

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Potencial de Rendimiento de Grano en Triticales de Diferente Hábito de
Crecimiento

Por:

DAYANE ALEJANDRA ORSUA BANDA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Potencial de Rendimiento de Grano en Triticales de Diferente Hábito de
Crecimiento

Por:

DAYANE ALEJANDRA ORSUA BANDA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Ing. Ricardo Deyta Monjarás
Asesor Principal

M.C. Pedro Carrillo López.
Coasesor

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río
Coasesor

Dr. Ricardo Vásquez Aldape
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2022

Hoja sellada

DEDICATORIA

A mi madre, Ma. Altagracia Banda Vázquez, por amarme tanto, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi padre, Javier Orsua de la Peña, por amarme tanto, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre y por el valor mostrado para salir adelante.

Agradezco infinitamente que estén presentes conmigo en cada etapa de mi vida, gracias por su amor incondicional y enseñarme cada día lo importante y bella que es la vida.

Gracias por confiar y creer en mí, por apoyarme en cada meta que he cumplido y hoy finalmente he terminado mi carrera profesional, gracias por formar parte de este trabajo, sin ustedes no estaría cumpliendo este sueño.

A mis hermanos Santiago, Javier, Cinthya y Carlos por ser y estar, los amo.

A mi pequeña gran familia, mi esposo y mi hijo por darme el último empujón, son mi pequeño gran Tesoro, los amo.

Con mucho cariño, respeto y admiración.

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Al Dr. Alejandro Javier Lozano del Río, por su buen desempeño en este proyecto, por su amistad, su gran apoyo y su disponibilidad para conmigo.

Al Ing. Ricardo Deyta Monjaras y al M.C Pedro Carrillo López por formar parte de esto.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi “Alma Mater” por haberme permitido realizar mis más grande sueños por haberme formado como una profesionalista.

A mi maestra Aleida Ramos por creer en mí y por todo el apoyo brindado desde el Bachillerato.

A todos mis amigos, que nos apoyamos mutuamente dentro y fuera de la Universidad en nuestra formación profesional.

INDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	3
1.	Objetivo General	3
2.	Objetivos Específicos	3
3.	HIPÓTESIS	3
4.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.	Aspectos generales del cultivo	4
2.	Origen.....	4
3.	Importancia	4
4.	Tipos de triticale	5
5.	Requerimientos edafoclimáticos	6
6.	Estructura del grano de triticale	7
7.	Llenado de grano en los cereales	8
8.	El tamaño del carpelo, el llenado del grano y la morfología determinan el peso individual del grano 9	9
9.	Cambio climático y su efecto sobre el rendimiento de los cereales	9
10.	Efecto de la alta temperatura en la formación del grano	10
11.	Estrés térmico	11
12.	Causas del estrés térmico.....	11
	Variación climática.....	11
13.	Respuesta de los cereales al estrés térmico	13
14.	Respuesta fisiológica	13
15.	Respuestas morfológicas.....	14
16.	Respuestas morfológicas y de crecimiento	15
17.	Crecimiento y desarrollo del grano	16
18.	Llenado de grano en triticale.....	18
19.	Mejoramiento para potencial de producción y adaptación al estrés en los cereales	19
5.	MATERIALES Y METODOS.....	20
1.	Localización del Sitio Experimental	20
2.	Desarrollo del Experimento.....	21
3.	Material genético utilizado.....	21
4.	Preparación del terreno.....	21
5.	Fecha de siembra	21
6.	Tamaño de parcela experimental	21
7.	Fertilización	22
8.	Riegos	22
9.	Cosecha	22
10.	Diseño experimental utilizado en campo	23
11.	Variables registradas	23
12.	Análisis estadísticos.....	24

13.	Modelo estadístico de los análisis de varianza entre variedades, por grupo, para las variables en estudio.	24
14.	Modelo estadístico de los análisis de varianza entre grupos para las variables en estudio.	25
15.	Correlación entre variables.	25
16.	Pruebas de comparación de medias	25
6.	RESULTADOS.....	27
1.	Datos meteorológicos registrados durante el ciclo de cultivo.....	27
2.	Resultados de las pruebas estadísticas aplicadas a los datos colectados.	28
3.	Análisis de varianza.	28
4.	Resultados de las pruebas de comparación de medias.	33
7.	DISCUSIÓN	38
8.	CONCLUSIONES	44
9.	LITERATURA CITADA.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

1. Resultados de los análisis de varianza entre variedades para las características en estudio del grupo 1 (hábito de crecimiento primaveral).....	28
2. Resultados de los análisis de varianza entre variedades para las características en estudio del grupo 2 (hábito de crecimiento facultativo).....	29
3. Resultados de los análisis de varianza entre variedades para las características en estudio del grupo 3.....	30
4. Resultados de los análisis de varianza entre variedades para las características en estudio del grupo 4 (hábito de crecimiento invernal)....	31
5. Resultados de los análisis de varianza combinados entre grupos para las características en estudio.....	32
6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica ESPM2.....	33
7. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica PESOESP.	34
8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica GRAESP.	35
9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica PGRA10.....	36
10. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica RDTOGTH.	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Rancho “El Centenario”, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.....	20
Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas y medias durante el ciclo del cultivo.....	27
Figura 3. Humedad relativa máxima, mínima y media durante el ciclo del cultivo.....	27
Figura 4. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica ESPM2.....	33
Figura 5. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica PESOESP.....	34
Figura 6. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica GRAESP.....	35
Figura 7. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica PGRA10.....	26
Figura 8. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica RDTOGTH.....	37
Figura 9. Representación gráfica de la asociación entre ESPM y RDTOGTH.....	40
Figura 10. Representación gráfica de la asociación entre ESPM y RDTOGTH.....	41
Figura 11. Representación gráfica de la asociación entre PGRA10 y RDTOGTH.....	43
Figura 12. Representación gráfica de la asociación entre PESOESP y RDTOGTH.....	43

RESUMEN

En el Norte de México, específicamente en la Región Lagunera y el sur de Chihuahua, durante la producción de semilla de tipos diferentes de triticales, el llenado de grano sufre varios tipos de estrés, principalmente impuestos por las altas temperaturas al final del ciclo del cultivo y el suministro limitado de agua. En consecuencia, a menudo se producen importantes pérdidas de rendimiento debido a limitaciones ambientales durante el llenado del grano. Los objetivos de esta investigación fueron determinar el efecto del hábito de crecimiento de diferentes variedades de triticales sobre el rendimiento de grano y algunos de sus componentes bajo condiciones de riego en la Región Lagunera y documentar e identificar los componentes del rendimiento asociados positivamente con el rendimiento de grano, por medio de correlaciones para utilizarlos en la selección indirecta de nuevos materiales de triticales. El presente estudio se realizó durante el ciclo otoño - invierno 2021-2022 en el Rancho "El Centenario", localizado en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. En esta investigación, se evaluaron 323 genotipos, de los cuales 159 fueron líneas experimentales de triticales con hábito de crecimiento primaveral, 42 del tipo facultativo, 81 del tipo intermedio- invernal y 41 de hábito invernal. Se evaluó el número de espigas por m², el peso seco de espigas, el peso seco del grano de 10 espigas, el número de granos por espiga y el rendimiento de grano. En el caso del rendimiento de grano (RDTOGTH), entre los hábitos de crecimiento estudiados, el Grupo 1 (primaverales), registró estadísticamente mayor rendimiento que los tipos más tardíos. (Grupos 2, 3 y 4). indican la posible conveniencia de utilizar principalmente el peso seco de espigas (PESPESP), como característica confiable para seleccionar indirectamente para alto rendimiento de grano genotipos de cualquier hábito de crecimiento. Los triticales de hábito primaveral y facultativo registraron la mayor acumulación de materia seca en el grano de triticales, lo que consecuentemente contribuyó directamente en un mayor rendimiento de grano, por lo que resultan los tipos más adecuados cuando el objetivo es la producción de semilla para uso forrajero. Se sugiere evaluar los genotipos de triticales de hábito de crecimiento tardío (grupos 3 y 4), en fechas de siembra más temprana, para evitar el efecto perjudicial de las altas temperaturas presentes en la localidad de estudio y otras regiones del norte de México con clima similar.

Palabras clave: triticales, hábitos de crecimiento, rendimiento, asociaciones.

1. INTRODUCCIÓN

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un cereal de invierno, proveniente de la cruce de trigo x centeno, que actualmente presenta rendimientos equivalentes o superiores a los del trigo, cebada, centeno y avena. Se siembra principalmente para consumo animal, ya sea como forraje en diferentes formas de explotación (henificado, ensilado, en pastoreo directo, etc), y como grano, principalmente como parte de la alimentación de cerdos y aves de corral (Rojas 2004).

Actualmente, el cultivo de triticale constituye una alternativa de producción por su tolerancia a factores abióticos y bióticos que le confiere el centeno y el potencial de rendimiento y las cualidades nutritivas que le confiere el trigo. El centeno ha aportado al triticale una mayor resistencia al frío y a las enfermedades. El triticale presenta rendimientos de grano similares al trigo en condiciones normales de producción, y en condiciones de estrés (temporal), presenta incluso un mejor comportamiento que el trigo, asimismo, gracias a su elevada capacidad de rebrote, compensa más fácilmente las pérdidas de brotes o hijuelos que un trigo o una cebada bajo el sistema de pastoreo (Mendoza *et al.* 2006).

Entre las características que resaltan en el triticale para la producción de forraje son la alta producción de materia seca y la menor pérdida de calidad que presenta con el avance de su fenología, en comparación con el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) y cebada (Romero *et al.* 1999). Con respecto a la producción de grano, su alto contenido de proteína (promedio 13%), y conforme se ha ido mejorando el llenado de grano, se ha incrementado el tamaño del endospermo,

determinando la proporción de varios aminoácidos esenciales presentes, lisina y triptófano en particular, lo que convierte al triticale en un producto de buen valor biológico para la alimentación animal (Varughese, 1994)

La mayor proporción de la producción del grano de triticale a nivel mundial es destinada a integrar raciones alimenticias de animales; sin embargo, en México, es muy importante también la producción de semilla de variedades diseñadas para uso forrajero. En muchas regiones productoras de semilla de cereales de invierno, y especialmente en regiones áridas y semiáridas como las presentes en el Norte de México, específicamente en la Región Lagunera y el sur de Chihuahua, así como en otras regiones del norte de México, el llenado de grano sufre varios tipos de estrés, principalmente impuestos por las altas temperaturas al final del ciclo del cultivo y el suministro limitado de agua. En consecuencia, a menudo se producen importantes pérdidas de rendimiento debido a limitaciones ambientales durante el llenado del grano. El peso seco de los granos a la madurez se determina por la tasa de acumulación de peso seco y la duración del período de acumulación de peso seco. En base al desarrollo que se ha tenido en el norte de México con respecto a la generación y registro de nuevas variedades forrajeras de triticale de diferentes hábitos de crecimiento, es muy importante identificar los factores que inciden en un mayor rendimiento de grano (semilla) de cada hábito de crecimiento, por lo que se planteó este estudio con los siguientes objetivos:

2. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Documentar el potencial de rendimiento de grano (semilla) en variedades de triticales de diferentes hábitos de crecimiento bajo condiciones de riego en una localidad de la Región Lagunera.

2. Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto del hábito de crecimiento de diferentes variedades de triticales sobre el rendimiento de grano y algunos de sus componentes bajo condiciones de riego en la Región Lagunera.

2. Documentar e identificar los componentes del rendimiento asociados positivamente con el rendimiento de grano, por medio de correlaciones para utilizarlos en la selección indirecta de nuevos materiales de triticales.

3. HIPÓTESIS

a) No existen diferencias en el potencial de rendimiento de grano entre los diferentes hábitos de crecimiento de los triticales evaluados.

b) No existe asociación positiva entre los componentes y el rendimiento de grano en ninguno de los diferentes hábitos de crecimiento evaluados.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Aspectos generales del cultivo

2. Origen

El Triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un cereal sintético producto de la cruce entre el trigo (*Triticum sp.*) y centeno (*Secale cereale* L.). Los primeros conocimientos sobre la existencia del triticale fueron reportados en 1875 por un investigador de apellido Wilson, quién reportó la primera cruce entre trigo y centeno, obteniendo como resultado la producción de una planta estéril. En 1888, otro investigador alemán, de apellido Rimpau, reportó el primer triticale proveniente de la cruce entre trigo hexaploide y centeno diploide (Lukaszewski y Gustafson, 1979) donde en una población de cruzamiento, encontró una espiga que tenía 15 granos, 12 de los cuales produjeron plantas fértiles y dichas semillas se multiplicaron de generación en generación, con perfecta fidelidad genética: estos fueron los primeros triticales verdaderos y se cultivó por primera vez en Escocia y en Suecia.

