreos y tratamientos de riego. CIQA 2008.....	83
<b>A1</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el primer muestreo. CIQA 2008.....	113

<b>A2</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el segundo muestreo. CIQA 2008.....	113
<b>A3</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el tercer muestreo. CIQA 2008.....	114
<b>A4</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el cuarto muestreo. CIQA 2008.....	114
<b>A5</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el primer muestreo. CIQA 2008.....	115
<b>A6</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el segundo muestreo CIQA 2008.....	116
<b>A7</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el tercer muestreo. CIQA 2008.....	117
<b>A8</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el cuarto muestreo. CIQA 2008.....	118
<b>A9</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el primer muestreo. CIQA 2008.....	119
<b>A10</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el segundo muestreo. CIQA 2008.....	119
<b>A11</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el tercer muestreo. CIQA 2008.....	120
<b>A12</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el cuarto muestreo. CIQA 2008.....	120

<b>A13</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el primer muestreo. CIQA 2008.....	121
<b>A14</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el segundo muestreo. CIQA 2008.....	122
<b>A15</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el tercer muestreo. CIQA 2008.....	123
<b>A16</b>	Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F <sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el cuarto muestreo. CIQA 2008.....	124
<b>A17</b>	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza entre tratamientos de riego para las características agronómicas y fisiológicas de los genotipos (híbridos y progenitores) evaluadas en el primer muestreo. CIQA 2008.....	125
<b>A18</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el primer muestreo. CIQA 2008.....	126
<b>A19</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el primer muestreo. CIQA 2008.....	127
<b>A20</b>	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza entre tratamientos de riego para las características agronómicas y fisiológicas de los genotipos (híbridos y progenitores) en el segundo muestreo. CIQA 2008.....	128
<b>A21</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el segundo muestreo. CIQA 2008.....	129
<b>A22</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el segundo muestreo. CIQA 2008.....	130
<b>A23</b>	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza entre tratamientos de riego para las características agronómicas y fisiológicas de los genotipos (híbridos y progenitores) en el tercer muestreo. CIQA 2008.....	131

<b>A24</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el tercer muestreo. CIQA 2008.....	132
<b>A25</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el tercer muestreo. CIQA 2008.....	133
<b>A26</b>	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza individual para las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en el cuarto muestreo. CIQA 2008.....	134
<b>A27</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el cuarto muestreo. CIQA 2008.....	135
<b>A28</b>	Comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el cuarto muestreo. CIQA 2008.....	136
<b>A29</b>	Resultados de los contrastes realizados entre híbridos y progenitores de las variables estudiadas por muestreo y promedio en el experimento bajo riego normal. CIQA 2008.....	137
<b>A30</b>	Resultados de los contrastes realizados entre híbridos y progenitores de las variables estudiadas por muestreo y promedio en el experimento bajo riego restringido. CIQA 2008.....	138
<b>A31</b>	Correlaciones fenotípicas entre las variables estudiadas bajo riego normal y restringido. CIQA 2008.....	139



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
<b>4.1</b>	Relación entre la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y el rendimiento de materia seca (RMS) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego.....	85
<b>4.2</b>	Relación entre la tasa de asimilación neta (TAN) y el rendimiento de materia seca (RMS) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego.....	86
<b>4.3</b>	Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego a través de los muestreos.....	89
<b>4.4</b>	Índice de área foliar (IAF) y área foliar específica (AFE) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego a través de los muestreos.....	92
<b>4.5</b>	Relación de peso foliar (RPF) y relación de área foliar (RAF) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego a través de los muestreos.....	95
<b>4.6</b>	Rendimiento de materia seca (RMS) de los híbridos y progenitores, en los dos tratamientos de riego a través de los muestreos.....	97

## I. INTRODUCCIÓN

En el Norte y Centro de México es muy importante la actividad ganadera bajo sistemas extensivos é intensivos. En ciertas áreas de las regiones mencionadas (Centro y Norte de Coahuila, región de Cuatrociénegas, sur de Nuevo León, todo el estado de Chihuahua), la producción de forraje presenta su punto crítico en el periodo de invierno, ya que disminuye en forma importante por efecto de las bajas temperaturas. Esta situación se presenta también en otras áreas como la Región Lagunera y el Bajío, pero en forma más benigna. 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 ó 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 pocos reportes del vigor híbrido o heterosis en este cultivo con respecto a la producción de biomasa y ninguno que estime la heterosis para índices de crecimiento. Tomando en cuenta el potencial de las nuevas variedades forrajeras de este cultivo y las condiciones actuales para la producción agrícola, donde se requiere de especies alternativas con mayor eficiencia en la producción de forraje de calidad con menor gasto de agua (Laurialt y Kirksey, 2004; Colín- Rico *et al.*, 2007; Colín- Rico *et al.*, 2009), ya que existen restricciones para cultivar especies altamente demandantes de agua como la alfalfa y el ballico anual debido al abatimiento de los acuíferos y el crecimiento urbano e industrial, se planteó la presente investigación con el objetivo general de estimar la heterosis y la heterobeltiosis en 5 híbridos  $F_1$  de triticale bajo dos regímenes de humedad en una localidad del norte de México, documentando las diferencias en su dinámica de crecimiento y la magnitud y eficiencia de su aparato fotosintético en comparación con sus progenitores, con los siguientes objetivos específicos:

- 1.- Estimar la heterosis y la heterobeltiosis en características agronómicas y parámetros de crecimiento de los híbridos, utilizando la información generada a través de cuatro fechas de muestreo bajo dos tratamientos de irrigación en una localidad del norte de México.

2.- Evaluar las características agronómicas y de crecimiento de los híbridos y progenitores en cuatro fechas de muestreo bajo los tratamientos de riego antes mencionados con las siguientes:

### **Hipótesis**

1.- Existen efectos de heterosis y heterobeltiosis para características agronómicas y de crecimiento en los híbridos  $F_1$  producidos a partir de líneas y variedades comerciales de triticales de diferente hábito de crecimiento.

2.- Los híbridos presentan mayores tasas de acumulación de materia seca que sus progenitores bajo condiciones de riego normal y restringido.

## II. REVISION DE LITERATURA

### Generalidades del cultivo de triticales

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

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

## Heterosis

### Generalidades

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

La 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 (Duvick, 1999).

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

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

La heterosis puede ser expresada de diferentes formas, dependiendo del criterio usado para comparar el comportamiento de un híbrido: a) heterosis media (con base al promedio de los progenitores), b) heterosis útil (con base al promedio de un testigo estándar comercial) y c) heterobeltiosis (con base al promedio del mejor progenitor). Desde el punto de vista práctico, la heterosis útil es la más importante, porque permite desarrollar híbridos deseables superiores a los genotipos comerciales existentes en los sistemas de producción actual. Alam *et al.*, (2004) señalan que es mejor expresar la heterosis no sólo en comparación con los valores parentales sino también con un buen genotipo testigo, dado que la estimación de heterosis en cruces de variedades o líneas poco productivas no tiene mayor valor comercial.

### **Estimación de la heterosis**

Los estudios de heterosis también se pueden utilizar para obtener información acerca del incremento o decremento de la  $F_1$  sobre el progenitor medio (heterosis media) y el mejor progenitor (heterobeltiosis) y además para estimar la habilidad combinatoria general y específica de los progenitores (Fonseca & Patterson, 1968).

Zhang *et al.* (1994) encontraron que en muchos de los rasgos de importancia agronómica que son de naturaleza cuantitativa, controlados por muchos pares de genes afectados por el medio ambiente, la predicción de heterosis media no ha sido muy efectiva.

### **Heterosis en trigo**

La heterosis en trigo fue reportada por primera vez por Freeman (1919), señalando que la  $F_1$  era más alta que los progenitores. Generalmente se asocia el vigor híbrido a un mayor tamaño de las plantas aunque puede existir

heterosis e incluso heterobeltiosis negativa en la altura de las plantas, ya que en experimentos realizados en Indiana, Estados Unidos, obtuvieron como resultado que algunos  $F_1$  tenían menor altura que el más bajo de los padres (Parodi y Patterson, 1977). Briggie *et al.*, (1963) reportaron heterosis para rendimiento de grano y componentes de rendimiento en varios cruzamientos de trigos  $F_1$ . Nedelea y Moiscu (1981) reportaron heterosis significativa sobre el progenitor medio para rendimiento de grano por espiga.

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 Galwey, 1997; Jordaan *et al.*, 1999; Dreisigacker *et al.*, 2005).

### **Heterosis en triticale**

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

En triticale, aunque generalmente se considera como un cultivo autógeno, se han estimado tasas de polinización cruzada de aproximadamente



10% (Oettler, 2005). La producción de híbridos ha recibido recientemente una considerable atención (Fossati *et al.*, 1998; Oettler *et al.*, 2001; Pomaj, 2002; WeiBmann y WeiBmann, 2002; Warzecha *et al.*, 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, 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 primaveral (Pfeifer *et al.*, 1998) y triticale 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), reportaron 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, no existe información del vigor híbrido o heterosis en triticale con respecto a la producción de biomasa y otras características

forrajeras importantes como la relación hoja-tallo, ni tampoco de estimaciones de heterosis en parámetros del crecimiento.

### **Análisis de crecimiento**

El entender la naturaleza del proceso de crecimiento, es pieza clave para conocer el potencial y las limitaciones de las plantas en cualquier situación de manejo. El crecimiento y desarrollo son una combinación de muchos eventos a diferentes niveles, desde el nivel biofísico y bioquímico hasta el nivel órgano, que dan como resultado la producción integral de un organismo.

Crecimiento es una función vital de las plantas e indica el incremento gradual en número y tamaño de las células. Los procesos de crecimiento y desarrollo son considerados desde el inicio de la germinación, seguida por una serie compleja de eventos morfológicos y fisiológicos (Ting, 1982).

Uno de los principales indicadores de la bioproduktividad de un ecosistema o cultivo es la producción primaria neta o el rendimiento total. Sin embargo, para una mejor comprensión de los causales de tipo fisiológico que determinan la producción de materia seca debido a diferencias en las variedades, cultivos o manejo agronómico, se requiere aplicar el análisis de crecimiento (Beadle, 1988). Este conjunto de técnicas permite la estimación de las tasas de crecimiento *per se* (tasa de crecimiento del cultivo), con relación a la materia seca presente (tasa de crecimiento relativo) o área foliar acumulada (tasa de asimilación neta); además de los indicadores de la distribución de la materia seca entre hojas y tallos (relación de peso foliar ó % de hojas), así como el área foliar por unidad de terreno (índice de área foliar).

El análisis de crecimiento de un cultivo es el análisis del cambio en masa o tamaño durante un período específico de tiempo (Hunt, 1982; Gardner *et al.*, 1985). La cantidad o extensión del crecimiento durante cualquier período específico de tiempo es el resultado de la duración de ese período y de la tasa de crecimiento. Es una técnica fundamental utilizada para cuantificar los

componentes del crecimiento, la cual representa el primer paso en el análisis de la productividad primaria y es el método más práctico de estimar la productividad fotosintética neta (Poorter y Garnier, 1996), ya que la información sobre la partición de materia seca entre los diferentes órganos de la planta es un paso esencial en el desarrollo de modelos de simulación del cultivo (Sheng y Hunt, 1991). El valor de muchos experimentos en la agricultura podría cambiar en forma importante si se generaran datos acerca del crecimiento y la partición de biomasa.

La cantidad de materia seca producida por planta depende de una amplia gama de factores ambientales y genéticos. Dentro de los ambientales, se incluye a la temperatura, luz, CO<sub>2</sub>, humedad disponible y nutrientes; mientras que en los genéticos se incluye al tipo de fotosíntesis, la estructura del dosel y el índice de área foliar (Hopkins, 1999).

Los cambios en la temperatura influyen en la velocidad de las reacciones químicas, y los organismos vivos son producto de muchas de las reacciones químicas que ocurren en sus células (Pollock, 1990). La mayoría de los procesos fisiológicos se alteran con los cambios en la temperatura con respecto a valores mínimos: temperatura base = cese de crecimiento, o máximos: temperatura máxima = cese del crecimiento y posible muerte de la planta (Pollock, 1990). Así, la temperatura y la humedad en el ambiente influyen significativamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas. En los cereales, en las etapas iniciales de crecimiento las altas temperaturas generalmente acortan el tiempo requerido para la diferenciación de los órganos vegetativos y florales, mientras que en el período de antesis a llenado de grano, las altas temperaturas pueden causar estrés, sobre todo cuando superan los valores críticos de los cultivos. Por ejemplo, en trigo, el aumento en 1° C en la temperatura del aire durante el crecimiento del grano puede disminuir su rendimiento en 4 % (Stapper y Fisher, 1990).

Sin embargo, la deficiencia de humedad es uno de los principales factores que a nivel mundial limitan los rendimientos, aun en zonas templado-húmedas (Raper y Kramer, 1983). Aún bajo condiciones de buena humedad del suelo, pero alta demanda evaporatranspirativa, la conductividad de los estomas y la tasa fotosintética puede disminuir (Hirasawa y Hsiao, 1999).

Existe relativamente poca información acerca de los patrones de crecimiento y desarrollo de cultivares de triticale, aunque se han realizado algunas investigaciones para estudiar el patrón de crecimiento en triticales de invierno (Thomson y Stokes, 1986; Royo y Blanco, 1999).

### **Parámetros de crecimiento**

El rendimiento de los cultivos es influenciado por el desarrollo y distribución de materia seca a cada uno de los órganos de la planta, así como por su eficiencia fotosintética, por lo que el análisis de índices de crecimiento como tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), etc., son de gran utilidad para conocer cómo un ambiente o práctica de manejo afecta la eficiencia fotosintética de una planta con respecto a otra, y lo más importante es que se pueden detectar diferencias entre variedades cultivadas bajo las mismas condiciones ambientales.

### **Tasa de Crecimiento del cultivo (TCC)**

Radford (1967) define a la tasa de crecimiento de una planta o cultivo como el incremento del material de la planta por unidad de área durante un período de tiempo determinado y mide la eficiencia de producción de un cultivo sobre una superficie dada.

Brown (1989) señala que la TCC normalmente se expresa como  $\text{g m}^{-2} \text{día}^{-1}$ . La tasa de crecimiento del cultivo se estima mediante muestreos de las plantas a intervalos frecuentes y se calcula el incremento en peso seco de una cosecha a la siguiente. Los estudios de TCC son importantes en la interpretación de diferencias de producción entre variedades y también entre prácticas culturales.

### **Tasa de Asimilación Neta (TAN)**

Es un estimador de la eficiencia fotosintética de la planta ó cultivo; también indica la eficiencia con la cual el tejido foliar existente está produciendo nuevo tejido, aspecto muy importante en plantas forrajeras. Radford (1967) señala que la TAN es el incremento del material seco o asimilados de una planta por unidad de material asimilatorio o área foliar por unidad de tiempo. Por otra parte, Tanaka y Yamaguchi (1984) definen a la tasa de asimilación neta como la velocidad de incremento en peso de área foliar. Brown (1989) la define como la tasa de acumulación de materia seca por unidad de hoja. La TAN usualmente declina al avanzar el desarrollo del cultivo cuando las hojas comienzan a sombreadarse mutuamente.

### **Índice de Área Foliar (IAF)**

Tanaka y Yamaguchi (1984) definen al Índice de área foliar (IAF) como el área de las láminas foliares por unidad de área sembrada, o dicho de otra manera, expresa la proporción de superficie foliar con relación a la superficie de terreno ocupada por el cultivo. Por definición se considera solamente el área de una cara de la hoja. Este parámetro estima la cantidad de material fotosintético del dosel de un cultivo, e intenta optimizar las estrategias en la producción de cultivos para maximizar la intercepción de la luz utilizando densidades foliares y arreglos espaciales para obtener una mayor cobertura del terreno y promover una rápida expansión foliar, ya que en el dosel de un cultivo, los espacios sin cobertura no capturan y convierten la energía lumínica. Un rápido desarrollo del área foliar sería ventajoso en regiones en la que los cultivos experimentan

estrés hídrico durante la estación de crecimiento, al reducir las pérdidas de humedad por evaporación directa del suelo, ventaja que se vería reflejada en mayor acumulación de materia seca (López–Castañeda *et al.*, 1996; Richards *et al.*, 2002) y mayor eficiencia en el uso del agua (López–Castañeda *et al.*, 1995) y consecuentemente en un mayor rendimiento de grano (López – Castañeda *et al.*, 1996).

### **Área Foliar Específica (AFE)**

Es la razón o relación entre el área foliar y el peso de la hoja. También es un índice del espesor o grosor de las hojas y por lo tanto de su densidad y es una medida de la frondosidad de las plantas en base a peso seco. La AFE varía con la intensidad lumínica o época del año (Lee *et al.*, 2003); las especies más demandantes de luz, presentan una elevada área foliar específica, además de elevadas concentraciones de nitrógeno en las hojas (Bultynck *et al.*, 1999).

La reducción en AFE se atribuye a una alteración en la estructura de la hoja, o bien al incremento en la concentración de nutrimentos o carbohidratos no estructurales en la misma (Newton *et al.*, 1991); tal reducción, es el resultado de la incapacidad de la planta, para asignar estos compuestos en crecimiento estructural (Baxter *et al.*, 1994).

Reddy *et al.* (1989) señalan que el estudio de la AFE y de los factores que la afectan es importante, ya que a menudo se utiliza mediante modelos para estimar el área foliar por planta durante los diferentes estadios de crecimiento del cultivo, a partir de la producción de biomasa o viceversa.

Una mayor AFE está relacionada con una tasa de crecimiento mayor y puede utilizarse para seleccionar genotipos con altas tasas de crecimiento (Rawson *et al.*, 1987; Van den Boogaard *et al.*, 1996).

### **Relación de Área Foliar (RAF)**

Expresa la relación entre el área foliar (tejido fotosintético) y el total de los tejidos respiratorios de la planta o biomasa total. Radford (1967) define la relación de área foliar como la relación existente entre el material fotosintético (área foliar) por unidad de materia seca presente. Hunt (1990), señala que la RAF es un componente morfofisiológico del crecimiento que expresa la relación entre el área foliar (área responsable de la intercepción de la energía luminosa) y la materia seca total (resultado de la fotosíntesis) que representa el área foliar utilizada por la planta para producir materia seca. De la misma forma, Brinkman y Frey (1977) utilizaron la RAF como una medida del área fotosintética de la planta. Por su parte, Quiroga (1992) señala que la relación del área foliar representa la asociación entre fotosíntesis y respiración dentro de la planta, y la define como la relación entre el área foliar total y el peso seco total. Este último autor también menciona que la RAF refleja la frondosidad de la planta, pero que sus valores no son muy precisos.

### **Relación de peso foliar (RPF)**

Es la relación entre la materia seca de las hojas y la materia seca total de la parte aérea de la planta (expresa la fracción de la materia seca exportada de las hojas al resto de la planta). Estima la proporción de fotoasimilados distribuidos hacia las hojas y también es un indicador de la frondosidad de las plantas.

### **Fotosíntesis**

Russildi (1981) menciona que la fotosíntesis es un proceso bioquímico por el cual las plantas transforman la energía del sol en energía química para realizar sus procesos metabólicos, también menciona que la luz es la única fuente de energía para llevarse a cabo la fotosíntesis. Slack *et al.*, (1988) mencionan que los principales factores que modifican el proceso fotosintético son el CO<sub>2</sub>, la temperatura y la luz. El CO<sub>2</sub> es la fuente de carbono para el alimento primario de la planta, a partir de la cual se sintetizan los demás compuestos.

## **Transpiración**

La transpiración es el proceso mediante el cual la planta regula su temperatura, que consiste en la pérdida de agua en forma de vapor a través de los estomas y cutículas y lenticelas hacia una atmósfera no saturada de humedad. La importancia de la transpiración se observa en el proceso de absorción del agua por las raíces ya que es de suma importancia para la obtención de nutrientes minerales, así como su transporte dentro de la misma. La velocidad de transpiración es más baja durante la noche ya que los estomas suelen estar cerrados y la temperatura más baja reduce la velocidad de evaporación de agua de las células del mesófilo (Alexander, 1992).

## **Uso eficiente del agua**

Las mediciones de transpiración de las hojas y los cálculos de la conductancia de las hojas al vapor de agua son importantes en casi todas las investigaciones de la relación agua- planta. La transpiración es un determinante primario del balance de energía de la hoja y del estado hídrico de la planta. Junto con el intercambio de CO<sub>2</sub>, se determina el uso eficiente del agua.

## **Correlaciones Fenotípicas**

En los programas de mejoramiento genético, ya sea de especies autóгамas o alógamas debe hacerse uso del cálculo de correlaciones con el objeto de determinar el criterio a seguir en la selección para mejorar el carácter bajo estudio. Este criterio puede ser usado con un mismo carácter o a través de varios caracteres que se correlacionen positivamente o negativamente.

Little y Hills (1984) mencionan que el coeficiente de correlación determina el grado de asociación entre características de una población. Por otra parte, Quilantán y Pérez (1979) indicaron que los caracteres cualitativos y cuantitativos de las especies asociadas con la producción, son de gran importancia en la práctica del mejoramiento genético. Es de interés para los



fitomejoradores el conocimiento de las características fenotípicas que se asocian con el rendimiento u otras características de interés a mejorar.

Finlay y Wilkinson (1963) usaron el principio de regresión logarítmica lineal del rendimiento varietal contra el rendimiento promedio por localidad. La pendiente de regresión varietal fue el criterio de la estabilidad del comportamiento en diversos ambientes. Otro de los parámetros utilizados para medir la respuesta de las variedades es el coeficiente de determinación ( $r^2$ ). Pinthus (1973) al describir las diferencias genotípicas en rendimiento entre líneas avanzadas y variedades, propuso el uso del coeficiente de determinación el cual indica la proporción de las variaciones en rendimiento que son debidas a la regresión lineal.

### **Regresión lineal múltiple**

Los modelos de regresión múltiple son utilizados cuando existe el supuesto básico de que la variable dependiente ( $y$ ) está relacionada con una o más variables independientes (explicativas), cuyas mediciones son realizadas sobre la misma unidad de respuesta. Se trata de predecir el valor de una variable de respuesta ( $y$ ) como función lineal de una familia de  $m$  variables explicativas ( $x_1, x_2, \dots, x_m$ ), a partir de una muestra  $n$ . El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) mide el porcentaje de la variación total en ( $y$ ) que es explicado por la variación conjunta de las variables independientes.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Localización y descripción de los sitios experimentales.**

La presente investigación se realizó en dos etapas en dos sitios ubicados en la Cd. de Saltillo, Coahuila:

1.- Lote de cruzamientos y formación de los híbridos: Invernadero de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Buenavista, Saltillo, Coahuila, ubicado geográficamente a los 25° 31' de Latitud Norte, 101° 01' de Longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1743 metros.

2.- Evaluación de los híbridos y sus progenitores: Estación Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), en Saltillo, Coahuila, ubicada al noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, y está situada a los 25° 27' Latitud Norte, 101° 02' Longitud Oeste a una altitud de 1520 msnm.

#### **Clima**

La clasificación climática realizada por Köepen, y modificada por García, (1984) define el clima de Saltillo, Coahuila como seco estepario. La temperatura y precipitación media anual es de 18 °C y 360 mm respectivamente, los meses más lluviosos son de junio a septiembre, y la evaporación promedio mensual es de 178 mm.

## **Etapa 1**

### **Material genético utilizado**

El material genético utilizado en el invernadero de la UAAAN, para formar las progenies híbridas de triticales durante la primera fase de esta investigación estuvo integrado por 2 materiales de arista corta, AN-31P y ABT, los cuales fueron utilizados como polinizadores, realizándose cruza dirigidas con las líneas avanzadas de arista normal AN-125 de hábito primaveral y AN-38 y AN-105 de hábito intermedio, las cuales fueron utilizadas como hembras. Se formaron 6 progenies híbridas: AN38 x AN31P, AN105 x AN31P, AN125 x AN31P, AN38 x ABT, AN105 x ABT y AN125 x ABT, solo el híbrido AN125 x ABT no se evaluó en la segunda etapa debido a que no se obtuvo la semilla suficiente para su evaluación.

### **Fechas de siembra**

La siembra en invernadero de los progenitores masculinos tardíos (AN-31P y ABT) y la primera fecha de siembra de los progenitores femeninos se realizó en el invernadero el día 22 de enero de 2007. Posteriormente se realizaron dos fechas de siembra adicionales de los progenitores femeninos el 5 y 21 de febrero del 2007 para lograr la sincronía en la floración de los materiales.

## **Etapa 2**

### **Evaluación de los híbridos y progenitores**

**Estación Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).**

### **Características del sitio experimental**

Los experimentos se establecieron en la Estación Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado al noreste en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, localizado a los 25° 27' latitud Norte, 101° 02' longitud Oeste con una altitud de 1520 msnm, en un suelo de textura limo-arcillosa, con contenidos de arcilla (42.6%), limo (45.4%) y arena (12%), ligeramente salino, con una conductividad eléctrica de 3.7 milimhos/cm, medianamente alcalino, con un pH de 8.1, con 2.38% de materia orgánica y una densidad aparente (DA) de 1.46 g/cm<sup>3</sup>.

### **Material genético utilizado**

Se evaluaron 5 híbridos formados: AN38 x AN31P, AN105 x AN31P, AN125 x AN31P, AN38 x ABT y AN105 x ABT y sus progenitores bajo dos tratamientos de riego.

### **Siembra y riegos**

La siembra se realizó el día 29 de enero del 2008 en camas de 60 cm de ancho, de 5 m de largo (3.0 m<sup>2</sup>), con dos hileras por cama y una distancia entre plantas de 15 cm. Los riegos se aplicaron mediante goteo, con cinta de riego T-Tape (T-Systems Intl., San Diego), con emisores espaciados a 30.5 cm y un flujo de 0.86 L h<sup>-1</sup>, con dos cintas de riego por cama.

### **Fertilización**

La dosis de fertilización fue de 120-80-00 utilizando como fuentes fosfonitrato (33-03-00), urea (46-00-00) y fosfato monoámonico (11-52-00), aplicada mediante un sistema automatizado, desde el establecimiento hasta la etapa promedio de floración.

## **Manejo de los niveles de humedad en cada uno de los experimentos**

La condición de humedad en el suelo en ambos experimentos se monitoreó por medio de tensiómetros marca Irrrometer colocados a una profundidad de 0.30 m. En el experimento con riego normal, se mantuvo el suelo con una tensión de humedad de 20 kPa. En el experimento bajo riego restringido, la suspensión del riego se inició una semana antes del primer muestreo (68 dds), cuando los tratamientos se encontraban en la etapa fenológica promedio de encañe-embuche (etapas 30-45 de Zadoks, 1974), y se reiniciaron los riegos cada vez que el suelo alcanzaba una tensión de humedad de 60 kPa. Las lecturas se tomaron diariamente a las 08:00. Bajo este sistema, en el experimento con riego normal se aplicó una lámina total de 25.9 cm, y bajo riego restringido, se aplicó una lámina total de 18.8 cm, equivalente al 72.5 % de la lámina normal.

## **Muestreos**

En cada uno de los experimentos se realizaron 4 muestreos destructivos durante el ciclo, a los 75, 87, 102 y 115 días después de la siembra (dds), respectivamente. En cada muestreo se cosecharon tres plantas por tratamiento.

## **Variables agronómicas y fisiológicas registradas**

### **1.- Variables agronómicas:**

Etapa fenológica, altura, número de hijuelos, área foliar, peso seco del tallo, peso seco de hoja, peso seco de espiga, peso seco total y forraje seco en toneladas por hectárea.

## 2.- Variables fisiológicas:

Tasa de asimilación neta (TAN), Índice de área foliar (IAF), Relación de área foliar (RAF), Relación de peso foliar (RPF), Área foliar específica (AFE), Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), Conductancia estomatal, Fotosíntesis, Transpiración y uso eficiente del agua (UEA).

Previo a cada muestreo se registró la etapa fenológica de la planta usando la escala de Zadoks *et al.*, (1974) y la altura de planta y se realizó la toma de datos de las variables fisiológicas las cuales se midieron entre las 11 y 14 horas en la hoja bandera de cada una de las 3 plantas. Las mediciones fueron: tasa fotosintética unitaria ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$ ), tasa transpiratoria unitaria ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$ ), radiación fotosintéticamente activa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$ ), temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura de la hoja ( $^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa (%), concentración de  $\text{CO}_2$  ambiental (ppm) y conductancia estomática ( $\text{cm s}^{-1}$ ). Las mediciones fueron realizadas con un aparato portátil de fotosíntesis LI-6200 (LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, E. U.). Cada planta se separó en tallos, hojas y espigas; la suma de estos representó el peso total por planta. Se determinó el área foliar total por planta con un integrador de área foliar modelo LI-3100, LI-COR, Inc. (Lincoln, Nebraska, E. U.). Cada uno de los componentes de la planta (tallos, hojas y espigas) se sometieron a secado en una estufa a  $70^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas, después de lo cual se registró el peso seco de cada componente y el total y se calculó el rendimiento de materia seca ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

## Estimación de la heterosis y heterobeltiosis

Se calculó el porcentaje de incremento o decremento de los híbridos F1 sobre el progenitor medio (heterosis) y sobre el mejor progenitor (heterobeltiosis) para estimar los posibles efectos heteróticos de la totalidad de las variables evaluadas (Fonseca y Patterson, 1968), con las siguientes fórmulas.

Heterosis sobre el promedio de los progenitores.

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

Donde:

$H_t$  = Heterosis

$F_1$  = Media del híbrido

PM = Media de los progenitores

Heterosis sobre el mejor progenitor (heterobeltiosis).

El comportamiento del híbrido se comparó con el del mejor progenitor (MP):  $H_{bt} = [(F_1 - MP) / MP] * 100$

Donde:

$H_{bt}$  = Heterobeltiosis

$F_1$  = Media del híbrido

MP = Media del mejor progenitor

Las posibles diferencias estadísticas entre las medias de los híbridos y las del progenitor medio (heterosis) y el mejor progenitor (heterobeltiosis) se probaron con la prueba de 't' con las siguientes fórmulas (Wynne *et al.*, 1970; Rasul *et al.*, 2002):

Prueba de 't' para heterosis:

$$t_{ij} = F_{1ij} - PM_{ij} / \sqrt{\frac{3}{8} CME}$$

Prueba de 't' para heterobeltiosis:

$$t_{ij} = F_{1ij} - MP_{ij} / \sqrt{\frac{1}{2} CME}$$

Donde:

$F_{1ij}$  = Media del  $ij^{\text{th}}$  híbrido

PM ij = Media de los progenitores del ij<sup>th</sup> híbrido

MP ij = Media del mejor progenitor del ij<sup>th</sup> híbrido

CME = Cuadrado medio del error

### **Análisis de crecimiento**

Con los valores de materia seca y de área foliar obtenidos en cada muestreo se calcularon los siguientes índices de crecimiento para determinar la dinámica de producción de materia seca utilizando las fórmulas propuestas por Radford (1967) y Hunt (1978).

a). Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

Se estimó con la fórmula:

$$TCC = PS_2 - PS_1 / A (T_2 - T_1)$$

Donde:

TCC= tasa de crecimiento ( $g\ m^{-2}\ día^{-1}$ ); PS<sub>1</sub>= peso seco del muestreo 1; PS<sub>2</sub>= peso seco del muestreo 2; T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> = días entre cada muestreo; A = área donde el peso seco fue registrado.

b). Tasa de asimilación neta (TAN).

