

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Acumulación de Materia Seca en el Grano de Triticales de Diferentes
Hábitos de Crecimiento

Por:

ABELARDO DÍAZ DÍAZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Acumulación de Materia Seca en el Grano de Triticales de Diferentes
Hábitos de Crecimiento

Por:

ABELARDO DÍAZ DÍAZ

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN


Aprobada por el Comité de Asesoría:



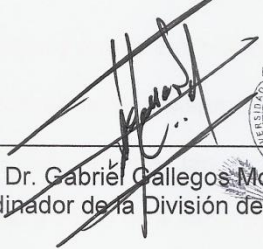
Dr. Alejandro Javier Lozano Del Río
Asesor Principal



Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos
Coasesor



Ing. Raúl Gándara Huitrón
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2016

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Sr. Lucas Díaz Díaz

Sra. Magdalena Díaz Pérez

Autores de mi vida, que con su amor, esfuerzo, dedicación y sus buenos consejos he terminado al fin mi carrera y ser un profesional de bien. Por creer en mí y enseñarme a valorar las cosas de la vida porque ustedes son mi más grande fortaleza a seguir luchando por mis sueños y hacerlos realidad. Por haberme dado la mejor herencia que un padre le puede dar a un hijo que es el estudio y este proyecto que juntos construimos hace mucho tiempo es un hecho y el logro hoy alcanzado también es de ustedes. Con cariño, respeto y admiración... ¡Muchas Gracias! y Dios me los bendiga siempre.

A MIS HERMANOS (AS):

Alberto, Andrés Avelino, Bernardo, Cristina, Guadalupe, Ernesto, Adrián, Regina y Erasto

Por todo el cariño, confianza y apoyo incondicional que me han brindado y ser mi fuente de inspiración en la vida diaria. Gracias por crecer al lado de ustedes y enseñarme a que rendirse tan fácil es de fracasados que lo importante es saber cuándo y cómo levantarse para alcanzar el éxito. Espero que este lazo familiar prevalezca siempre unido ya que la unión hace la fuerza. Mi mayor admiración y respeto... ¡Gracias hermanos!

A MIS SOBRINOS:

Jesús Alberto, Roberto Carlos, Elisa Magdalena, Dylan Andrés, José Bernardo, y Jacqueline Berenice.

Por ser alegrías en la casa y convertirme en un ejemplo a seguir para que forjen sus futuros de bien.

A MIS ABUELOS

(†) Andrés Hernández Díaz, Pascuala Díaz Ruíz, (†) Marcos Díaz González, y (†) Manuela Pérez Hernández

Por sus gratos consejos, a quienes admiro por luchar para dar lo mejor en la vida a pesar de las dificultades y enseñarme a no darme por vencido. Por sus oraciones y porque sé que desde lo más lejos me están cuidando.

A MIS TÍOS

Por el buen ejemplo a seguir, de que la familia es gente trabajadora y de prosperidad. Por esos ánimos y por los consejos que me brindaron durante mi desarrollo académico.

A MIS PRIMOS

Por compartir momentos inolvidables desde la infancia y estar al pendiente de las situaciones familiares a pesar de la distancia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Principalmente por darme la vida, salud, y fortaleza en todo momento de angustia y soledad. Por escuchar mis plegarias, guiarme en el camino correcto de la vida a tomar buenas decisiones, y por permitirme llegar en esta etapa de mi vida de culminar mi carrera en la que puedo compartir con las personas que quiero de corazón.

A mi “**Alma Terra Mater**” mi grandiosa institución, por abrirme las puertas y formar parte de tí, por la preparación que recibí dentro y fuera de tus aulas para formarme como profesionista. Gracias por todos los servicios que se me ofreció ya que sin ello mi estancia no fuese posible en la Universidad. Siempre te tendré presente y claro sentir ese orgullo de ser un Buitre de Narro.

Al **Dr. Alejandro Javier Lozano del Río**, por su amistad brindada, su paciencia, sus conocimientos, su tiempo y dedicación para culminar mi trabajo de investigación, ya que fue parte muy importante en mi formación profesional. Mis más gratos y sinceros reconocimientos por su dedicación a la investigación y muchas gracias por haberme aceptado en su equipo de trabajo.

Al **Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos**, por su participación en este estudio, y por los conocimientos transmitidos durante mi desarrollo académico.

Al **Dr. Gabriel Gallegos Morales**, por su colaboración y formar parte del jurado.

Al **Ing. Raúl Gándara Huitrón**, por su colaboración y participación en esta investigación y formar parte del jurado calificador.

Al **Ing. René de la Cruz Rodríguez**, por sus consejos, amistad, conocimientos transmitidos en el aula y haber sido mi tutor durante mi carrera

A **Todos los Profesores**, que durante mis estudios me brindaron apoyo y compartieron sus conocimientos para mi desarrollo profesional.

A **Todos mis Amigos y Compañeros de la Generación CXXII**, por la amistad y los momentos de convivencia que compartimos durante la carrera.

A los **Trabajadores del Programa de Cereales**, que con su trabajo hacen posible la investigación en los campos experimentales y en las bodegas de procesamiento.

A **Mis Compañeros de Tesis**, que juntos hicimos posible el trabajo de investigación siempre conviviendo en armonía y en equipo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
3. Hipótesis.....	4
4. Revisión de literatura.....	5
Generalidades.....	5
Origen del triticale.....	5
Importancia	5
Clasificación taxonómica.....	6
Tipos de triticale.....	8
Descripción botánica.....	9
Requerimientos edafoclimáticos.....	10
Estructura del grano de triticale.....	11
Llenado de grano en los cereales.....	11
Efecto de la alta temperatura en la formación de grano.....	13
El tamaño del carpelo, el llenado del grano y la morfología.....	13
Mejoramiento para potencial de producción y adaptación al estrés.....	14
Efecto del déficit de humedad sobre los cultivos.....	15
Efecto del déficit de humedad a nivel planta y nivel cultivo.....	16
Efecto de la sequía en la etapa de crecimiento vegetativo.....	17
Acumulación de biomasa	18
Evaluación de biomasa de los cereales de grano pequeño.....	18
Formación y calidad del rendimiento del triticale invernal.....	19
Llenado de grano en triticale.....	20
5. Materiales y métodos.....	23
Localización del sitio experimental.....	23

Desarrollo del experimento.....	23
Material genético utilizado.....	23
Preparación del terreno.....	24
Fecha de siembra.....	25
Tamaño de parcela experimental.....	25
Fertilización.....	25
Regímenes de riego.....	25
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	26
Muestreos de grano en la espiga.....	26
Diseño experimental utilizado en campo.....	27
Variable registrada.....	27
Análisis estadísticos.....	27
Modelo estadístico por muestreo para las variables en estudio.....	27
Pruebas de comparación de medias.....	28
6. Resultados.....	28
7. Discusión.....	33
8. Conclusiones.....	40
9. Literatura citada.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

1. Lista de genotipos utilizados en Navidad, N.....	24
2. Resultados de los análisis de varianza por muestreo.....	28
3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos en los ocho muestreos.....	29
4. Resultados de la prueba de comparación de medias entre los grupos de las variedades evaluadas en los ocho muestreos.....	30
5. Resultados de los análisis de varianza para acumulación de materia seca por dosis de fertilización. Navidad 2015.....	31
6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización. Navidad 2015.....	32

INDICE DE FIGURAS

Patrones de acumulación de peso de grano individual de los cuatro grupos de triticales en cada una de las dosis de fertilización.....	33
Patrones de acumulación de peso de grano individual entre experimentos a través de los muestreos.....	34
Patrones de acumulación de peso de grano individual de los cuatro grupos de triticales a través de los muestreos.....	35
Contenido de humedad del suelo.....	36
Relación entre el peso de grano individual y el rendimiento final de grano en la dosis de fertilización 1 (fertilizado).....	37
Relación entre el peso de grano individual y el rendimiento final de grano en la dosis de fertilización 2 (no fertilizado).....	38
Relación entre el peso de grano individual y el rendimiento final de grano global.....	39

RESUMEN

El llenado del grano es la etapa final del crecimiento de los cereales, su duración y velocidad determinan el peso final del grano, que repercute en el valor del cultivo al influir en el rendimiento, las características del grano y la calidad, un componente clave de la producción total. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del déficit de humedad y la fertilización en muestreos sucesivos a partir de la etapa reproductiva sobre la acumulación de materia seca en el grano de triticales de diferente hábito de crecimiento. El estudio se realizó en el Campo Experimental de la UAAAN en Navidad, N.L. en el ciclo otoño-invierno 2014-2015, bajo tres regímenes de humedad y dos dosis de fertilización, en un diseño experimental de bloques completos al azar. Fueron utilizados 4 líneas de triticales primaverales, 2 facultativos, 2 intermedios-invernales y 4 invernales. Se realizaron 8 muestreos destructivos para estimar la acumulación de materia seca en el grano de cada genotipo. En promedio de cada muestreo, los genotipos primaverales y facultativos registraron significativamente un mayor peso de grano que los tipos tardíos. Existió también una correlación positiva entre el peso de grano individual y el rendimiento de grano.