3. Importancia

El triticale es un cereal de invierno, que hoy presenta rendimientos de grano equivalentes o hasta superiores a los del trigo, centeno y avena. En países de Europa Oriental (Polonia, Rusia, Alemania, etc.), y actualmente, también en el centro de México, se produce principalmente para la alimentación de monogástricos (cerdos y aves de corral), animal, especialmente como grano para

concentrados, compitiendo exitosamente por calidad y precio con el maíz (*Zea mays* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.), (Rojas 2004).

Actualmente, el triticale constituye una alternativa de producción por la rusticidad y resistencia que le confiere el centeno y el potencial de rendimiento y las cualidades nutritivas del trigo. El centeno ha aportado al triticale una mayor tolerancia al frío y a las enfermedades. El triticale actualmente tiene el mismo potencial de producción que el trigo en condiciones normales de producción. En condiciones de estrés (temporal), presenta incluso un mejor comportamiento que el trigo: gracias a su fuerte capacidad para rebrotar, dependiendo de su hábito de crecimiento, compensa más fácilmente las pérdidas por mortalidad de brotes que un trigo o una cebada (Mendoza *et al.* 2006). También, otras de las características por las que resalta el cultivo son la alta producción de materia seca y la menor pérdida de calidad que presenta con el avance de su fenología, en comparación con el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) y cebada (Romero *et al.* 1999).

4. Tipos de triticale

Con base a su patrón productivo y hábito de crecimiento, en México se han desarrollado materiales de triticale para uso forrajero, principalmente para cortes múltiples o pastoreo (Lozano del Río, 2002). En este tipo de explotación es imprescindible una buena capacidad de rebrote de los genotipos, la cual depende principalmente del hábito de crecimiento y la etapa fenológica del corte, de las condiciones climáticas, las prácticas de manejo, la humedad y fertilidad del suelo y de la presión del corte o pastoreo, entre otras (Poysa, 1985).

Existen varios hábitos de crecimiento en este cultivo, generalmente agrupados en primaverales, invernales y facultativos (Lozano del Río, 2002), Anónimo, 1989). Los triticales de hábito primaveral se caracterizan por su rápido crecimiento y diferenciación, sin requerimientos de vernalización, con crecimiento inicial erecto que favorece la cosecha mecánica, con amacollamiento reducido y baja capacidad de recuperación después del corte siendo adecuados para un solo corte. Los tipos invernales son convenientes para cortes o pastoreos múltiples. Los tipos facultativos son de rápido crecimiento y diferenciación, presentan crecimiento inicial semipostrado, amacollamiento intermedio y buena capacidad de recuperación después del corte o pastoreo, por lo que son adecuados para dos cortes o pastoreos. Un cuarto tipo, intermedios-invernales, mencionado por Ye *et al.*, (2001), presentan crecimiento y diferenciación medio, hábito semipostrado, con buen ahijamiento y alta capacidad de rebrote que permite dar cortes múltiples, sin ser tan tardíos como los tipos invernales (Royo *et al.*, 1995; Ye *et al.*, 2001; Lozano *et al.*, 2009). Estos últimos son excelentes en la producción de forraje de alta calidad para cortes o pastoreos múltiples debido a su capacidad de rebrote, alta calidad nutritiva, adecuado rendimiento de forraje seco y una mayor relación hoja-tallo, en comparación con los triticales facultativos, avena y trigo.

5. Requerimientos edafoclimáticos

Es un cultivo que se caracteriza por poseer la rusticidad del centeno por lo que no resulta muy exigente en cuanto a requisitos edafoclimáticos se refiere.

- Temperatura: El cultivo puede llevarse a cabo tanto en climas subtropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos. Los óptimos de temperatura son:

. Temperatura óptima de germinación es de 20 °C

. Temperatura óptima de crecimiento es de 10-24 °C

. Temperatura mínima de supervivencia es de -10 °C

. Temperatura máxima de supervivencia es de 38 °C

- Suelos: El triticale ha demostrado que se adapta bien a suelos ácidos, aunque es cierto que no es un cultivo exigente en cuanto a condiciones edáficas. Prefiere suelos relativamente compactos, es decir, con estructura poco porosa sobre todo a la hora de germinar.

- Riegos: Los momentos más importantes en los que no debe faltar el agua son después de la siembra y durante el amacollamiento, encañe, espigamiento, floración y llenado del grano. Por lo general, las necesidades hídricas del triticale oscilan en torno a los 400-900mm/año.

6. Estructura del grano de triticale

La estructura externa del grano de triticale se parece mucho a las especies progenitoras (trigo y centeno). El grano de triticale se desarrolla dentro de la flor. El número promedio de espigas es de 30 a 40 por planta, potencialmente alrededor de 100 granos se pueden desarrollar en una planta. Al madurar el grano éste se seca hasta alcanzar 10-12% de humedad. Los granos son más grandes que los trigos hexaploides en un rango de 10-12mm en longitud y de 3mm de amplitud. El corte longitudinal se extiende por todo lo largo del grano a través de

la superficie abdominal y varía en profundidad entre los cultivos. El grano de triticale es usualmente de color amarillento-café. (Pomeranz, 1980).

7. Llenado de grano en los cereales

El llenado del grano es la etapa final del crecimiento de cereales donde los ovarios fecundados se desarrollan en cariopsis ó grano. Su duración y velocidad determinan el peso final del grano, un componente clave de la producción total (Venkateswarlu y Visperas, 1987; Saini y Westgate, 2000; Zahedi y Jenner, 2003).

Las plantas monocárpicas como el triticale, requieren el inicio de la senescencia para removilizar y transferir asimilados previamente almacenados en los tejidos vegetativos a los granos. Por lo general, el estrés hídrico durante el período de llenado de granos induce senescencia precoz, reduce la fotosíntesis, acorta el período de llenado del grano y reduce el potencial del llenado de grano mediante la reducción del número de células de endospermo y amiloplastos formados (Nicolas *et al.*, 1985)

Generalmente se asume que el proceso de llenado del grano es regulado genéticamente además del medio ambiente (Yoshida, 1972). Las perturbaciones ambientales también tienen una gran influencia en el llenado de grano; la naturaleza sedentaria de las plantas las expone constantemente en campo a las variaciones en las condiciones ambientales (Saini y Westgate, 2000). Recientemente se ha propuesto que el llenado del grano está estrechamente ligado al proceso de senescencia de la planta (Zhang *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2000b; Mi *et al.*, 2002).

8. El tamaño del carpelo, el llenado del grano y la morfología determinan el peso individual del grano

El peso individual del grano es un componente importante del rendimiento, por ello es importante la determinación del peso del grano, el tamaño del carpelo en la antesis, la acumulación de materia seca del grano, la absorción y pérdida de agua de grano, la expansión morfológica del grano y el peso final del grano en diferentes posiciones dentro de espiguillas. El peso del grano se determina principalmente a través del llenado de grano entre la antesis y la madurez, durante el cual se producen simultáneamente tres procesos fisiológicos: acumulación de materia seca de grano, acumulación de agua de grano y posterior desecación, y expansión morfológica del grano. La acumulación de materia seca de grano es un proceso de deposición de almidón (60-70% del peso del grano maduro), proteínas (8-15%) y otros nutrientes (por ejemplo, minerales, vitaminas y fibras) (Shewry, 2009).

9. Cambio climático y su efecto sobre el rendimiento de los cereales

Se prevé que la temperatura ambiente media mundial aumente de 3,7 a 4,8 °C para finales de este siglo (Dubey *et al*, 2019; IPCC, 2014). El trigo (*Triticum aestivum* L.) es un cultivo sensible a las altas temperaturas. Esta tendencia se ha confirmado debido al aumento de las temperaturas estacionales de crecimiento en las principales zonas productoras de trigo (Alexander *et al*, 2006; Hennessy, 2008). El trigo experimenta estrés térmico en diferentes grados en diferentes etapas fenológicas, pero la fase reproductiva es la más perjudicial, ya que afecta

al número de granos y al peso de los mismos (Wollenweber *et al*, 2003). A nivel mundial, alrededor de 7 Mha de trigo se ven afectadas por el estrés térmico a lo largo de su ciclo de vida y 40% de los cultivos se enfrentan a un estrés térmico terminal que provoca una importante reducción del rendimiento (Nagarajan, 2005). Además, varios investigadores informan que el estrés térmico terminal es probable que aumente en el trigo en un futuro (Mitra, 2008; Semenov, 2009). Las altas temperaturas (> 30 °C) después de la antesis, afecta el llenado de los granos, la duración y la tasa de acumulación de fotosintatos, y en última instancia, al rendimiento de grano (Joshi *et al*, 2007).

10. Efecto de la alta temperatura en la formación del grano

En las plantas, las temperaturas elevadas provocan una disminución de peso en el grano, ya que la temperatura alta es un factor importante que limita el rendimiento de triticale y en general de los cereales en muchas áreas productoras (McDonald *et al*. 1983); el incremento por cada °C en la temperatura por encima de la óptima puede causar una reducción de 3 – 5% en el peso del grano, bajo ambientes controlados y condiciones de campo (Wardlaw *et al*. 1989)

La magnitud de los cambios en la velocidad de llenado del grano en este intervalo de temperaturas depende del genotipo y factores ambientales tales como la disponibilidad de nutrientes (Hunt *et al*. 1991). La tasa de crecimiento del grano disminuye a temperaturas superiores a 30 °C (Tashiro y Wardlaw 1989). La disminución en la tasa de crecimiento del grano se debe principalmente a una disminución en la tasa de acumulación de almidón.

11. Estrés térmico

El aumento de la temperatura por encima de un determinado nivel de umbral durante un período suficiente para inducir un daño irreversible en el crecimiento se denomina estrés térmico, mientras que la tolerancia al calor es la capacidad de las plantas de crecer y producir un rendimiento económico en condiciones de altas temperaturas (Najam, 2014). Diferentes investigaciones indican que la mayoría de las regiones productoras de trigo del mundo están experimentando episodios de temperaturas superiores a las óptimas, lo que conlleva una disminución significativa del rendimiento del grano. El trigo es más sensible a las altas temperaturas durante la etapa reproductiva en comparación con las etapas vegetativas (Gyawali *et al*, 2021)

12. Causas del estrés térmico

Variación climática

Se prevé que la temperatura media mundial aumente unos 2 °C en los próximos 50 años, haciendo que muchas regiones de cultivo de cereales sean aún menos adecuadas, según los rangos de temperatura previstos (Wringle, 2006). Se prevé que la temperatura media del ambiente aumente entre 1 y 5°C a finales del siglo XXI (De Costa, 2011). Este aumento de la temperatura global puede tener una influencia significativa en la productividad agrícola en función de la magnitud de las altas temperaturas, la sequía, la salinidad, anegamiento y toxicidad mineral. El estrés térmico inducido por las altas temperaturas se expresa como el aumento de la temperatura del aire por encima de un umbral

durante un período suficiente para causar lesiones o daños irremediables a las plantas cultivadas en general (Texeira, 2013). La situación de estrés térmico se agrava cuando la temperatura del suelo aumenta como consecuencia del aumento de la temperatura del aire asociado a la disminución de la humedad del suelo. Por lo tanto, el estrés térmico ha aparecido como una gran amenaza para el éxito de la producción de cultivos en el mundo (Kumar *et al.*, 2012; Lobell *et al.*, 2012).