Se determinó con la ecuación:

$$TAN = (PS_2 - PS_1 / AF_2 - AF_1) \times (\ln AF_2 - \ln AF_1) / T_2 - T_1$$

Donde:

TAN= tasa de asimilación neta ( $g\ MS\ m^{-2}\ día^{-1}$ );  $\ln$  = logaritmo natural; PS<sub>2</sub> y PS<sub>1</sub>= peso seco de las muestra en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>; AF<sub>2</sub> y AF<sub>1</sub>= área foliar en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.

c). Relación de área foliar (RAF). Se estimó con la fórmula:

$$RAF = AF / PS$$

Donde:



RAF= relación de área foliar ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1} \text{PS}$ ); PS = peso seco total; AF = área foliar de la planta

d). Area foliar específica (AFE).

Se calculó con la fórmula:

$$\text{AFE} = \text{AF} / \text{PSAF}$$

Donde:

AFE= área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ); AF= área foliar; PSAF = peso seco del área foliar.

e). Relación de peso foliar (RPF).

Se estimó con la ecuación:

$$\text{RPF} = \text{PSAF} / \text{PS de la planta}$$

Donde:

RPF= relación de peso foliar ( $\text{g g}^{-1}$ ); PSAF= peso seco del área foliar; PS= peso seco total de la planta.

f). Índice de área foliar (IAF).

Se estimó con la fórmula:

$$\text{IAF} = \text{AFT} / \text{S}$$

Donde:

IAF= índice de área foliar ( $\text{m}^2 / \text{m}^2$ ); AFT = área foliar total; S = superficie de suelo ocupada.

### **Diseño estadístico**

El diseño utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones en cada uno de los dos experimentos.

## **Análisis de los datos**

Se realizaron análisis de varianza para cada muestreo y combinado por muestreos. Los datos se analizaron bajo un arreglo de parcelas subdivididas, donde la parcela grande fueron los muestreos, la parcela mediana los tratamientos de riego y la parcela chica los genotipos. Se compararon las medias respectivas con la prueba de Tukey al nivel de probabilidad encontrado. Se realizaron contrastes ortogonales para las comparaciones entre los híbridos y sus progenitores y análisis de correlación entre las variables estudiadas para determinar el grado de asociación entre las mismas. Asimismo, se realizaron análisis de regresión simple y múltiple entre las variables agronómicas y fisiológicas para identificar las variables relacionadas significativamente con el rendimiento de forraje seco. Los análisis de varianza de las variables agronómicas y fisiológicas, pruebas de comparación de medias y contrastes ortogonales se realizaron con el paquete estadístico SAS 8.1 (1999) y los análisis de correlación, regresión simple y múltiple, con el paquete estadístico Statistica 6.1 (2001).

## **Modelo estadístico de los análisis de varianza por muestreo**

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + T_j + E_{1i} + G_k + TG_{jk} + E_{ijk}.$$

Donde:

i = repeticiones

j = tratamientos de riego

k = genotipos

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable observada.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$R_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima repetición.

$T_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento de riego.

$E_1$  = Error de la parcela grande

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

$TG_{jk}$  = Interacción del  $j$ -ésimo tratamiento de riego con el  $k$ -ésimo genotipo.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

### **Modelo estadístico de los análisis de varianza combinados entre muestreos**

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + M_j + E_1 + T_k + MT_{jk} + E_2 + G_l + MG_{jl} + TG_{jk} + MTG_{jkl} + E_{ijkl}$$

Donde:

$i$  = repeticiones

$j$  = muestreos

$k$  = tratamientos de riego

$l$  = genotipos

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Variable observada.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$R_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima repetición.

$M_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo muestreo.

$E_1$  = Error de la parcela grande.

$T_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo tratamiento de riego.

$G_l$  = Efecto del  $l$ -ésimo genotipo.

$MT_{jk}$  = Interacción del  $j$ -ésimo muestreo con el  $k$ -ésimo tratamiento de riego.

$E_2$  = Error de la parcela mediana

$MG_{kl}$  = Interacción del  $j$ -ésimo muestreo con el  $l$ -ésimo genotipo.

MTG<sub>jkl</sub> = Interacción del j-ésimo muestreo con el k-ésimo tratamiento de riego con el l-ésimo genotipo.

E<sub>ijkl</sub> = Error experimental.

### Pruebas de comparación de medias

Se realizaron pruebas de comparación de medias para cada una de las variables estudiadas, en cada muestreo y localidad, utilizando la prueba de Tukey al nivel de probabilidad registrada en el correspondiente análisis de varianza, la cual se rige por el siguiente fórmula:

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

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

Donde:

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

$S\bar{x}$  = Es el error estándar

$S^2$  = Cuadrado medio del error

$r$  = Número de repeticiones

### Correlaciones fenotípicas

Las correlaciones fenotípicas y el coeficiente de determinación se calcularon por medio de las siguientes fórmulas:

$$r = \frac{Cov Fx.Y}{\sqrt{\sigma^2 fx - \sigma^2 fy}} \quad y \quad r^2 = \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2 y^2}$$

Donde:

$r$  = Coeficiente de correlación que mide el grado de asociación entre las variables X e 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

### **Regresión simple entre variables**

Las ecuaciones de regresión lineal se calcularon con la siguiente fórmula:

$$\hat{Y} = a + b(x)$$

Donde:

$\hat{Y}$  = Valor estimado, ajustado a la recta de regresión.

$a$  = Valor del intercepto

$b$  = Coeficiente de regresión

### Regresión lineal múltiple entre variables.

Las ecuaciones de regresión múltiple y el coeficiente de determinación se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad y \quad R^2 = 1 - \frac{\sum e^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2}$$

Donde:

$Y'$  = Valor estimado, ajustado a la recta de regresión.

$a$  = Valor del intercepto.

$X_1, X_2$  = Variables independientes.

$b_1, b_2$  = Coeficientes de regresión.

Se calculó el coeficiente de variación para cada una de las variables estudiadas, esto con la finalidad de verificar el grado de exactitud con la que se realizó el experimento utilizando la siguiente formula:

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

Donde:

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

$\bar{X}$  = Media general del carácter.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Heterosis y heterobeltiosis

#### Variables agronómicas

##### Primer muestreo, riego normal.

En el Cuadro A1 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en los híbridos F<sub>1</sub> para las características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN), correspondientes al primer muestreo. Para la variable etapa fenológica, todos los híbridos registraron heterosis positiva, aunque sólo en los híbridos AN38 x ABT y AN105 x ABT la heterosis fue altamente significativa (24.6 y 27.6%, respectivamente). Estos mismos híbridos registraron valores de heterobeltiosis significativamente diferentes de sus progenitores más precoces (AN38 y AN105). Para altura de planta, todos los híbridos, excepto el híbrido AN125 x AN31, registraron heterosis significativa; los híbridos AN38 x ABT y AN105 x ABT registraron heterobeltiosis positiva y significativa para este carácter.

Para área foliar, los híbridos AN38 x AN31, AN105 x AN31 y AN105 x ABT presentaron heterosis positiva y significativa. AN105 x AN31 registró heterobeltiosis positiva y significativa. En la variable peso seco total, todos los híbridos excepto AN38 x AN31 registraron heterosis positiva y significativa; AN105 x AN31, AN38 x ABT y AN105 x ABT, registraron heterobeltiosis positiva y significativa. Para la variable rendimiento de forraje seco, todos los híbridos, excepto AN38 x AN31 registraron heterosis positiva y significativa; AN105 x AN31, AN38 x ABT y AN105 x ABT, registraron heterobeltiosis positiva y significativa. El híbrido AN38 x ABT registró la mayor heterosis y heterobeltiosis para rendimiento, con 109.2 y 92.8 %, respectivamente.

### **Segundo muestreo, riego normal.**

En el Cuadro A2 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos  $F_1$  para las características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN), correspondiente al segundo muestreo. Aunque todos los híbridos registraron valores de heterosis positivos para etapa fenológica, sólo AN38 x ABT y AN105 x ABT registraron heterosis significativa. Para heterobeltiosis, sólo AN38 x ABT registró un valor positivo y altamente significativo. Por otra parte, AN125 x AN31 registró heterobeltiosis negativa y significativa. Para altura de planta, en este muestreo, todos los híbridos, excepto AN125 x AN31, registraron valores de heterosis positivos y altamente significativos, no así para heterobeltiosis, donde sólo los híbridos AN38 x AN31, AN105 x AN31 y AN38 x ABT mostraron valores positivos y significativos. Para la variable área foliar, los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31 registraron valores de heterosis y heterobeltiosis positivos y altamente significativos. Para la variable peso seco total, todos los híbridos excepto AN125 x AN31 mostraron valores de heterosis y heterobeltiosis altamente significativos. En el caso del rendimiento de forraje seco, todos los híbridos registraron heterosis positiva y significativa; para heterobeltiosis, todos los híbridos, excepto AN125 x AN31 registraron valores positivos y altamente significativos.

### **Tercer muestreo, riego normal.**

En el Cuadro A3 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos  $F_1$  para las características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) correspondiente al tercer muestreo. Para la variable etapa fenológica, todos los híbridos analizados presentaron valores de heterosis positiva y altamente significativa. No se registró significancia estadística en esta variable para heterobeltiosis en ninguno de los híbridos excepto AN125 x AN31, que reportó heterobeltiosis negativa y significativa. Para altura de planta, todos los híbridos registraron valores de heterosis positiva y altamente significativa; sin embargo, sólo los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31 registraron



heterobeltiosis positiva y significativa. En este muestreo, cuatro de los híbridos mostraron valores negativos para área foliar, aunque sólo los híbridos AN38 x ABT y AN105 x ABT fueron significativos. Todos los híbridos, excepto AN38 x AN31 registraron valores de heterobeltiosis negativa y altamente significativa. Para peso seco de planta, todos los híbridos mostraron valores de heterosis y heterobeltiosis positiva, sin embargo, sólo la heterosis resultó positiva y significativa en los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31. El mismo comportamiento se registró en este muestreo para la variable rendimiento de forraje seco, ya que los valores de heterosis y heterobeltiosis resultaron positivos, aunque sólo la heterosis resultó significativa en los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31.

#### **Cuarto muestreo, riego normal.**

En el Cuadro A4 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos  $F_1$  para las características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN), correspondiente al cuarto muestreo. Para la variable etapa fenológica, todos los híbridos excepto AN105 x AN31 registraron valores de heterosis positiva y significativa; sin embargo, sólo el híbrido AN38 x AN31 registró heterobeltiosis positiva y significativa. Para altura de planta, aunque en forma general los híbridos registraron valores positivos para heterosis y heterobeltiosis, estos no fueron significativos. Para la variable área foliar, los híbridos registraron valores generalmente negativos, aunque sólo en los híbridos AN125 x AN31, AN38 x ABT y AN105 x ABT fueron significativos. Para la variable peso seco de planta, todos los híbridos mostraron valores de heterosis positiva y significativa, excepto AN125 x AN31. Los valores de heterobeltiosis también fueron positivos, aunque sólo los híbridos AN105 x AN31 y AN125 x AN31 resultaron significativos. Para rendimiento de forraje seco, en forma general se registraron valores positivos y significativos para heterosis, excepto el híbrido AN38 x ABT. Para heterobeltiosis, sólo los híbridos AN105 x AN31 y AN125 x AN31 registraron valores positivos y significativos.

## **Heterosis y heterobeltiosis**

### **Variables fisiológicas**

#### **Primer muestreo, riego normal.**

En el Cuadro A5 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos  $F_1$  para las características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN), evaluados en el primer muestreo. No se registró heterosis significativa para tasa fotosintética y tasa transpiratoria en ninguno de los híbridos evaluados. Para fotosíntesis, se registró heterobeltiosis negativa y significativa en los híbridos AN105 x AN31 y AN105 x ABT y para transpiración, los híbridos AN105 x AN31, AN125 x AN31 y AN105 x ABT registraron heterobeltiosis negativa y significativa. Para uso eficiente del agua (UEA) sólo AN38 x ABT registró heterosis positiva y significativa. La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) registró heterosis positiva y significativa en todos los híbridos excepto AN38 X AN31; AN38 x ABT y AN105 x ABT registraron heterobeltiosis positiva y significativa para esta característica. Sólo en el híbrido AN38 x ABT, la tasa de asimilación neta (TAN) registró heterosis y heterobeltiosis positiva y altamente significativa. Para el índice de área foliar, el híbrido AN105 x AN31 registró valores de heterosis y heterobeltiosis positiva y significativa. Para la relación de peso foliar (RPF), los híbridos AN38 x AN31, AN105 x AN31 y AN105 x ABT registraron valores de heterosis negativos y significativos. Asimismo, todos los híbridos mostraron valores de heterobeltiosis negativos y significativos para esta variable. Para el área foliar específica (AFE), se registró heterosis positiva y significativa y negativa y significativa en AN38 x ABT. Este mismo híbrido registró heterobeltiosis negativa y altamente significativa para esta característica. Este híbrido también registró heterosis y heterobeltiosis negativa y significativa para la relación de área foliar (RAF).

### **Segundo muestreo, riego normal.**

En el Cuadro A6 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> para las características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN), correspondiente al segundo muestreo. Se registró heterosis positiva y altamente significativa para tasa fotosintética en los híbridos AN38 x ABT y AN105 x ABT, y heterosis negativa y significativa en AN125 x AN31. Este híbrido también fue el único que registro heterobeltiosis negativa y altamente significativa para este carácter. No se registró heterosis ni heterobeltiosis significativa en ninguno de los híbridos para tasa transpiratoria. Para uso eficiente del agua (UEA), los híbridos AN105 x AN31, AN38 x ABT y AN105 x ABT registraron heterosis positiva y significativa. Este último híbrido también registró heterobeltiosis positiva y significativa para este carácter. Los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31 registraron valores de heterosis y heterobeltiosis positivos y significativos para la tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Para la tasa de asimilación neta (TAN), los híbridos AN105 x AN31 y AN105 x ABT registraron heterosis positiva y significativa. Para heterobeltiosis, AN125 x AN31 registro un valor negativo y significativo. Para el índice de área foliar, los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x ABT registraron valores de heterosis y heterobeltiosis positivos y significativos. Para RPF, todos los híbridos registraron valores de heterosis y heterobeltiosis negativos y altamente significativos. El híbrido AN125 x AN31 registró heterosis negativa y significativa para el área foliar específica (AFE). Para la relación de área foliar (RAF), los híbridos AN38 x ABT y AN105 x ABT registraron valores de heterosis negativos y altamente significativos. La heterobeltiosis para este carácter resultó negativa y altamente significativa en todos los híbridos evaluados.

### **Tercer muestreo, riego normal.**

En el Cuadro A7 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos F<sub>1</sub> para las características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN). No se registró heterosis ni heterobeltiosis significativa en ninguno

de los híbridos en la tasa fotosintética ni en la tasa transpiratoria. Para el uso eficiente del agua (UEA) no se registró heterosis ni heterobeltiosis significativa, excepto en el híbrido AN125 x ABT, que registró heterobeltiosis negativa y significativa para este carácter. El híbrido AN38 x ABT registró heterosis positiva y significativa para la tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Este híbrido también registró heterosis y heterobeltiosis positiva y significativa para la tasa de asimilación neta (TAN). Los híbridos AN38 x ABT y AN105 x ABT registraron heterosis negativa y significativa para el índice de área foliar. También, todos los híbridos, excepto AN38 x AN31, mostraron heterobeltiosis negativa y significativa para este carácter. La RPF registró heterosis negativa y significativa en todos los híbridos, excepto en AN38 x ABT, que fue positiva. Todos los híbridos, excepto AN38 x ABT, registraron heterobeltiosis negativa y altamente significativa para este carácter. La heterosis para AFE sólo fue negativa y significativa en AN38 x ABT, y la heterobeltiosis fue negativa y significativa en este híbrido y en AN105 x ABT. En este muestreo, la heterosis y heterobeltiosis para la relación de área foliar (RAF) fue negativa y altamente significativa en todos los híbridos evaluados.

#### **Cuarto muestreo, riego normal.**

En el Cuadro A8 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F1 para las características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN), correspondiente al cuarto muestreo. Se registró heterosis positiva y significativa para fotosíntesis en el híbrido AN125 x AN31., y heterosis y heterobeltiosis negativa y significativa en el híbrido AN105 x ABT. No se registró heterosis ni heterobeltiosis significativa para transpiración y UEA, excepto en el híbrido AN105 x ABT, con heterobeltiosis negativa y significativa para transpiración. Para TCC, sólo AN105 x AN31 mostró heterosis y heterobeltiosis positiva y significativa, al igual que la heterosis para la TAN en este híbrido. La heterosis para IAF fue negativa y significativa en los híbridos AN125 x AN31, AN38 x ABT y AN105 x ABT. Todos los híbridos mostraron heterobeltiosis negativa y significativa para este carácter. Las heterosis y

heterobeltiosis para RPF, AFE y RAF fueron consistentemente negativas y significativas en la mayoría de los híbridos.

### **Combinado de los cuatro muestreos bajo riego normal.**

En el Cuadro 4.1 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en los híbridos  $F_1$  para características agronómicas y fisiológicas bajo condiciones de riego normal en promedio de los 4 muestreos. Para las variables etapa fenológica y altura de planta, todos los híbridos registraron heterosis positiva y significativa; los valores de heterobeltiosis para ambas características generalmente fueron positivos, aunque no significativos. El único híbrido que mostró valores negativos de heterobeltiosis, no significativos, en ambas variables fue AN125 x AN31. El híbrido AN38 x AN31 registró heterobeltiosis positiva y significativa para altura de planta. En forma general, la mayoría de los híbridos registraron valores positivos de heterobeltiosis para estas variables, que aunque no fueron significativos, reflejaron la tendencia de mostrar mayor precocidad y altura de planta que sus mejores progenitores, aspecto importante en el desarrollo de nuevas variedades con una menor duración del ciclo del cultivo.

Con respecto a la etapa fenológica, los híbridos registraron en promedio 18.5 y 5.0 % de heterosis y heterobeltiosis positiva, respectivamente, siendo mayor a las reportadas para triticales por Oettler *et al.*, (2001), Oettler *et al.* (2003), Oettler *et al.* (2005) y Herrmann (2007), quienes señalan valores negativos de heterosis y heterobeltiosis para esta variable. En este estudio, para altura de planta, el promedio de heterosis y heterobeltiosis (19.7 y 9.8%, respectivamente) bajo riego normal fue superior a lo reportado por los autores mencionados, los cuales reportaron rangos entre 4.4 y 8.3% para heterosis y entre 1.8 y 5.3% para heterobeltiosis.

Para área foliar, los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31 registraron en promedio valores positivos de heterosis y heterobeltiosis, aunque no significativos, mostrando una tendencia a producir mayor área foliar que sus progenitores, especialmente el mejor progenitor, AN31, el cual es de hábito intermedio-invernal y produce una cantidad muy apreciable de hojas. Asimismo,

los híbridos AN125 x AN31, AN38 x ABT y AN105 X ABT registraron en promedio de los muestreos valores de heterobeltiosis negativos y significativos para esta variable.

En promedio de los cuatro muestreos, los híbridos presentaron valores de heterosis y heterobeltiosis positivos (46.3 y 33.3%, respectivamente) y en varios casos significativos para peso seco de planta, reflejando la mayor capacidad para acumular materia seca de los mismos. Los mayores valores para heterosis y heterobeltiosis, además de significativos, los registró el híbrido AN105 x AN31 (73.0 y 61.7%, respectivamente). A este respecto, existen escasos reportes sobre la heterosis y heterobeltiosis de la biomasa por planta, y ninguno en triticale; Akbar *et al.* (2007) en trigo, reporta rangos de heterosis para este carácter entre 11.8 y 56.0%, y rangos de heterobeltiosis entre 8.9 y 27.3%.

Para rendimiento de forraje seco, el híbrido AN105 x AN31 registró valores de heterosis y heterobeltiosis positivos y significativos (74.1 y 59.7%, respectivamente). En promedio, los híbridos registraron valores positivos, aunque no todos significativos, para heterosis y heterobeltiosis (50.0 y 36.1%, respectivamente).

En el caso de las variables fisiológicas: fotosíntesis, transpiración y uso eficiente del agua, los valores de heterosis y heterobeltiosis en promedio de los muestreos no fueron significativos; sin embargo, las tendencias observadas señalan valores generalmente positivos de heterosis y negativos de heterobeltiosis para las características mencionadas, indicando la ausencia de diferencias importantes entre los híbridos y los progenitores, especialmente para fotosíntesis y transpiración (Cuadro 4.1).

En los parámetros de crecimiento: tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN), e independientemente de la no significancia encontrada en forma general, las tendencias observadas en promedio de los muestreos para heterosis y heterobeltiosis muestran que los híbridos

presentaron mayores tasas de acumulación de materia seca, lo que explica también las diferencias encontradas anteriormente entre híbridos y progenitores para el peso seco de planta y el rendimiento de forraje seco.

En el caso de las variables relacionadas con el dosel foliar o aparato asimilatorio de los genotipos evaluados (IAF, AFE, RAF y RPF), los valores de heterosis y heterobeltiosis fueron generalmente negativos y en varios casos significativos (Cuadro 4.1). Sin embargo, los valores de heterosis de las variables que estiman el tamaño del dosel foliar (IAF y AFE), resultaron positivos, aunque no significativos, en los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31, aspecto importante con respecto a la superficie asimilatoria de estos genotipos que incide directamente en un mejor aprovechamiento de la luz solar y en una mayor cobertura del terreno. Cabe señalar que los valores de heterobeltiosis para estas y las demás variables estudiadas fueron calculados entre los híbridos y el mejor progenitor, que en el caso específico de estas variables fueron los genotipos de hábito intermedio-invernal AN31 y ABT, los cuales muestran los mayores valores de área foliar, debido a su hábito de crecimiento. Por otra parte, es importante mencionar que no existen reportes en triticale sobre los parámetros de crecimiento evaluados en este estudio, y menos en materiales forrajeros, lo cual impide realizar las comparaciones necesarias con base a reportes científicos previos, excepto los relativos a biomasa por planta en el cultivo de trigo ya mencionado.



Cuadro 4.1. Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características agronómicas y fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN). (Promedio de los 4 muestreos). CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	19.7 **	9.4 ns	26.2 **	16.7 *	20.4 ns	5.7 ns	43.0 *	30.3 ns	43.3 *	30.4 ns
2	AN105 x AN31	13.0 *	0.1 ns	19.2 **	11.8 ns	29.0 ns	8.0 ns	73.0 **	61.7 **	74.1 **	59.7 *
3	AN125 x AN31	10.2 *	-9.8 ns	10.9 *	-3.2 ns	-1.1 ns	-25.4 **	35.1 *	20.8 ns	34.2 *	21.6 ns
4	AN38 x ABT	27.7 **	16.6 ns	20.8 *	11.2 ns	-8.0 ns	-21.7 *	34.7 ns	23.1 ns	47.2 ns	34.3 ns
5	AN105 x ABT	22.3 **	8.9 ns	21.8 *	12.9 ns	0.0 ns	-20.1 **	46.0 ns	31.0 ns	51.4 ns	34.9 ns

ns, \*, \*\*: No significativo, significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis. AFOLIAR = Área foliar, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

VARIABLES FISIOLÓGICAS											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-2</sup> )		TRANSP (μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-2</sup> )		UEA (Kg ms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )		TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Ht	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	9.0 ns	-2.9 ns	8.1 ns	-4.6 ns	4.9 ns	0.3 ns	56.0 ns	41.6 ns	30.9 ns	12.9 ns
2	AN105 x AN31	6.1 ns	-5.5 ns	-0.0 ns	-13.9 ns	6.6 ns	-0.2 ns	111.7 *	76.5 ns	76.1 ns	34.2 ns
3	AN125 x AN31	6.6 ns	-6.3 ns	6.8 ns	-5.0 ns	1.8 ns	-6.0 ns	40.3 ns	16.3 ns	20.9 ns	-12.4 ns
4	AN38 x ABT	21.3 *	10.8 ns	8.3 ns	0.4 ns	13.5 ns	8.2 ns	60.4 ns	39.0 ns	89.2 ns	66.3 ns
5	AN105 x ABT	5.1 ns	-6.0 ns	-1.7 ns	-11.5 ns	10.5 ns	3.0 ns	51.0 ns	22.7 ns	49.6 ns	21.6 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		RPF (g g <sup>-1</sup> )		AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )			
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	18.3 ns	3.6 ns	-13.4 *	-22.2 **	3.8 ns	-3.0 ns	-9.8 ns	-20.0 ns		
2	AN105 x AN31	28.5 ns	7.5 ns	-24.0 **	-37.3 **	4.1 ns	-4.2 ns	-23.7 ns	-35.5 **		
3	AN125 x AN31	-1.8 ns	-26.0 **	-25.0 **	-45.5 **	1.0 ns	-11.1 ns	-26.1 ns	-45.7 **		
4	AN38 x ABT	-9.7 ns	-23.1 *	-5.5 ns	-16.2 *	-17.6 *	-23.2 **	-28.5 **	-36.0 **		
5	AN105 x ABT	0.4 ns	-20.1 *	-26.3 **	-35.5 **	-1.9 ns	-16.0 ns	-30.3 *	-44.9 **		

ns, \*, \*\*: No significativo, significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

## **Heterosis y heterobeltiosis**

### **Variables agronómicas**

#### **Primer muestreo, riego restringido.**

En el Cuadro A9 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en los híbridos  $F_1$  para las características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR), correspondientes al primer muestreo. Para la variable etapa fenológica, tres de los híbridos registraron heterosis positiva, aunque no significativa. El híbrido AN125 x AN31 reportó heterobeltiosis negativa y altamente significativa para esta variable. Este mismo híbrido registró un valor de heterobeltiosis significativamente diferente de su progenitor más precoz (AN125). Para altura de planta, todos los híbridos, excepto AN105 x ABT, no registraron heterosis significativa; este mismo híbrido registró heterobeltiosis positiva y significativa para este carácter. AN125 x AN31 registró heterobeltiosis negativa y significativa.

Para área foliar, los híbridos AN105 x AN31 y AN125 x AN31 presentaron heterosis positiva y significativa. AN38 x AN31 registró heterobeltiosis negativa y significativa. En la variable peso seco total, el híbrido registró heterosis negativa y significativa; el resto de los híbridos no mostraron significancia para heterosis. AN125 x AN31 y AN38 x ABT registraron heterobeltiosis negativa y significativa. Para la variable rendimiento de forraje seco, todos los híbridos, excepto AN38 x ABT no registraron heterosis ni heterobeltiosis significativa; AN38 x ABT registró heterobeltiosis negativa y significativa.

#### **Segundo muestreo, riego restringido.**

En el Cuadro A10 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos  $F_1$  para las características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR), correspondiente al segundo muestreo. Aunque todos los híbridos registraron valores de heterosis positivos para etapa fenológica, sólo AN105 x ABT registró heterosis significativa. Para heterobeltiosis, aunque la mayoría de los valores fueron negativos, ninguno fue significativo. Para altura

de planta, en este muestreo, todos los híbridos registraron valores de heterosis y heterobeltiosis positivos, sin embargo, ninguno fue significativo. Para la variable área foliar, cuatro de los cinco híbridos registraron valores no significativos de heterosis y heterobeltiosis; sólo el híbrido AN105 x ABT registró valores de heterosis y heterobeltiosis negativos y significativos. Para la variable peso seco total, todos los híbridos registraron valores de heterosis positivos, pero no significativos. No se registró significancia para los valores de heterobeltiosis. En el caso del rendimiento de forraje seco no se registraron valores significativos para heterosis ni heterobeltiosis, aunque la mayoría fueron positivos.

### **Tercer muestreo, riego restringido.**

En el Cuadro A11 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos  $F_1$  para las características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) correspondiente al tercer muestreo. Para la variable etapa fenológica, todos los híbridos analizados presentaron valores de heterosis positiva y altamente significativa. No se registró significancia estadística en esta variable para heterobeltiosis en ninguno de los híbridos. Para altura de planta, todos los híbridos registraron valores de heterosis positiva y altamente significativa; sin embargo, sólo los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31 registraron heterobeltiosis positiva y significativa. Para área foliar, en este muestreo, ninguno de los híbridos registró valores de heterosis significativos; AN105 x AN31 y AN125 x AN31 registraron heterobeltiosis negativa y altamente significativa. Para peso seco de planta, aunque todos los valores de heterosis fueron positivos, sólo el híbrido AN105 x ABT fue positivo y altamente significativo. No se registraron valores significativos de heterobeltiosis para este carácter. El mismo comportamiento se registró en este muestreo para la variable rendimiento de forraje seco, ya que los valores de heterosis y

heterobeltiosis resultaron positivos, aunque sólo la heterosis resultó significativa en el híbrido AN105 x ABT.

#### **Cuarto muestreo, riego restringido.**

En el Cuadro A12 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos  $F_1$  para las características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR), correspondiente al cuarto muestreo. Para la variable etapa fenológica, todos los híbridos registraron valores de heterosis positiva y altamente significativa; también todos los híbridos, excepto AN125 x AN31 registraron heterobeltiosis positiva y significativa. Para altura de planta, los híbridos AN38 x AN31, AN105 x AN31 y AN125 x AN31 registraron valores de heterosis positivos y altamente significativos; los dos primeros también registraron heterobeltiosis positiva y significativa para este carácter. Para la variable área foliar, ninguno de los híbridos registró valores de heterosis significativos; los híbridos AN105 x AN31, AN125 x AN31 y AN105 x ABT registraron valores de heterobeltiosis negativos y significativos. Para la variable peso seco de planta, los híbridos AN38 x AN31, AN105 x AN31 y AN125 x AN31 mostraron valores de heterosis positiva y significativa. AN125 x AN31 registró heterobeltiosis positiva y significativa. Para rendimiento de forraje seco, aunque en forma general se registraron valores positivos para heterosis y heterobeltiosis, sólo los híbridos AN38 x AN31, AN105 x AN31 y AN125 x AN31 mostraron valores de heterosis positiva y significativa. Para heterobeltiosis, sólo el híbrido AN125 x AN31 registró un valor positivo y significativo.