Palabras clave: triticales, materia seca del grano, regímenes de humedad, dosis de fertilización.

INTRODUCCIÓN

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es una cereal de invierno, que hoy presenta rendimientos equivalentes o superiores a los del trigo, centeno y avena. Se siembra principalmente para consumo animal, especialmente como grano concentrado, compitiendo exitosamente por calidad y precio con el maíz (*Zea mays* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Rojas 2004).

Actualmente, el cultivo de triticale constituye una alternativa de producción por la resistencia del centeno y potencial de rendimiento y las cualidades nutritivas del trigo. El centeno ha aportado al triticale una gran resistencia al frío y a las enfermedades. El triticale es hoy equivalente al trigo en condiciones normales de producción. En condiciones de estrés (temporal), presenta incluso un mejor comportamiento que el trigo: en suelo seco, permite obtener un rendimiento superior; asimismo, en suelo hidromorfo, gracias a su fuerte capacidad para rebrotar, compensará más fácilmente las pérdidas de brotes que un trigo o una cebada (Mendoza *et al.* 2006).

Entre las características que resaltan es 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). La mayor ventaja del triticale, su alto contenido de proteína (promedio 15%) conforme se ha ido mejorando el llenado de grano incrementa el tamaño del endospermo determinando la proporción de varios aminoácidos esenciales presentes, lisina y triptófano en particular, convierte al triticale en un producto

de buen valor biológico, el mismo que mide la proporción de nitrógeno absorbido que es retenido por el cuerpo animal (Varughese, 1994)

La mayor proporción 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 cereales de invierno, y especialmente en regiones áridas y semiáridas como las presentes en el 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 liberación 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:

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el efecto del déficit de humedad y la fertilización en muestreos sucesivos a partir de la etapa reproductiva sobre la acumulación de materia seca en el grano de triticales de diferente hábito de crecimiento.

Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto del déficit de humedad en muestreos sucesivos a partir de la etapa reproductiva sobre la acumulación de materia seca en el grano de triticales de diferente hábito de crecimiento.

2. Identificar los hábitos de crecimiento de triticales con mayor tolerancia al déficit de humedad en comparación con su comportamiento en condiciones de riego normal.

3. Determinar el efecto de la ausencia de fertilización nitrogenada sobre la acumulación de materia seca en el grano de triticales de diferente hábito de crecimiento.

4. Identificar los hábitos de crecimiento de triticales con menor disminución en la acumulación de materia seca en el grano en comparación con su comportamiento bajo fertilización nitrogenada.

HIPÓTESIS

a) No existe diferencia entre regímenes de humedad para la acumulación de materia seca en el grano entre los grupos de triticales.

b) No existe diferencia entre dosis de fertilización para la acumulación de materia seca en el grano entre los grupos evaluados.

REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos generales del cultivo

Origen

El Triticale (X *Triticosecale* Wittmack) fue el primer cereal hecho por el hombre; es un producto de la cruce entre el trigo (*Triticum sp.*) y centeno (*Secale cereale* L.) creado en laboratorio, a fines del siglo XIX. Los primeros conocimientos sobre la existencia del triticale fueron hechos 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.

Importancia

El triticale es un cereal de invierno, que hoy presenta rendimientos equivalentes o hasta superiores a los del trigo, centeno y avena. El triticale (X *Triticosecale* Wittmack) se siembra principalmente para consumo 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 resistencia del centeno y el potencial de rendimiento y las cualidades nutritivas del trigo. El centeno ha aportado al triticale una gran resistencia al frío y a las enfermedades. El triticale es hoy equivalente al trigo en condiciones normales de producción. En condiciones de estrés (temporal), presenta incluso un mejor comportamiento que el trigo: en suelo seco, permite obtener un rendimiento superior; asimismo, en suelo hidromorfo, gracias a su fuerte capacidad para rebrotar, compensará más fácilmente las pérdidas de brotes que un trigo o una cebada (Mendoza et al. 2006). Entre las características que resaltan es 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).

Clasificación taxonómica

El triticale ha sido clasificado de la siguiente manera:

Reino:Plantae, División:Magnoliophyta, Clase:Liliopsida, Orden:Poales

Familia: Poaceae, Subfamilia:Pooideae, Tribu:Triticeae, Género:Triticosecale

Wittm. ex A.Camus, 1753, Especie:Triticum aestivum L.

El triticale podemos clasificarlo según el tipo de cruzamiento por el cual ha sido obtenido, también podemos clasificarlos según el número de cromosomas que poseen y una última clasificación es por la presencia o no de la dotación cromosómica del centeno de manera completa (Royo, 1992).

La clasificación según el tipo de cruzamiento, divide los triticales en triticales primarios, que son triticales obtenidos directamente del cruzamiento entre el trigo y el centeno y triticales secundarios que se obtienen de cruzar triticales primarios con trigo o con otros triticales para conseguir mejorar las características. La gran mayoría de los triticales cultivados en la actualidad pertenecen a este grupo. Si clasificamos según el número de cromosomas se establecen los siguientes tipos como son los triticales hexaploides que son los triticales obtenidos a partir del cruzamiento entre el trigo duro (especie tetraploide, 28 cromosomas) y el centeno (especie diploide, 14 cromosomas). Como resultado nos da un grano que casi nunca llega a germinar normalmente, porque el embrión suele abortar. Mediante cultivo de embriones podemos obtener una planta fértil, que tendrán 42 cromosomas. Un segundo tipo son los triticales octoploides los cuales parten del trigo harinero en lugar de trigo duro el cual es una especie hexaploide, y el centeno que es diploide. No es necesaria la técnica de cultivo de embriones (Royo, 1992). La última clasificación que se establece es según su dotación cromosómica y diferencia entre triticales completos, que son los que poseen la dotación completa del centeno, poseen el genomio R completo y los triticales sustituidos en los cuales algunos cromosomas del genomio R han sido sustituidos por cromosomas procedentes

del genomio D del trigo harinero. En general los triticales completos tienen un aspecto más parecido al centeno, suelen ser más altos y las espigas son más largas y curvadas en la madurez. Los triticales sustituidos son más parecidos al trigo. Hay algunos triticales de aspecto intermedio entre ambos grupos y es muy difícil apreciar a simple vista a qué grupo pertenecen.

Tipos de triticales

Con base a su patrón productivo y hábito de crecimiento, en México se han desarrollado materiales de triticales para uso forrajero, principalmente para cortes múltiples o pastoreo (Lozano del Río, 2002). En este tipo de explotación es imprescindible la 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 medios, semipostrados, con buen ahijamiento y alta capacidad de rebrote que permite dar cortes múltiples, sin ser tan tardíos como los tipos invernales (Lozano *et al.*, 2009; Royo *et al.*, 1995; Ye *et al.*, 2001). Estos últimos son excelentes en la producción de forraje 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.

Descripción botánica

Una hierba tupida anual que se forma entre 5 y 15 brotes y sistema radicular fibroso a una profundidad de 1.5 metros, el tallo es caña hueca presentado a 140 cm de altura (en las variedades forrajeras hasta 200 cm), con 4-6 entrenudos. Limbo lineal o lanceolado, de hasta 35 cm de largo y 3 cm de ancho, con una lengua cubierta con flor.

El triticales es una planta autógena, las flores se recogen en inflorescencias - un pico compuesto de hasta 35 espiguillas, de hasta 18 cm en una espiguilla está formado de 2 a 6 flores, cada flor tiene escalas, tres estambres y el pistilo. Las glumas es similar a las del trigo, el grano es un cariósido con superficie rugosa, por lo general de color amarillento-café.