El calentamiento global y otros fenómenos del cambio climático provocan un aumento constante de las temperaturas ambientales. La exposición a una mayor temperatura provoca cambios en la morfología, la fisiología y el metabolismo de las plantas, que afectan negativamente a las principales fases de crecimiento y desarrollo de las plantas, la juvenil, la adulta vegetativa y la fase reproductiva (Begcy y Dresselhaus 2018; Driedonks *et al.* 2018). La reproducción sexual es especialmente susceptible a las condiciones de alta temperatura, lo que resulta en una pérdida significativa de la productividad de los cultivos (Hatfield *et al.* 2018). La inseguridad alimentaria es una amenaza potencial a nivel global y en el clima previsto se verá precisamente agravada por el cambio climático, debido a la reducción del rendimiento de los cultivos. Se prevé que las consecuencias negativas sobre la seguridad alimentaria sean más graves en las regiones del sur de Asia y del África subsahariana y del sur de Asia (Hasegawa *et al.* 2018)

El estrés térmico interrumpe el desarrollo y las funciones tanto del polen como del saco embrionario. En general, el polen es más sensible al estrés térmico en todas las etapas de su desarrollo y rendimiento, mientras que se cree que el

saco embrionario es menos sensible a las altas temperaturas (Hedhly 2011). Sin embargo, la sensibilidad del polen al estrés térmico también varía con la especie y los regímenes de alta temperatura (Parrotta *et al.* 2016).

13. Respuesta de los cereales al estrés térmico

14. Respuesta fisiológica

El estrés térmico afecta a varios procesos de la planta que conducen a alteraciones morfofisiológicas en las plantas de trigo, dificultando los procesos de desarrollo y, finalmente, dando lugar a una gran pérdida de rendimiento (McClung *et al.*, 2010). Las respuestas de las plantas al estrés térmico difieren significativamente con el grado y la duración de la temperatura, y las etapas de crecimiento que encuentran el estrés. Los procesos fotosintéticos, dependiendo de la especie de cultivo, muestran más tolerancia al estrés térmico con un nivel considerable de estabilidad en el rango de temperatura de 30°C a 35°C, sin embargo, a medida que la temperatura alcanza a (>40°C), el proceso de fotosíntesis se ve afectado negativamente. La alta temperatura resulta en la disminución de la solubilidad de O₂ y CO₂, sin embargo el aumento de la fotorrespiración y la disminución de la fotosíntesis es el resultado de un mayor nivel de CO₂ que de O₂. (Sadras *et al.*, 2007). La actividad del RUBISCO bajo condiciones de estrés térmico. (Kumar *et al.*, 2016) bajo provoca la disminución de la capacidad fotosintética (Raines *et al.*, 2011). Entre los aparatos fotosintéticos, el fotosistema II, es más tolerante al estrés por sequía que al calor, y juega relativamente un papel clave en la fotosíntesis de la hoja (Crafts *et al.*, 2000). Además, la respiración mitocondrial también se considera importante para

determinar el crecimiento y la supervivencia de las plantas (Havaux, 1993). Las mitocondrias muestran una mayor estabilidad al estrés térmico y su actividad aumenta en la mayor parte del rango de temperaturas en las que se cultivan las plantas. Sin embargo, el estrés térmico es más perjudicial para la actividad de las mitocondrias que la de los cloroplastos en algunas especies de cultivos y las plantas son perjudicadas debido a la interrupción del crecimiento y el mantenimiento de la respiración (Gifford *et al.*, 2003). En condiciones de estrés térmico, las pérdidas respiratorias por parte de las semillas (granos o núcleos) compensan la mayor afluencia de asimilados que, en última instancia, suponen mayores pérdidas de rendimiento. (Byrle *et al.*, 2001). Con un aumento de la temperatura foliar, las plantas de trigo expuestas al estrés térmico disminuyen sustancialmente el potencial hídrico y el contenido de agua en las hojas, y finalmente reducen la productividad fotosintética (Farooq *et al.*, 2009). El estrés térmico durante el llenado del grano disminuye el transporte de la fuente al sumidero. (Lipiec *et al.*, 2013)

15. Respuestas morfológicas

El estrés térmico influye negativamente en la morfología del trigo y en la germinación de las semillas (Hussain *et al.*, 2013). La disminución del número de raíces, la longitud de la raíz y el diámetro de la raíz son las manifestaciones del estrés térmico. El estrés térmico durante el desarrollo reproductivo también retrasa el crecimiento de las raíces, principalmente debido a la disminución de la partición de carbono a las raíces (Porter *et al.*, 1999). En comparación con otros procesos de crecimiento, el crecimiento de las raíces tiene un rango de

temperatura óptima (Prasad *et al.*, 2006). La tasa de aparición de la hoja es la característica más afectada por la temperatura, lo que comúnmente implica al concepto de tiempo térmico. Por otra parte, las altas temperaturas suelen estar implicadas en la regulación de aparición de las hojas y las tasas de elongación de las hojas junto con la disminución de la duración de la elongación de las hojas. El estrés térmico también provocó un aumento significativo en el número de hojas, particularmente durante la etapa de desarrollo reproductivo de desarrollo reproductivo y sin ninguna disminución de la tasa de fotosíntesis de las hojas (Roberts *et al.*, 1987).

16. Respuestas morfológicas y de crecimiento

El principal efecto del estrés térmico es el impedimento de la germinación de las semillas y por consecuencia, el correcto establecimiento de la plantación en muchos cultivos, incluido el trigo (Jokhan *et al.*, 2011; Hussain *et al.*, 2013). Las temperaturas ambientales superiores a los 40 °C afectan gravemente a la célula embrionaria en el trigo, lo que reduce la germinación y la emergencia de las semillas (Essemine *et al.*, 2010). El estrés térmico afecta sobre todo a los meristemas de las plantas y reduce su crecimiento promoviendo la senescencia y la abscisión de las hojas, y reduciendo la fotosíntesis (Kosova *et al.*, 2011). El estrés térmico que va de 28 a 30°C puede alterar la duración del crecimiento de la planta reduciendo la germinación de las semillas y los períodos de maduración de las semillas (Yamamoto *et al.*, 2008). El ambiente cálido produce biomasa más baja en comparación con las plantas cultivadas a una temperatura óptima o baja temperatura. Las temperaturas diurnas y nocturnas en torno a los 30 y 25°C

respectivamente, pueden tener efectos severos en el desarrollo de las hojas y formación de tallos productivos en el trigo (Rahman *et al.*, 2009). Sin embargo, la prevalencia del estrés térmico en la fase reproductiva ha resultado ser más perjudicial en la producción de trigo (Nawaz *et al.*, 2013). El aumento de un grado en la temperatura media durante la fase reproductiva puede causar graves pérdidas de rendimiento en el trigo (Bennet *et al.*, 2013). El estrés por altas temperaturas degenera las mitocondrias, cambia los perfiles de expresión de las proteínas, reduce la acumulación de ATP y la captación de oxígeno en los embriones de trigo en imbibición, lo que resulta en un aumento de la pérdida de calidad de la semilla en relación con la masa de la semilla en su vigor y germinación (Ballak *et al.*, 2007). El aumento de la temperatura de 1-2°C reduce la masa de la semilla al acelerar la tasa de crecimiento de la semilla, acortando los períodos de llenado del grano en el trigo (Nahar *et al.*, 2010).

17. Crecimiento y desarrollo del grano

El estrés térmico reduce el número de granos, lo que conduce a un menor índice de cosecha en el trigo (Lukac *et al.*, 2011). Sin embargo, la influencia del estrés térmico, tanto en el número como en el tamaño de los granos varía según las etapas de crecimiento en que se encuentran durante el estrés térmico. Por ejemplo, las temperaturas superiores a 20°C entre el inicio del espigamiento y la antesis aceleran el desarrollo de la espiga pero reducen el número de espiguillas y de granos por espiga (Ma, 2009). El estrés térmico afecta negativamente a la célula de polen y a la microspora, provocando esterilidad masculina (Anjum *et al.*, 2008). Incluso las altas temperaturas de más de 30°C durante el desarrollo de la

flor puede causar esterilidad completa en el trigo, dependiendo de los genotipos (Kaur *et al.*, 2010). En el trigo, la antera producida bajo estrés térmico con duración de 3 días durante la anthesis se encontró que era estructuralmente anormal, con florecillas no funcionales (Hedhly *et al.*, 2011). Las altas temperaturas diurnas de 31/20°C también pueden causar la contracción de granos como resultado de la modificación de las estructuras de la capa de aleurona y de la célula del endospermo (Dias *et al.*, 2008) La fase de llenado del grano en trigo es muy sensible a las altas temperaturas (Farooq *et al.* 2011). El estrés térmico generalmente acelera la tasa de llenado del grano y acorta la duración del llenado del grano (Dias *et al.*, 2009a). En el trigo, la duración del llenado del grano puede disminuir en 12 días con el aumento de 5°C de temperatura por encima de 20°C (Yin *et al.*, 2009). El aumento de la temperatura nocturna acorta el periodo de llenado de los granos y reduce el rendimiento de los mismos en comparación con la temperatura diurna. Las temperaturas nocturnas de 20 y 23°C redujeron el período de llenado del grano de 3 a 7 días (Prasad *et al.*, 2008). Recientemente, (Song, 2015), observó una reducción significativa en la tasa de llenado de granos en cultivares de trigo a una temperatura diurna/nocturna de 32/22°C en comparación con la de 25/15°C. El estrés térmico afecta a la calidad del grano de muchos cereales y leguminosas, esencialmente por la limitación de asimilados y la menor removilización de nutrientes. El estrés térmico apenas afecta a la concentración proteica del grano en trigo (Lizana, 2013), pero se observó una fuerte correlación entre el contenido de nitrógeno en la hoja y la proteína del grano (Iqbal *et al.*, 2017).

18. Llenado de grano en triticale

El triticale es un cultivo importante para condiciones áridas y semiáridas, particularmente en aquellas áreas que limitan la productividad del trigo y la cebada (Giunta *et al.*, 1999). Sin embargo, en este cultivo, el conocimiento sobre el efecto del estrés terminal sobre el crecimiento del grano, expresado como la combinación de velocidad y duración del llenado del grano, es muy limitado. Además, falta información sobre las diferencias en los patrones de llenado de grano entre triticales de diferentes hábitos de crecimiento para ambientes mediterráneos y áreas similares como por ejemplo en el norte de México. En un estudio con triticales de diferente hábito de crecimiento, Santiveri *et al.*, (2004), reportó que la tasa máxima de llenado de grano dependió principalmente del genotipo (que representó el 43% de la variabilidad), pero también fue afectada por las condiciones ambientales, lo que explicó el 24% de la variación encontrada para este rasgo. En su estudio, los triticales de hábito primaveral tuvieron un promedio de llenado máximo del grano 40% mayor que el de los tipos de invernales, y el rendimiento de grano no se correlacionó genéticamente con la duración del llenado del grano, sino más bien con la tasa de llenado del grano y con el peso máximo del grano ($R^2= 0.87$). Los genotipos de primavera produjeron un 21% más que los tipos de invierno, probablemente debido a que escaparon del estrés hídrico terminal. Anteriormente, Giunta *et al.* (1999) estudiando también diferentes tipos de triticales, analizaron el efecto del peso final del grano sobre el rendimiento de triticale cultivado bajo condiciones mediterráneas, y sugirieron que el mayor peso del grano resultó de una mayor tasa de acumulación

de fotosintatos por las condiciones más favorables en el período previo a la antesis. Los genotipos de primavera tuvieron una combinación de menor duración del ciclo desde la siembra hasta la antesis, mayor tasa de llenado del grano, el peso del grano y el rendimiento. Esas diferencias pueden ser una consecuencia de los mayores esfuerzos de mejoramiento realizados para aumentar los rendimientos en los triticales primaverales que en los tipos de invierno en condiciones mediterráneas (Royo *et al.*, 1999). En consecuencia, estos resultados indican que los triticales de primavera escaparon de las altas temperaturas que se producen al final del ciclo de crecimiento y serían más adecuados para las áreas propensas al estrés terminal.

19. Mejoramiento para potencial de producción y adaptación al estrés en los cereales

La adaptación de las plantas es un factor clave que determinará la futura severidad de los efectos del cambio climático sobre la producción de alimentos. Cambios relativamente menores, como el cambio de fechas de siembra o el cambio de cultivos, pueden moderar el impacto negativo del cambio climático. de agua (Molden, 2007). Si bien los aumentos genéticos en el potencial de rendimiento se expresan mejor en ambientes óptimos, también se asocian con mayores rendimientos durante la sequía (Ortiz Monasterio *et al.* 1997; Trethowan *et al.*, 2002; Araus *et al.*, 2002; Abeledo *et al.*, 2003).