## **Heterosis y heterobeltiosis**

### **Variables fisiológicas**

#### **Primer muestreo, riego restringido.**

En el Cuadro A13 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos  $F_1$  para las características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR), evaluados en el primer muestreo. No se registró heterosis significativa para tasa fotosintética y tasa transpiratoria en ninguno de los híbridos evaluados. Para fotosíntesis y transpiración, se registró heterosis positiva en los híbridos AN38 x ABT y AN105 x ABT y heterobeltiosis positiva y significativa para el último híbrido mencionado. Para transpiración, los híbridos AN105 x AN31, AN125 x AN31 y AN105 x ABT registraron heterobeltiosis negativa y significativa. Para uso eficiente del agua (UEA), aunque todos los híbridos registraron valores de heterosis y heterobeltiosis positivos, sólo AN38 x AN31 registró heterosis positiva y significativa. La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y la tasa de asimilación neta (TAN), registró heterosis y heterobeltiosis negativa y significativa sólo en el híbrido AN38 x ABT. Para el índice de área foliar, los híbridos AN105 x AN31 y AN125 x AN31 registraron valores de heterosis y heterobeltiosis positiva y significativa. AN38 x AN31 registró heterobeltiosis negativa y significativa para este carácter. Para la relación de peso foliar (RPF), sólo el híbrido AN125 x AN31 registró heterobeltiosis negativa y significativa para esta variable. Para el área foliar específica (AFE), ningún híbrido registró significancia para heterosis ni heterobeltiosis. Sólo el híbrido AN125 x AN31 registró heterobeltiosis positiva y significativa para la relación de área foliar (RAF).

#### **Segundo muestreo, riego restringido.**

En el Cuadro A14 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos  $F_1$  para las características fisiológicas bajo condiciones de riego

restringido (RR), correspondiente al segundo muestreo. Se registró heterosis positiva y significativa para tasa fotosintética sólo en el híbrido AN105 x AN31. Para tasa transpiratoria, sólo los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x ABT registraron valores de heterobeltiosis negativos y significativos. Para uso eficiente del agua (UEA), sólo el híbrido AN38 x AN31 registró heterosis positiva y significativa. El híbrido AN38 x ABT registró un valor de heterosis positivo y significativo para la tasa de crecimiento del cultivo (TCC). El híbrido AN105 x ABT registró valores de heterosis y heterobeltiosis negativos y significativos para este carácter. Para la tasa de asimilación neta (TAN), sólo el híbrido AN105 x AN31 registró heterobeltiosis negativa y significativa. Para el índice de área foliar, sólo el híbrido AN105 x ABT registró valores de heterosis y heterobeltiosis negativos y significativos. Este híbrido también registró valores de heterosis y heterobeltiosis negativos y significativos para la relación de área foliar (RAF), RPF, y AFE.

### **Tercer muestreo, riego restringido.**

En el Cuadro A15 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos  $F_1$  para las características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR). No se registró heterosis ni heterobeltiosis significativa en ninguno de los híbridos en la tasa fotosintética excepto en el híbrido AN105 x ABT, quien registró heterobeltiosis negativa y significativa para este carácter. Para la tasa transpiratoria, los híbridos AN125 x AN31 y AN105 x ABT registraron valores de heterosis y heterobeltiosis negativos y significativos. Para el uso eficiente del agua (UEA) no se registró heterosis ni heterobeltiosis significativa en la mayoría de los híbridos, excepto en el híbrido AN38 x AN31, quien registró heterosis y heterobeltiosis positiva y significativa para este carácter. Para la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), todos los híbridos registraron valores positivos pero no significativos; tampoco se registró significancia en la heterobeltiosis. Para la tasa de asimilación neta (TAN), todos los híbridos registraron valores positivos pero no significativos; tampoco se registró significancia en la heterobeltiosis. Los híbridos AN105 x AN31 y AN125

x AN31 registraron heterobeltiosis negativa y significativa para el índice de área foliar. La RPF registró heterosis y heterobeltiosis negativa y significativa en todos los híbridos. La heterobeltiosis fue negativa y significativa en los híbridos AN38 x ABT y AN105 x ABT. En este muestreo, la heterobeltiosis para la relación de área foliar (RAF) fue negativa y altamente significativa en todos los híbridos evaluados.

#### **Cuarto muestreo, riego restringido.**

En el Cuadro A16 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F1 para las características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR), correspondiente al cuarto muestreo. No se registraron valores de heterosis y heterobeltiosis significativos para fotosíntesis en ninguno de los híbridos. No se registró heterosis ni heterobeltiosis significativa para transpiración, excepto en el híbrido AN38 x AN31, que registró heterosis y heterobeltiosis negativa y significativa para transpiración. Para UEA, sólo el híbrido AN125 x AN31 registró heterosis positiva y significativa. Para TCC, sólo AN125 x AN31 mostró heterosis y heterobeltiosis positiva y significativa, al igual que heterosis y heterobeltiosis para la TAN en este híbrido. La heterobeltiosis para IAF fue negativa y significativa en los híbridos AN125 x AN31, AN105 x AN31 y AN105 x ABT. La heterosis y heterobeltiosis para RPF fue consistentemente negativa y significativa. Para AFE no se registró heterosis ni heterobeltiosis significativa, excepto en el híbrido AN125 x AN31, que registró heterobeltiosis negativa y significativa. Este mismo híbrido registró la mayor heterosis negativa y significativa para RAF; asimismo, este mismo híbrido y AN38 x AN31 y AN105 x AN31 registraron valores de heterobeltiosis negativos y significativos para este carácter.

### **Combinado de los cuatro muestreos bajo riego restringido.**

En el Cuadro 4.2 se presentan los valores de heterosis y heterobeltiosis en los híbridos  $F_1$  para características agronómicas y fisiológicas bajo condiciones de riego restringido en promedio de los 4 muestreos. Para las variables etapa fenológica y altura de planta, la mayoría de los híbridos registraron heterosis positiva y significativa; los valores de heterobeltiosis para ambas características generalmente fueron positivos, aunque no significativos, excepto los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31 que en altura de planta registraron valores positivos y significativos.

En forma general, la mayoría de los híbridos registraron valores positivos de heterobeltiosis para estas variables, que aunque no fueron significativos, reflejaron la tendencia de mostrar similar fenología que su progenitor más precoz y mayor altura de planta que sus mejores progenitores, aspecto importante en el desarrollo de nuevas variedades con una menor duración del ciclo del cultivo, principalmente para condiciones bajo riego restringido o bajo temporal.

Con respecto a la etapa fenológica, los híbridos registraron en promedio 14.9 % de heterosis positiva, respectivamente, siendo mayor a las reportadas para triticales por Oettler *et al.* (2001), Oettler *et al.* (2003), Oettler *et al.* (2005) y Herrmann (2007), quienes señalan valores negativos de heterosis y heterobeltiosis para esta variable.

En este estudio, para altura de planta, el promedio de heterosis y heterobeltiosis (15.8 y 9.5%, respectivamente) bajo riego restringido fue también superior a lo reportado por los autores mencionados, quienes reportaron rangos entre 4.4 y 8.3% para heterosis y entre 1.8 y 5.3% para heterobeltiosis, bajo condiciones normales de riego.

Para área foliar, los híbridos registraron en promedio valores positivos, no significativos de heterosis y valores negativos de heterobeltiosis, aunque no



significativos, mostrando una tendencia a producir menor área foliar que sus progenitores, especialmente los mejores progenitores para este carácter, AN31 y ABT, los cuales son de hábito intermedio-invernal y producen una cantidad muy apreciable de hojas, indicando el efecto negativo del déficit de humedad sobre el desarrollo del dosel foliar de los genotipos.

En promedio de los cuatro muestreos, los híbridos presentaron valores de heterosis positivos (24.1), aunque no significativos para peso seco de planta, reflejando la mayor capacidad para acumular materia seca de los mismos en comparación con la media de sus progenitores. No se registraron valores significativos para heterobeltiosis. A este respecto, existen escasos reportes sobre la heterosis y heterobeltiosis de la biomasa por planta, y ninguno en triticale; Akbar *et al.* (2007), en trigo, reporta rangos de heterosis para este carácter entre 11.8 y 56.0% y rangos de heterobeltiosis entre 8.9 y 27.3%.

Para rendimiento de forraje seco, se registraron resultados similares a los encontrados para peso seco de planta. En promedio, los híbridos registraron valores positivos, aunque no significativos para heterosis y heterobeltiosis.

En el caso de las variables fisiológicas: fotosíntesis, transpiración y uso eficiente del agua, los valores de heterosis y heterobeltiosis en promedio de los muestreos no fueron significativos; sin embargo, las tendencias observadas señalan valores generalmente positivos de heterosis y negativos de heterobeltiosis para las características mencionadas, indicando la ausencia de diferencias importantes entre los híbridos y los progenitores, especialmente para fotosíntesis y transpiración (Cuadro 4.2).

En los parámetros de crecimiento: tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN), e independientemente de la no significancia encontrada en forma general, las tendencias observadas en promedio de los muestreos para heterosis y heterobeltiosis muestran que los híbridos presentaron mayores tasas de acumulación de materia seca, aunque estadísticamente no significativas, lo que explica también las diferencias

encontradas anteriormente entre híbridos y progenitores para el peso seco de planta y el rendimiento de forraje seco.

En el caso de las variables relacionadas con el dosel foliar o aparato asimilatorio de los genotipos evaluados (IAF, AFE, RAF y RPF), los valores de heterosis y heterobeltiosis fueron generalmente negativos y en varios casos, significativos (Cuadro 4.2).

Sin embargo, los valores de heterosis de las variables que estiman el tamaño del dosel foliar (IAF y AFE), resultaron generalmente positivos, aunque no significativos en los híbridos, aspecto importante con respecto a la superficie asimilatoria de estos genotipos que incide directamente en un mejor aprovechamiento de la luz solar y en una mayor cobertura del terreno.

Cabe señalar que los valores de heterobeltiosis para estas y las demás variables estudiadas fueron resultado de la diferencia entre los híbridos y el mejor progenitor, que en el caso específico de estas variables que estudian la dinámica del dosel foliar fueron los genotipos de hábito intermedio-invernal AN31 y ABT, los cuales muestran los mayores valores de área foliar, debido a su hábito de crecimiento.

Por otra parte, en los Cuadros 4.3 y 4.4 se presentan los resultados de las pruebas de comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) entre cada uno de los híbridos bajo cada tratamiento de riego. Los valores presentados son el promedio de los cuatro muestreos.

Las medias generales de heterosis y heterobeltiosis de cada variable mostraron que en forma general, los valores fueron mayores bajo riego normal que bajo riego restringido, principalmente en las variables que inciden en la acumulación de biomasa, como son el peso seco y altura de planta, y la tasa de crecimiento (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) y el índice de área foliar

(IAF), indicando el efecto detrimental del déficit de humedad sobre estos parámetros. Los valores de heterosis y heterobeltiosis fueron mayores bajo riego restringido para el área foliar específica (AFE) y relación de área foliar (RAF).

Los valores positivos de heterosis y heterobeltiosis de las variables que incidieron en una mayor acumulación de biomasa encontrados en este estudio son importantes desde el punto de vista práctico, ya que los mejores híbridos provienen de cruzas con progenitores comerciales de reconocido comportamiento forrajero en diversas regiones del centro y norte de México, lo que sugiere una mayor probabilidad de un mejor comportamiento productivo de los nuevos híbridos *per se* o de líneas derivadas de estas cruzas superiores.

Cuadro 4.2. Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características agronómicas y fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR). (Promedio de los 4 muestreos). CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	18.2 **	9.7 ns	23.0 **	13.3 *	-0.4 ns	-13.1 ns	22.1 ns	4.5 ns	22.1 ns	3.8 ns
2	AN105 x AN31	12.2 **	-2.2 ns	17.6 **	11.5 *	5.0 ns	-17.6 ns	30.8 ns	8.9 ns	30.8 ns	8.9 ns
3	AN125 x AN31	11.8 **	-7.6 ns	12.2 *	2.8 ns	0.3 ns	-26.0 *	17.1 ns	3.8 ns	20.7 ns	6.2 ns
4	AN38 x ABT	15.6 **	8.0 *	13.4 *	13.4 ns	-4.5 ns	-15.8 ns	12.9 ns	-3.1 ns	10.1 ns	-5.4 ns
5	AN105 x ABT	16.7 **	2.5 ns	13.2 ns	6.7 ns	-3.2 ns	-22.5 *	37.8 ns	-14.5 ns	37.1 ns	14.2 ns

ns, \*, \*\*: No significativo, significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis. AFOLIAR = Área foliar, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

VARIABLES FISIOLÓGICAS											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-2</sup> )		TRANSP (μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-2</sup> )		UEA (Kg ms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )		TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Ht	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	14.0 ns	-2.5 ns	-7.5 ns	-18.4 *	27.1 *	21.2 ns	56.5 ns	23.9 ns	50.8 ns	24.9 ns
2	AN105 x AN31	17.0 ns	-0.6 ns	-0.3 ns	-11.5 ns	13.7 ns	4.9 ns	11.0 ns	-13.3 ns	2.2 ns	-25.9 ns
3	AN125 x AN31	6.9 ns	-9.3 ns	-2.4 ns	-12.7 ns	11.4 ns	-0.08 ns	117.2 ns	44.9 ns	212.5 *	118.5 ns
4	AN38 x ABT	16.1 ns	0.08 ns	9.3 ns	-5.2 ns	8.8 ns	0.3 ns	72.1 ns	8.3 ns	72.6 ns	19.7 ns
5	AN105 x ABT	13.5 ns	-2.5 ns	4.2 ns	-5.9 ns	7.8 ns	-2.1 ns	1.8 ns	-19.1 ns	16.7 ns	-6.7 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		RPF (g g <sup>-1</sup> )		AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )			
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	-0.3 ns	-13.1 ns	-15.3 ns	-25.7 ns	-3.9 ns	-14.1 ns	-17.1 ns	-31.1 ns		
2	AN105 x AN31	5.0 ns	-17.6 ns	-24.3 ns	-38.0 **	9.2 ns	-4.7 ns	-13.9 ns	-32.4 ns		
3	AN125 x AN31	0.3 ns	-26.0 *	-24.6 ns	-43.4 *	4.7 ns	-9.9 ns	-3.9 ns	-29.2 ns		
4	AN38 x ABT	-4.5 ns	-15.8 ns	-6.2 ns	-15.3 ns	3.2 ns	-6.2 ns	-1.0 ns	-15.3 ns		
5	AN105 x ABT	-3.9 ns	-22.5 *	-20.3 ns	-33.2 **	2.6 ns	-8.4 ns	-12.6 ns	-33.5 *		

ns, \*, \*\*: No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro 4.3. Comparación de medias de heterosis y heterobeltiosis entre los híbridos para las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en el experimento bajo riego normal (RN). (Promedio de los 4 muestreos). CIQA 2008.

VARIABLES														
HÍBRIDOS	ETAPA		ALTURA		AFOLIAR		PSTOT		ESTH		FOTO		TRANSP	
	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
38 X 31	19.7 ab	9.4 ab	26.2 a	16.7 a	20.4 ab	5.78 a	43.0 ns	30.3 ns	43.3 ns	30.4 ns	9.0 ns	-2.9 ns	8.1 ns	-4.7 ns
105 X 31	13.0 ab	0.1 bc	19.2 ab	11.8 a	29.0 a	8.0 a	73.0 ns	61.7 ns	74.1 ns	59.7 ns	6.1 ns	-5.5 ns	-0.05 ns	-13.9 ns
125 X 31	10.2 b	-9.7 c	10.9 b	-3.2 b	-1.1 ab	-25.4 b	35.1 ns	20.8 ns	34.2 ns	21.6 ns	6.6 ns	-6.3 ns	6.8 ns	-5.0 ns
38 X ABT	27.7 a	16.6 a	20.8 ab	11.2 a	-8.0 b	-21.7 ab	34.7 ns	23.1 ns	47.5 ns	34.3 ns	21.3 ns	10.8 ns	8.3 ns	0.4 ns
105 X ABT	22.3 ab	8.9 ab	21.8 ab	12.9 a	0.02 ab	-20.1 ab	46.0 ns	31.0 ns	51.4 ns	34.9 ns	5.1 ns	-6.0 ns	-1.7 ns	-11.5 ns
DMS	15.8	15.2	15.0	13.5	35.3	29.7	50.2	43.9	52.4	45.2	21.9	22.3	24.1	24.1
$\bar{X}$	21.7	5.06	19.7	10.0	8.06	-0.72	46.3	33.3	50.1	36.1	14.0	-1.98	4.2	-6.9

VARIABLES														
HÍBRIDOS	UEA		TCC		TAN		IAF		RPF		AFE		RAF	
	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
38 X 31	4.9 ns	0.3 ns	56.0 ns	41.6 ns	30.9 ns	12.9 ns	18.3 ab	3.6 ab	-13.4 ns	-22.2 ab	3.8 ns	-3.0 ns	-9.8 ns	-20.0 a
105 X 31	6.6 ns	-0.2 ns	111.7 ns	76.5 ns	76.1 ns	34.2 ns	28.5 a	7.5 a	-24.0 ns	-37.3 bc	4.1 ns	-4.2 ns	-23.7 ns	-35.5 ab
125 X 31	1.8 ns	-6.0 ns	40.3 ns	16.3 ns	20.9 ns	-12.3 ns	-1.8 ab	-26.0 c	-25.0 ns	-42.5 c	1.0 ns	-11.1 ns	-26.1 ns	-45.7 b
38 X ABT	13.5 ns	8.2 ns	60.4 ns	39.0 ns	89.2 ns	66.4 ns	-9.7 b	-23.1 bc	-5.5 ns	-16.2 a	-17.6 ns	-23.2 ns	-28.5 ns	-36.0 ab
105 X ABT	10.5 ns	3.0 ns	51.0 ns	22.7 ns	49.6 ns	21.6 ns	0.4 ab	-20.1 abc	-26.3 ns	-35.6 bc	-1.9 ns	-16.0 ns	-30.3 ns	-44.9 b
DMS	21.5	19.7	96.0	77.5	101.0	82.1	33.8	28.4	23.2	17.3	22.8	25.3	24.4	23.1
$\bar{X}$	7.4	1.06	63.8	39.2	53.3	24.5	7.1	-11.6	-18.8	-30.7	-2.1	-11.5	-23.6	-36.4

ns, \*, \*\*: No significativo, significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. ETA = Etapa, ALT = Altura, AF = Área foliar, PS = Peso seco, FS = Forraje seco toneladas por hectárea, FOT = Fotosíntesis, TRA = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de heterosis y heterobeltiosis entre los híbridos para las variables agronómicas y fisiológicas evaluados en el experimento bajo riego restringido (RR). (Promedio de los 4 muestreos). CIQA 2008.

VARIABLES														
HÍBRIDOS	ETAPA		ALTURA		AFOLIAR		PSTOT		ESTH		FOTO		TRANSP	
	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
38 X 31	18.2 ns	9.7 a	23.0 ns	13.3 ns	-0.4 ns	-13.1 ns	22.1 ns	4.6 ns	22.1 ns	3.8 ns	14.0 ns	-2.5 ns	-7.5 ns	-18.5 ns
105 X 31	12.2 ns	-2.2 ab	17.6 ns	11.5 ns	5.0 ns	-17.6 ns	30.8 ns	8.9 ns	30.8 ns	8.9 ns	17.0 ns	-0.6 ns	-0.3 ns	-11.5 ns
125 X 31	11.8 ns	-7.6 b	12.2 ns	2.8 ns	0.3 ns	-26.0 ns	17.1 ns	3.8 ns	20.7 ns	6.2 ns	6.9 ns	-9.3 ns	-2.4 ns	-12.7 ns
38 X ABT	15.6 ns	8.0 a	13.4 ns	7.0 ns	-4.5 ns	-15.8 ns	12.9 ns	-3.1 ns	10.1 ns	-5.4 ns	16.1 ns	0.09 ns	9.3 ns	-5.2 ns
105 X ABT	16.7 ns	2.5 ab	13.3 ns	6.7 ns	-3.2 ns	-22.5 ns	37.8 ns	14.5 ns	37.1 ns	14.2 ns	13.6 ns	-2.5 ns	4.2 ns	-5.9 ns
DMS	12.8	13.5	18.0	18.6	46.6	43.2	71.5	56.7	71.7	56.9	39.1	30.1	26.4	24.9
$\bar{X}$	14.9	2.0	15.9	8.2	-0.56	-19.0	24.1	5.7	24.1	5.5	13.5	-2.9	0.66	-10.7

VARIABLES														
HÍBRIDOS	UEA		TCC		TAN		IAF		RPF		AFE		RAF	
	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
38 X 31	27.1 ns	21.2 ns	56.7 ns	23.9 ns	50.8 ns	24.8 ns	-0.3 ns	-13.1 ns	-15.3 ns	-25.7 ab	-3.9 ns	-14.1 ns	-17.1 ns	-31.1 ns
105 X 31	13.7 ns	4.9 ns	11.0 ns	-13.4 ns	2.2 ns	-25.9 ns	5.0 ns	-17.6 ns	-24.3 ns	-38.0 ab	9.2 ns	-4.7 ns	-13.9 ns	-32.4 ns
125 X 31	11.4 ns	-0.07 ns	117.1 ns	44.9 ns	212.5 ns	118.5 ns	0.3 ns	-26.0 ns	-24.6 ns	-43.4 b	4.7 ns	-9.9 ns	-3.9 ns	-29.2 ns
38 X ABT	8.8 ns	0.3 ns	72.1 ns	8.3 ns	72.6 ns	19.7 ns	-4.5 ns	-15.7 ns	-6.2 ns	-15.3 a	3.2 ns	-6.2 ns	-1.0 ns	-15.3 ns
105 X ABT	7.8 ns	-2.1 ns	1.8 ns	-19.1 ns	16.8 ns	-6.7 ns	-3.9 ns	-22.5 ns	-20.3 ns	-33.2 ab	2.6 ns	-8.4 ns	-12.6 ns	-33.5 ns
DMS	28.8	25.3	180.3	106.9	275.7	164.0	47.0	43.2	31.7	27.6	32.3	25.8	43.6	34.6
$\bar{X}$	13.7	4.8	51.7	8.9	70.9	26.0	-0.68	-18.9	-18.1	-31.1	3.1	-8.0	-9.7	-28.3

ns, \*, \*\*: No significativo, significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. ETA = Etapa, ALT = Altura, AF = Área foliar, PS = Peso seco, FS = Forraje seco toneladas por hectárea, FOT = Fotosíntesis, TRA = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

## **Análisis de crecimiento**

### **Primer muestreo**

En el Cuadro A17 se presentan los resultados de los análisis de varianza entre tratamientos de riego de las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en el primer muestreo. Repeticiones presentaron alta significancia en etapa fenológica, altura de planta, peso seco de hoja (PSHOJA), peso seco total (PSTOT), rendimiento de forraje seco (FSTH), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y uso eficiente del agua (UEA), la significancia se registró en las variables peso seco de tallos (PSTALL), tasa de asimilación neta (TAN) y área foliar específica (AFE). TRIEGO registró alta significancia en altura de planta (ALTURA), fotosíntesis (FOTO), conductancia estomatal y uso eficiente del agua (UEA).

Se registraron diferencias estadísticas entre los genotipos evaluados en los dos regímenes de riego para etapa fenológica, altura de planta, número de hijuelos (HIJUEL), área foliar (AFOLIAR), peso seco de tallos (PSTALL), peso seco total (PSTOT), rendimiento de forraje seco (RFS), área foliar específica (AFE), fotosíntesis (FOTO), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), índice de área foliar (IAF) y relación de peso foliar (RPF).

No se registraron diferencias estadísticas entre genotipos para peso seco de hoja (PSHOJ), conductancia estomatal (CS), transpiración (TRANSP), uso eficiente del agua (UEA), tasa de asimilación neta (TAN) y relación de área foliar (RAF).

La interacción TRIEGO \* GENOTIPOS registró alta significancia en transpiración (TRANSP) y la significancia fue para la tasa de asimilación neta (TAN) y conductancia estomatal (CS), indicando la respuesta diferencial de los tratamientos para este carácter al someterlos a déficits de humedad.

En los Cuadros A18 y A19 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias entre genotipos (Tukey  $p < 0.05$ ) para las variables agronómicas y fisiológicas estudiadas en cada uno de los tratamientos de riego.

Bajo condiciones de riego normal, los contrastes entre híbridos y progenitores arrojaron los siguientes resultados: los híbridos registraron significativamente valores mayores para etapa fenológica (ETAPA), 38.2 vs 34.2), altura de planta (ALTURA), 51.6 vs 46.4), área foliar (AF, 2075.1 vs 1704.0), peso seco de tallo (PSTALL, 9.7 vs 6.6), peso seco de hoja (PSHOJ, 14.1 vs 11.4), peso seco total (PSTOT, 23.8 vs 18.0), rendimiento de forraje seco (RFS, 5.570 vs 4.214), uso eficiente del agua (UEA, 3.808 vs 3.080), tasa de crecimiento del cultivo (TCC, 9.5 vs 7.1) e índice de área foliar (IAF, 5.53 vs 4.54).

No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores para número de hijuelos (HIJUEL), fotosíntesis (FOTO), conductancia estomatal (CS), transpiración (TRANSP), tasa de asimilación neta (TAN), área foliar específica (AFE), relación de área foliar (RAF) y relación de peso foliar (RPF). (Cuadro A29).

Bajo riego restringido, los contrastes entre híbridos y progenitores mostraron los siguientes resultados: los híbridos registraron valores significativamente mayores que los progenitores para las variables FOTO (12.9 vs 10.3), CS (1.15 vs 0.97) y UEA (7.180 vs 4.815).

Los progenitores fueron significativamente superiores a los híbridos en HIJUEL (27.2 vs 20.3). No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores para ETAPA, ALTURA, AFOLIAR, PSTALL, PSHOJ, PSTOT, RFS, TRANSP, TCC, TAN, IAF, AFE, RAF y RPF (Cuadro A30).



## Segundo muestreo

En el Cuadro A20 se presentan los resultados de los análisis de varianza entre tratamientos de riego de las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en el segundo muestreo. Repeticiones presentaron alta significancia en TRANSP, las demás variables no registraron diferencias significativas.

TRIEGO registró alta significancia para CS y las variables AFOLIAR, IAF, RPF, presentaron significancia.

Se registraron diferencias entre los genotipos evaluados en los dos regímenes de riego para etapa ETAPA, ALTURA, HIJUEL, AFOLIAR, PSTALL, PSHOJ, PSESP, PSTOT, RFS, TAN, IAF, AFE, RAF, RPF y TCC. No se registraron diferencias estadísticas entre genotipos para FOTO, CS, y TRANSP. La interacción TRIEGO \* GENOTIPOS fue significativa sólo para PSTALL, indicando la respuesta diferencial de los tratamientos para este carácter al someterlos a déficits de humedad.

En los Cuadros A21 y A22 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias entre genotipos (Tukey  $p < 0.05$ ) para las variables agronómicas y fisiológicas estudiadas en cada uno de los tratamientos de riego.

Bajo condiciones de riego normal, los contrastes entre híbridos y progenitores arrojaron los siguientes resultados: los híbridos registraron significativamente valores mayores para altura de planta (71.1 vs 57.2), área foliar (3765.0 vs 2682.5.0), peso seco de tallo (28.6 vs 16.1), peso seco de hoja (26.6 vs 20.2), peso seco total (56.5 vs 37.9), rendimiento de forraje seco (13.195 vs 8.848), uso eficiente del agua (9.578 vs 7.506), tasa de crecimiento del cultivo (72.6 vs 44.1), índice de área foliar (10.04 vs 7.15) y área foliar específica (140.8 vs 131.4).

Los progenitores registraron valores significativamente mayores para relación de área foliar (66.4 vs 74.1) y relación de peso foliar (0.468 vs 0.551).

No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores para ETAPA, HIJUEL, PSESP, FOTO, CS, TRANSP y TAN.

Bajo riego restringido, los contrastes entre híbridos y progenitores mostraron los siguientes resultados: los híbridos registraron valores significativamente mayores que los progenitores sólo para la variable UEA (12.759 vs 8.965).

No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores en el resto de las variables estudiadas en este muestreo, sin embargo, los híbridos mostraron valores numéricamente mayores para ETAPA, ALTURA, AFOLIAR, PSTALL, PSHOJ, PSTOT, RFS, FOTO, CS, TCC, TAN y IAF. Los progenitores fueron numéricamente superiores a los híbridos en PSESP, TRANSP, RAF y RPF.

### **Tercer muestreo**

En el Cuadro A23 se presentan los resultados de los análisis de varianza entre tratamientos de riego de las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en el tercer muestreo. Repeticiones registraron alta significancia en ALTURA, FOTO, CS y UEA.

TRIEGO registró alta significancia para PSHOJA, la significancia se presentó en AFOLIAR, IAF, RPF y FOTO.

Se registraron diferencias entre los genotipos evaluados en los dos regímenes de riego para ETAPA, ALTURA, HIJUEL, AFOLIAR, PSTALL, PSHOJ, PSESP, IAF, AFE, RAF y RPF.

No se registraron diferencias estadísticas entre genotipos para PSTOT, FSTH, UEA, FOTO, CS, TRANSP, TCC y TAN.

No se registraron interacciones significativas TRIEGO \* GENOTIPOS en la mayoría de las variables evaluadas.

En los Cuadros A24 y A25 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias entre genotipos (Tukey  $p < 0.05$ ) para las variables agronómicas y fisiológicas estudiadas en cada uno de los tratamientos de riego.

Bajo condiciones de riego normal, los contrastes entre híbridos y progenitores arrojaron los siguientes resultados: los híbridos registraron significativamente valores mayores para etapa fenológica (63.2 vs 55.8), altura de planta (101.8 vs 84.0), peso seco de tallo (48.7 vs 36.7), peso seco de espiga (13.7 vs 8.9), peso seco total (90.9 vs 71.2) y rendimiento de forraje seco (21.214 vs 16.629).

Los progenitores registraron valores significativamente mayores para relación de área foliar (38.7 vs 55.1) y relación de peso foliar (0.313 vs 0.374). No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores para HIJUEL, AFOLIAR, PSHOJ, FOTO, CS, TRANSP, UEA, TCC, TAN, IAF y AFE.

Bajo riego restringido, los contrastes entre híbridos y progenitores mostraron los siguientes resultados: los híbridos registraron valores significativamente mayores que los progenitores para las variables ETAPA (66.0 vs 57.3), ALTURA (94.8 vs 76.5), PSESP (15.00 vs 8.24), PSTOT (73.2 vs 58.2) y RFS (17.101 vs 13.587).