El triticale pasa por las mismas fases de la ontogenia que otros cereales: germinación, macollaje, floración, maduración del grano, la madurez de la cera y la plena madurez. La longitud de la estación de crecimiento es 250 a 325 días.

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 33°C

- Suelo: 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.

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

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 característicamente 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 (Pomeranz 1980). El grano de triticale es usualmente de color amarillento-café pero este defecto es enmascarado por una cubierta y por la capa del material del pericarpio, el cual elimina esa apariencia (Pomeranz, 1980).

Llenado de grano en los cereales

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 requieren el inicio de la senescencia de plantas completas 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 (Nicolás et al., 1985)

Generalmente se cree 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 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). Un retraso de la senescencia, que en la práctica puede ser inducida por el uso intenso de fertilizante nitrogenado (N) o por la adopción de cultivares resistentes al acame que permanecen "verdes" durante demasiado tiempo (es decir, las plantas permanecen verdes cuando los granos deben madurar) da como resultado una baja tasa de llenado de grano conduciendo a muchos granos mal llenos.

Efecto de la alta temperatura en la formación del grano

Las plantas a temperaturas moderadamente elevadas provocan una disminución de peso en el grano, ya que la temperatura alta es un factor importante que limita el rendimiento de triticale en muchas áreas productoras (McDonald et al. 1983); por cada 1° C de incremento 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.

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).

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 cambiar a una variedad de cultivos existentes, pueden moderar el impacto negativo del cambio climático. Sin embargo, mejoras en la productividad de los cultivos para satisfacer el requisito mencionado no serán fáciles sin más avances tecnológicos que permitan techos de rendimiento mayores a través del desarrollo de nuevas variedades (Rosenzweig y Parry, 1994). La expansión del riego podría considerarse otra opción para contrarrestar los efectos del cambio climático. De hecho, el aumento en la producción de cereales en las últimas décadas se ha logrado en su mayoría bajo regadío, a través de la difusión de nuevas variedades de cultivos y prácticas agronómicas adecuadas para ecosistemas específicos. Actualmente, la agricultura utiliza el 75% del consumo mundial total de agua (Molden, 2007), y en términos absolutos el consumo de

agua en la agricultura aumentará en las próximas décadas (Falkenmark y Rockstör, 2004).

Los factores de estrés abióticos con frecuencia limitan el crecimiento y la productividad de las principales especies de cultivos, como los cereales. El mayor factor de estrés abiótico que limita el crecimiento de los cultivos en todo el mundo es la disponibilidad de agua (Araus et al., 2002). 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 y col. 1997; Abeledo et al., 2003).

Efecto del déficit de humedad sobre los cultivos

El mayor factor que limita el crecimiento y la producción de los cultivos a nivel mundial es la disponibilidad de agua (Araus *et al.*, 2002). En la mayoría de las empresas agrícolas, las deficiencias de humedad durante cualquier etapa del desarrollo de las plantas disminuyen su rendimiento. Se ha demostrado que los incrementos en el potencial genético de los cultivos se expresan mejor en ambientes óptimos, sin embargo, también están asociados con un mejor comportamiento productivo bajo déficits de humedad o sequía (Trethowan *et al.*, 2002; Araus *et al.*, 2002).

Es necesario mejorar la eficiencia en el uso del agua en la producción de cultivos, tanto bajo condiciones de riego como de temporal (Hamdy *et al.*, 2003). Se requerirán distintas estrategias para mejorar la productividad en el uso del agua bajo las mencionadas condiciones; entre ellas, está el desarrollo de

nuevas variedades que sean más eficientes en el uso de este insumo, así como otras estrategias, que incluyan un mejor manejo del recurso hídrico y también cambios en el manejo de los cultivos, tomando en cuenta que ninguna de ellas debe de implementarse en forma aislada (Wang *et al.*, 2002).

Efecto del déficit de humedad a nivel planta y nivel cultivo

A nivel planta individual y cultivo, las repercusiones más importantes de la deficiencia de humedad se reflejan en los procesos fenológicos, desarrollo físico, crecimiento, asimilación de carbono, partición de asimilados y reproducción. Estos efectos mayores son determinantes en las variaciones del rendimiento de los cultivos causadas por el estrés de sequía. El crecimiento depende de la división y expansión celular. De estos, la expansión celular es probablemente la más sensible a los déficits de humedad, ya que depende del mantenimiento de la turgencia de las células, así como de la extensibilidad de la pared celular y otros factores. Esta menor expansión celular como respuesta al déficit de agua sirve para disminuir el uso del agua por la planta, pero al mismo tiempo lleva a una menor productividad de la misma. Si la reducción en el uso del agua por la planta no es suficiente para mantener la turgencia, disminuye además la transpiración debido al cierre los estomas. Inicialmente, el cierre reduce la transpiración, más que la asimilación de CO₂, pero al avanzar el estrés ambos se reducen drásticamente. El marchitamiento es una expresión de la pérdida de turgencia, la cual se manifiesta de forma diferente

de acuerdo a la especie de planta, como por ejemplo, el enrollamiento de las hojas en cereales.

Efecto de la sequía en la etapa de crecimiento vegetativo en la formación del rendimiento de grano y algunas características fisiológicas.

Las plantas en condiciones naturales y agrícolas están expuestas a estrés constante. La sequía limita el crecimiento de las plantas y cultivos de campo producción más que cualquier otro estrés ambiental (Zhu 2002).

Se considera que la sequía y el estrés por calor son los dos principales factores ambientales que limitan el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Wang et al. 2003; Prasad et al. 2008). Estos dos factores de estrés inducen muchos cambios bioquímicos, moleculares y fisiológicos y respuestas que influyen en diversos procesos celulares y toda la planta que afectan la calidad y rendimiento del cultivo.

Algunos estudios han reportado que la sequía agrava enormemente los efectos del estrés por calor en el crecimiento de las plantas y fotosíntesis (Xu y Zhou 2005; 2006). El cierre estomático es una de las primeras respuestas de las plantas al déficit hídrico, que limita la pérdida de agua de transpiración y ayuda a las plantas para retener agua estado de sequía. Sin embargo, en el cierre de estomas, la reducción de la disponibilidad de CO₂ en el metabolismo de carbono fotosintético, deprime la tasa de asimilación neta de CO₂ e inhibe la

capacidad de las plantas por acumulación de materia seca (Chaves et al. 2009; Hajiboland et al. 2014).

Mirzaei et al. (2011), reportó que el estrés por sequía en todas las etapas de crecimiento, induce la reducción del rendimiento de grano y los componentes del rendimiento. El estrés por sequía en las fases de alargamiento del tallo, floración y llenado del grano indujo 32%, 32% y 35% de reducción en el rendimiento de grano, respectivamente.

Acumulación de biomasa

El rendimiento final de grano en cereales de grano pequeño se determina por la producción total de biomasa y la proporción de biomasa asignada a los granos, el denominado índice de cosecha (Van den Boogaard et al., 1996). Futuros aumentos en el potencial de rendimiento en gran parte se deben lograr mediante el desarrollo de variedades con mayor biomasa manteniendo un índice de cosecha alta (Slafer et al., 1999).

Evaluación de biomasa de los cereales de grano pequeño

Los rasgos más integradores de las plantas responsables de los aumentos del rendimiento de grano en los cereales de grano pequeño son la biomasa total producida por el cultivo y la proporción de la biomasa asignada a los granos, el denominado índice de cosecha (Van den Boogaard et al., 1996).

La materia seca total se determina principalmente por dos procesos: I) la interceptación de la irradiación solar y II) La conversión de la energía radiante

interceptada a energía química potencial, que depende de la eficiencia fotosintética global del cultivo (Hay, R. Walker, 1989).

El ciclo de crecimiento de los cereales de grano pequeño implica cambios de tamaño, forma y número de órganos de la planta. Las etapas externas de crecimiento cereales incluyen germinación, emergencia del cultivo, crecimiento de las plántulas, macollaje, la elongación del tallo, arranque, aparición de la inflorescencia, antesis y madurez.