5. MATERIALES Y METODOS

1. Localización del Sitio Experimental

El presente estudio se realizó durante el ciclo otoño - invierno 2021-2022 en el Rancho “El Centenario”, propiedad de la empresa lechera “Las Pintas del Norte”, localizado en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, ubicado entre las coordenadas $25^{\circ} 52' 29''$ Latitud Norte y $103^{\circ} 05' 51''$, Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,100 msnm (Figura 1).



Figura 1. Localización del Rancho “El Centenario”, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

2. Desarrollo del Experimento

3. Material genético utilizado

En esta investigación, se evaluaron 323 genotipos, de los cuales 159 fueron líneas experimentales de triticale con hábito de crecimiento primaveral, 42 del tipo facultativo, 81 del tipo intermedio- invernial y 41 de hábito invernial, que fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

4. Preparación del terreno

Se realizaron las labores que tradicionalmente se utilizan para la siembra de cereales en la región, esto es, barbecho, rastreo y doble nivelación. El lote experimental se surcó con una cultivadora dejando la cama de siembra con surcos separados 30 cm.

5. Fecha de siembra

La siembra se realizó en seco el 07 de Diciembre de 2021 durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022. Esta se realizó manualmente, "a chorrillo", depositando la semilla de cada genotipo a mano, en el fondo del surco y tapando posteriormente con el pie.

6. Tamaño de parcela experimental

Cada unidad experimental estuvo conformada por 3 surcos de 3 m de largo por 30 cm entre hileras (2.7 m²). Entre cada parcela o unidad experimental se dejó un surco libre con el fin de diferenciar claramente cada genotipo o tratamiento.

7. Fertilización

Previo a la siembra, el terreno del lote experimental fue fertilizado con una dosis de 150 kg/ha de urea (46% N); antes del segundo riego de auxilio, se añadieron 300 kg/ha de sulfato de amonio.

8. Riegos

Al experimento se le aplicó un riego por gravedad inmediatamente después de la siembra, el 10 de Diciembre de 2021; posteriormente se aplicaron 5 riegos más con el mismo sistema en las siguientes fechas:

Primer auxilio: 04 de Enero de 2022;

Segundo auxilio: 03 de Febrero de 2022;

Tercer auxilio: 21 de Febrero de 2022;

Cuarto auxilio: 20 de Marzo de 2022;

Quinto auxilio: 20 de Abril de 2022.

Al experimento se le aplicaron un total de 6 riegos, incluyendo el de siembra, con una lámina aproximada de 50 cm, dando un total de 60 cm de lámina.

9. Cosecha

La cosecha se realizó el 24 de Mayo de 2022; se realizaron dos submuestreos de 0.40 m en cada parcela o unidad experimental, en el surco central con competencia completa (0.24 m²).

10. Diseño experimental utilizado en campo

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con dos repeticiones por variedad.

11. Variables registradas

- Número de espigas por m² (ESPM2): se determinó en cada unidad experimental previo a la cosecha, contando el número de espigas en dos diferentes secciones de 40 cm de largo del surco interno con competencia completa y promediando las dos lecturas para el dato final por parcela.
- Peso seco de espigas (PESOESP): Después de hacer el conteo de espigas en las dos secciones de cada unidad experimental, ambas fueron cosechadas, cortándolas manualmente con rozadera y juntando el material en una sola bolsa; posteriormente, en el laboratorio, se separaron sólo las espigas del resto del material (pedúnculos, tallos, etc.), y se registró su peso en g.
- Peso seco del grano de 10 espigas (PESO10ESP): De la muestra global de espigas de cada unidad experimental, se tomaron 10 de ellas al azar, se trillaron y se registró su peso en g.
- Número de granos por espiga (GRAESP): Se contó el grano de las 10 espigas tomadas de la muestra global; se promedió y se registró para cada unidad experimental.
- Rendimiento de grano (RDTOG): Después de tomar las 10 espigas de la muestra global, el resto de ellas se trilló en un equipo mecánico-neumático,

y se registró el peso limpio de grano en g; posteriormente se transformó a $t\ ha^{-1}$.

12. Análisis estadísticos

Se efectuaron análisis de varianza individuales entre variedades dentro de cada grupo, y análisis de varianza entre grupos para cada una de las variables en estudio. En esta tesis se hizo especial énfasis en interpretar las posibles diferencias entre los hábitos de crecimiento (grupos) y la posible asociación positiva del rendimiento con alguno de sus componentes, debido a la cantidad de genotipos en estudio (Cuadro 1A del Apéndice).

13. Modelo estadístico de los análisis de varianza entre variedades, por grupo, para las variables en estudio.

$$Y_{ij} = : \mu + R_i + V_k + E_{ij}$$

Donde:

μ = media general

i = repeticiones

k = variedades

E_{ij} = error experimental.

Donde:

Y_{ij} = Variable observada.

μ : = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i-ésima repetición.

V_k = Efecto de la k-ésima variedad.

E_{ij} = Error experimental.

14. Modelo estadístico de los análisis de varianza entre grupos para las variables en estudio.

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

Donde:

μ = media general

i = repeticiones

k = grupos

Donde:

Y_{ij} = Variable observada.

μ : = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i-ésima repetición.

G_k = Efecto del k-ésimo grupo.

E_{ij} = Error experimental.

15. Correlación entre variables.

Se identificaron las principales correlaciones entre el rendimiento de grano y sus componentes con el objetivo de determinar las variables con mayor asociación positiva para efectos de selección indirecta, utilizando el paquete estadístico Statistica 7.0.

16. Pruebas de comparación de medias

Se realizaron pruebas de comparación de medias para las variables estudiadas, entre variedades dentro de grupos y entre grupos. Para identificar genotipos sobresalientes, en cada una de las variables en estudio se calculó un valor de decisión determinado por la media más una y dos veces el valor del error estándar de la media ($\mu + EE$; $\mu + 2EE$).

Se calculó el coeficiente de variación para las variables estudiadas, utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

\bar{x} = Media general del carácter.

Tanto los análisis de varianza como las pruebas de comparación de medias se realizaron con el paquete estadístico SAS 8.1.; las gráficas se construyeron con el paquete estadístico Statistica 7.0.

6. RESULTADOS

1. Datos meteorológicos registrados durante el ciclo de cultivo

Se registró la temperatura y la humedad relativa durante todo el ciclo de cultivo en esta localidad (155 días), utilizando un termohigrómetro ambiental con datalogger (Figuras 2 y 3).

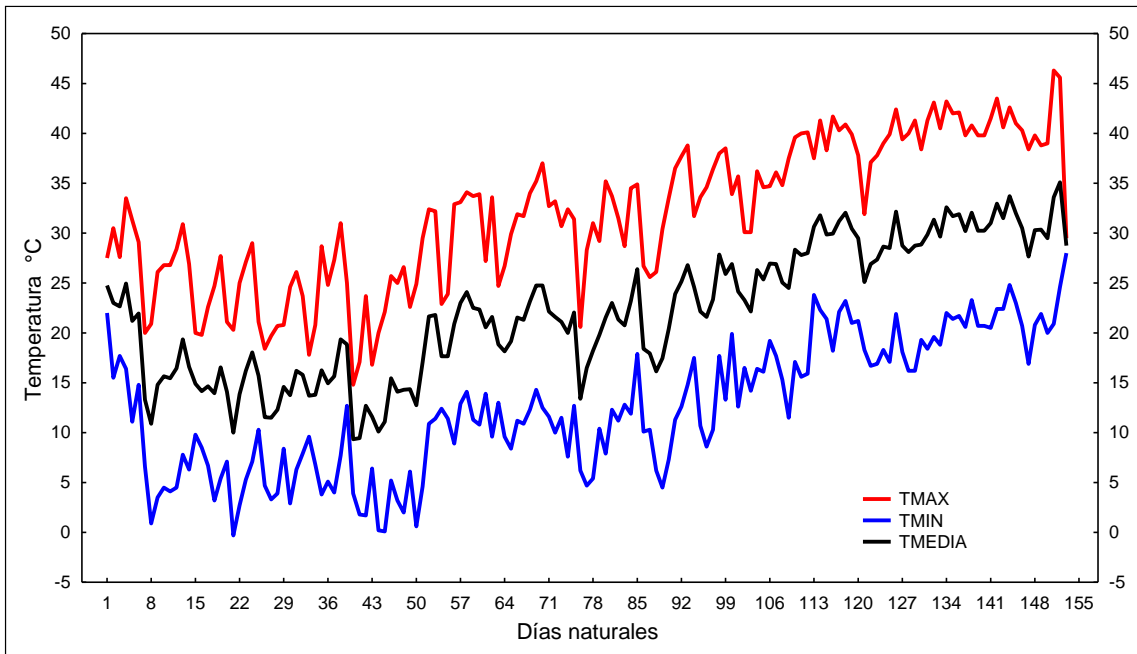


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas y medias durante el ciclo del cultivo.

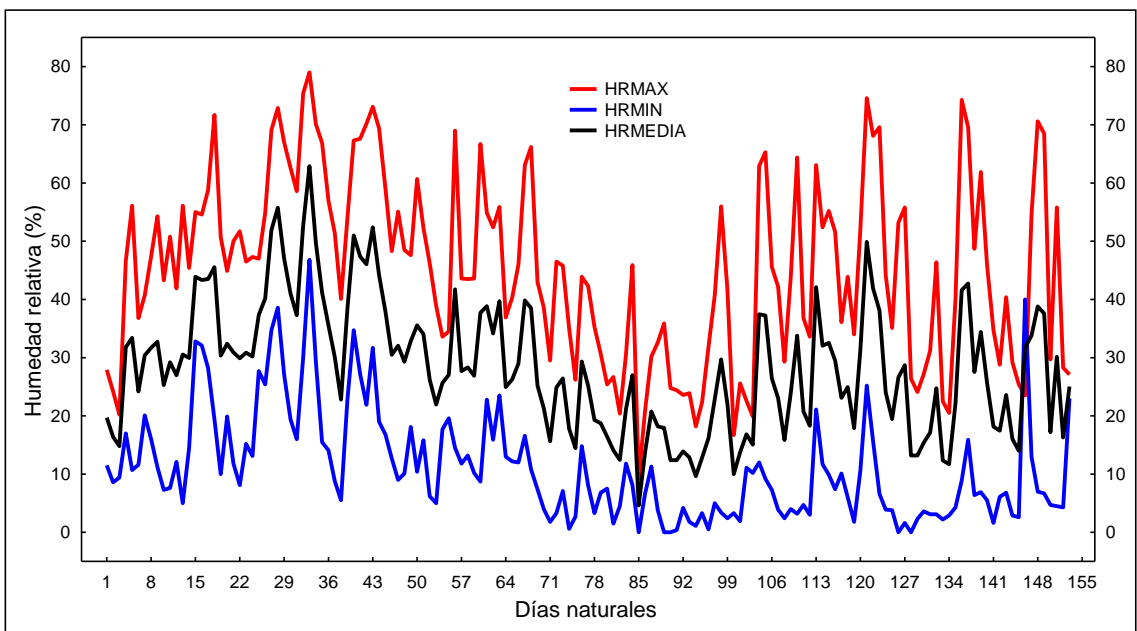


Figura 3. Humedad relativa máxima, mínima y media durante el ciclo del cultivo.

2. **Resultados de las pruebas estadísticas aplicadas a los datos colectados.**
3. **Análisis de varianza.**

Cuadro 1. Resultados de los análisis de varianza entre variedades para las características en estudio del grupo 1 (hábito de crecimiento primaveral).

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA ENTRE VARIEDADES POR GRUPO						
PRIMAVERAL						
FV	GL	ESPM2	PESOESP	GRAESP	PESO10ESP	RDTOG
VAR	158	5617**	3577**	136.9**	40.5**	3.9**
REP	1	29483.7**	18983.8**	1020.9**	146.1**	10.72**
ERROR	158	2136.2	1482.2	72.21	10.93	0.956
TOTAL	317					
C.V %		13.6	13.6	13.1	13.6	13.7
MEDIA GRAL		339.1	286.5	64.4	24.2	7.000

** , Significativo al 0.01 de probabilidad; F.V. = Fuente de variación; GL= Grados de libertad; C.V.= coeficiente de variación.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis de varianza entre las variedades pertenecientes al hábito de crecimiento primaveral (precoz), donde se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre variedades, confirmando la diversidad genética entre las mismas, independientemente de ser del mismo ciclo estacional. Adicionalmente se registraron diferencias estadísticas entre las repeticiones. Los coeficientes de variación fueron de baja magnitud, confirmando la fiabilidad de los resultados obtenidos para este hábito de crecimiento.