Los progenitores registraron valores significativamente mayores a los híbridos para TRANSP (19.0 vs 22.1), RAF (25.7 vs 36.0) y RPF (0.25 vs 0.33).

No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores en el resto de las variables estudiadas en este muestreo, sin embargo, los híbridos mostraron valores numéricamente mayores para PSTALL, PSHOJ,

FOTO, UEA, TCC y TAN. Los progenitores fueron numéricamente superiores a los híbridos en AFOLIAR, CS, IAF y AFE.

#### **Cuarto muestreo**

En el Cuadro A26 se presentan los resultados de los análisis de varianza entre tratamientos de riego de las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en el cuarto muestreo. Repeticiones presentaron diferencias significativas en ALTURA, AFE y RAF.

TRIEGO registró alta significancia para ALTURA y TRANSP, la significancia se presentó en las variables AFOLIAR, PSTOT, IAF, RPF, FOTO y CS.

Se registraron diferencias entre los genotipos evaluados en los dos regímenes de riego para ETAPA, ALTURA, HIJUEL, PSTALL, PSHOJ, PSESP, PSTOT, FSTH, UEA, TAN, IAF, AFE, RAF y RPF.

No se registraron diferencias estadísticas entre genotipos para FOTO, CS, TRANSP y TCC.

Se registró interacción significativa TRIEGO \* GENOTIPOS sólo para la variable FOTO.

En los Cuadros A27 y A28 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias entre genotipos (Tukey  $p < 0.05$ ) para las variables agronómicas y fisiológicas estudiadas en cada uno de los tratamientos de riego.

Bajo condiciones de riego normal, los contrastes entre híbridos y progenitores arrojaron los siguientes resultados: los híbridos registraron significativamente valores mayores para etapa fenológica (87.4 vs 78.9), peso seco de tallos (77.3 vs 53.7), peso seco de espigas (43.5 vs 23.6), peso seco total (141.6 vs 99.5), rendimiento de forraje seco (28.690 vs 23.225), uso

eficiente del agua (9.807 vs 7.791) y tasa de crecimiento del cultivo (129.8 vs 72.6).

Los progenitores registraron valores significativamente mayores para relación de área foliar (21.3 vs 30.1) y relación de peso foliar (0.194 vs 0.248). No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores para ALTURA, HIJUEL, AFOLIAR, PSHOJ, FOTO, CS, TRANSP, TAN, IAF y AFE.

Bajo riego restringido, los contrastes entre híbridos y progenitores mostraron los siguientes resultados: los híbridos registraron valores significativamente mayores que los progenitores para las variables ETAPA (91.8 vs 76.5), ALTURA (98.3 vs 87.0), PSTALL (51.1 VS 37.0), PSESP (30.5 vs 17.2), PSTOT (92.7 vs 70.6), RFS (21.630 vs 16.484), UEA (11.470 vs 8.738) y TCC (81.5 vs 46.6).

Los progenitores no registraron valores significativamente mayores a los híbridos para ninguna de las variables en este muestreo.

No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores en el resto de las variables estudiadas en este muestreo, sin embargo, los híbridos mostraron valores numéricamente mayores para HIJUEL, AFOLIAR, FOTO, CS, TAN, IAF y AFE. Los progenitores fueron numéricamente superiores a los híbridos en TRANSP, RAF y RPF.

### **Resultados de los análisis combinados entre muestreos de las variables agronómicas y fisiológicas.**

Los análisis de varianza combinados (Cuadros 4.5 y 4.7) reportaron diferencias estadísticas ( $p < 0.01$ ) entre las repeticiones para las variables ALTURA, FOTO, CS y UEA. TRIEGO registró alta significancia para ALTURA, HIJUEL, AFOLIAR, PSTALL, PSHOJA, PSTOT, RFS, IAF, TCC, FOTO, CS, TRANSP y UEA., excepto ETAPA, TAN, RPF, AFE y RAF que resultaron no significativas.

Para los muestreos se registraron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.01$ ) para la mayoría de las variables en estudio, ya que tanto en el experimento bajo riego normal como en el restringido, la etapa fenológica (ETAPA), la altura de planta (ALTURA), peso seco de tallos (PSTALL), peso seco de planta (PSTOT), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), y el rendimiento de forraje seco (RFS), registraron valores mayores al avanzar la madurez del cultivo (Figuras 4.3 y 4.6). Se registraron diferencias estadísticas entre los genotipos evaluados en los dos tratamientos de riego para todas las variables evaluadas.

El peso seco de hoja (PSHOJA), alcanzó un máximo en el tercer muestreo y luego disminuyó. El índice de área foliar (IAF) fue mayor a los 75 y 87 dds (segundo y tercer muestreo, Figura 4.4). El área foliar específica (AFE), la relación de área foliar (RAF) y la relación de peso foliar (RPF), fueron disminuyendo al avanzar la madurez de los tratamientos (Figuras 4.4 y 4.5).

La fotosíntesis tendió a disminuir al avanzar la madurez de los genotipos, particularmente bajo riego normal. La conductancia estomatal registró un máximo en el segundo muestreo y luego disminuyó.

Los contrastes entre los tratamientos de riego realizados en el análisis de varianza para las variables ALTURA, PSTOT, RFS, TCC, TAN, IAF, AFE, RPF y RAF, indicaron que los tratamientos sujetos a riego restringido registraron

valores estadísticamente menores en la mayoría de las variables en comparación con los mismos tratamientos sujetos a riego normal (ALTURA <9.2%: ns); (PSTOT <25.1%:  $p < 0.01$ ); (RFS <22.3:  $p < 0.01$ ); (TCC <29.0%:  $p < 0.01$ ); (IAF < 36.3%:  $p < 0.01$ ); (AFE <8.3%:  $p < 0.01$ ); (RPF < 2.3%: ns); (RAF < 12.0%:  $p < 0.01$ ). Sólo la TAN (>26.4%:  $p < 0.01$ ) fue mayor en los tratamientos bajo riego restringido (Cuadros 4.5 y 4.7).

Los contrastes realizados entre los híbridos y sus progenitores en los análisis de varianza para ALTURA, PSTOT, RFS, TCC y TAN, indicaron ventajas significativas ( $p < 0.01$ ) para los híbridos en comparación con sus progenitores en ambos tratamientos de riego (Cuadros A29 y A30).

No se registraron diferencias estadísticas entre híbridos y progenitores para IAF y AFE en ninguno de los tratamientos de riego. Los progenitores mostraron mayores valores de RAF y RPF ( $p < 0.01$ ) que los híbridos bajo riego normal. Bajo restricción de humedad, sólo la RAF fue significativamente mayor ( $p < 0.01$ ) en los progenitores.

En promedio de los muestreos y los tratamientos de riego, los híbridos registraron mayor ALTURA (>14.7%), PSTOT (>30.8%), RFS (>30.8%), TCC (>48.3%), TAN (>29.4) y IAF (>5.5%). A su vez, los progenitores registraron mayor RAF (>12.8%) y RPF (>13.1%). El AFE fue similar entre ambos grupos.

La mayor tasa de crecimiento (TCC) se registró en el híbrido AN105 x AN31 bajo riego normal, y en el híbrido AN125 x AN31 bajo riego restringido. La mayor TAN se registró en los híbridos AN105 x AN31 y AN125 x AN31 en riego normal, y en riego restringido la mayor TAN la registró el híbrido AN125 x AN31.

En los parámetros relacionados con el dosel foliar, los híbridos AN38 x AN31 y AN105 x AN31 registraron los mayores valores para IAF, AFE, RPF y RAF bajo riego normal. Los mismos híbridos presentaron los valores mayores de IAF bajo riego restringido. El híbrido AN125 x AN31 registró bajo riego restringido los mayores valores para AFE. Entre los progenitores, AN31P y ABT

registraron los mayores valores para IAF, AFE, RPF y RAF, tanto en riego normal como restringido (Cuadros 4.5 y 4.7).

Los resultados de los análisis de correlación entre las variables estudiadas en cada tratamiento de riego (Cuadro A 31), mostraron los siguientes resultados:

Las correlaciones positivas y significativas más importantes encontradas en este estudio se registraron entre ETAPA con ALTURA, PSTOT, RFS, TCC, TAN; ALTURA con PSTOT, RFS, TCC y TAN. PSTOT registró una asociación positiva y significativa con RFS y AFOLIAR con IAF. TCC y TAN registraron una correlación positiva y significativa en cada uno de los tratamientos de riego. Las variables ETAPA, ALTURA, PSTOT, RFS, TCC, TAN presentaron asociaciones negativas y significativas con las variables, AFE, RAF y RPF.



Cuadro 4.5. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables agronómicas evaluadas. CIQA 2008.

FUENTES DE VARIACION	GL	VARIABLES AGRONÓMICAS								
		ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUEL (Número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PSESP (g)	PSTOT (g)	RFS (t ha <sup>-1</sup> )
REPETICIONES	2	30.02 ns	557.35 **	60.48 ns	440358.68 ns	69.07 ns	23.86 ns	30.62 ns	514.52 ns	25.98 ns
MUESTREOS	3	26611.76 **	35221.12 **	384.60 *	14885222.45 **	25588.84**	1312.20 **	10382.61**	76332.65**	3744.94 **
ERROR A	6	40.12 ns	357.73 **	40.31 ns	587991.45 ns	79.40 ns	67.14 ns	35.34 ns	237.79 ns	14.44 ns
TRIEGO	1	24.06 ns	3135.65 **	1677.45 **	66874504.23 **	4026.20 **	2460.8 **	291.23 *	17220.3 **	696.76 **
MUEST*TRIEGO	3	98.92 *	201.63*	29.72 ns	7272279.21 *	1293.76 *	204.36 ns	360.16 **	3680.1 **	106.34 ns
ERROR B	8	17.60 ns	39.76 ns	67.02 ns	999168.15 *	210.70 **	64.43 ns	30.54 ns	485.02 ns	30.06
GENOTIPOS	9	1357.33 **	1412.59 **	600.67 **	7405025.37 **	914.90 **	342.91**	637.41 **	2526.22 **	99.62 **
MUEST * GENOTIPOS	27	106.82 **	243.09 **	55.20 ns	1687734.90 **	295.12 **	85.25 **	239.34 **	680.6 *	21.59 ns
TRIEGO * GENOTIPOS	9	10.78 ns	58.18 ns	46.33 ns	813078.24 ns	165.62 *	42.60 ns	20.24 ns	346.0 ns	10.41 ns
MUEST*TRIEGO *GENOTIPOS	27	39.17 ns	35.84 ns	19.28 ns	548141.93 ns	68.98 ns	29.41 ns	22.93 ns	133.15 **	9.22 ns
ERROR TOTAL	144	29.84	63.30	49.05	433459.8	74.54	39.91	42.36	368.22	14.02
CV (%)	239									
		9.69	11.06	28.45	27.69	28.21	33.31	62.30	32.52	27.74

ns, \*, \*\* : no significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco entonelladas por hectárea.

Cuadro 4.6. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas entre los genotipos (híbridos y progenitores) del análisis combinado entre muestreos y tratamientos de riego. CIQA 2008.

TRATAMIENTOS	ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUELOS (número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PSESP (g)	PSTOT (g)	RFS (t ha <sup>-1</sup> )
1: AN38 x AN31	57.50 b	80.62 ab	26.54 abc	2865.1 abc	37.310 abc	21.908 ab	11.333 abc	67.352 abc	14.692 abc
2: AN105 x AN31	57.58 b	81.54 ab	25.50 abc	2625.7 abcd	41.585 a	21.100 ab	14.283 ab	76.744 a	17.069 a
3: AN125 x AN31	61.87 ab	84.87 a	21.93 bcd	2139.8 de	37.381 ab	17.331 bc	17.123 a	71.508 ab	15.821 ab
4: AN38 x ABT	58.37 b	72.87 cde	23.20 bcd	2420.4 bcd	28.354 d	20.533 ab	9.838 bcd	56.935 bcd	13.285 bcde
5: AN105 x ABT	61.91 ab	76.35 bcd	21.20 cd	2151.6 de	31.683 bcd	17.110 bc	13.504 ab	61.923	14.449 abcd
6: AN-31	43.29 d	68.31 ef	31.43 a	3031.6 ab	26.323 d	25.473 a	1.729 e	53.469 cd	12.476 bcde
7: AN-38	52.20 c	62.68 f	28.47 ab	2292.4 cde	23.417 d	17.008 bc	6.485 cde	46.279 d	10.799 e
8: AN-105	59.25 b	69.06 def	17.85 d	1667.7 ef	24.960 d	14.442 c	8.865 bcd	46.900 d	10.493 de
9: AN-125	66.83 a	80.16 abc	18.18 d	1439.0 f	28.963 cd	13.177 c	16.779 a	57.052 bcd	13.312 bcde
10: ABT	44.75 d	64.97 f	31.79 a	3127.6 a	26.040 d	21.546 ab	4.535 de	51.869 cd	12.103 cde
dms	5.009	7.522	6.554	630.94	8.379	5.950	5.989	17.937	3.574

a, b, c, d, e, f: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido; AFOLIAR = Área foliar; PSTALL = Peso seco de tallo; PSHOJA = Peso seco de hoja; PSESP = Peso seco de espigas; PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro 4.7. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre muestreos de las variables fisiológicas. CIQA 2008.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	VARIABLES FISIOLÓGICAS									
		TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	RPF (g g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	FOTO (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	CS (cm s <sup>-1</sup> )	TRANSP (μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	UEA Kg ms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
REPETICIONES	2	2.07 ns	3.130 ns	0.010 ns	0.010 ns	620.32 ns	476.39 ns	92.56 **	1.035 **	15.86 ns	0.156 **
MUESTREOS	3	2788.15 **	105.84 **	2.177 **	2.177 **	27838.10 **	65597.88 **	179.71 **	1.899 *	489.34 *	0.199 *
ERROR A	6	9.44 ns	4.180 ns	0.026 *	0.026 *	2802.16 **	606.23 ns	8.95 ns	0.247 ns	59.45 **	0.036 **
TRIEGO	1	321.88 ns	475.55 **	0.005 ns	0.005 ns	7691.58 ns	19395.88 **	1183.92 **	22.46 **	482.68 **	0.995 **
MUEST*TRIEGO	3	140.95 ns	51.71 *	0.017 ns	0.017 ns	4439.76 ns	3342.00 ns	202.43 **	0.007 ns	193.12 *	0.644 **
ERROR B	8	68.16 ns	7.104 *	0.017 ns	0.017 ns	3856.28 **	1585.65 ns	7.19 ns	0.223 ns	25.63 ns	0.022 *
GENOTIPOS	9	230.96 **	52.65 **	0.160 **	0.160 **	1971.79 *	3183.8 **	32.322 **	0.462 **	72.98 **	0.031 **
MUEST * GENOTIPOS	27	82.70 **	12.0 **	0.013 ns	0.013 ns	1622.08 *	1105.7 ns	10.70 ns	0.082 ns	11.19 ns	0.012 ns
TRIEGO * GENOTIPOS	9	39.59 ns	5.78 ns	0.006 ns	0.006 ns	1243.10 ns	971.7 ns	12.27 ns	0.286 *	32.52 *	0.011 ns
MUEST*TRIEGO *GENOTIPOS	27	39.27 ns	3.89 ns	0.009 ns	0.009 ns	1632.29 *	814.4 ns	11.180 ns	0.092 ns	21.58 ns	0.008 ns
ERROR	144	42.70	3.08	0.011	0.011	889.90	955.52	8.83	0.122	16.49	0.011
TOTAL	239										
CV (%)		69.49	27.69	25.44	25.07	23.17	58.40	19.78	24.78	18.15	15.47

ns, \*, \*\* : no significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco entonelladas por hectárea

Cuadro 4.8. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas entre los genotipos (híbridos y progenitores) del análisis combinado entre muestreos y tratamientos de riego. CIQA 2008.

TRATAMIENTOS	TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RPF (g g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	TCC (g m <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	FOTO (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	CS (cm s <sup>-1</sup> )	TRANSP (μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	UEA (kg ms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
1: AN38 x AN31	8.212 bcd	7.640 abc	0.443 bcd	130.8 ab	59.934 bcd	63.259	15.399 abc	1.398 ab	21.488 abc	7.910 abc
2: AN105 x AN31	10.713 abcd	7.001 abcd	0.378 cde	122.6 abc	51.112 cde	68.553	15.403 abc	1.400 ab	21.875 abc	8.910 a
3: AN125 x AN31	14.615 a	5.706 de	0.332 e	118.9 bc	43.292 ef	65.502	14.686 abc	1.384 ab	21.655 abc	8.410 ab
4: AN38 x ABT	10.415 abcd	6.454 bcd	0.447 bcd	128.2 abc	56.135 cde	64.799	16.791 a	1.537 a	23.597 ab	6.785 bcd
5: AN105 x ABT	9.878 abcd	5.737 de	0.351 de	127.1 abc	48.196 def	53.996	14.937 abc	1.411 ab	22.024 abc	7.388 abcd
6: AN-31	5.770 cd	8.084 ab	0.551 a	128.4 abc	71.495 ab	45.374	12.764 c	1.118 b	19.724 c	6.354 cd
7: AN-38	11.419 abc	6.112 cde	0.455 abc	135.2 ab	62.725 abc	40.908	15.680 ab	1.525 a	24.625 a	5.504 d
8: AN-105	11.419 abc	4.473 ef	0.437 bcd	115.1 bc	48.426 def	43.109	15.633 ab	1.565 a	24.670 a	5.576 d
9: AN-125	12.755 ab	3.837 f	0.286 e	110.0 c	36.043 f	41.900	15.457 abc	1.505 a	23.859 ab	6.878 bcd
10: ABT	5.100 d	8.340 a	0.508 ab	142.1 a	74.272 a	41.823	13.444 bc	1.254 ab	20.221 bc	6.148 cd
dms	6.152	1.682	0.098	20.108	13.453	29.149	2.741	0.331	3.819	1.976

a, b, c, d, e, f: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) =Riego normal, (2) =Riego restringido; TAN= Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF =Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.

### **Relación entre la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y el rendimiento de forraje seco (RFS).**

Los patrones de acumulación de materia seca de los cereales están típicamente caracterizados por una curva sigmoide, y la materia seca total de un cultivo es la integración espacial y temporal de todos los procesos de la planta. La tasa de acumulación de forraje seco varió a través del ciclo del cultivo (Figura 4.1). Los híbridos registraron mayores valores de TCC en comparación con sus progenitores independientemente de su mayor precocidad (Cuadros 4.5 y 4.7), e indica una ventaja importante con respecto al uso forrajero, ya que se pueden identificar cruza ó híbridos con una mayor capacidad de acumulación de materia seca que sus progenitores en el mismo o menor período de tiempo y difiere de lo señalado por Austin *et al.* (1989), que mencionan que la variabilidad genética de la producción de biomasa puede ser atribuída principalmente a diferencias en la duración del ciclo de cada genotipo, por lo que variedades de ciclo más largo producen mayor materia seca.

El mayor rendimiento de forraje seco de los híbridos, tanto en riego normal como restringido, se debió al mayor peso seco de planta y altura de los mismos, basado en la alta correlación positiva de estas variables con el rendimiento ( $R^2 = 0.93^*$  y  $0.78^*$ , respectivamente), indicando que las diferencias en las variables agronómicas antes mencionadas influyeron en forma importante en la variación de RFS. El mayor peso seco y altura de los híbridos y por lo tanto, el mayor rendimiento de materia seca, se debió ( $p < 0.01$ ) a incrementos en la TCC y la TAN (Figuras 4.5 y 4.6), indicando que las diferencias en estos parámetros de crecimiento influyeron en forma importante en la variación del rendimiento, infiriendo que los híbridos mostraron una mayor velocidad de sus procesos metabólicos y mayor eficiencia fotosintética.

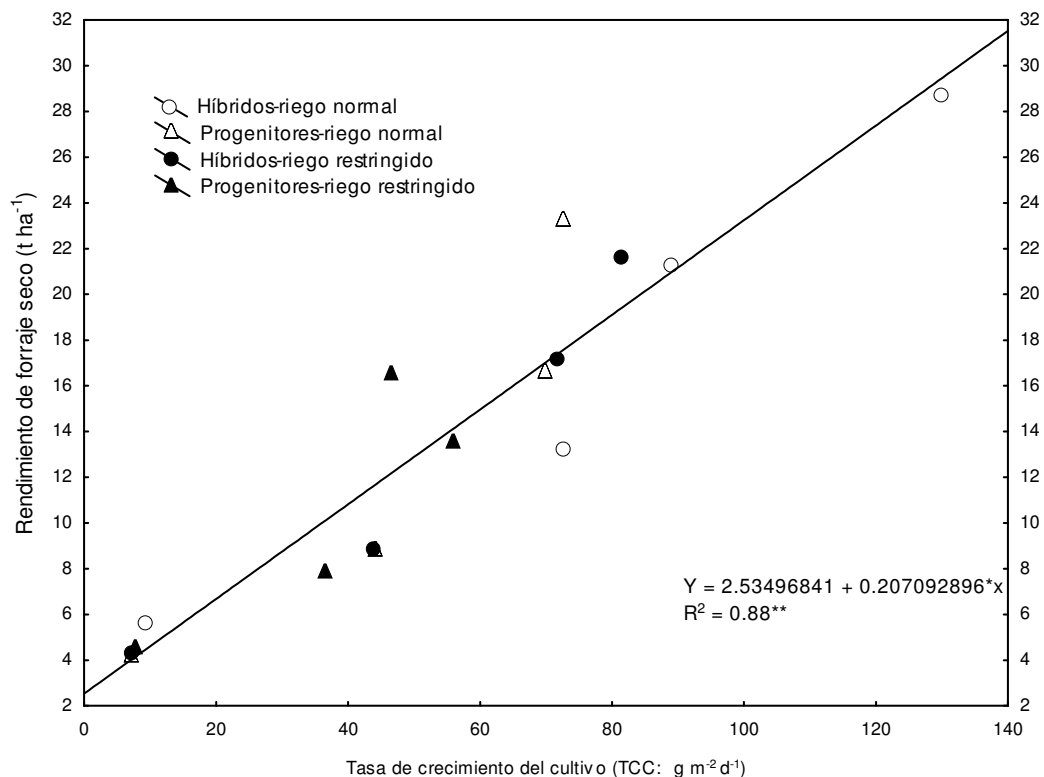


Figura 4.1. Relación entre la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y el rendimiento de forraje seco (RFS) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego.

### Relación entre la tasa de asimilación neta (TAN) y el rendimiento de forraje seco (RFS).

En los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético o dosel foliar (IAF, AFE), los cuales influyen en la tasa de expansión foliar de los cereales, los híbridos registraron valores mayores que sus progenitores en las primeras etapas del período de crecimiento (Figura 4.2), situación ventajosa en condiciones de riego restringido o de temporal, porque las plantas pueden fijar mayor cantidad de CO<sub>2</sub> por unidad de agua transpirada al disminuir las pérdidas por evaporación directa del suelo debido a una más rápida cobertura del suelo, contribuyendo a aumentar la disponibilidad de humedad para la acumulación de materia seca en la planta e incrementando la eficiencia en el uso del agua del

cultivo (Fischer, 1979; Richards, 1996, 2000; Richards *et al.*, 2002; Bultynck *et al.*, 2004). En condiciones más favorables, el desarrollo más rápido del dosel permite que el cultivo compita más contra las malezas para interceptar la luz (Dornhoff y Shibles, 1976).

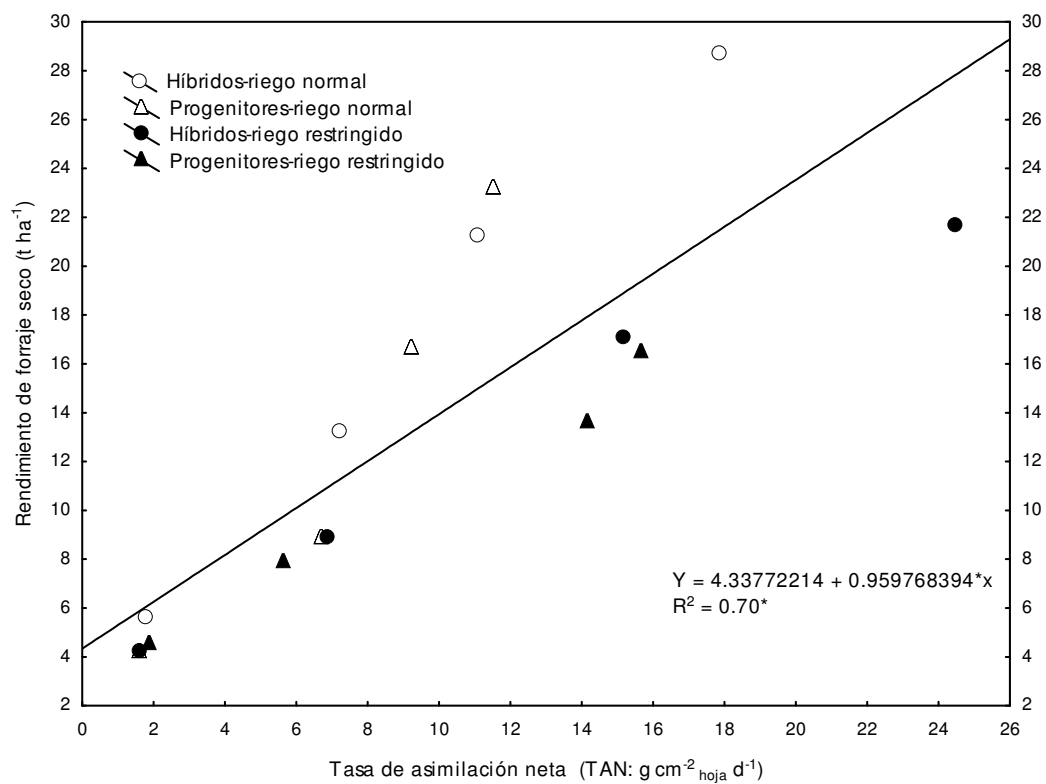


Figura 4.2. Relación entre la tasa de asimilación neta (TAN) y el rendimiento de forraje seco (RFS) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego.

### **Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN)**

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC), mostró incrementos consistentes a través del ciclo de cultivo, principalmente en los híbridos, los cuales fueron superiores a los progenitores ( $p < 0.01$ ), indicando una mayor velocidad de sus procesos metabólicos y una mayor eficiencia fotosintética en ambos tratamientos de riego.

La tasa de asimilación neta (TAN) fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) en los híbridos bajo riego normal. No se registraron diferencias estadísticas para la TAN entre los híbridos y los progenitores bajo riego restringido. En los progenitores, la TCC, que indica la eficiencia de todo el tejido existente, no sólo de las hojas, registró una disminución durante el último período de la evaluación bajo riego restringido (102-115 dds), mostrando una tendencia similar bajo riego normal (Figura 4.3).

Como se mencionó, la TCC no mostró declinación, excepto en el grupo de progenitores, ya que los muestreos se realizaron sólo a la etapa promedio de llenado de grano (Figura 4.3). La mayor tasa de crecimiento (TCC) se registró en el híbrido AN105 x AN31 bajo riego normal, y en el híbrido AN125 x AN31 bajo riego restringido.

La tasa de asimilación neta (TAN), no mostró tendencia a declinar en los híbridos en los dos tratamientos de riego; el grupo de progenitores mostró tendencia a declinar en el cuarto muestreo (Figura 4.3). Bajo riego normal, el híbrido con mayor TCC fue AN105 x AN31P, con  $90.6 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$ . El híbrido AN125 x AN31P registró la mayor TCC bajo riego restringido con  $60.8 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$ . El progenitor con mayor TCC en riego normal fue AN125, de hábito primaveral que registró  $55.6 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$  y AN31P bajo riego restringido, con  $45.3 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$  (Cuadros 4.5 y 4.7). Lo anterior significa una mayor TCC (62.9% y 34.2%) de los mejores híbridos vs el mejor progenitor bajo riego normal y restringido, respectivamente.



Respecto a la tasa de asimilación neta (TAN), el híbrido AN125 x AN31P registró el mayor valor en riego normal, con  $10.7 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$  y el mejor progenitor (AN125), registró  $13.2 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$ . Bajo riego restringido, el híbrido AN125 x AN31P registró una TAN de  $18.4 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$ , y el mejor progenitor (AN105) reportó una TAN de  $15.2 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$  (Cuadros 4.5 y 4.7).

En los parámetros tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN), las tendencias observadas en promedio de los muestreos para heterosis y heterobeltiosis muestran que los híbridos presentaron mayores tasas de acumulación de materia seca, lo que explica también las diferencias encontradas anteriormente entre híbridos y progenitores para el peso seco de planta y el rendimiento de forraje seco.

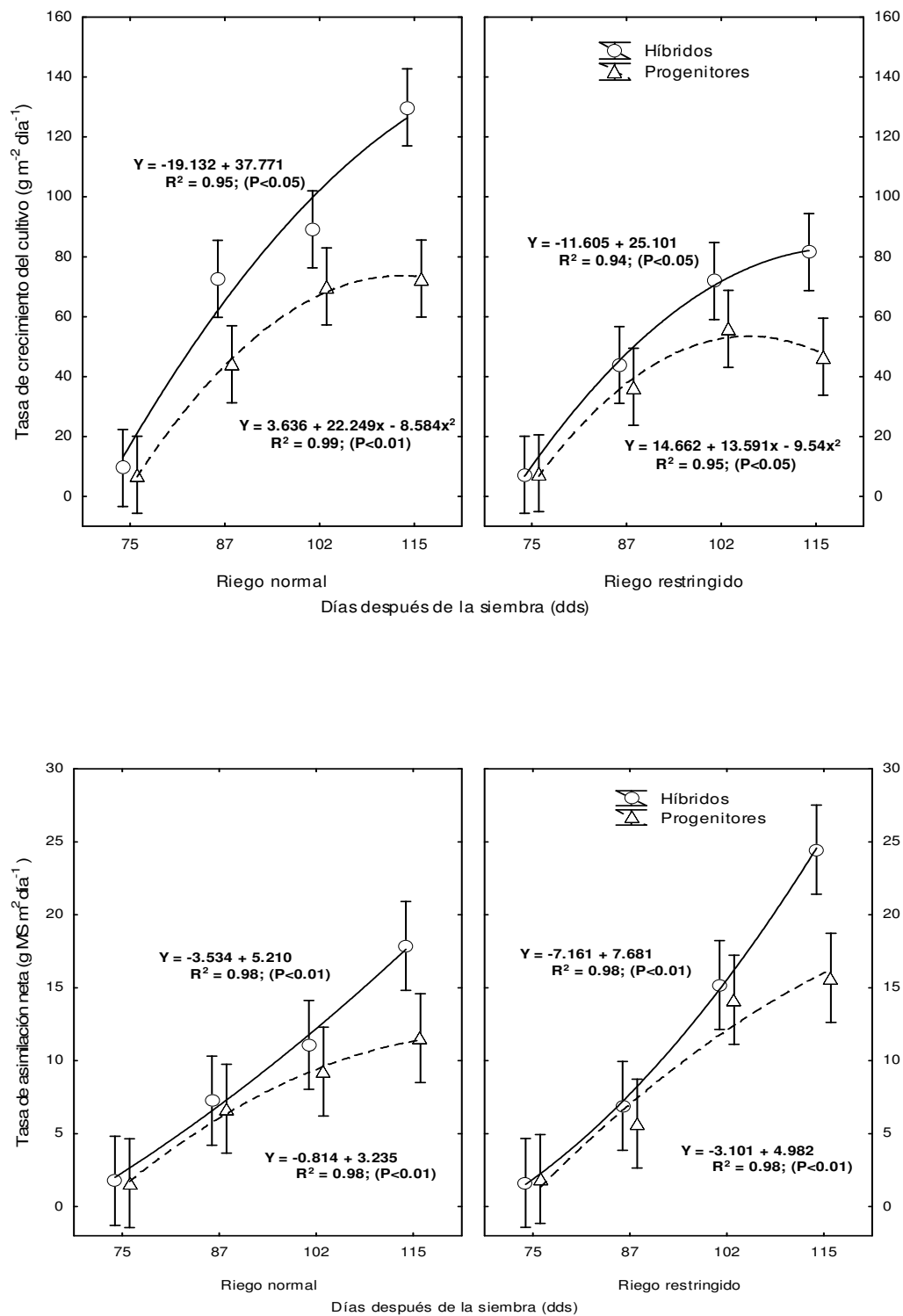


Figura 4.3. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego a través de los muestreos.