Formación y calidad del rendimiento del triticale invernal afectado por la tasa de N, y el tiempo

Con el fin de optimizar el uso de fertilizantes nitrogenada en el cultivo y para minimizar la volatilización de N y el riesgo de contaminación de agua subterránea y superficie, es necesario obtener una mejor comprensión de los efectos de las prácticas de manejo de los cultivos sobre la materia seca de los cultivos (MS) y la acumulación de N. Para una producción de cultivos moderna y ambientalmente segura, los altos niveles de utilización de fertilizantes nitrogenados (N) han ganado mayor importancia, además de mantener un alto nivel de rendimiento del grano (Sticksel et al., 1999).

La aplicación de fertilizantes de nitrógeno en etapas diferentes de la planta tiene un efecto esencial en la altura de los tallos y calidad del rendimiento de grano. El régimen de fertilización afecta a la formación biomasa de diferentes cultivos sobre el nivel y calidad de rendimiento del grano. En contraste, el N

aplicada más tarde en la estación de crecimiento es tomado más rápidamente, resultando en una mayor eficiencia de uso de N fertilizante.

El nitrógeno (N) es el nutriente principal que influye en el rendimiento de grano y en la concentración de proteínas pero también actúa retrasando la maduración del grano, aumentando la tasa del secado de grano o reduciendo su tamaño afectando así su morfología (Gooding et al. 1986).

La fecha de siembra es uno de los factores más importantes que afectan a la producción de cereales y su calidad (McLeod et al., 1992). En una región determinada, la óptima fecha de siembra depende principalmente de la sincronización de la precipitación (Jackson et al., 2000). En la mayoría de los casos, retrasar la siembra más allá del período óptimo reduce los rendimientos (Anderson y Smith, 1990; Bassu et al., 2009).

Llenado de grano en triticales

El triticales es un cultivo interesante para condiciones áridas y semiáridas, particularmente en aquellas áreas que limitan la productividad del trigo y la cebada (Giunta *et al.*, 1999). Sin embargo, 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 ambos hábitos de crecimiento para ambientes mediterráneos. En un estudio con triticales de diferente hábito de crecimiento, Santiveri *et al.*, (2004), reporta 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. Los triticales primaverales tuvieron un promedio de llenado máximo del grano 40%, mayor que el de los tipos de invierno. En el presente trabajo, el rendimiento de grano en triticales 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. Los genotipos de primavera produjeron un 21% más que los tipos de invierno, probablemente debido a que escaparon del estrés hídrico terminal. El rendimiento de grano se correlacionó significativamente con el peso máximo del grano ($R^2 = 0,87$). Giunta *et al.* (1999) analizaron el efecto del peso final del grano sobre el rendimiento de triticales cultivado bajo condiciones mediterráneas. Sugirió, sin un detallado análisis de llenado de granos, que el mayor peso del grano resultó de una tasa más alta, favorecida por las condiciones más favorables en el período previo a la antesis. Las diferencias entre el hábito de crecimiento de primavera e invierno, mostradas en el presente estudio, apoyan claramente esta hipótesis. 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 mejorar los rendimientos en el triticales de primavera 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.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Sitio Experimental

El presente estudio se realizó durante el ciclo otoño - invierno 2014-2015 en el Campo Agrícola Experimental de la UAAAN, en Navidad, N. L., ubicado entre las coordenadas 25° 04´ Latitud Norte y 100° 56´ Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,895 msnm.

Se sembraron tres juegos del experimento, con el objetivo de someter el primero de los experimentos bajo condiciones de riego normal (50 cm de lámina total); el segundo eliminando el riego en etapa vegetativa (final de amacollamiento, 40 cm de lámina total) y el tercero eliminando el riego a partir de la floración (40 cm de lámina total).

Desarrollo del Experimento

Material genético utilizado

En el Cuadro 1 se presenta la lista de los 12 genotipos utilizados en los experimentos, de los cuales 4 fueron líneas experimentales de triticale con hábito de crecimiento primaveral, 2 del tipo facultativo, 2 del tipo intermedio-invernal y 4 de hábito invernal, que fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cuadro 1. Lista de genotipos y sorteo utilizados en el Experimento.

Navidad, N.L. Ciclo 2014 – 2015.

Trat.	Descripción	R1 Parcela	R2 Parcela	R3 Parcela	Hábito de crecimiento
V1	AN-123	1	14	26	Primaveral
V2	AN-125	2	21	32	Primaveral
V3	AN-137	3	19	34	Primaveral
V4	ERONGA 83	4	17	29	Primaveral
V5	AN-105	5	24	36	Facultativo
V6	AN-38	6	13	31	Facultativo
V7	AN-66	7	18	25	Intermedio-invernal
V8	AN-184	8	22	33	Intermedio-invernal
V9	ABT	9	16	35	Invernal
V10	AN-31B	10	20	28	Invernal
V11	ANPELON	11	23	30	Invernal
V12	AN-34	12	15	27	Invernal

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.

Fecha de siembra

La siembra se realizó en húmedo el 16 de Enero de 2015 durante el ciclo otoño-invierno 2014-2015. Esta se realizó manualmente, a chorrillo, depositando la semilla en el fondo del surco y tapando posteriormente con el pie.

Tamaño de parcela experimental

Cada unidad experimental estuvo conformada por 10 surcos de 5 m de largo por 30 cm entre hileras (15.0 m²).

Fertilización

A la siembra, en los tres juegos del experimento, en cada unidad experimental (10 surcos), se aplicó a la mitad de la parcela (5 surcos) una dosis de fertilización de 80-00-00, utilizando como fuente urea (46% N). A los cinco surcos restantes no se les aplicó fertilizante.

Regímenes de riego

A los tres juegos del experimento se les aplicó el riego inmediatamente después de la siembra con un sistema de aspersion; posteriormente, en el caso del experimento con riego normal, se aplicaron 4 riegos adicionales en las etapas de amacollamiento, encañe, floración y llenado de grano, dando un total de 50 cm de lámina; al segundo juego se eliminó el riego en etapa vegetativa

(final de amacollamiento, 40 cm de lámina total) y el tercero eliminando el riego a partir de la floración (40 cm de lámina total).

Control de plagas, enfermedades y malezas.

Debido a que no se presentó incidencia de plagas y enfermedades no se realizó control de ningún tipo; el control de malezas, como la incidencia no fue severa, se realizó manualmente.

Muestreos de grano en la espiga

Una semana después de la floración de cada genotipo, se realizaron 8 muestreos de 10 espigas al azar en cada experimento y dosis de fertilización.

Las fechas de muestreo fueron las siguientes:

M1: 01/05/2015

M2: 08/05/2015

M3: 04/05/2015

M4: 21/05/2015

M5: 27/05/2015

M6: 03/06/2015

M7: 11/06/2015

M8: 17/06/2015

Los muestreos se realizaron manualmente, con rozadera, cortando el forraje en 50 cm lineales de un surco con competencia completa, aproximadamente a 2 cm sobre la superficie del suelo.

Diseño experimental utilizado en campo

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

Variable registrada

En cada muestreo, en 10 espigas al azar de cada genotipo se evaluó el peso seco del grano individual en mg.

Análisis estadísticos

Se efectuaron análisis de varianza por muestreo, agrupando las variedades por su hábito de crecimiento.

Modelo estadístico de los análisis de varianza por muestreo para la variable en estudio.

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + r_j (R) + G_k + RiG_k + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

R_i = Efecto del *i*-ésimo régimen

$r_j (R)$ = Efecto de la *j-ésima* repetición dentro del *i-ésimo* régimen.

G_k = Efecto del *k-ésimo* grupo.

$MiGk$ = Efecto de la interacción del *k-ésimo* grupo en el *i-ésimo* régimen.

$Eijk$ = Error experimental.

Pruebas de comparación de medias

Se realizaron pruebas de comparación de medias para la variable estudiada, entre regímenes y grupos, utilizando la prueba de Tukey al nivel de probabilidad registrada en el correspondiente análisis de varianza.

Se calculó el coeficiente de variación para la variable estudiada, esto con la finalidad de verificar el grado de precisión con la que se realizó el experimento utilizando la siguiente fórmula:

Donde:

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

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 los paquetes estadísticos SAS 8.1

RESULTADOS

Los análisis de varianza para peso seco individual de grano reportaron diferencias altamente significativas entre los experimentos en todos los muestreos, excepto en el segundo muestreo, que sólo fue significativa; entre los grupos de triticales se reportaron diferencias altamente significativas en todos los muestreos. La interacción experimento por grupo reportó diferencias significativas a partir del sexto muestreo. Los coeficientes de variación fluctuaron entre 11.7 y 43.4. % (Cuadro 2).