Cuadro 2. Resultados de los análisis de varianza entre variedades para las características en estudio del grupo 2 (hábito de crecimiento facultativo).

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA ENTRE VARIEDADES POR GRUPO						
FACULTATIVO						
FV	GL	ESPM2	PESOESP	GRAESP	PESO10ESP	RDTOG
VAR	41	7104.3**	2334.4**	179.6**	35.12**	1.878**
REP	1	19292**	10452**	623.7**	92.65**	6.32**
ERROR	41	1911.2	956.4	63.5	9.221	0.578
TOTAL	83					
C.V %		12.3	12.1	12.5	12.4	12.3
MEDIA GRAL		354.2	254	63.5	24.4	5.900

** , Significativo al 0.01 de probabilidad; F.V.= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; C.V.= coeficiente de variación

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de los análisis de varianza entre las variedades pertenecientes al hábito de crecimiento facultativo (semiprecoz), donde se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las variedades, confirmando la diversidad genética entre las mismas, independientemente de ser del mismo hábito de crecimiento. También se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las repeticiones. Los coeficientes de variación fueron de baja magnitud, confirmando la fiabilidad de los resultados obtenidos para este hábito de crecimiento.

Cuadro 3. Resultados de los análisis de varianza entre variedades para las características en estudio del grupo 3 (hábito de crecimiento intermedio-invernal).

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA ENTRE VARIEDADES POR GRUPO						
INTERMEDIO INVERNAL						
FV	GL	ESPM2	PESOESP	GRAESP	PESO10ESP	RDTOG
VAR	90	7238.8**	2697.1**	149.5**	24.8**	2.2**
REP	1	22237**	10192.7**	590.9**	85.3**	5.5**
ERROR	80	2165.1	1065.6	68.65	9.432	0.541
TOTAL	161					
C.V %		13.1	13.1	13.1	13.3	13.2
MEDIA GRAL		352.6	247.9	63.1	22.9	5.700

**, Significativo al 0.01 de probabilidad; F.V.= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; C.V.= coeficiente de variación

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los análisis de varianza entre las variedades pertenecientes al hábito de crecimiento intermedio-invernal (semitardío), donde se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las variedades, confirmando la diversidad genética entre las mismas, independientemente de ser del mismo hábito de crecimiento. También se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las repeticiones. Los coeficientes de variación fueron de baja magnitud, confirmando la fiabilidad de los resultados obtenidos para este hábito de crecimiento.

Cuadro 4. Resultados de los análisis de varianza entre variedades para las características en estudio del grupo 4 (hábito de crecimiento invernal).

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA ENTRE VARIEDADES POR GRUPO						
INVERNAL						
FV	GL	ESPM2	PESOESP	GRAESP	PESO10ESP	RDTOG
VAR	40	5897.5**	2781.9**	130.1**	30.4**	2.3**
REP	1	352.4**	187.5**	1.65**	0.323**	0.235**
ERROR	40	2784.1	1242.5	92.31	10.86	0.67
TOTAL	81					
C.V %		14.8	15.3	15	15.1	15.5
MEDIA GRAL		356.4	229.1	63.6	21.6	5.200

**, Significativo al 0.01 de probabilidad; F.V.= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; C.V.= coeficiente de variación

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los análisis de varianza entre las variedades pertenecientes al hábito de crecimiento invernal (tardío), donde se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las variedades, confirmando la diversidad genética entre las mismas, independientemente de ser del mismo hábito de crecimiento. También se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las repeticiones. Los coeficientes de variación fueron de baja magnitud, confirmando la fiabilidad de los resultados obtenidos para este hábito de crecimiento.

Cuadro 5. Resultados de los análisis de varianza combinados entre grupos para las características en estudio.

ANALISIS COMBINADO ENTRE GRUPOS PARA LAS VARIABLES EN ESTUDIO						
FV	GL	ESPM2	PESOESP	GRAESP	PESO10ESP	RDTOG
GRUPO	3	12163.6**	103433.2**	60.9	188**	105.9**
REP*GPO	4	17841.3**	9954**	599.3**	81.1**	5.6**
VAR*GPO	319	6250.1**	3097**	144.7**	34.61**	3.23**
ERROR	319	2195.8	1280.1	72.62	10.37	0.721
TOTAL	645					
CV%		13.5	13.4	13.3	13.6	13.7
MEDIA GRAL		346	265.3	63.9	23.6	6.300

** , Significativo al 0.01 de probabilidad; F.V.= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; C.V.= coeficiente de variación

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los análisis de varianza combinados entre los grupos (hábitos de crecimiento), donde se registraron diferencias estadísticas altamente significativas en todas las características estudiadas, excepto en el número de granos por espiga (GRAESP), confirmando las diferencias fenotípicas y genéticas entre los mismos. Se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las repeticiones y en la interacción variedades x grupo en todas las características en estudio. Aún en este análisis combinado, los coeficientes de variación fueron de baja magnitud, confirmando la fiabilidad de los resultados obtenidos en este experimento.

4. Resultados de las pruebas de comparación de medias.

Cuadro 6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica ESPM2.

GRUPO	ESPM2	EE	MEDIA	MEDIA + EE	MEDIA + 2EE	*	**
4	356	7.176	347	353.884	361.060	*	
2	354	7.090	347	353.798	360.888	*	
3	353	5.106	347	351.813	356.919	*	
1	339	3.644	347	350.352	353.996		

*, **: = Valores superiores a la media más una y dos veces el error estándar ($\mu + EE$; $\mu + 2EE$)

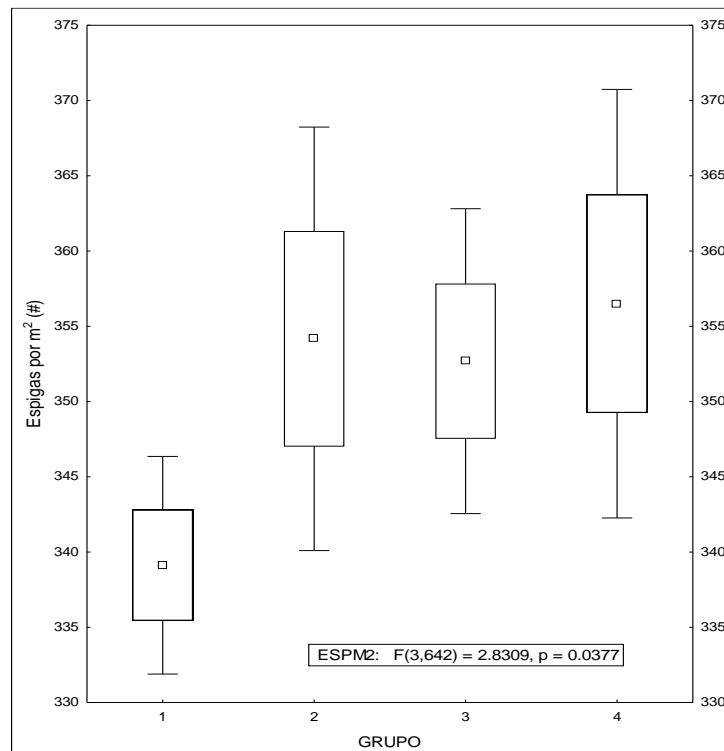


Figura 4. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica ESPM2.

En el Cuadro 6 y la Figura 4, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias entre los hábitos de crecimiento estudiados; los tipos

más tardíos (Grupos 2, 3 y 4), registraron significativamente un mayor número de espigas por m² que el tipo de hábito primaveral precoz (Grupo 1).

Cuadro 7. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica PESOESP.

GRUPO	PESOESP	EE	MEDIA	MEDIA + EE	MEDIA + 2EE	*	**
1	287	2.623	265	267.993	270.617		**
2	254	5.104	265	270.474	275.579		
3	248	3.676	265	269.046	272.721		
4	229	5.166	265	270.536	275.702		

*, **: = Valores superiores a la media más una y dos veces el error estándar ($\mu + EE$; $\mu + 2EE$)

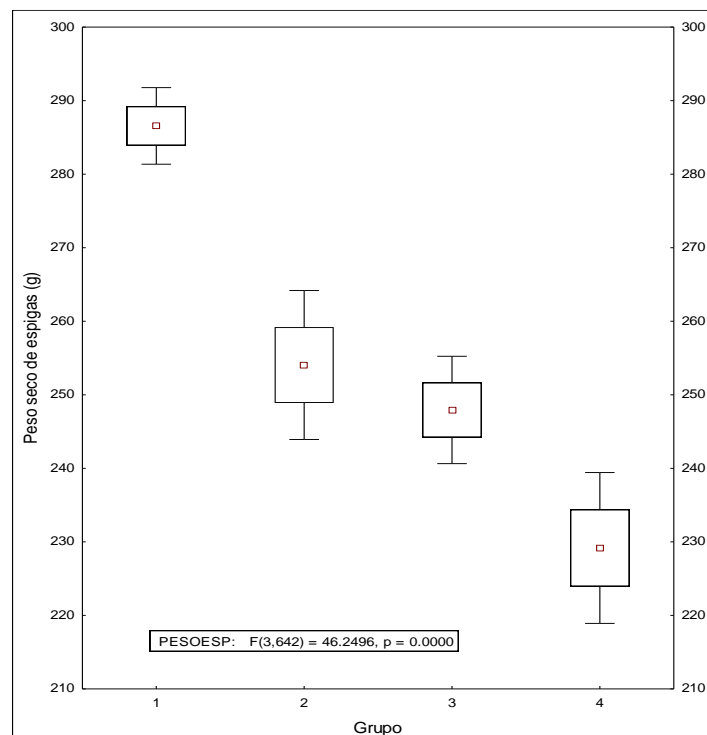


Figura 5. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica PESOESP.

En el Cuadro 7 y la Figura 5, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias para PESOESP entre los hábitos de crecimiento estudiados; para esta variable, el Grupo 1 (primaverales), registró

estadísticamente mayor peso seco de espigas que los tipos más tardíos. (Grupos 2, 3 y 4).

Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica GRAESP.

GRUPO	GRAESP	EE	MEDIA	MEDIA + EE	MEDIA + 2EE	*	**
1	64	0.585	64	64.497	65.082		
2	64	1.138	64	65.050	66.187		
3	63	0.819	64	64.731	65.550		
4	64	1.151	64	65.064	66.215		

*, **: = Valores superiores a la media más una y dos veces el error estándar ($\mu + EE$; $\mu + 2EE$)

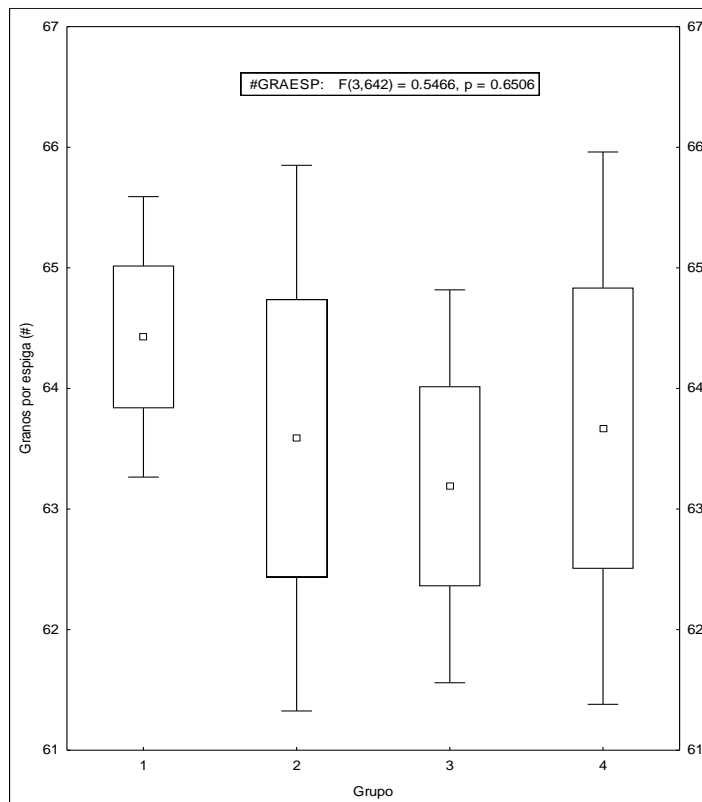


Figura 6. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica GRAESP.