### **Índice de área foliar (IAF) y área foliar específica (AFE)**

El índice de área foliar (IAF) y el área foliar específica (AFE) registraron tendencias distintas, ya que los híbridos en ambos regímenes de riego y los progenitores bajo riego restringido alcanzaron su máximo IAF entre los 75 y 87 dds y luego disminuyó. Los híbridos tendieron a tener una mayor IAF al inicio de los experimentos y una mayor disminución al final del ciclo que los progenitores, aunque los contrastes realizados en los análisis de varianza para estos parámetros no detectaron diferencias estadísticas entre ellos en ninguno de los tratamientos de riego (Cuadros 4.5 y 4.7, Figura 4.4). Bajo riego normal, el grupo de progenitores alcanzó su máximo IAF entre los 87 y 102 dds. En ambos tratamientos de riego, las diferencias antes mencionadas mostradas por los híbridos con respecto a sus progenitores para la expresión del IAF y el AFE se debió a su mayor precocidad, lo que les permitió alcanzar su máxima superficie foliar en menor tiempo, en comparación con el promedio de sus progenitores (Figura 4.4).

El híbrido con mayor IAF en ambos tratamientos de riego fue AN38 x AN31P, con 9.61 y 5.66 cm<sup>2</sup>/ cm<sup>2</sup>, en riego normal y restringido, respectivamente. Los progenitores con mayor IAF fueron ABT (10.44 cm<sup>2</sup>/ cm<sup>2</sup>) y AN31P (6.45 cm<sup>2</sup>/ cm<sup>2</sup>) bajo riego normal y restringido, respectivamente. El área foliar específica (AFE), registró tendencias similares entre los dos tratamientos de riego, con mayores valores al inicio de los muestreos, disminuyendo al avanzar la madurez de los tratamientos. El contraste entre híbridos y progenitores para este parámetro no registró diferencia estadística entre ellos en ninguno de los tratamientos de riego. Los híbridos con mayor AFE fueron AN38 x AN31P (142.0 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) y AN125 x AN31P (138.67 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), en riego normal y restringido, respectivamente. El progenitor con mayor AFE en ambos tratamientos de riego fue ABT con 165.17 y 127.06 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, en riego normal y restringido, respectivamente (Cuadros 4.5 y 4.7). El IAF comenzó a disminuir después de los 87 dds en los híbridos y después de los 102 dds en los progenitores en la medida en que se incrementó el peso seco de las hojas y

avanzó la madurez de la planta (Pérez-Amaro *et al.*, 2004), cuando la cantidad de clorofila es menor debido a la senescencia y por lo tanto disminuye también la fotosíntesis y por el sombreado mutuo que las hojas ejercen entre sí cuando el cultivo llega a su máximo desarrollo. Asimismo, la menor IAF mostrada por híbridos y progenitores bajo riego restringido se debió a una disminución en la tasa de extensión foliar por efecto del déficit de humedad (Roberts *et al.*, 1990). Una mayor AFE está relacionada con una tasa de crecimiento mayor y puede utilizarse para seleccionar genotipos con altas tasas de crecimiento (Rawson *et al.*, 1987; Van den Boogaard *et al.*, 1996).

En este estudio, la mayor velocidad de expansión foliar mostrada en etapas tempranas por los híbridos pudo determinar una mayor cobertura del terreno y materia seca final, concordando con lo reportado por López-Castañeda *et al.* (1996) en su estudio sobre el vigor de plántulas en cereales de invierno. También, valores altos de AFE pueden influir en una rápida producción de área foliar que se expresa en hojas más delgadas y grandes López-Castañeda *et al.* (1995). Por otra parte, la cantidad de luz absorbida por las hojas, y los patrones de difusión de CO<sub>2</sub> a través del mesófilo dependen cuando menos parcialmente, de su espesor (Givnish, 1979; Agustí *et al.*, 1994; Syvertsen *et al.*, 1995).

De acuerdo con Enríquez *et al.* (1996), Garnier *et al.* (1999) y Porter y Remkes (1990), un mayor espesor de las hojas, es decir, una menor AFE, está relacionada negativamente con las tasas fotosintética y de acumulación de materia seca. Sin embargo, Bultynck *et al.* (2004), señala que los genotipos con hojas más gruesas (<AFE) probablemente sean ventajosos en ambientes con un mayor déficit de humedad, ya que una menor AFE y RAF está relacionada positivamente con una mayor translocación de fotoasimilados a la raíz.

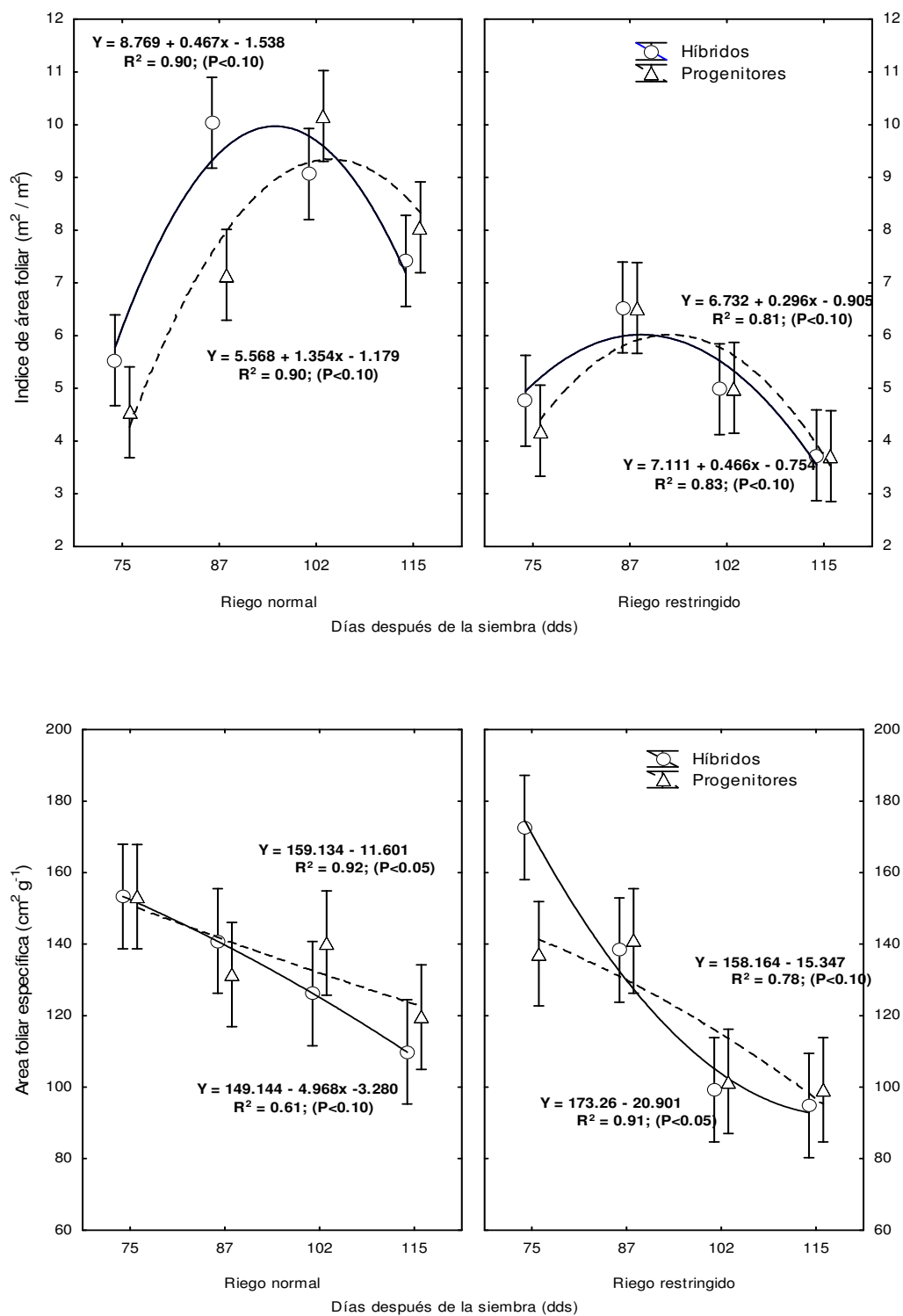


Figura 4.4. Índice de área foliar (IAF) y área foliar específica (AFE) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego a través de los muestreos.

### **Relación de área foliar (RAF) y relación de peso foliar (RPF)**

La relación de área foliar (RAF) y la relación de peso foliar (RPF) mostraron una disminución de sus valores al avanzar el ciclo del cultivo en ambos tratamientos de riego y en los grupos estudiados (híbridos y progenitores, Figura 4.5). Para ambos parámetros, los resultados de los contrastes mostraron que los híbridos mostraron valores de RAF y RPF significativamente inferiores ( $p < 0.01$ ) a los de los progenitores ( $0.39 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  y  $51.7 \text{ g g}^{-1}$ ) vs ( $0.44 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  y  $58.5 \text{ g g}^{-1}$ ), respectivamente, bajo riego normal. Bajo riego restringido, se registró superioridad de los progenitores sobre los híbridos sólo para la RAF ( $p < 0.05$ ). Los progenitores de hábito intermedio-invernal, AN31P y ABT, mostraron los mayores valores para RAF y RPF bajo riego normal ( $0.56 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  y  $74.4 \text{ g g}^{-1}$  y  $0.52 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  y  $89.0 \text{ g g}^{-1}$ , respectivamente) y bajo riego restringido ( $0.54 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  y  $68.5 \text{ g g}^{-1}$  y  $0.48 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  y  $64.8 \text{ g g}^{-1}$ , respectivamente). (Cuadros 4.5 y 4.7).

Los valores más altos de RAF y RPF se registraron en la primera fase de crecimiento de ambos grupos (Figura 4.5), y mostraron una clara tendencia a declinar al avanzar la edad del cultivo, debido a que en las primeras etapas de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de los fotoasimilados en el establecimiento de su aparato fotosintético, cantidad que va disminuyendo a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en otros órganos, particularmente los reproductivos (Palomo *et al.*, 2003). Los progenitores registraron valores medios de RAF y RPF mayores a los híbridos (Figura 4.3), sin embargo, esta diferencia se debió particularmente a los progenitores de hábito intermedio-invernal (AN31P y ABT), ya que registraron valores de los parámetros mencionados significativamente mayores que los progenitores de hábito intermedio (AN38 y AN105) y AN125, de hábito primaveral (Cuadro 4.8).

Lo anterior muestra las diferencias de asignación de fotoasimilados a los diferentes órganos de la planta dependiendo del genotipo y el hábito de

crecimiento, demostrando que existe variabilidad genética para estas características que pueden ser explotadas en programas de mejoramiento (Bultynck *et al.*, 1999). Tanto los híbridos como los progenitores, y los genotipos dentro de cada grupo, mostraron patrones similares de acumulación de materia seca, concordando con lo reportado por Royo y Blanco (1999) y Santiveri *et al.* (2004).

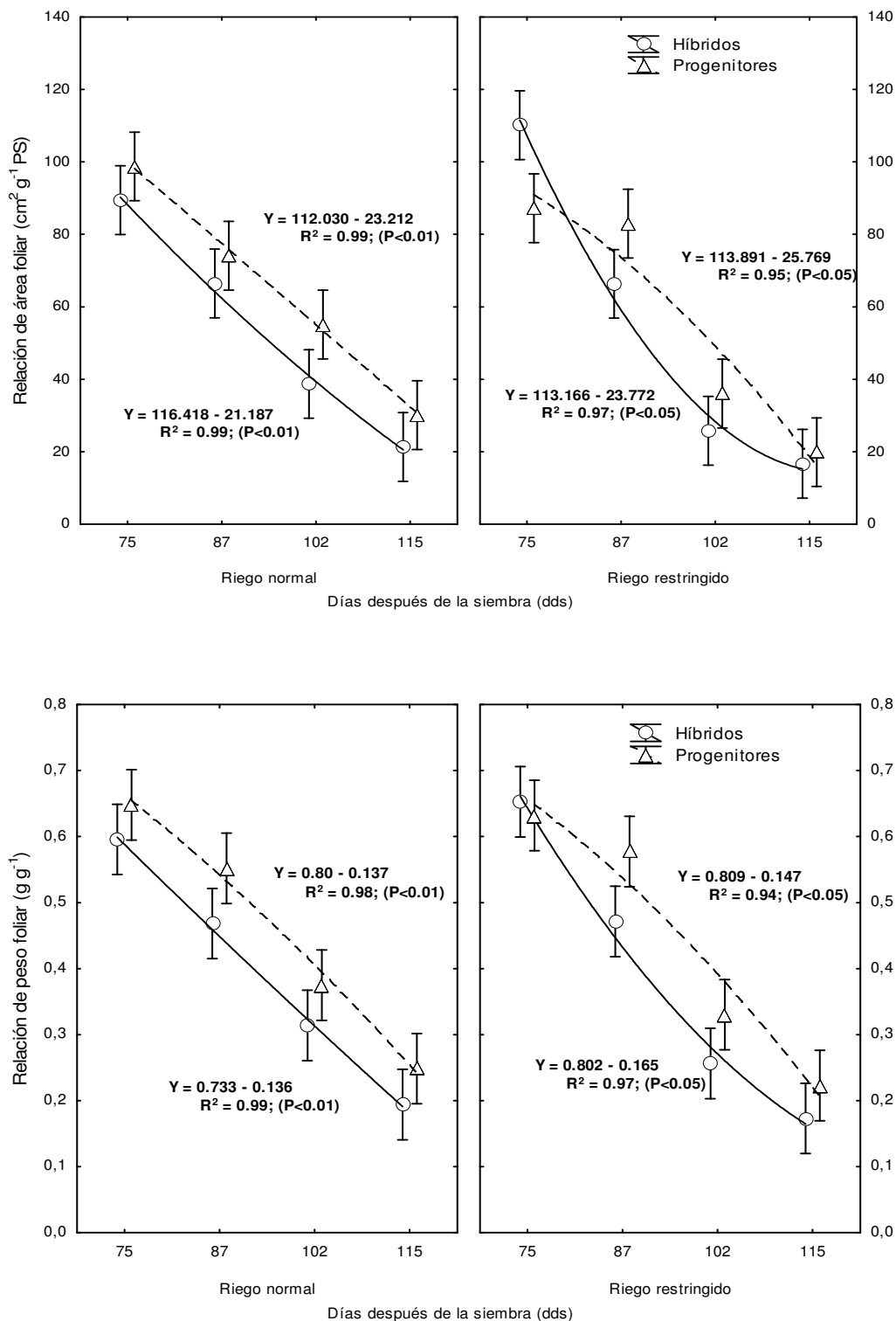


Figura 4.5. Relación de área foliar (RAF) y relación de peso foliar (RPF) de los híbridos y progenitores bajo dos tratamientos de riego a través de los muestreos.



## Rendimiento de forraje seco (RFS)

El rendimiento de forraje seco (RFS) de los híbridos fue significativamente mayor ( $p < 0.01$ ) que el de sus progenitores en ambos tratamientos de riego (Figura 4.6). Los híbridos con mayor rendimiento promedio de forraje seco en ambos tratamientos de riego fueron AN38 X AN31, AN105 x AN31 y AN125 x AN31. Estos híbridos registraron también mayor altura de planta (ALTURA) y peso seco de planta (PSTOT); AN38 X AN31 y AN105 x AN31 presentaron también mayor precocidad que sus correspondientes progenitores (Cuadros 4.5 y 4.7). El 93% de la variación en el RFS fue explicada por la variación en el peso seco de planta (PSTOT) y el 78% por la altura de planta (ALTURA).

El valor de  $R^2$  para la regresión múltiple de RFS sobre PSTOT y ALTURA fue de 0.97 ( $p < 0.01$ ). Por otra parte, el 88% de la variación en el rendimiento de forraje seco (RFS) fue explicado por la variación en la TCC (Figura 4.1). Asimismo, el 70% de la variación en RFS fue explicada por la variación en la TAN (Figura 4.2). El valor de  $R^2$  para la regresión múltiple de RFS sobre TCC, TAN y IAF fue de 0.77 ( $p < 0.01$ ).

Bajo riego normal, en promedio de los cuatro muestreos, el híbrido AN105 x AN31P rindió 21.76 t ha<sup>-1</sup> de forraje seco, siendo mayor en 71.1% al rendimiento de la media de sus progenitores y 65.4% mayor al rendimiento de su mejor progenitor (AN31P). Bajo riego restringido, AN105 x AN31P y AN125 x AN31P rindieron en promedio 14.04 y 14.27 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, superando en 19.0 y 21.0% el rendimiento de su mejor progenitor, AN31P (11.79 t ha<sup>-1</sup>). (Cuadros 4.5 y 4.7).

Sin embargo, las diferencias importantes entre los dos grupos se debieron a la magnitud de la expresión de las variables agronómicas (PSTOT y ALTURA) y de acumulación de materia seca (TCC y TAN), de los híbridos, que registraron rendimientos de materia seca significativamente mayores al grupo de progenitores, debido a efectos de heterosis para estas características.

Al realizar el análisis de regresión múltiple entre el RFS y el total de las variables analizadas en cada tratamiento de riego, se encontró que bajo riego normal, las variables que afectaron positiva y significativamente el rendimiento de forraje seco ( $R^2 = 0.93$ ;  $P < 0.01$ ) fueron el peso seco de tallos y hojas, los cuales son parte integral del peso seco total de planta, así como la etapa fenológica y el número de hijuelos y en menor grado, la altura de planta.

De forma similar, bajo riego restringido, las variables relacionadas positiva y significativamente al rendimiento ( $R^2 = 0.94$ ;  $P < 0.01$ ), fueron la altura de planta, el peso seco de tallos y hojas, el número de hijuelos y en menor grado, la etapa fenológica, la tasa de asimilación neta, el área foliar específica y la relación de área foliar.

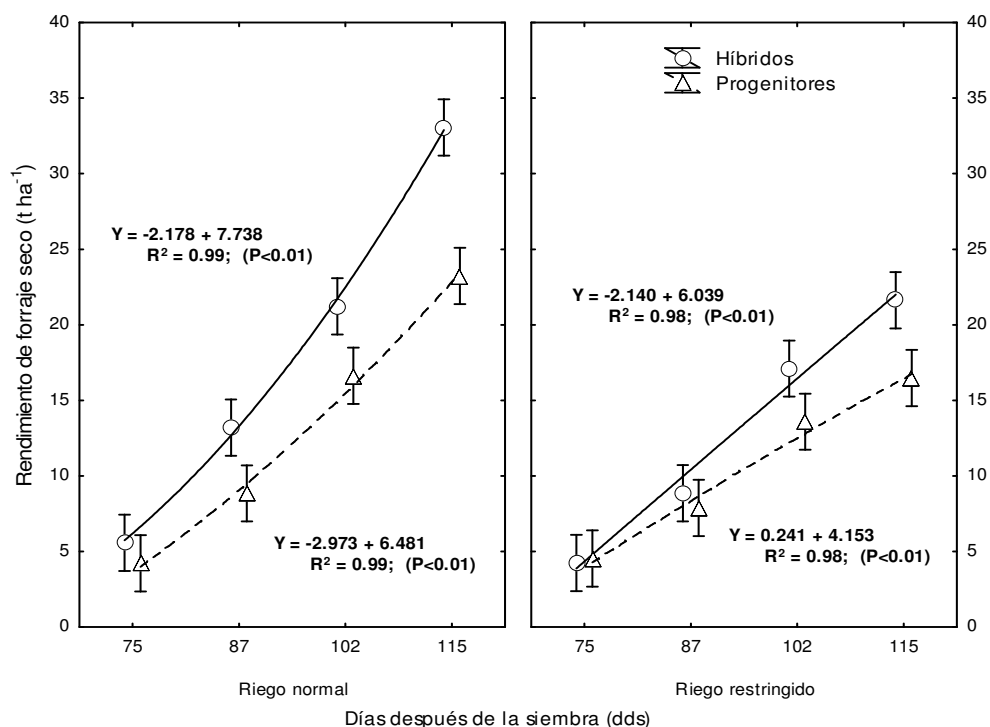


Figura 4.6. Rendimiento de forraje seco (RFS) de los híbridos y progenitores en dos tratamientos de riego a través de los muestreos .

## VI. CONCLUSIONES

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

- En forma general, la mayoría de los híbridos registraron valores positivos y significativos de heterosis y heterobeltiosis para las características agronómicas que inciden en una mayor acumulación de materia seca en un menor período de tiempo bajo las dos condiciones de riego, como son la altura, el peso seco de planta y sus componentes (peso seco de tallos y hojas), además de la etapa fenológica, aspecto importante en el desarrollo de nuevas variedades más productivas con una menor duración del ciclo del cultivo, principalmente para condiciones bajo riego restringido o bajo temporal.
- Los híbridos registraron en promedio valores positivos de heterosis y heterobeltiosis para área foliar, mostrando una tendencia a producir mayor superficie foliar que sus progenitores, aspecto muy importante desde el punto de vista forrajero.
- Las medias para heterosis y heterobeltiosis de cada variable mostraron que en forma general, los valores fueron mayores bajo riego normal que bajo riego restringido, principalmente en las variables que inciden en la

acumulación de materia seca, como son el peso seco y altura de planta, y la tasa de crecimiento (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) y el índice de área foliar (IAF), indicando el efecto detrimental del déficit de humedad sobre estos parámetros. Los valores de heterosis y heterobeltiosis fueron mayores bajo riego restringido para el área foliar específica (AFE) y relación de área foliar (RAF).

- Los híbridos producidos mediante cruzamientos entre triticales de diferente hábito de crecimiento manifestaron una mayor capacidad de acumulación de materia seca, inclusive bajo déficits moderados de humedad, de los cuales se pueden desarrollar nuevos cultivares con mayor rendimiento de materia seca que las variedades actuales para su uso en las explotaciones agrícolas y pecuarias en regiones como el sureste de Coahuila y la Región Lagunera.
  
- Se recomienda dar seguimiento a las líneas derivadas de las cruzas sobresalientes en base a su comportamiento en diferentes condiciones ambientales.

## RESUMEN

En base a información relevante que se ha generado de los diversos estudios realizados con triticale (*X Triticosecale* Wittmack) por el Programa de Cereales de la UAAAN se ha confirmado, que representa una buena alternativa en la producción de forraje de invierno, debido a que es un cultivo de rápido crecimiento, 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 objetivo del presente estudio fue estimar la heterosis y la heterobeltiosis en cinco híbridos de triticale forrajero en diferentes variables agronómicas, fisiológicas y de crecimiento, documentando además las características y distribución del aparato fotosintético y su eficiencia en la acumulación de materia seca en los híbridos y sus progenitores por medio de análisis de crecimiento bajo riego normal y restringido en una localidad del norte de México. Los experimentos se establecieron en el mes de Enero de 2008, utilizándose un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizaron cuatro muestreos destructivos a los 75, 87, 102 y 115 días después de la siembra (dds). Se estimó la heterosis y la heterobeltiosis para peso seco de planta (PSTOT), altura de planta (ALTURA), rendimiento de forraje seco (RFS), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), relación de área foliar (RAF) y relación de peso foliar (RPF). En promedio de los muestreos y los tratamientos de riego, los híbridos superaron a los progenitores en ALTURA (>14.7%), PSTOT (>30.8%), RFS (>30.8%), TCC (>48.3%), TAN (>29.4) y IAF (>5.5%). Los progenitores superaron a los híbridos en RAF (>12.8%) y RPF (>13.1%). El AFE fue similar entre híbridos y progenitores. Se concluye que los híbridos mostraron efectos significativos de heterosis y heterobeltiosis y fueron

más eficientes en la acumulación de materia seca que sus progenitores y pueden utilizarse en forma comercial directamente o derivando líneas de las cruas sobresalientes.

## VII. LITERATURA CITADA

- Agustí, S., S. Enriquez, H. Frostchristensen, K. Sandjensen, and C.M. Duarte. 1994. Light harvesting among photosynthetic organisms. *Functional Ecology*. 8: 273-279.
- 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.
- Alexander P. 1992. *Biología*. Prentice Hall. New Jersey. USA: pp.57-61.
- Allard, R. 1975. *Principios de la mejora genética de las plantas*. 2a ed. Barcelona. Omega. 498 p.
- Austin, R.B., M.A. Ford, and C.L. Morgan. 1989. Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *J Agric Sci (Cambridge)*. 112: 295-302.
- Banaszak, Z., and K. Marciniak. 2002. Wide adaptation of DANKO triticale 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.
- Baxter, R., T.W. Ashenden, T.H. Sparks, and J.F. Farrar. 1994. Effects of elevated carbon dioxide on three montane grass species. I. Growth and dry matter partitioning. *J Exp Bot*. (45): 305-315.
- Beadle, C.L. 1988. Análisis de crecimiento vegetal. In: Coombs J, Hall, DO, Long SP, Scurlock JMO editors. *Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad*. Traducción al español de la 2<sup>a</sup> edición en inglés. México: Editorial Futura, S. A. pp.17-21.

- 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.
- Briggle, L. W., 1963. Heterosis in wheat: A review. *Crop Sci.*, 3: 407-412.
- Brinkman, M.A, and K.J. Frey. 1977. Growth analysis of isoline recurrent parent. Grain yield differences in oats. *Crop Sci*. 17: 426-430.
- Brown, R.H. 1989, Physiological basic of crop growth and development. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. M.B. Tesar Ed. pp. 154-160.
- Bultynck, L., F. Fiorani, and H. Lambers. 1999. Control of leaf growth and its role in determining variation in plant growth rate from an ecological perspective. *Plant Biol*. (1): 13-18.
- Bultynck, L., M.W. Ter-Steege, M. Schortemeyer, P. Poot, H. Lambers. 2004. From individual leaf elongation to whole shoot leaf area expansion: a comparison of three *Aegilops* and two *Triticum* species. *Annals of Botany*. 94: 99-108.
- Carnide, V., H. Guedes-Pinto, M. Miguel-Rodrigues, C. Sequeira, A. Mascarenhas-Ferreira. 1998. Forage yield and quality of triticale-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 triticale 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/whaticimmyt/recent\\_ar/D\\_support/triticale.htm](http://www.cimmyt.org/whaticimmyt/recent_ar/D_support/triticale.htm).
- Colín-Rico M, V.M. Zamora-Villa, A.J. Lozano-del Río, G. Martínez-Zambrano, M.A. Torres-Tapia. 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada para el norte y centro de México. *Téc Pec Méx*. 45 (3): 249-262.
- Colín-Rico M, V.M. Zamora-Villa, M.A. Torres-Tapia, M.A. Jaramillo-Sánchez. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México. *Téc Pec Méx*. 47 (1): 27-40.
- Dornhoff, G.M, R. Shibles. 1976. Leaf morphology and anatomy in relation to CO<sub>2</sub>-exchange rate of soybean leaves. *Crop Sci*. 16: 377-381.



- 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.
- Enriquez S, C.M. Duarte, K. Sand-Jensen, S.L. Nielsen. 1996. Broad-scale comparison of photosynthetic rates across phototropic organisms. *Oecologia*. 108: 197-206.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The Analysis of Adaptation in a Plant Breeding. *Programe. Aust. J. Res.* 14: 742-754. Australia.
- Fischer, R.A. 1979. Growth and water limitation to dryland wheat yield in Australia: a physiological framework. *J Aust Instit Agric Sci.* 45: 83-94.
- 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 triticales 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.
- Gardner, F.P; R.B. Pearce, R.L. Mitchel. 1985. *Physiology of crop plants*. 1<sup>st</sup> Ed. USA: Iowa State University Press.
- Garnier E, J.L. Salager, G. Laurent, L. Sonié. 1999. Relationships between photosynthesis, nitrogen and leaf structure in 14 grass species and their dependence on the basis of expression. *New Phytologist*. 143: 119-129.
- Givnish, T.J. 1979. On the adaptive significance of leaf form. In: Solbrig OT, Jain S, Johnson GB, Raven PH editors. *Topics in plant population biology*. New York, USA; Columbia University Press. pp 375-407.
- Góral H, S. Wegrzyn, L. Spiss. 1999. Heterosis and combining ability in spring triticales (x *Triticosecale* Wittm.) *Plant Breed Seed Sci.* 43: 25-34.
- Góral H. 2002. Biological-breeding aspects of utilization of heterosis in triticales (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.
- Hirasawa, T. T. Hsiao. 1999. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field. *Field Crop Res*. 62: 53-62.
- Hopkins, W.G. 1999. *Introduction to plant physiology*. 2a Ed. John Willey & sons, Inc. New York. 512 p.
- Hunt R. 1982. *Plant growth analysis*. London England: Edward Arnold Ltd.
- Hunt R. 1990. *Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners*. London England Unwin Hyman.
- 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.
- Laurialt, L.M, R.E. Kirksey. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the southern High Plains, USA. *Agron J*. 96: 352-358.
- Lee, J.H, E. Heuvelink. 2003. Simulation of leaf area development based on dry matter partitioning and specific leaf area for cut *Crysanthemum*. *Ann Bot* (91): 319-327.
- Little T., M.Y.F. J. Hills. 1984. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Ed. Trillas. Quinta reimpresión. México. 270 p.