Materia seca (mg)									
CUADROS MEDIOS									
FV	GL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
EXP	2	0.000043102 **	0.000083551 *	0.000453 **	0.000786 **	0.000551 **	0.000475 **	0.000279 **	0.000266 **
REP X EXP	6	0.000004634 ns	0.000029128 *	0.000038155 ns	0.000032706 ns	0.000038278 ns	0.000026186 ns	0.000014932 ns	0.000016958 ns
GRUPO	3	0.000364 **	0.001288 **	0.002955 **	0.003789 **	0.003168 **	0.001338 **	0.000351 **	0.000407 **
M EXP X GRUPO	4	0.000002199 ns	0.000015151 ns	0.000014791 ns	0.000057723 ns	0.000054624 ns	0.000075179 *	0.000048137 *	0.000053257 *
ERROR	131	0.000003516	0.000010771	0.000020116	0.000027322	0.000035422	0.000031803	0.000020266	0.000022839
TOTAL	146								
X GENERAL		0.004315	0.007745	0.014165	0.023533	0.032514	0.036933	0.038461	0.038627
CV %		43.4	42.3	31.6	22.2	18.3	15.2	11.7	12.3

ns: no significativo; * significativo al 0.05 de probabilidad; ** significativo al 0.01 de probabilidad.

Cuadro 2. Resultados de los análisis de varianza para biomasa seca por muestreo entre experimentos y grupos. Navidad 2015.

El Cuadro 3 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre los experimentos para peso seco individual de grano, en donde los primeros dos muestreos no muestran diferencias estadísticas, sin embargo, a partir del tercer muestreo sí se registró diferencia significativa entre los experimentos.

Exp	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	0.0044711 a	0.0065993 a	0.011444 b	0.0205825 b	0.029739 a	0.0340272 b	0.0356758 b	0.0359494 c
2	0.0036894 a	0.0077209 a	0.014647 a	0.0233622 b	0.032575 ab	0.0374693 a	0.0386940 a	0.0386056 b
3	0.0048098 a	0.0088660 a	0.016404 a	0.0266546 a	0.035227 a	0.0340272 a	0.0410131 a	0.0413248 a
DMS α 0.05	0.0014	0.0028	0.0032	0.0029	0.0032	0.0026	0.0024	0.0026

Cuadro 3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos para peso seco individual de grano.

El Cuadro 4 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales. En este cuadro se observa que en todos los muestreos se registraron diferencias significativas entre los grupos para peso seco individual de grano. Cabe mencionar que los últimos dos muestreos del grupo 1 (primaverales) ya no se registraron más datos debido a que los genotipos son precoces y acumulan más rápido el llenado de grano alcanzando su madurez en menor tiempo. Los genotipos primaverales y facultativos acumularon mayor peso individual de grano que los genotipos intermedios-invernales e invernales.

Grupo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	0.0069250 a	0.0133244 a	0.0227360 a	0.032632 a	0.040208 a	0.041765 a	-	-
2	0.0028467 b	0.0075344 b	0.0134500 b	0.025169 b	0.035546 b	0.039252 a	0.0412800 a	0.041628 a
3	0.0010587 c	0.0051408 c	0.0111219 b	0.020228 c	0.030311 c	0.035720 b	0.0399611 a	0.040281 a
4	0.0007246 c	0.0031935 d	0.0074732 c	0.015269 d	0.024404 d	0.031548 c	0.0363014 b	0.036298 b
DMS α 0.05	0.0013	0.0017	0.0024	0.0028	0.0031	0.003	0.0023	0.0024

Cuadro 4. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para peso seco individual de grano. Navidad 2015.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del análisis de varianza para el peso de grano individual, donde no se reportan diferencias estadísticas entre las dosis de fertilización, excepto en el muestreo 8 que sí existió diferencia significativa. Entre los grupos de triticales se reportaron diferencias altamente significativas en todos los muestreos. La interacción dosis de fertilización por grupo no registró diferencias estadísticas. Los coeficientes de variación variaron entre 13.2 y 48.5 %.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
DF	1	0.000001637 ns	0.000002774 ns	0.000005713 ns	0.000034392 ns	0.000070697 ns	0.000130 ns	0.000041521 ns	0.000085430 *
REP X DF	4	0.000002048 ns	0.000018546 ns	0.000019358 ns	0.000022887 ns	0.000051658 ns	0.000042702 ns	0.000017005 ns	0.000023793 ns
GRUPO	3	0.000257 **	0.001273 **	0.002955 **	0.003789 **	0.003168 **	0.001338 **	0.000351 **	0.000407 **
DF X GRUPO	2	0.000001364 ns	0.000005188 ns	0.000038629 ns	0.000065890 ns	0.000034868 ns	0.000049416 ns	0.000009487 ns	0.000006718 ns
ERROR	136	0.0000004390	0.000012398	0.000024599	0.000034193	0.000040571	0.000036620	0.000025881	0.000028120
TOTAL	146								
X GENERAL		0.004315	0.007745	0.014165	0.023533	0.032514	0.036933	0.038461	0.038627
CV%		48.5	45.4	35.0	24.8	19.5	16.3	13.2	13.7

Cuadro 5. Resultados de los análisis de varianza para peso seco individual de grano por dosis de fertilización. Navidad 2015.

Como se observó en el análisis de varianza correspondiente, la aplicación de nitrógeno no registró diferencias estadísticas en comparación con la fertilización cero sobre la acumulación de peso seco individual de grano. De esta forma la prueba de comparación de medias entre las dosis de fertilización no presentó diferencia significativa, excepto en el muestreo 1.

DF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	0.0036317 b	0.0074969 a	0.0141428 a	0.0238239 a	0.0319527 a	0.0361034 a	0.0389104 a	0.0393618 a
2	0.0053947 a	0.0080075 a	0.0141873 a	0.0232423 a	0.0330744 a	0.0377631 a	0.0380115 a	0.0378914 a
DMS α 0.05	0.0007	0.0017	0.0017	0.0018	0.0027	0.0025	0.0019	0.0023

Cuadro 6. Resultados de la prueba de comparación de medias para peso seco individual de grano por dosis de fertilización. Navidad 2015.

DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los patrones de acumulación peso de grano individual (mg) de los grupos de triticale en cada una de las dosis de fertilización en donde la aplicación de nitrógeno (N) no reportó diferencias significativas entre las dosis, sin embargo, sólo en el primer muestreo registró diferencia significativa.