En el Cuadro 8 y la Figura 6, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias para GRAESP entre los hábitos de crecimiento

estudiados; para esta variable, no se registraron diferencias estadísticas entre los hábitos de crecimiento estudiados.

Cuadro 9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica PGRA10.

GRUPO	PGRA10	EE	MEDIA	MEDIA + EE	MEDIA + 2EE	*	**
2	24.4	0.517	23.6	24.136	24.653		**
1	24.2	0.266	23.6	23.884	24.150		**
3	23.0	0.372	23.6	23.991	24.363		
4	21.6	0.524	23.6	24.142	24.665		

*, ** = Valores superiores a la media más una y dos veces el error estándar ($\mu + EE$; $\mu + 2EE$)

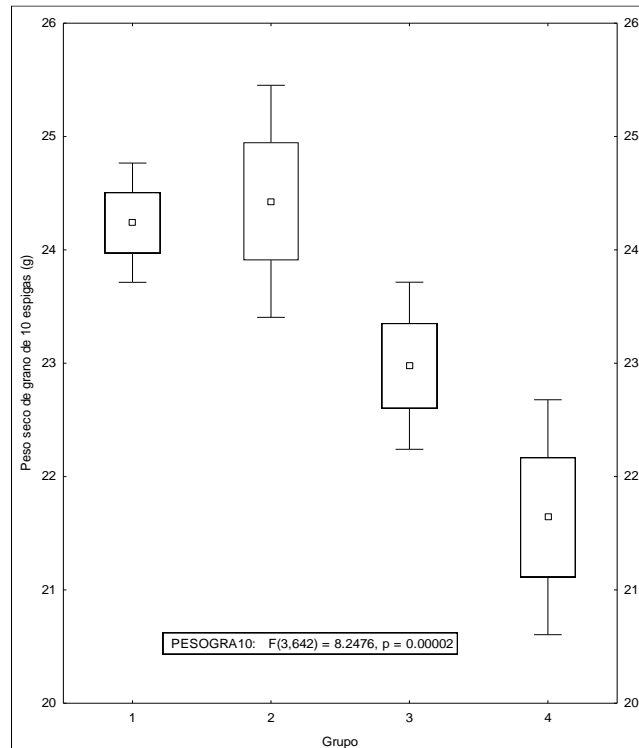


Figura 7. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica PGRA10.

En el Cuadro 9 y la Figura 7, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias para PGRA10 entre los hábitos de crecimiento

estudiados; para esta variable, los tipos más precoces (primaverales y facultativos), registraron valores estadísticamente mayores a los tipos más tardíos.

Cuadro 10. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para la característica RDTOGTH.

GRUPO	RDTOGTH	EE	MEDIA	MEDIA + EE	MEDIA + 2EE	*	**
1	7.018	0.077	6.331	6.408	6.486		**
2	5.976	0.150	6.331	6.482	6.632		
3	5.713	0.108	6.331	6.439	6.548		
4	5.253	0.152	6.331	6.483	6.635		

*, **: = Valores superiores a la media más una y dos veces el error estándar ($\mu + EE$; $\mu + 2EE$)

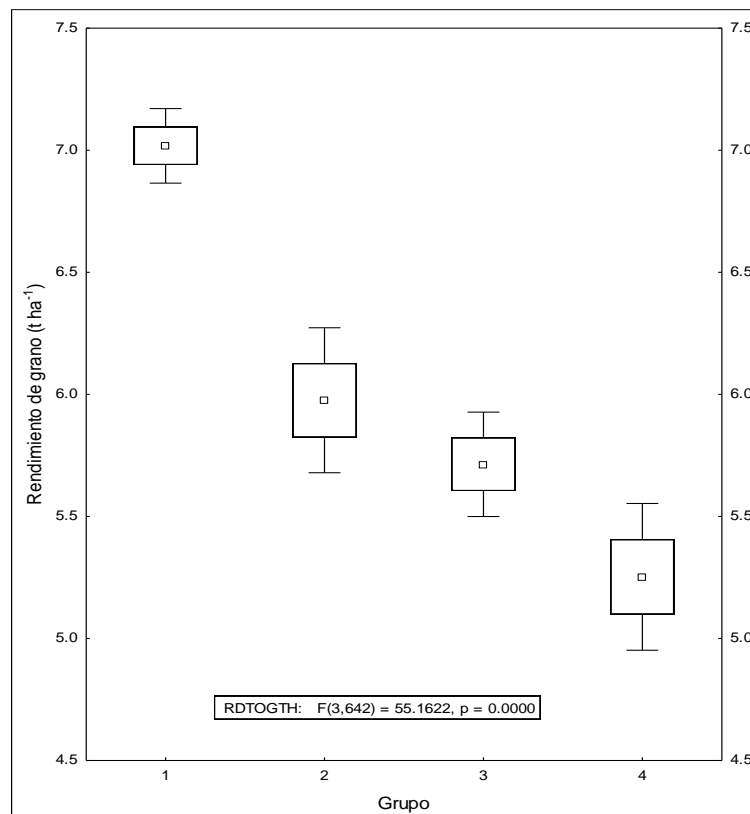


Figura 8. Representación gráfica (boxplot) de la comparación de medias entre los grupos (hábitos de crecimiento), para la característica RDTOGTH.

En el Cuadro 10 y la Figura 8, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias para RDTOGTH entre los hábitos de crecimiento estudiados; para esta variable, el Grupo 1 (primaverales), registró estadísticamente mayor rendimiento que los tipos más tardíos. (Grupos 2, 3 y 4).

7. DISCUSIÓN

En forma general, los tipos más tardíos (Grupos 2, 3 y 4), registraron significativamente un mayor número de espigas por m² que el tipo de hábito primaveral precoz (Grupo 1). Asimismo, el Grupo 1 (primaverales), registró estadísticamente mayor peso seco de espigas que los tipos más tardíos. (Grupos 2, 3 y 4). Para la variable PGRA10 (peso de grano de 10 espigas), los tipos más precoces (primaverales y facultativos), registraron valores estadísticamente mayores a los tipos más tardíos. En el caso del rendimiento de grano (RDTOGTH), entre los hábitos de crecimiento estudiados, el Grupo 1 (primaverales), registró estadísticamente mayor rendimiento que los tipos más tardíos. (Grupos 2, 3 y 4). A este respecto, Santiveri *et al.*, (2004), estudiando diferentes tipos de triticales, reportó que los triticales de hábito primaveral tuvieron un promedio de llenado máximo del grano, 40% mayor que el de los tipos invernales, y el rendimiento de grano no se correlacionó genéticamente con la duración del llenado del grano, sino más bien con la tasa de llenado del grano y con el peso máximo del grano ($R^2= 0.87$). Los genotipos de primavera produjeron un 21% más que los tipos de invierno, probablemente debido a que escaparon del estrés hídrico terminal, situación que se registró en la investigación objeto de esta tesis, ya que en forma general, los triticales más precoces (grupo 1), llegaron

a la madurez entre 15-25 días antes que los grupos más tardíos (grupos 3 y 4), por lo que escaparon de las temperaturas más altas registradas en la localidad de estudio, donde se registraron temperaturas $> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, e inclusive mayores a los $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 2). Concordando con lo anterior, Giunta *et al.* (1999) estudiando también diferentes tipos de triticales, reportaron que los genotipos de primavera tuvieron una combinación de menor duración del ciclo desde la siembra hasta la antesis, mayor tasa de llenado del grano, el peso del grano y el rendimiento. En consecuencia, sus resultados y los de esta investigación indican que los triticales de primavera escapan de las altas temperaturas que se producen al final del ciclo de crecimiento y serían más adecuados para las áreas propensas al estrés terminal, como es la Región Lagunera.

Por otra parte, con respecto a los componentes que incidieron positivamente en el rendimiento de grano (RDTOGTH), en el grupo 1 (hábito primaveral), la variable espigas por m^2 (ESPM2), mostró un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.45$); en los tipos facultativos (grupo 2), registró una $R^2 = 0.34$; en el grupo 3 (intermedios-invernales), se registró una $R^2 = 0.40$; para el grupo invernal (grupo 4), se registró una $R^2 = 0.16$. Cuando se analizó en forma global a los cuatro hábitos de crecimiento, la asociación entre ESPM2 y RDTOGTH reportó una $R^2 = 0.24$, (Figura 9).

Cuando se analizó la relación entre el número de granos por espiga (GRAESP) y el rendimiento de grano (RDTOGTH), se obtuvieron los siguientes resultados: en el grupo 1 (hábito primaveral), se registró un coeficiente de

determinación de $R^2 = 0.28$; en los tipos facultativos (grupo 2), registró una $R^2 = 0.19$; en el grupo 3 (intermedios-invernales), se registró una $R^2 = 0.25$; para el grupo invernal (grupo 4), se registró una $R^2 = 0.34$. Cuando se analizó en forma global a los cuatro hábitos de crecimiento, la asociación entre GRAESP y RDTOGTH reportó una $R^2 = 0.23$, (Figura 10)

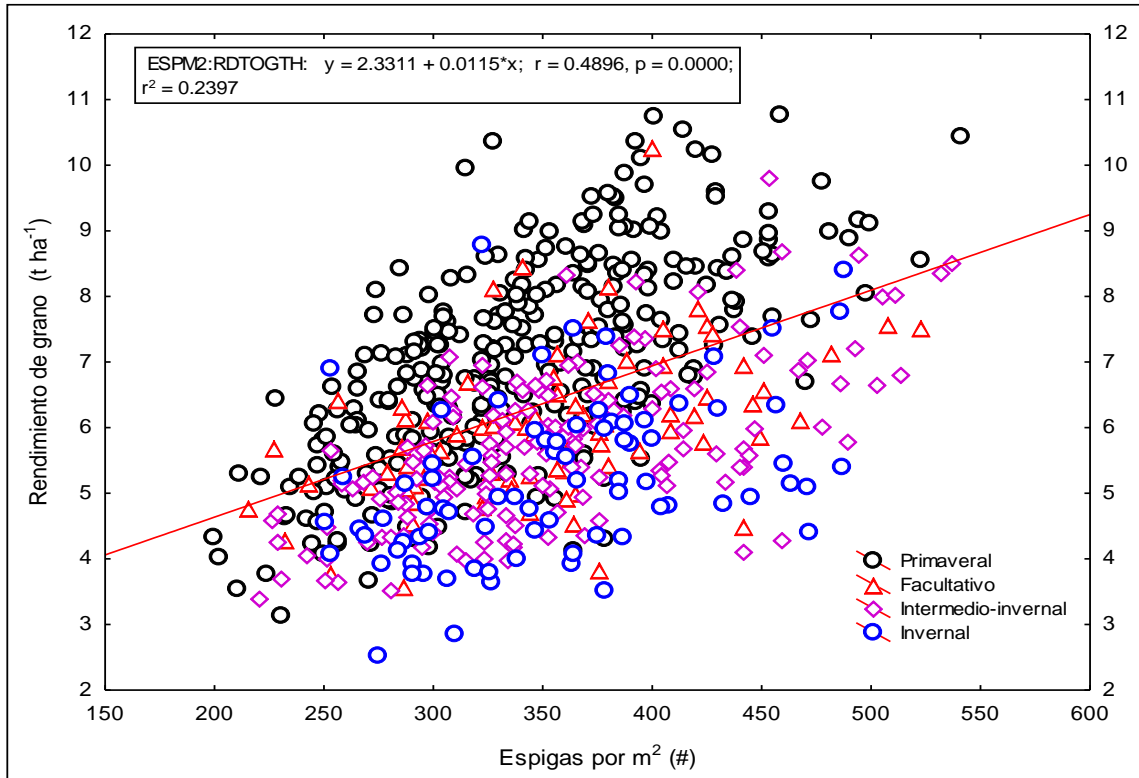


Figura 9. Representación gráfica de la asociación entre ESPM y RDTOGTH.