- López-Castañeda C, R.A. Richards, G.D. Farquhar. 1995. Variation in early vigor between wheat and barley. *Crop Sci.* 35: 472-479.
- López-Castañeda C, R.A. Richards, G.D. Farquhar, R.E. Williamson. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Sci.* 36: 1257-1266.
- 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.
- 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.
- 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.
- Newton P C D. 1991. Direct effects of increasing carbon dioxide on pasture plant and communities. *N.Z. J Agric Res* 34: 1-24.
- Oettler, G., G. Becker, G. Hoppe, G. Wahle. 1998. Heterosis for yield and yield components in multilocation trials of winter triticale. In: P. Juskiw, editor. *Proc 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 triticale F1 and F2 hybrids. *Plant Breeding*. 120: 351-353.
- Oettler, G., H. Burger, and A.E. Melchinger. 2003. Heterosis and combining ability for grain yield and other agronomics traits in winter triticale. *Plant Breeding*. 122:318-321.
- Oettler, G., S.H. Tams, H.F. Utz, E. Bauer, and A.E. Melchinger. 2005. Prospects for hybrids breeding in winter triticale: I. Heterosis and combining ability for agronomics traits in European elite germplasm. *Crop Sci.* 45: 1476-1482.
- Oettler G. 2005. The fortune of a botanical curiosity-Triticale: past, present and future. *J of Agric Sci.* 143: 329-346.
- Palomo, G. A., Orozco, V. J. A., Gutiérrez, R. E., Espinoza B. A., y Rodríguez, H.S. 2003. Análisis de crecimiento de variedades de algodón

transgénicas y convencionales. Resultados de Proyectos de Investigación 2003. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 6 pp.

- 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.
- Pérez-Amaro J.A, E. García-Moya, J.F. Enríquez-Quiroz, A.R. Quero-Carrillo, J. Pérez-Pérez, A. Hernández-Garay. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). Téc Pecu Méx. 42: 447-458.
- 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.
- Pinthus, M.J. 1973. Estimate of Genotypic Value a Proposed Method. Euphytica. 22: 121-123. Wageningen. United of States of America.
- Pickett, A.A., and N.W. Galwey. 1997. A further evaluation of hybrid wheat. Plant Var. Seeds 10:15-32.
- Pollock, C.J. 1990. The response of plants to temperature change. J. Agric. Sci. Cambridge 115: 1-5.
- 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.
- Poorter, H, E. Garnier. 1996. Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods. J Exp Bot. 47: 1343-1351.
- Porter, H., C. Remkes. 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. Oecologia. 83: 553-559.
- Quilantán V., L. y G.R. Pérez. 1979. Correlaciones entre caracteres del cartamo *Carthamus tintorius* L. bajo régimen de humedad residual en la costa de Nayarit. Agric. Tec. En México. Vol.5. No. 2. p. 105-116.
- Quiroga CH., O.A. 1992. Análisis de senderos para características relacionadas con resistencia a sequía en 12 genotipos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae- their use and abuse. *Crop. Si.* 7: 171-175.
- Raper, C.D., P.J. Kramer. 1983. *Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperature climates.* Western Press, Boulder, Co. 370 p.
- Rasul, I., A. Salam and Z. Ali. 2002. Estimation of heterosis for yield and some components in bread wheat. *International Journal of Agriculture & Biology.* Vol. 4, No. 2. 214-216.
- Rawson, H.M., P.A. Garner, M.J. Long, 1987. Sources of variation in specific leaf area in wheat grown at high temperature. *Aust. J. Plant Physiol.* 14: 287-298.
- Reddy, V.R., B. Acock, D.N. Baker, M. Acock. 1989. Seasonal leaf area leaf relationship in the cotton canopy. *Agron J.* 81: 1-4.
- Richards, R.A. 1996. Increasing the yield potential in wheat: manipulating sources and sinks. In: Rajaram MP, McNab S, Reynolds A, editors. *Increasing yield potential in wheat: breaking the barriers.* CIMMYT, Mexico,DF. pp 134-149.
- Richards, R.A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *J of Exp Bot.* 51: 447-458.
- Richards, R.A., G.J. Rebetzke, A.G. Condon, A.F. Van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.* 42: 111-121.
- Roberts J, R.A. Nayamuth, C.H. Batchelor, G.C. Soopramanien. 1990. Plant water relations of sugarcane under a range of irrigated treatments. *Agric Water Manag.* 17: 95-115.
- Royo C. y R. Blanco. 1999. Growth analysis of five spring and five winter triticale genotypes. *Agron J.* 91: 305-311.
- Russildi, G. M.C. 1981. *Diferentes vías fotosintéticas de las plantas y sus aplicaciones en la alimentación de los herbívoros.* Facultad de Agronomía. U.A.N.L., Monterrey, Nuevo León, México.
- Saleem, M. and S. Hussain, 1988. Estimation of heterosis in yield components of wheat. *Pak. J. Agri. Res.,* 9: 1-5.

- Santiveri F, C. Royo, I. Romagosa. 2004. Growth and yield responses of spring and winter triticale cultivated under Mediterranean conditions. *European J of Agron.* Vol 20 (3): 281-292.
- SAS Institute Inc. 1999. User's Guide. Statistics, Version 8. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Schachschneider, R. 1996. Einige Erfahrungen aus 12 Jahren triticale-Züchtung. *Vorträge für Pflanzenzüchtung.* 34: 278-291.
- Sheng, Q., and L.A. Hunt. 1991. Shoot and root dry weight and soil water in wheat, triticale and rye. *Can J. Plant Sci.* 71: 41-49.
- Shull, G.H. 1909. A pure line method of corn breeding. In: *American Breeders' Association Report.* Vol. 5: pp. 51-59.
- Slack, G., Fenlon, J.S. and D.W. Hand. 1988. The effects of summer CO<sub>2</sub> enrichment and ventilation temperatures on the yield, quality and value Glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 63 (1): 119-129.
- 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.
- Stapper M, R.A. Fisher 1990. Genotype sowing date and plant spacing influence in high- yielding irrigated wheat in Southern New South Wales. III. Potential yields and optimums flowering dates. *Aust. J. of Agric. Res.* 41: 1043-1056.
- Statistica. 2001. By Statsoft Inc. U.S. A. Versión 6.1.
- Syvertsen, J.P., J. Lloyd, C. McConchie, P.E. Kriedemann, G.D. Farquhar. 1995. On the relationship between leaf anatomy and CO<sub>2</sub> diffusion through the mesophyll of hypostomatous leaves. *Plant, Cell and Environment.* 18: 149-157.
- 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.
- Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1984. Producción de materia seca y componentes de rendimiento y rendimiento de grano en maíz. Traducción por el Dr. J. Kohashi Shibata. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

- Ting, I.P., 1982. Growth, growth kinetics and growth movement. In: Plant Physiology. pp. 459-80. Addison – Wesley, Reading, Massachusetts, USA.
- Thomson, W.J. and D.T. Stokes.1986. Comparisons of the growth and development of four triticale cultivar. Ann. Appl. Biol. 108: 180-181.
- 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.
- Van den Boogaard R, M. de Boer, E.J. Veneklaas, H. Lambers. 1996. Relative growth rate, biomass allocation pattern and water use efficiency of three wheat cultivars during early growth as dependent on water availability. Physiologia Plantarum. 98: 493-504.
- Varughese, G., W.H. Pfeiffer, & R.J. Peña. 1996. Triticale: a successful alternative crop (Part 2). Cereal Foods World. 41: 635-645.
- Warzecha, R. and K. Salak-Warzecha.2002. Hybrid triticale-prospects for research and breeding.-Part II: development of male sterile lines. In Proc. 5<sup>th</sup> Int. Triticale Symp., Radzików, Poland. pp. 193-198.
- WeiBmann, S., and A.E. WeiBmann. 2002. Hybrid triticale- 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 F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> hybrids of crosses between wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.). Euphytica, 74: 211-218.
- Wolski, T. 1990. Winter triticale breeding. In Proceedings of the Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, RS, Brazil. Mexico, D.F: CIMMYT. pp 41-48.
- Wright, R.L., J.A. Agyare, R.S. Jessop. 1990. Selection factors for Australian grazing/dual purpose triticales. In: CIMMYT, editor. Proc Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, RS, Brazil. pp 438-441.
- Wynne, J. C., D.A. Emery and P.W. Rice. 1970. Combining ability estimates in *Arachis hypogea* L. II. Field performance of F<sub>1</sub> hybrids. Crop Sci. 10: 713-715.

- Yeung, K.C. & E.N. Larter. 1972. Pollen production and dissemination properties of triticale relative to wheat. *Canadian Journal of Plant Science*. 52: 569-574.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang, C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.
- Zhang, Q.F., Y.J. Gao, S.H. Yang., and Z.B. Li. 1994. A diallel analysis in elite hybrids rice based on RFLPs and microsatellite. *Theoretical and Applied Genetics* 89, 185-192.



## VIII. APÉNDICE

Cuadro A1. Valores de heterosis y heterobelitosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para las características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el primer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS M1											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	13.1 ns	11.7 ns	11.9 *	1.8ns	33.5*	24.8 ns	15.4 ns	5.9 ns	16.8 ns	6.0 ns
2	AN105 x AN31	14.7 *	6.2ns	11.3*	8.3 ns	53.5 **	47.3 *	42.5 *	32.9 *	42.8 *	33.0 *
3	AN125 x AN31	7.0 ns	-10.2 *	-0.9ns	-11.7 **	16.7 ns	0.5 ns	22.1 *	8.3 ns	22.1 *	8.3 ns
4	AN38 x ABT	24.6 **	23.3**	20.6 **	11.3 *	-6.7 ns	-16.2 ns	61.5 **	50.6 *	109.21 **	92.8 **
5	AN105 x ABT	27.6 **	17.4 *	33.1 **	29.5 **	39.5 *	25.6 ns	61.7 **	40.1 *	61.7 **	40.3 *

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobelitosis, HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A2. Valores de heterosis y heterobelitosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para las características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el segundo muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS M2											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	16.2ns	7.2 ns	44.6 **	31.8 **	55.1 **	42.1 *	62.6 **	54.3 **	62.5 **	54.4 **
2	AN105 x AN31	10.7 ns	-1.9 ns	28.0 **	23.8 *	77.8 **	52.7 **	104.8 **	98.0 **	106.9 **	94.8 **
3	AN125 x AN31	6.0 ns	-15.5 *	6.0 ns	-15.5 ns	23.7 ns	-3.8 ns	31.0 ns	6.6ns	26.8 *	9.8 ns
4	AN38 x ABT	46.5 **	35.0 **	40.5 **	24.1 *	24.5 ns	9.1 ns	51.0**	38.9 *	54.4 **	41.7 *
5	AN105 x ABT	23.8 **	11.3ns	32.8 **	17.9 ns	16.2 ns	-8.2 ns	71.0 **	54.3 **	82.1 **	62.1 **

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobelitosis, HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Áreafoliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A3. Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el tercer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS M3											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	20.7 **	-0.1 ns	38.5 **	32.7 **	0.4 ns	-14.1 ns	46.2 *	33.3 ns	46.2 *	33.8 ns
2	AN105 x AN31	27.7 **	5.8 ns	27.4 **	14.9 *	-15.4 ns	-40.5 **	59.9 *	42.8ns	62.1 *	38.0 ns
3	AN125 x AN31	12.9 *	-11.5 *	31.8 **	13.1 ns	-15.3 ns	-43.5 **	38.3 ns	23.4 ns	38.7 ns	23.4 ns
4	AN38 x ABT	18.0 **	-0.1ns	17.2 *	12.7 ns	-32.7 **	-44.3 **	14.3 ns	2.9 ns	14.3 ns	2.9 ns
5	AN105 x ABT	21.5 **	3.1ns	20.8 *	11.8 ns	-27.8 *	-50.3 **	24.3 ns	14.9 ns	34.7 ns	22.5 ns

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis, HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A4. Valores de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características agronómicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el cuarto muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS M4											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	28.9 **	18.6 *	10.0 ns	0.5 ns	-7.1 ns	-29.6 **	47.7 *	27.2 ns	47.7 *	27.2 ns
2	AN105 x AN31	-1.0 ns	-9.4 ns	10.0ns	0.1 ns	0.2 ns	-27.4 **	84.5 **	73.1 **	84.5 **	73.1 **
3	AN125 x AN31	15.0 *	-1.8 ns	6.6 ns	0.9 ns	-29.9 **	-55.0 **	49.2 *	45.0 *	49.2 **	45.0 *
4	AN38 x ABT	21.6 **	8.3 ns	5.0 ns	-3.3 ns	-17.1 *	-35.3 **	11.9 ns	-0.0 ns	11.9 ns	-0.0 ns
5	AN105 x ABT	16.2 *	3.8 ns	0.7 ns	-7.3 ns	-27.8 **	-47.7 **	27.1 *	14.7 ns	27.1 *	14.7 ns

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis, HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A5. Estimación de heterosis y heterobelitosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el primer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES FISIOLÓGICAS M1											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		TRANSP ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		UEA ( $\text{Kg ms ha}^{-1}/\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )		TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )		TAN ( $\text{g ms m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Ht	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	11.8 ns	-0.2 ns	2.5 ns	-8.6 ns	13.2 ns	8.1 ns	15.4 ns	5.9 ns	-12.0 ns	-22.2 ns
2	AN105 x AN31	-0.3 ns	-15.0 *	-11.4 ns	-27.6 **	11.3 ns	6.9 ns	39.2 *	29.9 ns	-3.5 ns	-8.2 ns
3	AN125 x AN31	6.4 ns	-11.1 ns	-4.8 ns	-16.5 *	12.8 ns	1.6 ns	21.5 *	7.6 ns	7.3 ns	-6.5 ns
4	AN38 x ABT	12.2 ns	8.3 ns	-6.2 ns	-8.9 ns	18.5 *	14.6 ns	59.9 **	48.2 *	68.8 **	52.4 **
5	AN105 x ABT	-5.4 ns	-14.7 *	-13.0 ns	-18.7 *	8.8 ns	3.2 ns	68.2 **	36.6 *	12.5 ns	-5.0 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS M1									
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )		RPF ( $\text{g g}^{-1}$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )		RAF ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	31.4 ns	22.9 ns	-8.9 *	-12.6 *	26.5 ns	15.8 ns	15.7 ns	4.4 ns
2	AN105 x AN31	51.7 **	45.6 *	-17.7 **	-22.1 **	35.5 *	30.4 ns	7.0 ns	1.7ns
3	AN125 x AN31	14.1 ns	-1.7 ns	-7.1 ns	-19.5 **	-1.4 ns	-10.7 ns	-6.9 ns	-18.1 ns
4	AN38 x ABT	-7.4 ns	-16.9 *	-6.6 ns	-10.0 *	-30.1 *	-37.4 **	-35.4 **	-41.3 **
5	AN105 x ABT	41.1 *	25.6 ns	-12.6 *	-15.9 **	11.2 ns	-12.0 ns	-12.3 ns	-25.5 *

ns, \*, \*\*: No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobelitosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa decrecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro A6. Estimación de heterosis y heterobelitosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el segundo muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES FISIOLÓGICAS M2											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		TRANSP ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		UEA ( $\text{Kg ms ha}^{-1}/\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )		TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )		TAN ( $\text{g ms m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	3.2 ns	-9.2 ns	5.9 ns	-4.3 ns	-1.8 ns	-4.4 ns	105.4 **	87.7 *	39.8 ns	26.0 ns
2	AN105 x AN31	20.6 ns	15.5 ns	1.2 ns	-11.9 ns	17.3 *	6.3 ns	198.7 **	175.3 **	56.9 *	29.1 ns
3	AN125 x AN31	-16.8 *	-22.5 **	-0.9 ns	-9.2 ns	-13.3 ns	-17.8 *	39.1 ns	3.4 ns	-19.1 ns	-45.3 **
4	AN38 x ABT	41.4 **	17.2 ns	16.2 ns	2.1 ns	24.4 **	14.6 ns	29.3 ns	17.4 ns	29.6 ns	24.4 ns
5	AN105 x ABT	43.3 **	26.5 ns	14.1 ns	-1.7 ns	26.2 **	20.5 *	84.1 *	52.0 ns	44.1 *	30.9 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS M2									
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )		RPF ( $\text{g g}^{-1}$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )		RAF ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	49.1 **	36.0 *	-14.0 **	-18.2 **	7.6 ns	-1.0 ns	-6.5 ns	-9.3 ns
2	AN105 x AN31	77.7 **	52.6 **	-15.9 **	-26.3 **	5.7 ns	-6.3 ns	-11.5 ns	-23.9 **
3	AN125 x AN31	23.8 ns	-3.8 ns	-17.5 **	-39.1 **	13.4 *	4.4 ns	-8.6 ns	-35.9 **
4	AN38 x ABT	18.2 ns	4.2 ns	-10.8 **	-25.2 **	-1.3 ns	-5.6 ns	-21.3 **	-25.3 **
5	AN105 x ABT	16.3 ns	-8.2 ns	-32.9 **	-40.6 **	4.6 ns	-3.7 ns	-29.8 **	-42.4 **

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobelitosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro A7. Estimación de heterosis y heterobelitosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el tercer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES FISIOLÓGICAS M3											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		TRANSP ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		UEA ( $\text{Kg ms ha}^{-1}/\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )		TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )		TAN ( $\text{g ms m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	15.3 ns	5.2 ns	24.7 ns	9.7ns	-5.3 ns	-11.0 ns	29.1 ns	9.5 ns	38.7 ns	21.6ns
2	AN105 x AN31	1.0 ns	-12.9 ns	9.3 ns	-4.7 ns	-4.1 ns	-13.5 ns	16.8 ns	-2.9 ns	33.0 ns	-7.1 ns
3	AN125 x AN31	12.7 ns	-1.0 ns	23.0 ns	12.9 ns	-8.1 ns	-17.5 *	46.2 ns	6.9 ns	43.9 ns	4.0 ns
4	AN38 x ABT	20.0 *	16.9 ns	20.7 ns	14.8 ns	1.7 ns	-1.3 ns	84.8 *	49.0 ns	165.5 **	130.8 *
5	AN105 x ABT	-1.0 ns	-11.0 ns	6.2 ns	-3.7 ns	-2.1 ns	-7.2 ns	23.8 ns	10.7 ns	26.9 ns	-13.8 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS M3											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )		RPF ( $\text{g g}^{-1}$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )		RAF ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )			
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	-0.1 ns	-14.7 ns	-30.1 **	-42.3 **	-0.6 ns	-4.7 ns	-29.7 **	-42.6 **		
2	AN105 x AN31	-15.5 ns	-40.6 **	-25.7 **	-52.1 **	-13.3 ns	-20.4 ns	-46.1 **	-61.4 **		
3	AN125 x AN31	-15.2 ns	-43.5 **	-33.5 **	-55.2 **	-2.4 ns	-13.2 ns	-39.1 **	-61.1 **		
4	AN38 x ABT	-32.7 **	-44.4 **	15.2 *	-3.0 ns	-33.9 **	-38.4 **	-33.4 **	-43.7 **		
5	AN105 x ABT	-27.8 *	-50.3 **	-26.5 **	-42.4 **	-8.6 ns	-21.9 **	-36.8 **	-55.2 **		

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobelitosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro A8. Estimación de heterosis y heterobelitosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego normal (RN) en el cuarto muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES FISIOLÓGICAS M4											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		TRANSP ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		UEA ( $\text{Kg ms ha}^{-1}/\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )		TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )		TAN ( $\text{g ms m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	5.6 ns	-7.2 ns	-0.8 ns	-15.4 ns	13.6 ns	8.6 ns	74.1 ns	63.1 ns	57.3 ns	26.1 ns
2	AN105 x AN31	3.3 ns	-9.7 ns	0.6 ns	-11.3 ns	2.0 ns	-0.8 ns	192.2 **	103.9 *	218.1 *	123.3 ns
3	AN125 x AN31	24.1 *	9.4 ns	10.0 ns	-7.2 ns	15.8 ns	9.4 ns	54.6 ns	47.2 ns	51.6 ns	-1.7 ns
4	AN38 x ABT	11.5 ns	0.8 ns	2.7 ns	-6.2 ns	9.6 ns	4.9 ns	67.7 *	41.5 ns	92.7 ns	57.8 ns
5	AN105 x ABT	-16.3 *	-24.8 **	-14.4 ns	-21.9 *	9.2 ns	-4.2 ns	28.0 ns	-8.2 ns	114.8 ns	74.5 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS M4									
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )		RPF ( $\text{g g}^{-1}$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )		RAF ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	-7.1 ns	-29.7 **	-0.6 ns	-15.6 ns	-18.3 **	-22.0 **	-18.8 *	-32.6 **
2	AN105 x AN31	0.2 ns	-27.4 **	-36.7 *	-48.5 **	-11.5 ns	-20.5 **	-44.2 **	-58.5 **
3	AN125 x AN31	-29.9 **	-55.0 **	-42.0 **	-56.3 **	-5.3 ns	-24.9 **	-49.6 **	-67.5 **
4	AN38 x ABT	-17.1 *	-35.3 **	-19.8 ns	-26.7 ns	-5.0 ns	-11.5 ns	-23.8 *	-33.6 **
5	AN105 x ABT	-27.8 **	-47.7 **	-33.1 ns	-43.2 **	-15.0 *	-26.4 **	-42.3 **	-56.6 **

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobelitosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro A9. Estimación de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el primer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS M1											
HÍBRIDO	DESCRPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	9.8 ns	8.6 ns	10.0 ns	2.9 ns	-20.3 ns	-30.6 *	2.9 ns	-12.7 ns	2.9 ns	-12.7 ns
2	AN105 x AN31	5.2 ns	-0.0 ns	6.3 ns	0.8 ns	43.7 *	24.6 ns	24.4 ns	6.3 ns	24.4 ns	6.2 ns
3	AN125 x AN31	-6.6 ns	-20.9 **	-3.8 ns	-12.1 *	41.5 *	18.1 ns	-11.8 ns	-34.7 *	2.7 ns	-20.6 ns
4	AN38 x ABT	-0.0 ns	-1.1 ns	8.7 ns	5.6 ns	7.9 ns	-5.9 ns	-31.6 *	-43.2 **	-31.6 *	-43.2 **
5	AN105 x ABT	5.3 ns	0.0 ns	18.7 **	14.3 *	29.8 ns	14.4 ns	16.3 ns	-4.9 ns	14.0 ns	-6.0 ns

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis, HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A10. Estimación de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el segundo muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS M2											
HÍBRIDO	DESCRPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	5.0 ns	-7.4 ns	19.0 ns	5.7 ns	11.4 ns	-5.3 ns	20.0 ns	13.4 ns	20.0 ns	10.7 ns
2	AN105 x AN31	3.4 ns	-11.8 ns	10.3 ns	6.3 ns	-9.7 ns	-20.3 ns	18.2 ns	-17.1 ns	18.3 ns	-17.1 ns
3	AN125 x AN31	12.8 ns	-9.6 ns	11.8 ns	0.0 ns	-8.6 ns	-28.4 ns	12.1 ns	-0.4 ns	7.0 1ns	-4.9 ns
4	AN38 x ABT	3.7 ns	-9.2 ns	12.7 ns	5.4 ns	15.8 ns	-3.8 ns	48.0 ns	33.1 ns	36.7 ns	24.0 ns
5	AN105 x ABT	27.8 **	9.3 ns	18.7 ns	10.9 ns	-33.7 *	-41.3 *	61.7 ns	26.1 ns	61.8 ns	26.1 ns

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis, HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.



Cuadro A11. Estimación de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el tercer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS M3											
HÍBRIDO	DESCRPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	23.7 **	5.1 ns	41.7 **	29.7 **	3.1 ns	-6.2 ns	30.9 ns	-0.9 ns	30.9 ns	-0.9 ns
2	AN105 x AN31	23.4 **	0.7 ns	31.5 **	22.1 **	-18.1 ns	-41.3 **	29.7 ns	9.1 ns	29.7 ns	9.1 ns
3	AN125 x AN31	25.6 **	0.0 ns	26.7 **	13.7 ns	-5.9 ns	-42.9 **	8.6 ns	0.2 ns	8.6 ns	0.2 ns
4	AN38 x ABT	21.7 **	10.2 ns	24.7 **	13.1 ns	-21.3 ns	-26.9 ns	25.9 ns	-2.6 ns	25.9 ns	-2.6 ns
5	AN105 x ABT	14.5 *	-1.1 ns	17.3 *	6.9 ns	3.3 ns	-20.7 ns	71.5 *	47.3 ns	71.5 *	47.3 ns

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis, HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A12. Estimación de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticales para características agronómicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el cuarto muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS M4											
HÍBRIDO	DESCRPCIÓN	ETAPA (Zadoks)		ALTURA (cm)		AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )		PSTOT (g)		FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	34.5 **	32.8 **	21.4 **	14.7 *	4.0 ns	-10.4 ns	34.7 *	18.5 ns	34.7 *	18.5 ns
2	AN105 x AN31	16.8 **	1.9 *	22.3 **	16.8 **	4.3 ns	-33.5 *	50.9 **	37.3 ns	50.9 **	37.3 ns
3	AN125 x AN31	15.5 **	0.0 ns	14.0 **	9.6 ns	-25.4 ns	-50.9 **	59.5 ns**	50.4 *	59.5 **	50.4 *
4	AN38 x ABT	37.3 **	32.3 **	7.5 ns	3.6 ns	-20.5 ns	-26.5 ns	9.6 ns	0.0 ns	9.6 ns	0.0 ns
5	AN105 x ABT	19.2 **	1.9 *	-1.6 ns	-5.4 ns	-12.4 ns	-42.5 *	1.6 ns	-10.5 ns	1.1 ns	-10.5 ns

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis, HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A13. Estimación de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el primer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES FISIOLÓGICAS M1											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		TRANSP ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		UEA ( $\text{Kg ms ha}^{-1}/\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )		TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )		TAN ( $\text{g ms m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	23.3 ns	4.6 ns	3.2 ns	-10.8 ns	37.6 *	34.0 ns	3.0 ns	-12.6 ns	36.5 ns	21.6 ns
2	AN105 x AN31	-1.7 ns	-11.9 ns	-11.4 ns	-22.5 *	14.0 ns	4.3 ns	24.3 ns	6.3 ns	-12.8 ns	-22.1 ns
3	AN125 x AN31	20.1 ns	10.5 ns	4.5 ns	-4.4 ns	17.9 ns	8.8 ns	2.9 ns	-20.6 ns	-14.2 ns	-29.1 ns
4	AN38 x ABT	50.8 *	8.0 ns	30.8 *	2.7 ns	16.5 ns	2.7 ns	-31.6 *	-43.2 **	-37.0 *	-45.9 **
5	AN105 x ABT	80.9 **	37.2 *	49.4 **	30.0 *	25.1 ns	6.2 ns	14.0 ns	-4.9 ns	-2.8 ns	-10.6 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS M1									
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )		RPF ( $\text{g g}^{-1}$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )		RAF ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	-20.2 ns	-30.6 *	17.3 ns	13.4 ns	-25.4 ns	-35.3 ns	-4.9 ns	-22.1 ns
2	AN105 x AN31	43.6 *	24.6 ns	-4.2 ns	-12.7 ns	21.6 ns	16.3 ns	18.0 ns	6.6 ns
3	AN125 x AN31	41.5 *	18.1 ns	-14.2 ns	-27.0 *	4.7 ns	-0.3 ns	43.3 *	20.9 ns
4	AN38 x ABT	7.9 ns	-5.8 ns	14.3 ns	1.1 ns	39.8 ns	20.3 ns	57.8 ns	27.0 ns
5	AN105 x ABT	26.9 ns	14.6 ns	-10.7 ns	-18.9 ns	22.0 ns	15.7 ns	6.4 ns	-6.9 ns

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro A14. Estimación de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el segundo muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES FISIOLÓGICAS M2											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		TRANSP ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		UEA ( $\text{Kg ms ha}^{-1}/\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )		TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )		TAN ( $\text{g ms m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	23.0 ns	-0.8 ns	-6.6 ns	-18.2 *	33.10 *	21.6 ns	151.6 ns	92.5 ns	101.5 ns	67.9 ns
2	AN105 x AN31	40.5 *	13.6 ns	11.7 ns	-1.6 ns	23.2 ns	13.5 ns	-31.8 ns	-48.1 ns	-24.0 ns	-48.6 *
3	AN125 x AN31	13.3 ns	-8.1 ns	12.7 ns	-1.9 ns	2.0 ns	-10.7 ns	233.0 ns	93.0 ns	45.9 ns	21.5 ns
4	AN38 x ABT	-5.8 ns	-14.0 ns	-1.6 ns	-16.1 ns	-6.5 ns	-15.4 ns	248.3 **	70.2 ns	107.2 ns	100.6 ns
5	AN105 x ABT	-9.6 ns	-16.7 ns	-13.0 ns	-26.2 *	3.5 ns	-5.9 ns	-60.1 *	-69.9 **	29.7 ns	-18.9 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS M2											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF ( $\text{m}^2 / \text{m}^2$ )		RPF ( $\text{g g}^{-1}$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )		RAF ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )			
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	11.4 ns	-5.3 ns	-6.7 ns	-16.5	2.5 ns	-0.6 ns	-5.5 ns	-17.4 ns		
2	AN105 x AN31	-9.8 ns	-20.3 ns	-22.6 ns	-39.5 **	-0.9 ns	-7.6 ns	-23.7 ns	-42.5 **		
3	AN125 x AN31	-8.6 ns	-28.4 ns	-12.4 ns	-33.3 ns	-3.4 ns	-14.9 **	-17.9 ns	-42.8 *		
4	AN38 x ABT	15.9 ns	-3.8 ns	-7.6 ns	-12.2 ns	-0.9 ns	-5.2 ns	-5.5 ns	-12.9 ns		
5	AN105 x ABT	-33.8 *	-41.4 *	-35.2 *	-45.1 **	-17.5 **	-23.9 **	-29.3 *	-49.6 **		

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro A15. Estimación de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticale para características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el tercer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES FISIOLÓGICAS M3											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		TRANSP ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		UEA ( $\text{Kg ms ha}^{-1}/\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )		TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )		TAN ( $\text{g ms m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	20.5 ns	2.7 ns	-8.6 ns	-19.8 *	27.7 **	21.0 **	15.7 ns	-11.7 ns	31.9 ns	17.4 ns
2	AN105 x AN31	9.5 ns	-9.7 ns	-1.6 ns	-17.8 *	11.0 ns	2.6 ns	32.6 ns	2.2 ns	54.5 ns	1.4 ns
3	AN125 x AN31	-6.5 ns	-18.6 ns	-14.9 *	-25.8 **	9.2 ns	5.4 ns	39.7 ns	-4.3 ns	72.9 ns	45.7 ns
4	AN38 x ABT	15.1 ns	12.4 ns	-3.7 ns	-8.8 ns	19.3 **	12.4 ns	26.9 ns	2.2 ns	92.0 ns	48.6 ns
5	AN105 x ABT	-18.9 ns	-25.2 *	-23.1 **	-28.2 **	5.2 ns	-0.8 ns	27.8 ns	15.1 ns	4.4 ns	-10.3 ns

VARIABLES FISIOLÓGICAS M3									
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )		RPF ( $\text{g g}^{-1}$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )		RAF ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	3.1 ns	-6.1 ns	-30.3 **	-45.4 **	-2.1 ns	-10.2 ns	-33.3 *	-46.2 **
2	AN105 x AN31	-18.0 ns	-41.3 **	-25.4 *	-39.2 **	-11.0 ns	-17.3 ns	-34.3 ns	-46.6 *
3	AN125 x AN31	-5.9 ns	-42.9 **	-23.8 *	-45.6 **	12.9 ns	-7.9 ns	-5.3 ns	-40.3 *
4	AN38 x ABT	-21.4 ns	-26.9 ns	-34.8 **	-42.0 **	-10.2 ns	-20.3 **	-40.7 **	-50.3 **
5	AN105 x ABT	3.4 ns	-20.6 ns	-28.0 *	-46.0 **	-14.4 ns	-21.3 *	-38.0 *	-54.5 **

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro A16. Estimación de heterosis y heterobeltiosis en híbridos F<sub>1</sub> de triticales para características fisiológicas bajo condiciones de riego restringido (RR) en el cuarto muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES FISIOLÓGICAS M4											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		TRANSP ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		UEA ( $\text{Kg ms ha}^{-1}/\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )		TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )		TAN ( $\text{g ms m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )	
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	-10.6 ns	-16.7 ns	-18.2 *	-25.0 **	10.1 ns	8.0 ns	55.8 ns	27.7 ns	33.3 ns	-7.4 ns
2	AN105 x AN31	19.8 ns	5.5 ns	-0.1 ns	-4.3 ns	6.8 ns	-0.6 ns	18.9 ns	-13.9 ns	-8.8 ns	-34.2ns
3	AN125 x AN31	0.5 ns	-21.2 ns	-12.0 ns	-18.5 ns	16.6 *	-3.7 ns	193.0 **	111.6 **	286.6 **	212.0 **
4	AN38 x ABT	4.3 ns	-6.0 ns	11.8 ns	1.4 ns	6.1 ns	1.5 ns	44.8 ns	4.2 ns	128.2 *	57.7 ns
5	AN105 x ABT	1.9 ns	-5.5 ns	3.6 ns	0.5 ns	-2.3 ns	-7.9 ns	25.4 ns	-16.7 ns	35.7 ns	13.0 ns
VARIABLES FISIOLÓGICAS M4											
HÍBRIDO	DESCRIPCIÓN	IAF ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )		RPF ( $\text{g g}^{-1}$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )		RAF ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )			
		Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
1	AN38 x AN31	4.1 ns	-10.4 ns	-41.6 **	-54.4 **	9.3 ns	-10.3 ns	-24.6 ns	-38.7 *		
2	AN105 x AN31	4.3 ns	-33.5 *	-45.0 **	-60.8 **	27.5 ns	-10.4 ns	-15.7 ns	-47.0 **		
3	AN125 x AN31	-25.4 ns	-50.9 **	-47.9 **	-67.5 **	4.5 ns	-16.6 *	-35.9 *	-54.9 **		
4	AN38 x ABT	-20.5 ns	-26.5 ns	3.1 ns	-8.3 ns	-15.7 ns	-19.6 ns	-15.7 *	-25.0 ns		
5	AN105 x ABT	-12.4 ns	-42.5 *	-7.2 ns	-22.7 ns	20.4 ns	-4.2 ns	10.4 ns	-23.1 ns		

ns, \*, \*\*: No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. Ht = % de heterosis, Hbt = % de heterobeltiosis. FOTO = Fotosíntesis, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar.