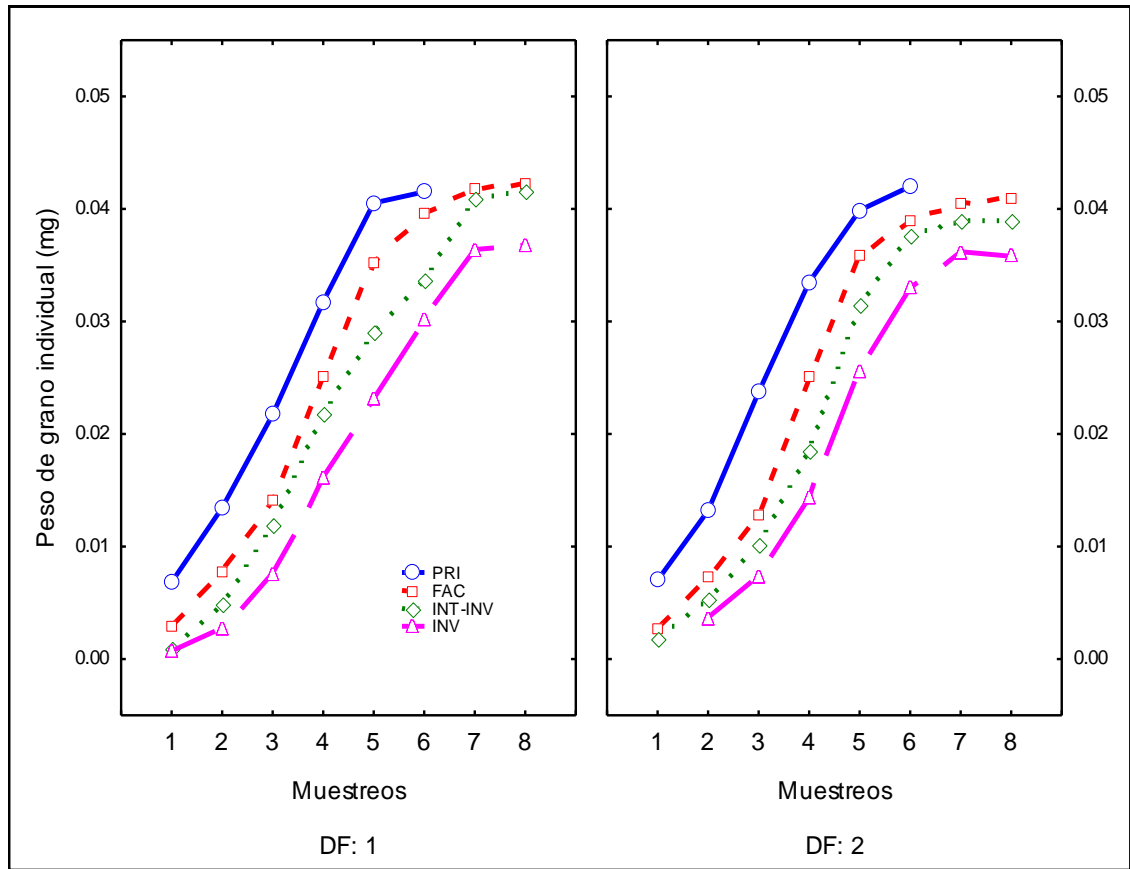


Figura 1. Patrones de acumulación de peso de grano individual de los cuatro grupos de triticale en cada una de las dosis de fertilización.

La Figura 2 muestra los patrones de acumulación de peso de grano individual (mg) entre experimentos a través de los muestreos, en donde a partir del tercer muestreo se reportaron diferencias significativas. Cabe mencionar que el experimento 3 (castigo de riego en etapa reproductiva), registró mayor acumulación de materia seca en el grano entre los genotipos.

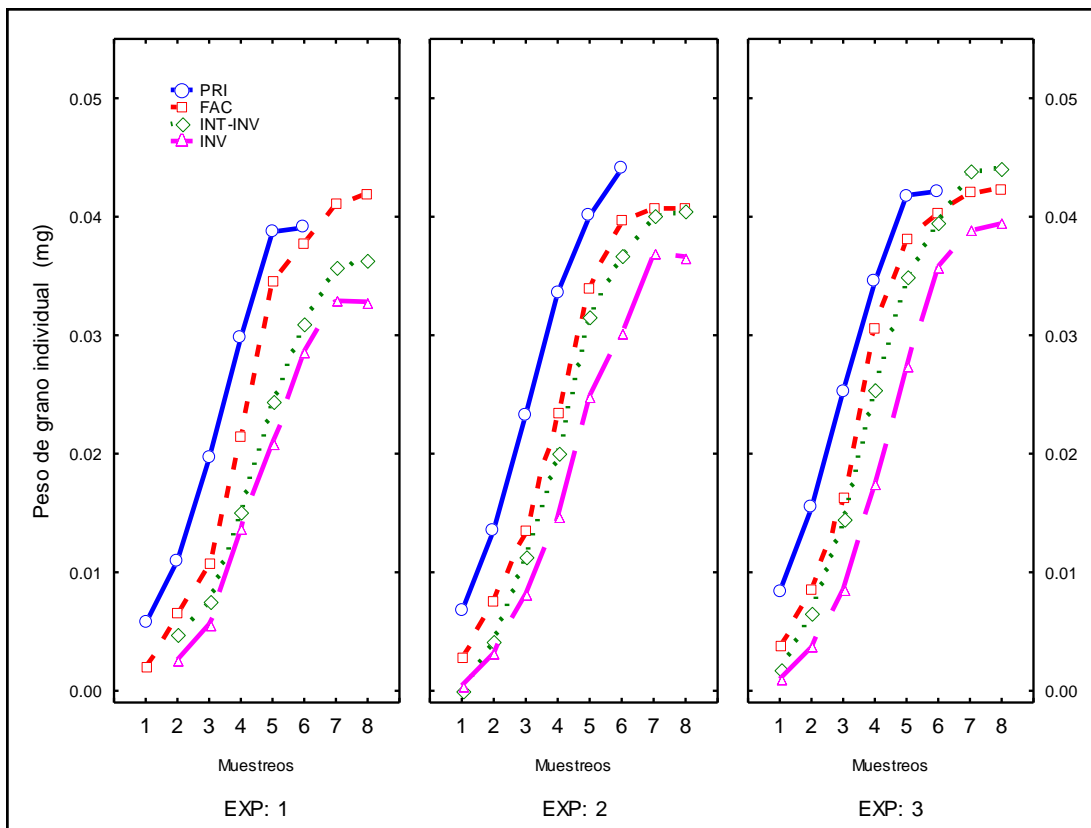


Figura 2. Patrones de acumulación de peso de grano individual entre experimentos a través de los muestreos.

La Figura 3 muestra los patrones de acumulación de peso de grano individual (mg) de los cuatro grupos de triticales a través de los muestreos, en promedio de los regímenes de humedad y las dosis de fertilización; se observa que en todos los muestreos se registraron diferencias significativas entre los grupos para peso seco individual de grano. Los genotipos primaverales y facultativos (grupos 1 y 2), acumularon mayor peso individual de grano que los genotipos intermedios-invernales e invernales.

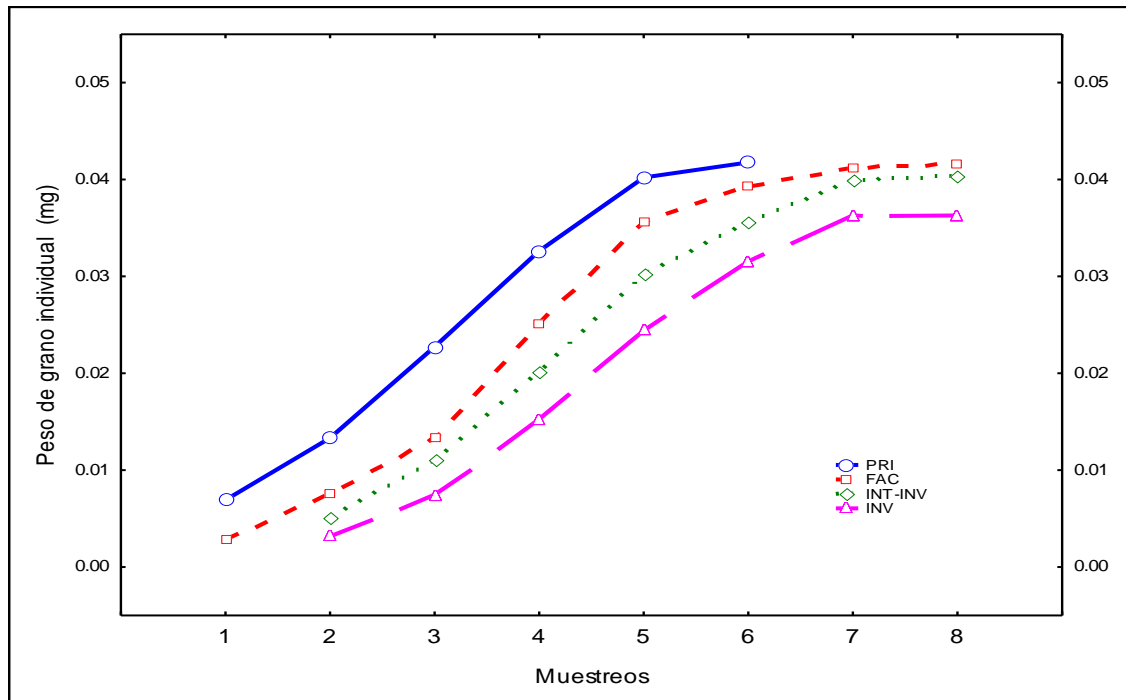


Figura 3. Patrones promedio de acumulación de peso de grano individual de los cuatro grupos de triticales a través de los muestreos

De manera general, los resultados de los análisis de varianza de la variable peso individual de grano registró diferencias altamente significativas entre los diferentes grupos a través de los muestreos; las diferencias estadísticas entre los regímenes de humedad iniciaron desde los primeros muestreos, a pesar de que las diferencias de irrigación se realizaron en las primeras etapas de desarrollo, principalmente en el régimen con castigo en la etapa vegetativa (Figura 4).