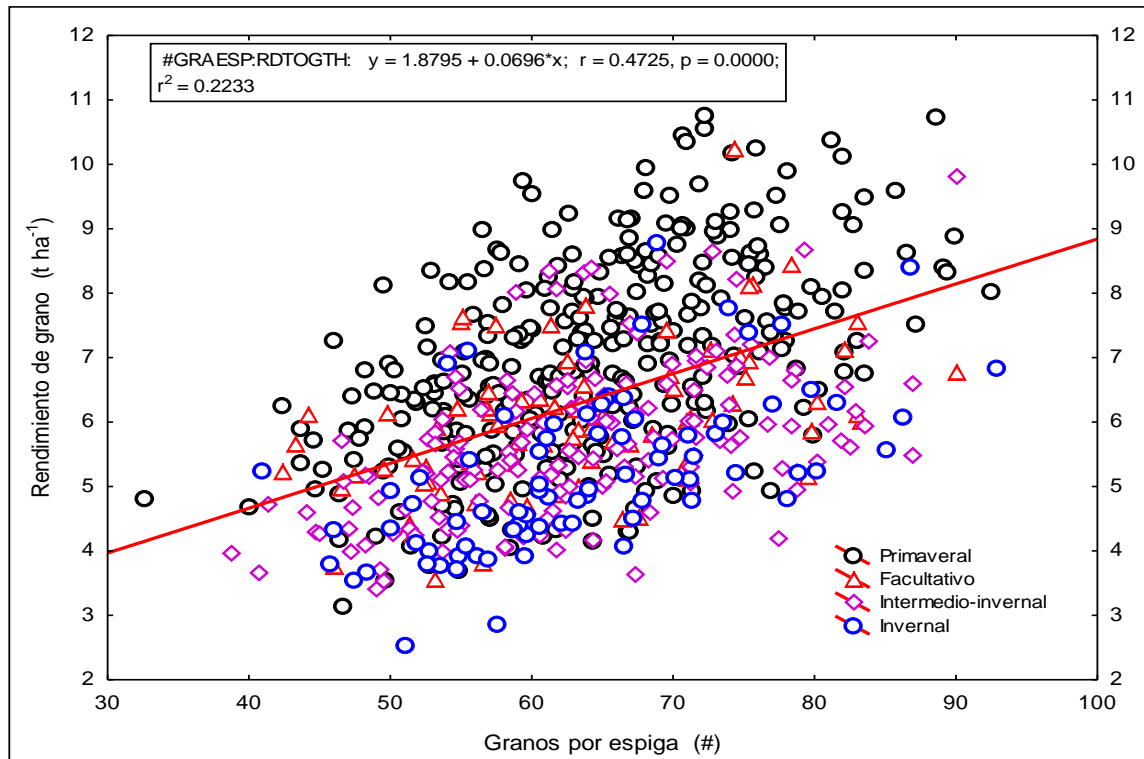


Figura 10. Representación gráfica de la asociación entre ESPM y RDTOGTH.

Por otra parte, cuando se analizó la relación de la variable relativa al peso de grano de 10 espigas individuales, (PGRA10), con respecto al rendimiento de grano (RDTOGTH), en el grupo 1 (hábito primaveral), se registró un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.30$); con los tipos facultativos (grupo 2), registró una $R^2 = 0.40$; en el grupo 3 (intermedios-invernales), se registró una $R^2 = 0.41$; y para el grupo invernal (grupo 4), se registró una $R^2 = 0.35$. Cuando se analizó en forma global a los cuatro hábitos de crecimiento, la asociación entre PGRA10 y RDTOGTH reportó una $R^2 = 0.34$, (Figura 11).

Cuando se analizó la relación entre el peso seco de espiga (PESOESP) y el rendimiento de grano (RDTOGTH), se obtuvieron los siguientes resultados: en el grupo 1 (hábito primaveral), se registró un coeficiente de determinación de R^2

=0.90); en los tipos facultativos (grupo 2), registró una $R^2 = 0.83$; en el grupo 3 (intermedios-invernales), se registró una $R^2 = 0.85$; para el grupo invernal (grupo 4), se registró una $R^2 = 0.86$. Cuando se analizó en forma global a los cuatro hábitos de crecimiento, la asociación entre PESOESP y RDTOGTH reportó una $R^2 = 0.90$, (Figura 12).

Los resultados de las correlaciones (asociaciones) entre los componentes del rendimiento (ESPM2, GRAESP, PGRA10 y PESOESP), estudiados en esta investigación en su relación con el rendimiento de grano, indican la posible conveniencia de utilizar principalmente el peso seco de espigas (PESPESP), como característica confiable para seleccionar indirectamente para alto rendimiento de grano genotipos de cualquier hábito de crecimiento.

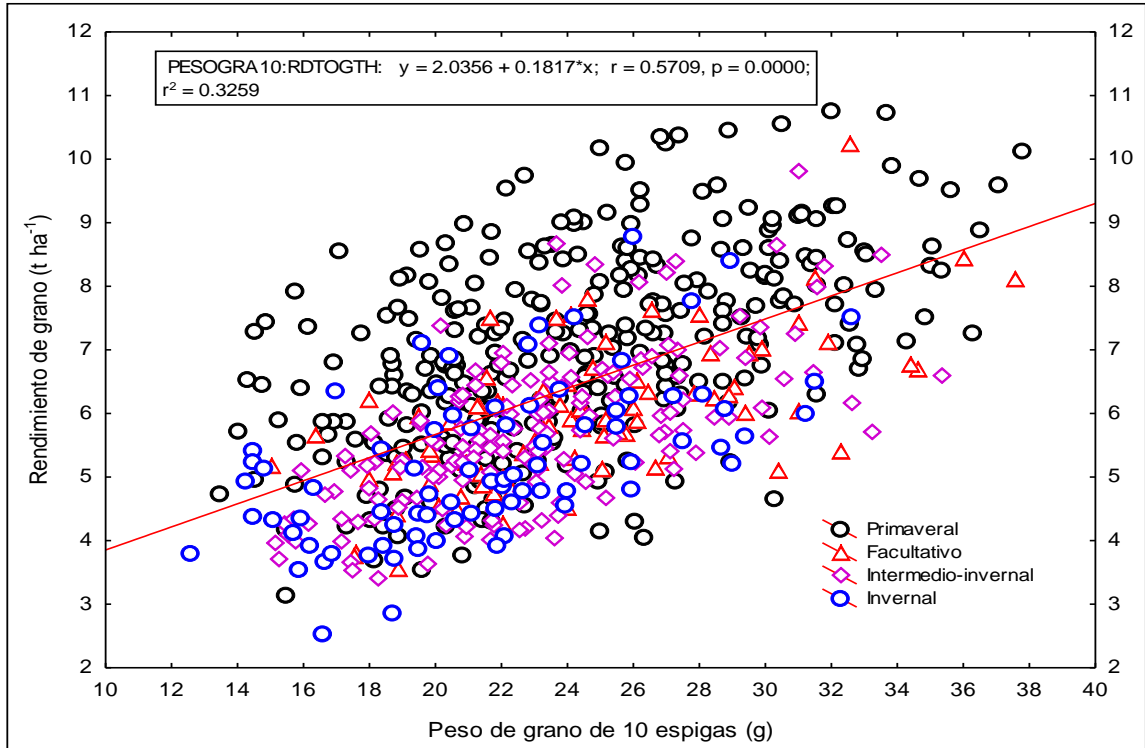


Figura 11. Representación gráfica de la asociación entre PGRA10 y RDTOGTH.

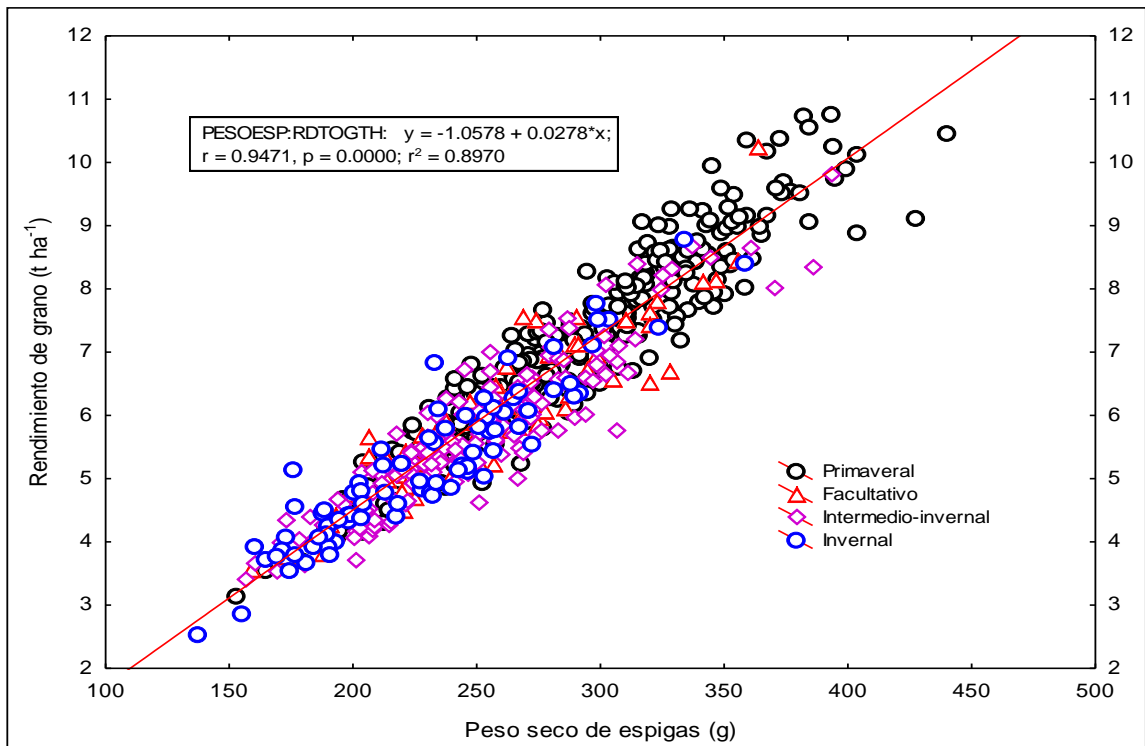


Figura 12. Representación gráfica de la asociación entre PESOESP y RDTOGTH.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones bajo las cuales se realizó la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los triticales de hábito primaveral y facultativo registraron la mayor acumulación de materia seca en el grano de triticales, lo que consecuentemente contribuyó directamente en un mayor rendimiento de grano, por lo que resultan los tipos más adecuados cuando el objetivo es la producción de semilla para uso forrajero.

- En esta investigación, se registró una alta, positiva y significativa asociación entre el peso seco de espigas (PESOESP) y el rendimiento de grano, lo cual puede ser una eficaz herramienta para realizar selección indirecta en el mejoramiento de genotipos de triticales, independientemente de su hábito de crecimiento.

- Se sugiere evaluar los genotipos de triticales de hábito de crecimiento tardío (grupos 3 y 4), en fechas de siembra más temprana, para evitar el efecto perjudicial de las altas temperaturas presentes en la localidad de estudio y otras regiones del norte de México con clima similar.

9. LITERATURA CITADA

- Abeledo, L. G., Calderini, D. F., and Slafer, G. A. 2003. Genetic improvement of yield responsiveness to nitrogen fertilization and its physiological determinants in barley. *Euphytica* 133: 291–298.
- Alexander LV, Zhang X, Peterson TC, Caesar J, Gleason B, Tank A, Haylock M, Collins D, Trewin B, Rahimzadeh F, Tagipour A, Kumar KR, Revadekar J, Griffiths G, Vincent L, Stephenson DB, Burn J, Aguilar E, Brunet M, Taylor M, New M, Zhai P, Rusticucci M, Vazquez-Aguirre JL (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J Geophys Res Atmos* 111:1–22
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P., and Royo, C. 2002. Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for ? *Ann. Bot—London* 89: 925–940.
- Anish Gyawali, A., Upadhyaya K., Panthi B., Ghimire H., Gautam G., Gupta S. Heat stress on wheat: a review. *i TECH MAG Vol 3* (2021) 05-08.
DOI: <http://doi.org/10.26480/itechmag.03.2021.05.08>
- Ballak, K. I. 2007. Heat stress induced changes in the activity of antioxidant enzymes in wheat. *Cereal Res Commun.* 197-200.
- Begcy K, Dresselhaus T (2018) Epigenetic responses to abiotic stresses during reproductive development in cereals. *Plant Reprod.*
<https://doi.org/10.1007/s00497-018-0343-4>
- Bennet, I. A. 2013. Genetic dissection of grain yield and physical quality in bread wheat under waater limited environment. *Theor Appl Genet*, 255-271.
- Byrta, F. M. 2001. Influence of temperature and soil drying and respiration of individual roots in citrus, Integrating green observation into a predictive model for the field. *Plant cell environment*, 781-790.
- Crafts, G.H. 2000. Effect of heat stress on the inhibition and recovery of the ribulose - 1,5- Bisphosphate Carboxylase / Oxygenase Activation state. *Planta* 212, 67-74.
- De Costa, W. 2011. A review of the possible impacts of climate change on forests in the. *J Natl Sci Found Sri*, 281-302.