Cuadro A17. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza entre tratamientos de riego para las características agronómicas y fisiológicas de los genotipos (híbridos y progenitores) evaluadas en el primer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS										
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUEL (Número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PSTOT (g)	FSTH (t ha <sup>-1</sup> )	
REPETICIONES	2	88.816 **	101.054 **	55.654 ns	427175.04 ns	20.829 *	66.090 **	234.220 **	12.74 **	
TRIEGO	1	144.15 ns	510.416 **	185.504 ns	657739.01 ns	0.092 ns	25.807 ns	68.053 ns	3.706 ns	
ERROR A	2	18.95 ns	0.804 ns	57.554 ns	58041.771 ns	11.752 ns	36.122 *	108.421 *	5.90 *	
GENOTIPOS	9	121.461**	171.798 **	276.58 **	477518.5 *	34.607 **	4.523 ns	56.321 *	3.066 *	
TRIEGO * GENOTIPOS	9	17.001 ns	26.731 ns	29.754 ns	156527.8 ns	11.533 ns	13.086 ns	44.285 ns	2.410 ns	
ERROR	36	14.36	15.091	49.057	192432.30	5.949	8.465	23.204	1.263	
TOTAL	59									
CV (%)		10.92	8.42	27.40	24.57	29.77	23.92	24.20	24.20	

VARIABLES FISIOLÓGICAS											
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	RPF (g g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	FOTO (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	CS (cm s <sup>-1</sup> )	TRANSP (μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	UEA Kgms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
REPETICIONES	2	1.126 *	3.037 ns	3.037 ns	0.045 *	5573.357 ns	37.106 **	7.942 ns	0.078 ns	32.794 ns	0.111 **
TRIEGO	1	0.070 ns	4.677 ns	4.677 ns	0.006 ns	42.905 ns	10.781 ns	1343.35 **	5.508 **	17.053 ns	2.380 **
ERROR A	2	1.288 **	0.412 ns	0.412 ns	0.023 ns	9589.68 *	17.178 *	5.075 ns	0.041 ns	22.621 ns	0.008 ns
GENOTIPOS	4	0.135 ns	3.396 *	3.396 *	0.032 **	2877.98 ns	8.920 *	23.820 *	0.166 ns	26.802 ns	0.027 ns
TRIEGO * GENOTIPOS	9	0.526 *	1.113 ns	1.113 ns	0.008 ns	4364.70 ns	7.015 ns	14.867 ns	0.207 *	44.849 **	0.006 ns
ERROR	36	0.2374	1.368	1.368	0.009	2503.89	3.676	9.876	0.0804	14.330	0.019
TOTAL	59										
CV (%)		28.31	24.57	24.57	15.28	32.46	24.20	19.17	20.72	16.64	19.18

ns, \*, \*\* : No significativo y significativo al 0.05 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido. HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea. TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.

Cuadro A18. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el primer muestreo. CIQA 2008.

NIVELES		ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUELOS (Número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PSTOT (g)	FSTH (t ha <sup>-1</sup> )
TRIEGO	TRATAMIENTOS								
1	1: AN38 x AN31	34.00 bc	46.50 cd	30.66 ab	2024.26 ns	7.28 ns	12.217 ns	19.50 ns	4.55 ns
1	2: AN105 x AN31	38.00 abc	50.50 abc	27.66 ab	2353.50 ns	11.23 ns	13.533 ns	24.76 ns	5.77 ns
1	3: AN125 x AN31	40.33 abc	51.66 abc	23.50 ab	2117.66 ns	11.83 ns	14.983 ns	26.81 ns	6.25 ns
1	4: AN38 x ABT	37.33 abc	49.00 bc	21.50 ab	1548.30 ns	7.68 ns	15.767 ns	23.45 ns	5.47 ns
1	5: AN105 x ABT	41.66 ab	60.33 a	24.66 ab	2334.09 ns	10.48 ns	14.350 ns	24.83 ns	5.79 ns
1	6: AN-31	30.33 c	45.83 cd	38.66 a	1591.25 ns	5.45 ns	12.883 ns	18.33 ns	4.27 ns
1	7: AN-38	30.33 c	37.50 d	35.33 ab	1496.08 ns	4.63 ns	10.717 ns	15.35 ns	3.58 ns
1	8: AN-105	35.66 abc	46.50 cd	17.50 b	1496.23 ns	6.31 ns	10.850 ns	17.16 ns	4.00 ns
1	9: AN-125	45.00 a	58.50 ab	18.00 ab	2087.16 ns	12.11 ns	12.800 ns	24.91 ns	5.81 ns
1	10: ABT	29.66 c	44.00 cd	35.66 ab	1849.76 ns	4.48 ns	10.067 ns	14.55 ns	3.39 ns
	dms	10.6	10.2	21.1	1345.2	7.7	8.84	14.25	3.3
2	1: AN38 x AN31	33.00 b	44.83 ab	19.83 ab	1153.65 ns	8.33 ab	12.067 ns	17.80 ns	4.15 ns
2	2: AN105 x AN31	32.66 b	43.66 ab	21.50 ab	1950.71 ns	8.08 ab	11.167 ns	17.45 ns	4.07 ns
2	3: AN125 x AN31	34.66 ab	46.33 ab	20.83 ab	2154.72 ns	10.10 ab	10.067 ns	20.16 ns	4.70 ns
2	4: AN38 x ABT	30.33 b	41.16 ab	18.66 b	1801.50 ns	5.81 b	10.617 ns	15.10 ns	3.52 ns
2	5: AN105 x ABT	33.00 b	45.33 ab	20.83 ab	1875.05 ns	8.48 ab	12.033 ns	20.51 ns	4.78 ns
2	6: AN-31	30.00 b	43.50 ab	30.50 ab	1452.32 ns	4.50 b	10.033 ns	14.53 ns	3.39 ns
2	7: AN-38	30.00 b	37.83 b	29.16 ab	1510.57 ns	7.75 ab	13.200 ns	20.95 ns	4.88 ns
2	8: AN-105	32.33 b	38.83 b	18.50 b	1330.38 ns	5.80 b	9.533 ns	14.11 ns	3.29 ns
2	9: AN-125	44.66 a	52.66 a	19.50 ab	1720.85 ns	12.93 a	12.083 ns	25.01 ns	5.83 ns
2	10: ABT	30.66 b	37.83 b	38.66 a	1854.61 ns	10.50 ab	14.250 ns	22.73 ns	5.30 ns
	dms	11.49	12.40	19.83	1220.1	6.48	8.178	13.94	3.254

a, b, c, d: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido; AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A19. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el primer muestreo. CIQA 2008.

NIVELES		TAN	IAF	RPF	AFE	RAF	TCC	FOTO	CS	TRANSP	UEA
		(g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	(m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	(g g <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	(g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	(μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(cm s <sup>-1</sup> )	(μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(kg ms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
TRIEGO	TRATAMIENTOS										
1	1: AN38 x AN31	1.44 ns	5.40 ns	0.63 ab	167.07 ns	106.27 ns	7.76 ns	20.34 ns	1.59 ab	21.81 ab	3.11 ns
1	2: AN105 x AN31	1.67 ns	6.28 ns	0.55 ab	179.76 ns	93.73 ns	9.85 ns	20.07 ns	1.57 ab	21.02 ab	3.95 ns
1	3: AN125 x AN31	1.86 ns	5.65 ns	0.56 ab	142.40 ns	80.37 ns	10.67 ns	21.46 ns	1.54 ab	20.80 ab	4.28 ns
1	4: AN38 x ABT	2.23 ns	4.13 ns	0.65 ab	114.42 ns	72.16 ns	9.33 ns	22.69 ns	1.72 ab	22.88 ab	3.74 ns
1	5: AN105 x ABT	1.62 ns	6.22 ns	0.58 ab	162.93 ns	94.71 ns	9.88 ns	20.97 ns	1.83 ab	23.85 ab	3.96 ns
1	6: AN-31	1.72 ns	4.24 ns	0.70 a	124.60 ns	87.31 ns	7.30 ns	16.27 ns	1.07 b	18.25 b	3.92 ns
1	7: AN-38	1.57 ns	3.99 ns	0.70 a	138.87 ns	97.65 ns	6.11 ns	20.39 ns	1.60 ab	24.05 ab	2.45 ns
1	8: AN-105	1.72 ns	3.99 ns	0.63 ab	137.43 ns	86.90 ns	6.83 ns	24.00 ns	2.11 a	29.31 a	2.74 ns
1	9: AN-125	1.82 ns	5.57 ns	0.51 b	173.78 ns	89.44 ns	9.92 ns	24.22 ns	1.90 ab	25.66 ab	3.97 ns
1	10: ABT	1.19 ns	4.93 ns	0.69 a	191.62 ns	132.36 ns	5.79 ns	20.42 ns	1.75 ab	25.13 ab	2.32 ns
	dms	1.13	3.58	0.158	58.4	57.1	5.6	9.8	0.99	9.9	0.411
2	1: AN38 x AN31	2.30 ns	3.08 ns	0.77 ns	100.09 b	80.80 ns	7.08 ns	13.90 a	1.22 a	23.88 ns	6.969 ab
2	2: AN105 x AN31	1.34 ns	5.20 ns	0.67 ns	177.60 a	94.84 ns	6.95 ns	10.27 ab	0.89 ab	18.56 ns	8.624 a
2	3: AN125 x AN31	1.53 ns	5.75 ns	0.50 ns	149.40 ab	75.86 ns	8.03 ns	14.19 a	1.23 a	24.38 ns	6.522 ab
2	4: AN38 x ABT	1.30 ns	4.80 ns	0.75 ns	170.82 a	100.84 ns	6.01 ns	12.17 ab	1.19 a	24.63 ns	6.573 ab
2	5: AN105 x ABT	1.62 ns	5.00 ns	0.59 ns	159.69 ab	92.99 ns	8.17 ns	14.28 a	1.21 a	24.65 ns	7.214 ab
2	6: AN-31	1.46 ns	3.87 ns	0.68 ns	152.45 ab	103.54 ns	5.78 ns	10.32 ab	1.03 ab	22.83 ns	4.417 b
2	7: AN-38	2.12 ns	4.03 ns	0.63 ns	121.28 ab	75.31 ns	8.34 ns	12.11 ab	1.18 a	25.43 ns	4.378 b
2	8: AN-105	1.60 ns	3.55 ns	0.70 ns	139.62 ab	97.78 ns	5.62 ns	10.52 ab	0.89 ab	19.31 ns	4.438 b
2	9: AN-125	2.17 ns	4.59 ns	0.48 ns	144.60 ab	68.93 ns	9.96 ns	13.42 ab	1.22 a	24.69 ns	6.245 ab
2	10: ABT	2.10 ns	4.95 ns	0.67 ns	128.79 ab	90.62 ns	9.05 ns	5.30 b	0.55 b	13.74 ns	4.598 b
	dms	1.666	3.253	0.367	66.066	65.069	5.55	8.466	0.621	12.068	3.252

a, b: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido; TAN= Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF =Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.



Cuadro A20. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza entre tratamientos de riego para las características agronómicas y fisiológicas de los genotipos (híbridos y progenitores) en el segundo muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS										
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUEL (Número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PESP (g)	PSTOT (g)	FSTH (t ha <sup>-1</sup> )
REPETICIONES	2	12.050 ns	164.004 ns	103.016 ns	1024733.78 ns	36.062 ns	52.996 ns	0.543 ns	146.832 ns	7.99 ns
TRIEGO	1	91.266 ns	194.40 ns	540.0 ns	9031111.34 *	348.48 ns	551.76 ns	2.795 ns	1942.56 ns	105.76 ns
ERROR A	2	33.316 ns	53.137 ns	66.150 ns	467921.44 ns	104.321 *	78.054 ns	2.259 ns	266.987 ns	14.53 ns
GENOTIPOS	9	344.74 **	588.76 **	272.455 **	2444986.5 **	201.166 **	67.359 *	24.192 **	325.87 *	17.742 *
TRIEGO * GENOTIPOS	9	29.674 ns	43.844 ns	52.759 ns	859956.6 ns	73.98 *	32.849 ns	4.785 ns	152.09 ns	8.281 ns
ERROR	36	38.090	82.709	67.962	603166.2	31.916	26.836	8.143	135.74	7.390
TOTAL	59									
CV (%)		13.27	14.57	30.01	27.38	28.29	25.35	172.16	28.04	28.04

VARIABLES FISIOLÓGICAS											
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	RPF (g g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	FOTO (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	CS (cm s <sup>-1</sup> )	TRANSP (μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	UEA Kgms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
REPETICIONES	2	5.052 ns	7.285 ns	7.285 ns	0.028 ns	157.826 ns	23.562 ns	43.282 ns	0.331 ns	149.05 **	0.021 ns
TRIEGO	1	7.022 ns	64.223 *	64.223 *	0.003 ns	178.17 ns	4943.20 ns	9.992 ns	5.258 **	176.11 ns	0.051 ns
ERROR A	2	68.44 **	3.327 ns	3.327 ns	0.015 ns	678.27 **	4778.86 **	12.67 ns	0.031 ns	33.990 ns	0.046 *
GENOTIPOS	9	26.281 **	17.386 **	17.386 **	0.076 *	1002.99 **	921.69 ns	24.649 ns	0.344 ns	48.361 ns	0.013 ns
TRIEGO * GENOTIPOS	9	9.445 ns	6.114 ns	6.114 ns	0.0157 ns	258.63 ns	869.4 ns	13.055 ns	0.105 ns	16.428 ns	0.013 ns
ERROR	36	7.86	4.289	4.289	0.026	121.325	483.48	13.513	0.173	24.045	0.009
TOTAL	59										
CV (%)		42.25	27.38	27.38	31.38	7.98	44.60	22.49	25.13	18.66	15.60

ns, \*, \*\*: No significativo y significativo al 0.055 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido. HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.

Cuadro A21. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el segundo muestreo. CIQA 2008.

NIVELES		ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUELOS (Número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PSESP (g)	PSTOT (g)	FSTH (t ha <sup>-1</sup> )
TRIEGO	TRATAMIENTOS									
1	1: AN38 x AN31	41.66 b	68.16 ab	36.66 ns	4468.4 a	25.10 abcd	29.78 ab	0.00 b	54.88 ab	12.80 ab
1	2: AN105 x AN31	45.00 ab	72.23 ab	33.33 ns	4424.2 a	34.46 a	33.45 a	0.00 b	67.91 a	15.84 a
1	3: AN125 x AN31	50.66 ab	77.33 a	22.33 ns	2812.0 ab	27.96 abc	21.31 ab	2.08 b	51.36 ab	11.98 ab
1	4: AN38 x ABT	48.66 ab	65.33 ab	29.50 ns	3879.0 ab	23.60 abcd	26.16 ab	2.00 b	51.76 ab	12.07 ab
1	5: AN105 x ABT	51.00 ab	72.50 ab	31.00 ns	3241.6 ab	31.98 ab	22.46 ab	2.36 ab	56.81 ab	13.25 ab
1	6: AN-31	35.33 b	51.00 ab	38.66 ns	2955.1 ab	11.76 d	23.46 ab	0.00 b	34.78 b	8.11 b
1	7: AN-38	38.00 b	49.66 b	36.50 ns	3167.0 ab	13.75 cd	20.73 ab	0.00 b	34.48 b	8.04 b
1	8: AN-105	46.00 ab	61.66 ab	17.66 ns	2107.4 b	17.33 bcd	17.33 b	0.28 b	34.95 b	8.15 b
1	9: AN-125	60.00 a	75.00 ab	20.66 ns	1687.4 b	25.40 abcd	16.10 b	7.68 a	49.18 ab	11.47 ab
1	10: ABT	36.00 b	48.83 b	38.33 ns	3495.4 ab	12.40 d	23.81 ab	0.00 b	36.21 b	8.45 b
	dms	18.02	26.9	23.38	2278.4	15.36	14.27	5.52	25.61	5.97
2	1: AN38 x AN31	43.66 ab	61.33 abc	25.66 ns	2816.8 ns	15.53 ns	18.33 ns	0.00 ns	33.86 ns	7.90 ns
2	2: AN105 x AN31	46.00 ab	64.16 abc	20.83 ns	2556.7 ns	16.25 ns	17.81 ns	0.00 ns	34.06 ns	7.94 ns
2	3: AN125 x AN31	53.66 ab	74.50 ab	18.66 ns	2117.2 ns	19.30 ns	16.58 ns	2.86 ns	38.75 ns	9.04 ns
2	4: AN38 x ABT	44.00 ab	54.16 abc	31.50 ns	2897.2 ns	20.93 ns	19.68 ns	0.53 ns	41.15 ns	9.60 ns
2	5: AN105 x ABT	56.66 a	63.50 abc	16.16 ns	1791.4 ns	21.40 ns	15.55 ns	4.93 ns	41.88 ns	9.77 ns
2	6: AN-31	36.00 b	57.83 abc	30.16 ns	3040.8 ns	10.63 ns	19.78 ns	0.00 ns	30.41 ns	7.09 ns
2	7: AN-38	49.00 ab	46.50 c	27.16 ns	2013.4 ns	12.80 ns	13.90 ns	0.56 ns	27.26 ns	6.36 ns
2	8: AN-105	53.00 ab	58.83 abc	16.83 ns	2381.7 ns	24.40 ns	17.98 ns	1.85 ns	34.51 ns	8.05 ns
2	9: AN-125	59.33 a	75.83 a	20.66 ns	1634.2 ns	23.20 ns	14.01 ns	4.80 ns	42.01 ns	9.80 ns
2	10: ABT	36.00 b	49.16 bc	37.00 ns	3159.77ns	11.11 ns	20.33 ns	3.18 ns	34.63 ns	8.08 ns
	dms	18.1	26.32	24.86	2268.8	17.63	16.003	10.44	40.87	9.536

a, b, c, d: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido; AFOLIAR = Área foliar; PSTALL = Peso seco de tallo; PSHOJA = Peso seco de hoja; PSESP = Peso seco de espigas; PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A22. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el segundo muestreo. CIQA 2008.

NIVELES		TAN	IAF	RPF	AFE	RAF	TCC	FOTO	CS	TRANSP	UEA
		(g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	(m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	(g g <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	(g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	(μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(cm s <sup>-1</sup> )	(μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(kg ms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
TRIEGO	TRATAMIENTOS										
1	1: AN38 x AN31	6.63 ab	11.92 a	0.55 ab	150.91 a	83.03 abcd	78.63 ns	17.00 ns	1.83 ns	28.00 ns	10.58 ns
1	2: AN105 x AN31	8.15 ab	11.80 a	0.49 bc	132.19 ab	65.20 bcde	95.89 ns	18.09 ns	1.92 ns	27.58 ns	10.08 ns
1	3: AN125 x AN31	6.82 ab	7.50 ab	0.41 cd	131.90 ab	54.38 ef	65.56 ns	12.78 ns	1.87 ns	24.48 ns	9.97 ns
1	4: AN38 x ABT	6.61 ab	10.34 ab	0.50 bc	147.73 a	74.00 abcd	62.93 ns	20.60 ns	2.20 ns	30.23 ns	8.64 ns
1	5: AN105 x ABT	8.05 ab	8.64 ab	0.39 cd	141.69 a	55.86 def	71.07 ns	19.47 ns	2.25 ns	30.58 ns	8.62 ns
1	6: AN-31	4.47 b	7.88 ab	0.67 a	127.40 ab	85.67 abc	36.56 ns	14.41 ns	1.31 ns	23.22 ns	6.92 ns
1	7: AN-38	4.90 b	8.45 ab	0.60 ab	152.66 a	91.57 ab	42.52 ns	18.75 ns	2.15 ns	30.66 ns	7.94 ns
1	8: AN-105	6.78 ab	5.62 b	0.50 bc	123.13 ab	62.08 cdef	39.52 ns	15.85 ns	2.25 ns	31.66 ns	6.84 ns
1	9: AN-125	12.14 a	4.50 b	0.32 d	106.68 b	34.44 f	53.93 ns	18.92 ns	2.24 ns	31.01 ns	8.42 ns
1	10: ABT	5.23 b	9.32 ab	0.66 a	147.55 a	96.74 a	48.15 ns	11.59 ns	1.45 ns	22.38 ns	7.41 ns
	dms	5.64	6.07	0.133	31.03	28.06	60.53	9.96	1.45	14.76	7.49
2	1: AN38 x AN31	5.05 ns	7.51 ns	0.54 ns	152.76 a	82.24 abc	35.70 ns	16.42 ns	1.27 ns	22.72 ns	12.328 ns
2	2: AN105 x AN31	5.67 ns	6.84 ns	0.50 ns	141.56 ab	71.62 abcd	36.93 ns	18.87 ns	1.52 ns	27.39 ns	16.643 ns
2	3: AN125 x AN31	8.11 ns	5.81 ns	0.43 ns	130.15 ab	56.63 bcd	41.30 ns	15.26 ns	1.41 ns	25.77 ns	13.925 ns
2	4: AN38 x ABT	6.48 ns	7.73 ns	0.51 ns	149.24 ab	76.04 abcd	57.89 ns	15.73 ns	1.39 ns	24.26 ns	9.662 ns
2	5: AN105 x ABT	9.18 ns	4.78 ns	0.38 ns	118.03 b	45.16 cd	47.48 ns	14.77 ns	1.21 ns	21.37 ns	11.238 ns
2	6: AN-31	4.20 ns	8.11 ns	0.65 ns	153.21 a	99.72 a	35.30 ns	11.88 ns	1.15 ns	22.28 ns	9.614 ns
2	7: AN-38	2.67 ns	5.37 ns	0.52 ns	144.81 ab	74.98 abcd	14.04 ns	17.61 ns	1.64 ns	29.10 ns	7.781 ns
2	8: AN-105	11.00 ns	6.35 ns	0.79 ns	132.29 ab	107.56 cd	69.36 ns	17.15 ns	1.51 ns	28.54 ns	8.423 ns
2	9: AN-125	7.36 ns	4.36 ns	0.34 ns	117.78 b	39.31 d	37.78 ns	16.15 ns	1.38 ns	24.16 ns	9.359 ns
2	10: ABT	3.20 ns	8.43 ns	0.59 ns	156.47 a	93.22 ab	26.44 ns	15.46 ns	1.06 ns	19.95 ns	9.651 ns
	dms	10.141	6.050	0.658	33.415	38.619	67.99	11.504	0.926	13.937	8.907

a, b: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido; TAN= Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.

Cuadro A23. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza entre tratamientos de riego para las características agronómicas y fisiológicas de los genotipos (híbridos y progenitores) evaluadas en el tercer muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS										
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUEL (Número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PESP (g)	PSTOT (g)	FSTH (t ha <sup>-1</sup> )
REPETICIONES	2	39.316 ns	546.650 **	21.504 ns	537761.76 ns	22.418 ns	20.982 ns	13.914 ns	108.126 ns	5.887 ns
TRIEGO	1	70.416 ns	784.81 ns	357.7 ns	45017340.8 *	644.52 ns	1196.17 **	1.386 ns	3526.66 ns	191.99 ns
ERROR A	2	13.616 ns	87.316 ns	65.154 ns	2377371.16 *	271.128 ns	0.091 ns	41.59 ns	469.88 ns	25.58 ns
GENOTIPOS	9	544.23 **	949.02 **	147.54 **	5677232.5 **	334.85 *	232.59 **	292.01 **	751.35 ns	40.904 ns
TRIEGO * GENOTIPOS	9	12.527 ns	28.70 ns	12.194 ns	813248.0 ns	105.28 ns	47.70 ns	8.191 ns	158.54 ns	8.632 ns
ERROR	36	30.874	92.77	49.89	645140.6	128.63	73.23	24.893	478.05	26.027
TOTAL	59									
CV (%)		9.17	10.78	29.50	29.32	28.75	37.45	43.48	29.77	29.77

VARIABLES FISIOLÓGICAS											
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	RPF (g g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	FOTO (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	CS (cm s <sup>-1</sup> )	TRANSP (μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	UEA Kgms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
REPETICIONES	2	3.594 ns	3.824 ns	3.824 ns	0.0006 ns	974.53 ns	666.02 ns	57.395 **	1.217 **	4.851 ns	0.111 **
TRIEGO	1	305.67 ns	320.12 *	320.12 *	0.039 ns	16119.63 ns	3701.7 ns	133.69 *	5.491 ns	7.859 ns	0.497 ns
ERROR A	2	85.08 ns	16.905 *	16.905 *	0.005 ns	3006.66 **	259.24 ns	5.124 ns	0.687 *	41.255 ns	0.032 *
GENOTIPOS	9	126.23 ns	40.372 **	40.37 **	0.063 **	1531.83 **	703.34 ns	9.407 ns	0.116 ns	17.077 ns	0.007 ns
TRIEGO * GENOTIPOS	9	11.52 ns	5.783 ns	5.783 ns	0.006 ns	536.66 ns	769.85 ns	3.030 ns	0.080 ns	14.609 ns	0.010 ns
ERROR	36	59.586	4.587	4.587	0.0041	361.04	979.69	6.541	0.147	14.329	0.0079
TOTAL	59										
CV (%)		62.13	29.32	29.32	20.11	16.26	43.60	17.50	27.65	18.72	12.18

ns, \*, \*\*: No significativo y significativo al 0.055 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido. HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea, TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.

Cuadro A24. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el tercer muestreo. CIQA 2008.