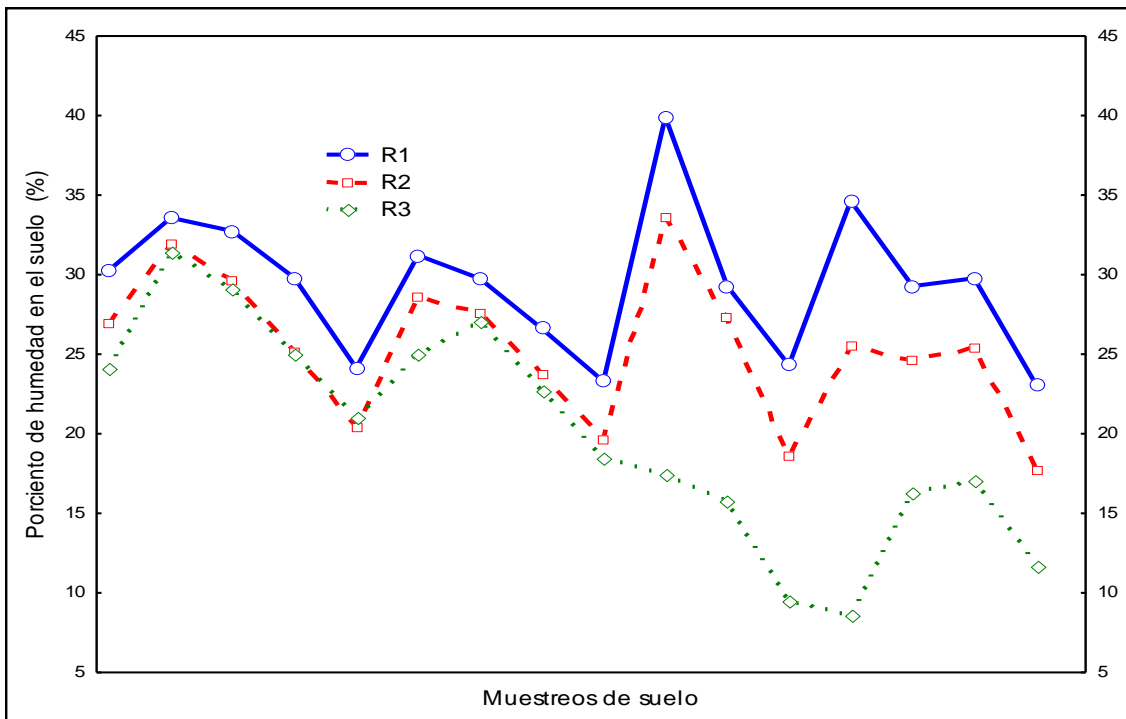


Figura 4. Contenido de humedad en el suelo (%) a través del experimento.

Existió una diferencia importante en el contenido de humedad del suelo; en la figura 4 se puede observar que para el régimen de humedad 3 (castigo a partir de la floración) el contenido de humedad fue disminuyendo al final del ciclo.

En la Figura 5 se muestra la relación entre el peso de grano individual y el rendimiento final de grano en la dosis de fertilización 1 (aplicación de nitrógeno), en donde reporta una correlación positiva y significativa con el rendimiento final de grano ($R^2 = 0.2821$). Este resultado apoya lo mencionado por Santiveri *et al.*, (2002), donde afirman que en un estudio con triticales de diferentes hábitos de crecimiento, la tasa máxima de llenado de grano dependió principalmente del genotipo (43% de variabilidad) y por condiciones ambientales (24%) de variación.

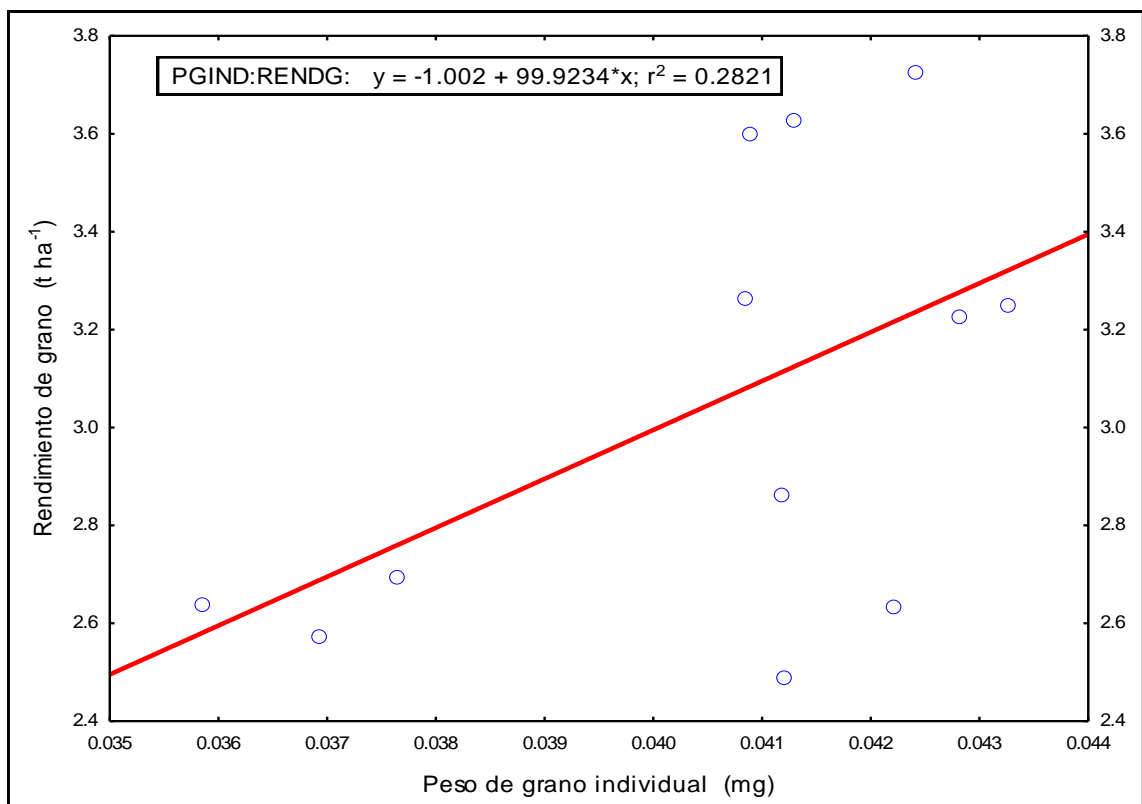


Figura 5. Relación entre el peso de grano individual y el rendimiento final de grano en la dosis de fertilización 1 (fertilizado).

En la Figura 6 se muestra la relación entre el peso de grano individual y el rendimiento final de grano en la fertilización no nitrogenada, donde se observa que el rendimiento de grano final se correlacionó significativamente con el peso de grano individual ($R^2=0.5178$); esta relación fue inclusive más alta que en los tratamientos fertilizados. Concordando con lo antes mencionado (Stickse et al., 1999) reportó que para una producción de cultivos moderna y ambientalmente segura, los altos niveles de utilización de fertilizantes nitrogenados (N) han ganado mayor importancia, además de mantener un alto nivel de rendimiento del grano.