- Dias, B. A. 2008. Ultrastructure and biochemical traits of bread and durum wheat grains under heat stress. *Braz J Plant Physiol*, 137-147.
- Dias, L. F. 2009a. Heat stress in Triticum: kinetics of Fe and Mg accumulation. *Brazilian J Plant Physiol*, 153-164.
- Driedonks N, Wolters-Arts M, Huber H, de Boer GJ, Vriezen W et al (2018) Exploring the natural variation for reproductive thermotolerance in wild tomato species. *Euphytica*.
<https://doi.org/10.1007/s10681-018-2150-2>
- Essemine et al., A. S. 2010. Impact of heat stress on germination and growth in higher plants: physiological, biochemical and molecular repercussions and mechanisms of defence. *J Biol Sci*, 565-572.
- Farooq, B. H. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanism and management. *Agron Sustain Dev*, 185-212.
- Farooq, B. H. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Crit Rev Plant Sci*, 491-507.
- Gifford, J.L. 2003. Plant respiration in productivity models. *Funct Plant Biol*, 171-186.
- Giunta, F., Motzo, R., Deidda, M., 1999. Grain yield analysis of a triticale (XTriticosecale, Wittmark) collection grown in a Mediterranean environment. *Field Crop Res*. 63, 199–210.
- Hennessy K, Fawcett R, Kirono D, Mpelasoka F, Jones D, Bathols J, Whetton P et al (2008) An assessment of the impact of climate change on the nature and frequency of exceptional climatic events. Australian Government Bureau of Meteorology, Melbourne.
- Hasegawa T, Fujimori S, Havlik P, Valin H, Bodirsky BL et al (2018) Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nat Clim Change* 8:699–703.
- Hatfield JL, Antle J, Garrett KA, Izaurralde RC, Mader T et al (2018) Indicators of climate change in agricultural systems. *Clim Change*.
<https://doi.org/10.1007/s10584-018-2222-2>
- Hedhly A (2011) Sensitivity of flowering plant gametophytes to temperature fluctuations. *Environ Exp Bot* 74:9–16.

- Hedhly, H. J. 2011. Global warming and sexual plant reproduction. *Trends Plant Sci.*
- Hunt, L. A., Van Der Poorten, G. & Pararajasingham, S. 1991. Postanthesis temperature effects on duration and rate of grain filling in some winter and spring wheats. *Canadian Journal of Plant Science* 71, 609–617
- Hussain, S. M. 2013. Evaluation of Growth, Yield Relative performance and heat susceptibility of eight wheat Genotype grown under heat stress. *Int J Plant Production*, 615-636.
- IPCC (2014) Climate change 2014. In: Fifth assessment synthesis report (longer report) of intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- Jokhan, M. T. 2011. Crop Production and Global Warming. *Casalengo S.* 139-152.
- Joshi AK, Mishra B, Chatrath R, Ferrara GO, Singh RP (2007) Wheat improvement in India: present status, emerging challenges and future prospects. *Euphytica* 157(3):431–446.
- Kaur, B. R. 2010. Grain yield in wheat as affected by short periods of high temperature, drought and their interaction during pre- and post-anthesis stages. *Cereal Res Commun*, 514-520.
- Kosova, V. P. 2011. Plant proteome changes under abiotic stress contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *J Proteome*.
- Kumar, S. 2012. Terminal Heat - an emerging problem for wheat production. *Biotechnol today*, 7-9.
- Kumar, R. R. 2016. Identification of putative RuBisCo activase (TaRca Catalytic chaperone regulating carbon assimilatory pathway in wheat (*triticum aestivum*) under the heat stress. *Front Plant Sci*, 7-986.
- Lipiec, M.B. 2013. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield. *Int Agrophys*, 463-477.
- Lizana, X. C. 2013. Yield and grain quality of wheat in response to increased temperatures at key periods for grain number and grain weight determination: considerations for the climatic change scenarios of Chile. *J Agril Sci*, 209-221.

- Lobell, D. 2012. The influence of climate change on global crop productivity. *Plant physiology*, 1686-1697.
- Lozano del Río, A, J. 2002. Triticales forrajeros para la Región Lagunera. *Revista Agropecuaria Laguna*. 29(6):4-5.
- Lozano-del Río, A. J., Zamora-Villa, V. M., Ibarra-Jiménez, L., Rodríguez-Herrera. S. A., de la Cruz-Lázaro, E., y de la Rosa-Ibarra, M. 2009. Análisis de la interacción genotipo-ambiente mediante el modelo AMMI y potencial de producción de triticales forrajeros (*X Triticosecale wittm.*). *Universidad y Ciencia*. 25(31):81-92.
- Lukac, G. M. 2011. Asynchronous flowering and with in plants flowering diversity in wheat and the implication for the crop resilience to heat. *Ann Bot*, 843-850.
- Lukaszewski y Gustafson 1979. Translocation of chromosomes in triticale x wheat hybrids. *Theor App Genet* 64: 239-248.
- Ma, S. 2009. Impact of climate change in wheat in England and Wales. *JR Soc, Interface*, 343-350.
- McClung. M.S. 2010. Ambient thermometer in plant. *Physiological Output towards Mechanism of thermal Sensing*, 1086 - 1092.
- Mendoza, M; Andrio, E; García, JG. 2006. El Triticale: un cereal para forraje con futuro para zonas marginadas. Artículo de Difusión. *Revista TECNOAGRO, México*. 26:48-50.
- Mitra R, Bhatia CR (2008) Bioenergetic cost of heat tolerance in wheat crop. *Curr Sci* 94:1049–1053.
- Molden A. D. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan—Colombo: International Water Management Institute.
- Nagarajan, S. (2005). Can India produce enough wheat even by 2020 ?. *Curr Sci* 89(9):1467–1471.
- Nahar, A. K. 2010. Phenological variation and its relation with yield in several wheat cultivars under Noemal and late sowing mediated heat stress condition. *Not Sci Biol*, 51-56.

- Nawaz, F. M. 2013. Differential response of wheat cultivars to terminal heat stress. *Int J Agric Biol.*
- Nicolas ME, Lambers H, Simpson RJ, Dalling MJ. 1985. Effect of post-anthesis drought on cell division and starch accumulation in Ortiz-Monasterio, R. J. I., Sayre, K. D., Rajaram, S., and McMahon, M. 1997. Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four N rates. *Crop Sci.* 37: 898–904.
- Parrotta L, Faleri C, Cresti M, Cai G (2016) Heat stress affects the cytoskeleton and the delivery of sucrose synthase in tobacco pollen tubes. *Planta* 243:43–63.
- Pomeranz, Y. 1980. What? How much? Where? What function? In breadmaking, *Cereal Foods World* 25:656
- Porter, G. M. 1999. Temperature and growth and development of wheat. *European Journal of Agronomy*, 23-36.
- Poysa, V.W. 1985. Effect of forage harvest on grain yield and agronomic performance of winter triticale, wheat and rye. *Can. J. Plant Sci.* 65:879-888.
- Prasad, B. K. 2006. Species, ecotype and cultivar differences in spikelet fertility and harvest index of rice in response to high temperature stress. *Field Crop Research*, 398-411.
- Prasad, P. S. 2008a. Impact of night time temperature on physiology and growth of spring wheat. *Crop Sci*, 2372-2380.
- Rahman, C. J. 2009. Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under control environment. *Bangladesh J Agric Res*, 361-372.
- Raines, C. A. 2011. Increasing photosynthetic carbon assimilation in C3 plants to improve crop yield: Current and future strategies. *Plant Physiol.*, 155-3642.
- Roberts, S. R. 1987. Measurements and prediction of flowering in annual crops. Atherton JG (eds.), *Manipulation of Flowering*, 17-50.
- Rojas, GC. 2004. Manual de producción de bovinos de carne para la VIII, IX y X regiones, INIA, Corillanca, Chile. 25 p.
- Romero, O; Rojas, C; Butendieck, N; Hazard, S. 1999. Producción de materia seca y calidad nutritiva de tres especies de cereales: avena, cebada y triticale para ensilaje. XXXIV Reunión Anual de la Sociedad Chilena de

- Producción Animal (SOCHIPA), Temuco, Chile. 27-29 de octubre. Sociedad Chilena de Producción Animal, Santiago Chile. p. 49-50.
- Royo, C. 1992. El triticale. Base para el cultivo y aprovechamiento. Madrid, España. Agro-vías. Mundi-prensa. 96 p. SAS, 2002. Statistical Analysis System. Version 9.0 Institute Inc. Cary NC, USA.
- Royo, C., Insa, J.A., Boujenna, A., Ramos, J.M., Montesinos, E., García del Moral, L.F., 1994. Yield and quality of spring triticale used for forage and grain as influenced by sowing date and cutting stage. *Field Crops Res.* 37, 161–168
- Sadras, V.O. 2007. Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. *Field crops research*, 125-138.
- Saini HS, Westgate ME. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy* 68: 59–95.
- Santiveri, F., Royo, c., Romagosa, I. Growth and yield responses of spring and winter triticale cultivated under Mediterranean conditions. *Europ. J. Agronomy* 20 (2004) 281–292
- Semenov MA (2009) Impacts of climate change on wheat in England and Wales. *J R Soc Interface* 6:343–350.
- Shewry PR, Underwood C, Wan Y, Lovegrove A, Bhandari D, Toole G, Mills ENC, Denyer K, Mitchell RAC. 2009. Storage product synthesis and accumulation in developing grains of wheat. *Journal of Cereal Science* 50, 106–112.
- Song WF, Z. L. 2015. Effect of timing of heat stress during grain filling in two wheat varieties under moderate and very high temperature. *Indian. J Genet*, 121-124.
- Tashiro, T. & Wardlaw, I. F. 1989. A comparison of the effect of high temperature on grain development in wheat and rice. *Annals of Botany* 64, 59–65.
- Texeira, F. E. 2013. Global hotspot of heat stress on agricultural crops due to climate change. *agriculture & forestry Meteorology*, 206-115.
- Trethowan, R. M., van Ginkel, M., and Rajaram, S. 2002. Progress in breeding for yield and adaptation in global drought affected environments. *Crop Sci.*42:1441–1446.

- Varughese, G. 1994. triticale; Present status and challenges ahead. Proc 3rd. Int. Triticale Symp. Lisbon, Portugal.
- Venkateswarlu B, Visperas RM. 1987. Source-sink relationships in crop plants. *International Rice Research Institute Paper Series* 125: 1–19.
- Vijayalakshmi, F. A. 2010. Modeling and mapping QTL for senescence-related traits in winter wheat under high temperature. *Mol Breed*, 163-175.
- Wardlaw, I. F., Dawson, I.A. & Munibi, P. 1989. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. II. Grain development. *Australian Journal of Agricultural Research* 40, 15–24.
- Wollenweber B, Porter JR, Schellberg J (2003) Lack of interaction between extreme high-temperature events at vegetative and reproductive growth stages in wheat. *J Agron Crop Sci* 189:142–150.
- Wriggle C. 2006. Global Warming and Wheat Quality. *Cereal Food World*, 34-36.
- Yamamoto, A. R. 2008. Quality control of photosystem II: impact of light and heat stresses. *Photosynth Res*.
- Ye, C.W., Díaz, S.H., Lozano-del Río, A.J., Zamora-Villa, V.M., Ayala, O.M. 2001. Agrupamiento de germoplasma de triticale por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Téc. Pecu.* 39(1):15-29.
- Yin, G. W. 2009. A quantitative approach to characterize sink-source relationships during grain filling in contrasting wheat genotypes. *Field Crops Res*, 114-119.
- Yoshida S. 1972. Physiological aspects of grain yield. *Annual Review of Plant Physiology* 23: 437–464.
- Zhang J, Sui X, Li B, Su B, Li J, Zhou D. 1998. An improved water-use efficiency for winter wheat grown under reduced irrigation. *Field Crops Research* 59: 91–98.