NIVELES		ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUELOS (número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PSESP (g)	PSTOT (g)	FSTH (t ha <sup>-1</sup> )
TRIEGO	TRATAMIENTOS									
1	1: AN38 x AN31	61.66 a	104.16 ab	31.83 ns	4568.73 abc	56.08 ns	31.75 ns	12.51 ab	100.40 ns	23.42 ns
1	2: AN105 x AN31	65.33 a	102.50 ab	24.16 ns	3203.06 abcd	53.53 ns	25.95 ns	16.20 a	95.68 ns	22.32 ns
1	3: AN125 x AN31	63.00 a	112.50 a	26.16 ns	2959.36 bcd	54.70 ns	23.20 ns	16.75 a	94.65 ns	22.08 ns
1	4: AN38 x ABT	62.33 a	90.83 abc	24.50 ns	3297.34 abcd	33.86 ns	39.93 ns	8.20 ab	82.00 ns	19.13 ns
1	5: AN105 x ABT	63.66 a	99.16 abc	21.33 ns	2965.93 bcd	45.43 ns	21.50 ns	14.93 ab	81.86 ns	19.10 ns
1	6: AN-31	40.33 b	72.50 c	35.33 ns	5258.30 ab	29.80 ns	35.91 ns	0.00 b	65.71 ns	15.33 ns
1	7: AN-38	62.33 a	79.16 bc	29.66 ns	3908.09 abcd	39.05 ns	27.51 ns	8.76 ab	75.36 ns	17.58 ns
1	8: AN-105	62.00 a	89.16 abc	20.16 ns	2302.25 cd	34.36 ns	18.53 ns	12.08 ab	64.98 ns	15.16 ns
1	9: AN-125	71.33 a	100.83 abc	17.83 ns	1694.93 d	43.73 ns	15.11 ns	23.76 a	79.96 ns	18.65 ns
1	10: ABT	43.00 b	78.33bc	32.83 ns	5894.72 a	36.61 ns	33.70 ns	0.00 b	70.31 ns	16.40 ns
	dms	14.63	29.43	21.26	2762.6	32.40	31.02	15.71	71.10	16.59
2	1: AN38 x AN31	62.33 ab	100.83 a	23.83 ns	2470.15 ab	43.60 ns	22.35 ab	12.85 abc	78.80 ns	18.38 ns
2	2: AN105 x AN31	66.00 ab	100.00 a	22.16 ns	1705.01 ab	44.80 ns	18.31 ab	16.75 a	79.86 ns	18.63 ns
2	3: AN125 x AN31	70.33 a	100.00 a	18.33 ns	1733.64 ab	40.76 ns	17.08 ab	14.83 ab	72.68 ns	16.95 ns
2	4: AN38 x ABT	66.00 ab	86.66 ab	20.00 ns	1713.55 ab	29.50 ns	16.26 ab	12.13 abc	57.90 ns	13.51 ns
2	5: AN105 x ABT	65.33 ab	86.66 ab	19.83 ns	1717.23 ab	40.10 ns	18.65 ab	18.46 a	77.21 ns	18.01 ns
2	6: AN-31	41.66 c	70.00 b	26.33 ns	2955.45 a	45.26 ns	28.48 a	0.00 c	73.75 ns	17.20 ns
2	7: AN-38	60.33 ab	75.00 ab	27.50 ns	2190.57 ab	28.56 ns	17.56 ab	7.55 abc	49.60 ns	11.57 ns
2	8: AN-105	66.00 ab	81.66 ab	17.33 ns	1194.75 ab	29.31 ns	12.08 ab	11.26 abc	52.66 ns	12.28 ns
2	9: AN-125	70.33 a	89.33 ab	14.00 ns	624.86 b	33.68 ns	9.53 b	20.35 a	63.56 ns	14.83 ns
2	10: ABT	48.33 bc	66.66 b	25.66 ns	2423.67 ab	26.03 ns	23.48 ab	2.05 bc	51.56 ns	12.03 ns
	dms	17.74	26.89	20.075	1850.8	33.98	17.11	13.40	56.013	13.07

a, b, c, d: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido; AFOLIAR = Área foliar; PSTALL = Peso seco de tallo; PSHOJA = Peso seco de hoja; PSESP= Peso seco de espigas; PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.

Cuadro A25. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el tercer muestreo. CIQA 2008.

NIVELES		TAN	IAF	RPF	AFE	RAF	TCC	FOTO	CS	TRANSP	UEA
		( $\text{g ms m}^{-2}$ $\text{día}^{-1}$ )	( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )	( $\text{g g}^{-1}$ )	( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ )	( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ )	( $\text{g m}^{-2}$ $\text{día}^{-1}$ )	( $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	( $\text{cm s}^{-1}$ )	( $\mu\text{mol H}_2\text{O}$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	( $\text{kg ms}$ $\text{ha}^{-1}/\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )
TRIEGO	TRATAMIENTOS										
1	1: AN38 x AN31	7.37 ns	12.18 abc	0.32 cde	143.80 ab	46.44 c	80.92 ns	16.38 ns	1.93 ns	21.08 ns	2.843 ns
1	2: AN105 x AN31	10.90 ns	8.54 abcd	0.26 de	117.20 ab	31.31 c	74.00 ns	15.72 ns	1.73 ns	19.88 ns	2.786 ns
1	3: AN125 x AN31	12.43 ns	7.89 bcd	0.24 de	126.76 ab	31.08 c	92.53 ns	15.68 ns	1.68 ns	20.24 ns	3.220 ns
1	4: AN38 x ABT	13.99 ns	8.79 abcd	0.46 abc	107.27 b	46.67 c	116.73 ns	18.71 ns	1.90 ns	22.26 ns	2.411 ns
1	5: AN105 x ABT	10.70 ns	7.91 bcd	0.28 de	135.84 ab	38.16 c	81.73 ns	15.94 ns	1.62 ns	20.20 ns	3.276 ns
1	6: AN-31	4.06 ns	14.02 ab	0.55 a	146.28 ab	80.10 ab	54.99 ns	13.92 ns	1.31 ns	15.65 ns	2.321 ns
1	7: AN-38	6.75 ns	10.42 abcd	0.37 bcd	144.03 ab	52.79 bc	72.58 ns	16.10 ns	1.71 ns	20.04 ns	3.346 ns
1	8: AN-105	13.75 ns	6.14 cd	0.28 de	122.80 ab	34.63 c	78.57 ns	18.62 ns	2.05 ns	20.85 ns	2.254 ns
1	9: AN-125	17.73 ns	4.52 d	0.20 e	114.11 ab	22.82 c	83.60 ns	14.72 ns	1.47 ns	22.85 ns	3.995 ns
1	10: ABT	3.97 ns	15.72 a	0.48 ab	174.40 a	85.18 a	60.62 ns	15.26 ns	1.51 ns	18.34 ns	3.630 ns
	dms	15.44	7.36	0.148	60.95	32.19	91.89	7.78	1.44	12.81	2.227
2	1: AN38 x AN31	12.24 ns	6.59 ab	0.28 abc	112.80 ab	31.49 ab	79.88 ns	14.50 ns	1.09 ns	18.40 ns	4.931 ns
2	2: AN105 x AN31	19.63 ns	4.55 ab	0.23 bc	91.26 ab	21.12 ab	81.42 ns	13.73 ns	1.16 ns	20.89 ns	4.961 ns
2	3: AN125 x AN31	17.21 ns	4.62 ab	0.24 bc	95.98 ab	23.80 ab	66.89 ns	11.86 ns	0.95 ns	18.26 ns	5.643 ns
2	4: AN38 x ABT	15.42 ns	4.57 ab	0.28 abc	106.81 ab	30.08 ab	68.62 ns	15.13 ns	1.11 ns	20.66 ns	5.992 ns
2	5: AN105 x ABT	11.45 ns	4.58 ab	0.25 abc	89.61 ab	22.45 ab	62.81 ns	10.73 ns	0.88 ns	16.85 ns	6.099 ns
2	6: AN-31	11.11 ns	7.88 a	0.41 ab	103.27 ab	42.20 ab	77.04 ns	11.74 ns	1.02 ns	19.46 ns	4.429 ns
2	7: AN-38	10.59 ns	5.84 ab	0.40 ab	130.50 a	54.73 a	62.71 ns	13.39 ns	1.19 ns	22.76 ns	3.970 ns
2	8: AN-105	15.02 ns	3.19 ab	0.23 bc	100.77 ab	23.00 ab	46.40 ns	13.51 ns	1.17 ns	23.51 ns	5.026 ns
2	9: AN-125	25.40 ns	1.67 b	0.15 c	64.91 b	9.79 b	38.31 ns	13.86 ns	1.27 ns	24.61 ns	6.118 ns
2	10: ABT	8.75 ns	6.46 ab	0.46 a	108.75 ab	50.46 a	55.20 ns	12.76 ns	1.01 ns	20.30 ns	5.043 ns
	dms	27.98	4.935	0.220	49.729	37.345	91.36	7.177	0.650	9.016	5.951

a, b: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) =Riego normal, (2) =Riego restringido; TAN= Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF =Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.

Cuadro A26. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza individual para las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en el cuarto muestreo. CIQA 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS										
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUEL (Número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PESP (g)	PSTOT (g)	FSTH (t ha <sup>-1</sup> )
REPETICIONES	2	10.216 ns	818.85 **	1.254 ns	214662.44 ns	227.99 ns	85.243 ns	122.202 ns	738.72 ns	42.677 ns
TRIEGO	1	15.00 ns	2250.93 **	683.43 ns	33985150.68 *	6914.41 ns	1300.14 ns	1367.56 ns	22723.44 *	714.33 ns
ERROR A	2	4.55 ns	17.812 ns	79.237 ns	1093338.23 *	455.62 *	143.487 ns	78.320 ns	1094.82 ns	74.24 *
GENOTIPOS	9	667.37 **	432.28 **	69.71 *	3868492.4 **	1229.65 **	294.18 **	1039.25 **	3434.76 **	102.69 **
TRIEGO * GENOTIPOS	9	69.11 ns	66.44 ns	9.483 ns	627771.4 ns	181.77 ns	37.21 ns	76.06 ns	390.54 ns	18.77 ns
ERROR	36	36.06	78.63	29.292	293100.1	131.66	51.10	136.43	835.90	21.40
TOTAL	59									
CV (%)		7.17	8.97	25.18	25.20	20.93	35.02	40.75	28.58	20.55

VARIABLES FISIOLÓGICAS											
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	TAN (g ms m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	RPF (g g <sup>-1</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	FOTO (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	CS (cm s <sup>-1</sup> )	TRANSP (μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	UEA Kgms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
REPETICIONES	2	20.634 ns	1.525 ns	1.525 ns	0.015 *	2321.09 *	1568.40 ns	10.810 ns	0.150 ns	7.523 ns	0.016 ns
TRIEGO	1	431.99 ns	241.66 *	242.66 *	0.0082 ns	4670.17 ns	20766.1 ns	304.18 *	6.228 *	861.02 **	0.0006 ns
ERROR A	2	117.85 ns	7.773 *	7.773 *	0.024 **	2150.50 *	1287.34 ns	5.905 ns	0.135 ns	4.664 ns	0.0035 ns
GENOTIPOS	9	326.43 **	27.509 **	27.509 **	0.029 **	1425.24 *	4866.97 ns	6.55 ns	0.083 ns	14.322 ns	0.020 *
TRIEGO * GENOTIPOS	9	135.93 ns	4.464 ns	4.464 ns	0.004 ns	979.97 ns	1768.82 ns	14.867 *	0.169 ns	21.38 ns	0.0065 ns
ERROR	36	103.14	2.084	2.084	0.0044	573.36	2355.2	5.388	0.0879	13.271	0.0073
TOTAL	59										
CV (%)		58.42	25.20	25.20	31.87	22.61	58.69	18.22	24.13	17.97	13.53

ns, \*, \*\*: No significativo y significativo al 0.055 y 0.01% de probabilidad, respectivamente. TRIEGO: (1) =Riego normal, (2) =Riego restringido. HIJUEL = Número de hijuelos, AFOLIAR = Área foliar, PSTALL = Peso seco de tallo, PSHOJA = Peso seco de hoja, PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea. TAN = Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF = Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.

Cuadro A27. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables agronómicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el cuarto muestreo. CIQA 2008.

NIVELES		ETAPA (Zadoks)	ALTURA (cm)	HIJUELOS (número)	AFOLIAR (cm <sup>2</sup> )	PSTALL (g)	PSHOJA (g)	PSESP (g)	PSTOT (g)	FSTH (t ha <sup>-1</sup> )
TRIEGO	TRATAMIENTOS									
1	1: AN38 x AN31	92.00 a	112.50 ns	24.50 ns	3356.82 abc	88.65 ab	31.43 ab	39.83 ab	136.86 ns	23.747 b
1	2: AN105 x AN31	75.66 ab	110.83 ns	32.66 ns	3370.51 abc	103.70 a	31.85 ab	49.21 ab	184.76 ns	36.409 a
1	3: AN125 x AN31	90.33 a	112.50 ns	25.66 ns	2115.11 cd	77.65 abc	21.28 b	55.66 a	154.60 ns	29.158 ab
1	4: AN38 x ABT	87.00 ab	105.83 ns	24.16 ns	2848.07 bcd	57.10 bc	22.25 ab	27.91 ab	107.26 ns	25.029 b
1	5: AN105 x ABT	92.00 a	100.83 ns	21.66 ns	2217.23 cd	59.50 bc	20.40 b	44.86 ab	124.76 ns	29.112 ab
1	6: AN-31	65.33 b	112.50 ns	30.83 ns	4766.76 a	63.36 bc	35.45 a	7.91 b	106.73 ns	24.905 b
1	7: AN-38	78.66 ab	93.33 ns	23.66 ns	2511.25 cd	47.45 c	20.01 b	18.91 ab	86.38 ns	20.156 b
1	8: AN-105	88.66 ab	91.66 ns	18.66 ns	2065.50 cd	48.30 c	19.16 b	26.05 ab	93.51 ns	21.820 b
1	9: AN-125	92.00 a	100.00 ns	20.33 ns	1326.30 d	51.93 bc	18.83 b	44.58 ab	103.90 ns	24.243 b
1	10: ABT	70.00 ab	109.16 ns	26.50 ns	4431.16 ab	57.78 bc	30.00 ab	19.36 ab	107.15 ns	25.002 b
	dms	24.59	29.35	17.96	1714.3	39.28	13.95	41.52	98.88	10.91
2	1: AN38 x AN31	91.66 a	106.66 ab	19.33 ns	2061.77 ab	53.90 abc	17.33 ab	25.46 abc	96.70 ns	22.56 ns
2	2: AN105 x AN31	92.00 a	108.33 a	21.66 ns	1432.71 abc	60.61 a	16.71 ab	32.10 ab	109.43 ns	25.53 ns
2	3: AN125 x AN31	92.00 a	104.16 abc	20.00 ns	1048.84 abc	56.73 ab	14.13 ab	44.78 a	113.03 ns	26.37 ns
2	4: AN38 x ABT	91.33 a	90.00 abc	15.83 ns	1378.44 abc	48.33 abc	13.58 ab	27.91 abc	76.85 ns	17.93 ns
2	5: AN105 x ABT	92.00 a	82.50 c	14.16 ns	1070.11 abc	36.08 abc	11.93 ab	22.46 abc	67.48 ns	15.74 ns
2	6: AN-31	67.33 bc	93.33 abc	21.00 ns	2232.33 a	39.80 abc	37.76 a	5.91 c	83.48 ns	19.47 ns
2	7: AN-38	69.00 b	82.50 c	18.83 ns	1541.75 abc	33.33 bc	12.41 ab	16.08 bc	60.83 ns	14.19 ns
2	8: AN-105	90.33 a	84.16 c	16.16 ns	543.33 c	33.85 bc	10.05 b	19.38 bc	63.28 ns	14.76 ns
2	9: AN-125	92.00 a	89.16 abc	14.50 ns	735.97 bc	28.70 c	6.93 b	33.05 ab	67.85 ns	15.83 ns
2	10: ABT	64.00 c	85.83 bc	19.66 ns	1911.27 abc	49.38 abc	16.71 ab	11.68 bc	77.78 ns	18.14 ns
	dms	3.651	22.051	13.387	1444.0	26.71	26.099	24.78	67.44	15.73

a, b, c, d: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) = Riego normal, (2) = Riego restringido; AFOLIAR = Área foliar; PSTALL = Peso seco de tallo; PSHOJA = Peso seco de hoja; PSESP = Peso seco de espigas; PSTOT = Peso seco total, FSTH = Forraje seco toneladas por hectárea.



Cuadro A28. Comparación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ) de las variables fisiológicas en los genotipos (híbridos y progenitores) en cada tratamiento de riego en el cuarto muestreo. CIQA 2008.

NIVELES		TAN	IAF	RPF	AFE	RAF	TCC	FOTO	CS	TRANSP	UEA
TRIEGO	TRATAMIENTOS	(g ms <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	(m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	(g g <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	(g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	(μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(cm s <sup>-1</sup> )	(μmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(kg ms ha <sup>-1</sup> /m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
1	1: AN38 x AN31	14.41 ns	8.95 abc	0.28 ab	106.41 abc	29.09 ab	134.40 ns	13.78 ns	1.37 ns	20.90 ns	10.544 ns
1	2: AN105 x AN31	21.47 ns	8.98 abc	0.17 ab	105.40 abc	18.17 b	182.73 ns	13.43 ns	1.32 ns	21.54 ns	10.687 ns
1	3: AN125 x AN31	22.01 ns	5.64 cd	0.14 b	101.29 bc	14.51 b	122.97 ns	16.63 ns	1.55 ns	24.52 ns	9.726 ns
1	4: AN38 x ABT	16.01 ns	7.59 bcd	0.21 ab	129.37 ab	26.89 ab	121.30 ns	17.85 ns	1.85 ns	27.06 ns	7.747 ns
1	5: AN105 x ABT	15.39 ns	5.91 cd	0.17 ab	106.74 abc	11.95 b	88.00 ns	13.63 ns	1.39 ns	22.53 ns	10.332 ns
1	6: AN-31	6.67 ns	12.71 a	0.33 a	134.99 ab	44.60 a	84.13 ns	11.32 ns	1.03 ns	17.99 ns	9.868 ns
1	7: AN-38	11.05 ns	6.69 cd	0.23 ab	125.70 abc	29.39 ab	70.25 ns	15.00 ns	1.65 ns	26.17 ns	6.637 ns
1	8: AN-105	12.09 ns	5.50 cd	0.21 ab	107.16 abc	22.23 b	58.53 ns	15.78 ns	1.66 ns	25.93 ns	7.047 ns
1	9: AN-125	21.35 ns	3.53 d	0.19 ab	82.96 c	12.76 b	75.02 ns	15.49 ns	1.77 ns	27.00 ns	8.506 ns
1	10: ABT	6.52 ns	11.81 ab	0.28 ab	147.11 a	41.75 a	75.55 ns	16.94 ns	1.88 ns	26.84 ns	6.900 ns
	dms	24.93	4.572	0.1872	43.98	19.24	176.05	7.123	1.097	12.71	7.495
2	1: AN38 x AN31	16.25 ab	5.49 ab	0.18 b	112.74 ns	20.11 ns	81.68 ab	10.85 ns	0.87 ns	15.06 ns	11.96 ns
2	2: AN105 x AN31	16.86 ab	3.82 abc	0.15 b	84.92 ns	12.90 ns	60.64 ab	13.01 ns	1.08 ns	18.12 ns	13.54 ns
2	3: AN125 x AN31	46.93 a	2.79 abc	0.13 b	73.71 ns	9.71 ns	127.07 a	9.59 ns	0.82 ns	14.76 ns	13.99 ns
2	4: AN38 x ABT	21.24 ab	3.67 abc	0.23 ab	100.33 ns	22.38 ns	75.58 ab	11.43 ns	0.92 ns	16.77 ns	9.51 ns
2	5: AN105 x ABT	21.01 ab	2.85 abc	0.18 b	102.60 ns	18.29 ns	62.81 ab	9.69 ns	0.87 ns	16.15 ns	8.35 ns
2	6: AN-31	12.46 b	5.95 a	0.42 a	85.33 ns	28.81 ns	61.89 ab	12.22 ns	0.99 ns	18.08 ns	10.33 ns
2	7: AN-38	12.60 b	4.11 abc	0.20 b	124.33 ns	25.36 ns	50.61 ab	12.07 ns	1.05 ns	18.77 ns	7.52 ns
2	8: AN-105	29.38 ab	1.44 c	0.16 b	58.28 ns	9.21 ns	40.04 ab	9.31 ns	0.86 ns	16.20 ns	7.83 ns
2	9: AN-125	14.05 ab	1.96 bc	0.10 b	114.19 ns	10.84 ns	26.69 b	6.85 ns	0.77 ns	15.37 ns	8.39 ns
2	10: ABT	9.84 b	5.09 abc	0.23 ab	114.26 ns	25.27 ns	53.77 ab	9.79 ns	0.79 ns	15.45 ns	9.62 ns
	dms	33.85	3.85	0.203	88.84	24.54	96.81	6.451	0.550	8.111	8.348

a, b, c, d: medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí, (Tukey (0.05%). TRIEGO: (1) =Riego normal, (2) =Riego restringido; TAN= Tasa de asimilación neta, IAF = Índice de área foliar, RPF = Relación de peso foliar, AFE = Área foliar específica, RAF =Relación de área foliar, TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, FOTO = Fotosíntesis, CS = Conductancia estomatal, TRANSP = Transpiración, UEA = Uso eficiente del agua.

Cuadro A29.- Resultados de los contrastes realizados entre híbridos y progenitores de las variables estudiadas por muestreo y promedio en el experimento bajo riego normal. CIQA 2008.

RIEGO NORMAL										
	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4		Promedio	
Variable	Híbrido	Prog	Híbrido	Prog	Híbrido	Prog	Híbrido	Prog	Híbrido	Prog
Etapa	38.2 **	34.2	47.4 ns	43.1	63.2 **	55.8	87.4 *	78.9	59.0 **	53.0
Altura	51.6 **	46.4	71.1 **	57.2	101.8 **	84.0	108.5 ns	101.3	83.2 **	72.2
Hijuelos	25.6	29.0 ns	30.5 ns	30.3	25.6	27.1 ns	25.7 ns	24.0	26.8	27.6 ns
Afoliar	2075.1 *	1704.0	3765.0 **	2682.5	3398.8	3811.6 ns	2781.5	3020.1 ns	3105.2 ns	2804.6
PS tallo	9.7 **	6.6	28.6 **	16.1	48.7 **	36.7	77.3 **	53.7	41.0 **	28.3
PS hoja	14.1 *	11.4	26.6 **	20.2	28.4 ns	26.1	25.4 ns	24.6	23.6 *	20.6
PS esp.	-	-	1.29	1.59 ns	13.7 *	8.9	43.5 **	23.6	14.6 **	8.4
PS total	23.8 **	18.0	56.5 **	37.9	90.9 *	71.2	141.6 **	99.5	78.2 **	56.6
FS t ha	5.570 **	4.214	13.195 **	8.848	21.214 *	16.629	28.690 **	23.225	17.167 **	13.229
Fotosín.	21.1 ns	21.1	17.5 ns	15.9	16.4 ns	15.7	15.0 ns	14.9	17.5 ns	16.9
Cond. Est	1.65	1.68 ns	2.01 ns	1.88	1.77 ns	1.60	1.49	1.60 ns	1.73 ns	1.69
Transp.	22.0	24.4 ns	28.1 ns	27.7	20.7 ns	18.9	23.3	24.7 ns	23.5	24.0 ns
UEA	3.808 **	3.080	9.578 *	7.506	2.907	3.109 ns	9.807 *	7.791	6.525 **	5.371
TCC	9.5 **	7.1	72.6 **	44.1	89.1 ns	70.0	129.8 *	72.6	75.2 **	48.5
TAN	1.76 ns	1.60	7.25 ns	6.70	11.08 ns	9.25	17.8 ns	11.5	9.49 *	7.27
IAF	5.53 *	4.54	10.04 **	7.15	9.06	10.16 ns	7.41	8.05 ns	8.01 ns	7.47
AFE	143.6 ns	139.0	140.8 *	131.4	126.1	140.3 ns	109.8	119.5 ns	130.1	132.6 ns
RAF	89.4	94.4 ns	66.4	74.1 *	38.7	55.1 **	21.3	30.1 **	53.9	63.4 **
RPF	0.595	0.647 *	0.468	0.551 **	0.313	0.374 **	0.194	0.248 *	0.393	0.455 **

Cuadro A30.- Resultados de los contrastes realizados entre híbridos y progenitores de las variables estudiadas por muestreo y promedio en el experimento bajo riego restringido. CIQA 2008.

RIEGO RESTRINGIDO										
	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4		Promedio	
Variable	Híbrido	Prog	Híbrido	Prog	Híbrido	Prog	Híbrido	Prog	Híbrido	Prog
Etapa	32.7	33.5 ns	48.8 ns	46.6	66.0 **	57.3	91.8 **	76.5	59.8 **	53.5
Altura	44.2 ns	42.1	63.5 ns	57.6	94.8 **	76.5	98.3 **	87.0	75.2 **	65.8
Hijuelos	20.3	27.2 *	22.5	26.3 ns	20.8	22.1 ns	18.2 ns	18.0	20.4	23.4 *
Afoliar	1787.1 ns	1573.7	2449.7 ns	2446.0	1867.9	1877.8 ns	1398.3 ns	1392.9	1875.7 ns	1822.6
PS tallo	8.16	8.29 ns	18.6 ns	16.4	39.7 ns	32.5	51.1 **	37.0	29.4 **	23.5
PS hoja	11.19	11.82 ns	17.5 ns	17.2	18.5 ns	18.2	14.7	16.7 ns	15.5	16.0 ns
PS esp.	-	-	1.66	2.08 ns	15.00 **	8.24	30.5 **	17.2	11.8 **	6.8
PS total	18.2	19.4 ns	37.9 ns	33.7	73.2 *	58.2	92.7 *	70.6	55.5 **	45.5
FS t ha	4.248	4.543 ns	8.853 ns	7.879	17.101 *	13.587	21.630 *	16.484	12.958 **	10.623
Fotosín.	12.9 *	10.3	16.2 ns	15.6	13.1 ns	13.0	10.9 ns	10.0	13.3 ns	12.2
Cond. Est	1.15 *	0.97	1.36 ns	1.35	1.03	1.13 ns	0.91 ns	0.89	1.11 ns	1.09
Transp.	23.2 ns	21.2	24.3	24.8 ns	19.0	22.1 *	16.1	16.7 ns	20.6	21.2 ns
UEA	7.180 **	4.815	12.759 **	8.965	5.525 ns	4.917	11.470 *	8.738	9.233 **	6.858
TCC	7.24	7.74 ns	43.8 ns	36.5	71.9 ns	55.9	81.5 **	46.6	51.1 **	36.7
TAN	1.61	1.89 ns	6.90 ns	5.68	15.18 ns	14.17	24.46 ns	15.67	12.04 ns	9.35
IAF	4.76 ns	4.19	6.53 ns	6.52	4.98	5.00 ns	3.72 ns	3.71	5.00 ns	4.86
AFE	151.5 ns	137.3	138.3	140.9 ns	99.2	101.6 ns	94.8	99.2 ns	121.0 ns	119.7
RAF	89.0 ns	87.2	66.3	71.7 ns	25.7	36.0 *	16.6	19.9 ns	49.4	53.7 ns
RPF	0.65 ns	0.63	0.47	0.57 ns	0.25	0.33 *	0.17	0.22 ns	0.38	0.44 *

Cuadro A31. Correlaciones fenotípicas entre las variables estudiadas bajo riego normal y restringido.  
CIQA 2008.

<i>Riego restringido</i>														
	Etapa	Altura	Afoliar	PSTOT	RFS	Foto	Transp	EUA	TCC	TAN	IAF	AFE	RAF	RPF
Etapa		<b>0.85 *</b>	<b>-0.37 *</b>	<b>0.77 *</b>	<b>0.77 *</b>	<b>-0.17</b>	<b>-0.39 *</b>	<b>0.21 *</b>	<b>0.57 *</b>	<b>0.69 *</b>	<b>-0.37 *</b>	<b>-0.53 *</b>	<b>-0.77 *</b>	<b>-0.79 *</b>
Altura	0.84 *		<b>-0.13</b>	<b>0.87 *</b>	<b>0.87 *</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.36 *</b>	<b>0.35 *</b>	<b>0.68 *</b>	<b>0.62 *</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.52 *</b>	<b>-0.77 *</b>	<b>-0.77 *</b>
Afoliar	-0.04	0.26 *		<b>-0.01</b>	<b>-0.01</b>	<b>0.28 *</b>	<b>0.10</b>	<b>0.25 *</b>	<b>0.17</b>	<b>-0.37 *</b>	<b>1.00 *</b>	<b>0.41 *</b>	<b>0.36 *</b>	<b>0.31 *</b>
PSTOT	0.78 *	0.85 *	0.32 *		<b>1.00 *</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.39 *</b>	<b>0.27 *</b>	<b>0.77 *</b>	<b>0.65 *</b>	<b>-0.01</b>	<b>-0.51 *</b>	<b>-0.73 *</b>	<b>-0.72 *</b>
RFS	0.78 *	0.85 *	0.32 *	1.00 *		<b>-0.13</b>	<b>-0.39 *</b>	<b>0.27 *</b>	<b>0.77 *</b>	<b>0.65 *</b>	<b>-0.01</b>	<b>-0.51 *</b>	<b>-0.73 *</b>	<b>-0.72</b>
Foto	-0.34 *	-0.36 *	-0.29 *	-0.40 *	-0.40 *		<b>0.71 *</b>	<b>0.60 *</b>	<b>0.08</b>	<b>-0.11</b>	<b>0.28 *</b>	<b>0.23 *</b>	<b>0.17</b>	<b>0.13</b>
Transp	-0.01	-0.10	-0.10	-0.09	-0.09	0.54 *		<b>-0.12</b>	<b>-0.20 *</b>	<b>-0.24 *</b>	<b>0.10</b>	<b>0.23 *</b>	<b>0.26 *</b>	<b>0.26 *</b>
EUA	-0.35 *	-0.28 *	-0.22 *	-0.35 *	-0.35 *	0.48 *	-0.46 *		<b>0.34 *</b>	<b>0.13</b>	<b>0.25 *</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.11</b>
TCC	0.67 *	0.70 *	0.33 *	0.82 *	0.82 *	-0.38 *	-0.05	-0.36 *		<b>0.74 *</b>	<b>0.17</b>	<b>-0.37 *</b>	<b>-0.50 *</b>	<b>-0.47 *</b>
TAN	0.71 *	0.63 *	-0.12	0.69 *	0.69 *	-0.34 *	-0.05	-0.30 *	0.84 *		<b>-0.37 *</b>	<b>-0.53 *</b>	<b>-0.58 *</b>	<b>-0.57 *</b>
IAF	-0.04	0.26 *	1.00 *	0.32 *	0.32 *	-0.29 *	-0.10	-0.22 *	0.33 *	-0.12		<b>0.41 *</b>	<b>0.36 *</b>	<b>0.31 *</b>
AFE	-0.50 *	-0.38 *	0.31 *	-0.42 *	-0.42 *	0.21 *	0.08	0.13	-0.39 *	-0.56 *	0.31 *		<b>0.76 *</b>	<b>0.42 *</b>
RAF	-0.86 *	-0.82 *	0.08	-0.76 *	-0.76 *	0.33 *	0.05	0.29 *	-0.62 *	-0.72 *	0.08	0.75 *		<b>0.88 *</b>
RPF	-0.90	-0.88 *	-0.03	-0.80 *	-0.80 *	0.34 *	0.02	0.33 *	-0.62 *	-0.70 *	-0.03	0.38 *	0.88 *	
<b>Riego normal</b>														