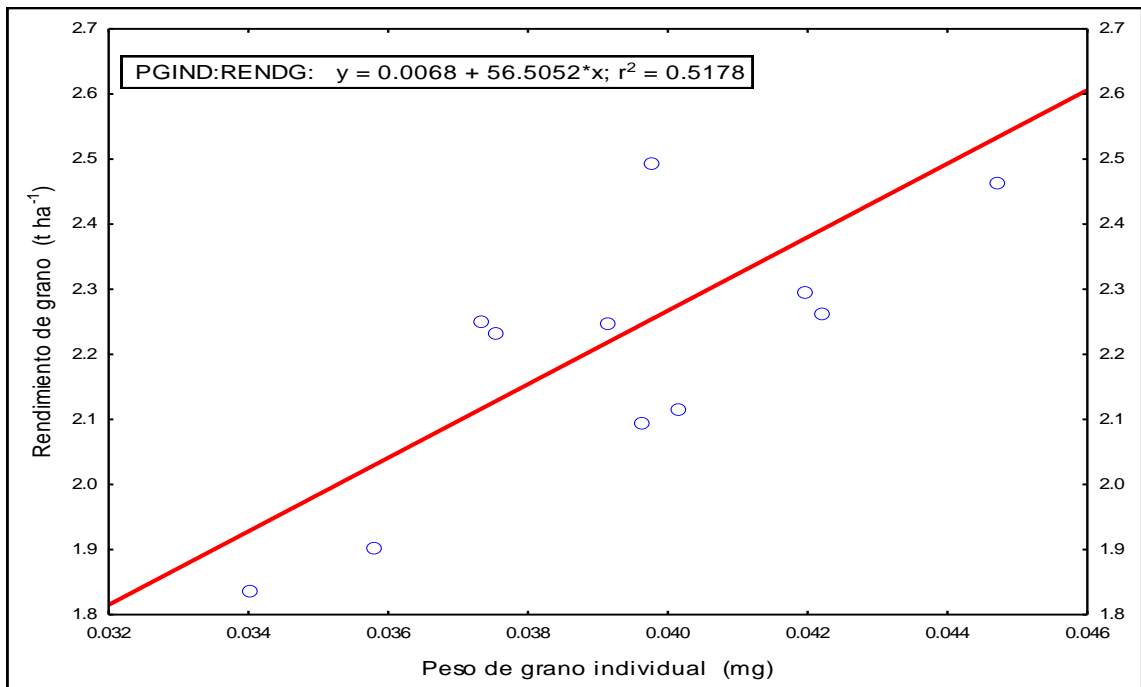


Figura 6. Relación entre el peso de grano individual y el rendimiento final de grano en la dosis de fertilización 2 (no fertilizado).

En la Figura 7 se muestran los resultados de la tendencia general entre el peso de grano individual y el rendimiento de grano total en donde se observa una asociación positiva y significativa entre las dos variables. Cabe señalar las diferencias entre el hábito de crecimiento de primavera e invierno, donde los genotipos primaverales tuvieron una menor duración del ciclo desde la siembra hasta la antesis, mayor tasa de llenado de grano, el peso de grano y rendimiento (Figura 3). Giunta *et al.* (1999) sugirió, sin un detallado análisis del llenado de grano, que el mayor peso del grano resulta de una tasa más alta, favorecida por las condiciones más favorables en el período previo a la antesis.

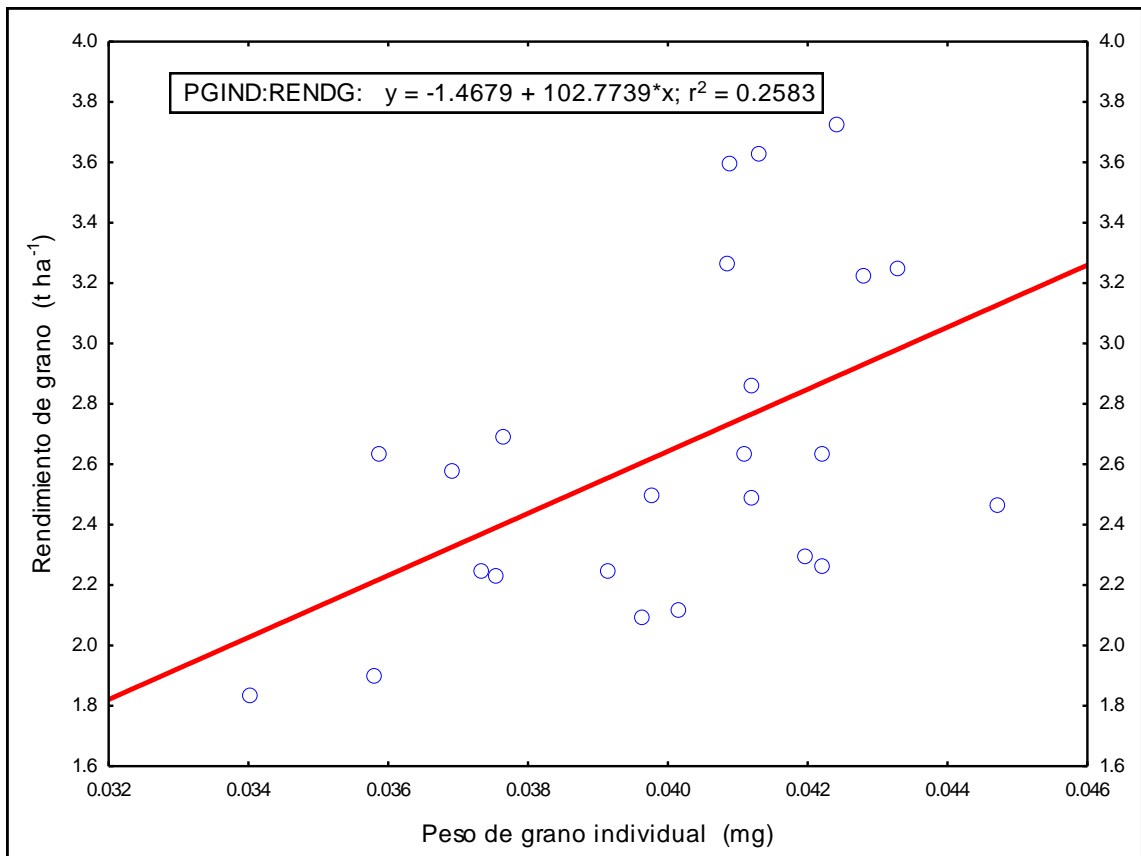


Figura 7. Relación entre el peso de grano individual y el rendimiento final de grano global.

CONCLUSIONES

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

- Los regímenes de irrigación 2 (castigo en etapa vegetativa) y 3 (castigo en etapa reproductiva) no tuvieron efectos negativos y significativos sobre la acumulación de materia seca en el grano de triticales de los diferentes grupos de genotipos estudiados.
- La ausencia de fertilización nitrogenada (dosis de fertilización 2) no produjo efectos negativos sobre el peso de grano individual.
- Los triticales de hábito primaveral y facultativo registraron la mayor acumulación de materia seca en el grano de triticales en todos los muestreos, por lo que resultan los tipos más adecuados cuando el objetivo es la producción de semilla para uso forrajero.
- En esta investigación los genotipos primaverales y facultativos fueron los grupos con mayor acumulación de materia seca en el grano en comparación con los genotipos intermedios-invernales e invernales que presentaron significativamente menor peso de grano individual.

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.
- Anderson, W.K., Smith, W.R. 1990. Yield advantage of two semi-dwarf compared with two tall wheats depends on sowing time. *Aust. J. Agric. Res.* 41, 811–826.
- 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.
- Belaid, A. 1994. Nutritive and economic value of triticale as a feed grain for poultry. CIMMYT Economics Working Paper 94-01. CIMMYT, México DF.
- Chaves MM, Flexas J, Pinheiro C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Ann Bot* 103:551-560. developing wheat grains. *Annals of Botany* 55: 433–444.
- Falkenmark, M., and Rockström, J. 2004. *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*. Earthscan, London.
- 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.
- Gooding, M.J., Kettlewell, P.S., Davies, W.P. & Hocking, T.J. 1986. Effects of spring nitrogen-fertilizer on the Hagberg Falling Number of grain from breadmaking varieties of winter-wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 107: 475–477.
- Growth and yield responses of spring and winter triticale cultivated under Mediterranean conditions Francisca Santiveri, Conxita Royo, Ignacio Romagosa. *Europ. J. Agronomy* 20 (2004) 281–292
- Hajibolani R, Sadeghzadeh N, Sadeghzadeh B. 2014. Effect of Se application on photosynthesis, osmolytes and water relations in two durum wheat (*Triticum durum* L.) genotypes under drought stress. *Acta Agric Sloven* 103(2):167-179.

- Hamdy, A., Ragab R., y Scarascia-Mugnozza, E. 2003. Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity. *Irrigation and Drainage*. 52:3–20.
- Hay, R. & Walker, K.M. 1989. *An introduction to the physiology of crop yield*, Addison Wesley Longman, ISBN 0-582-40808-3, Harlow, UK.
- 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.
- Jackson, L.F., Dubcovsky, J., Gallagher, L.W., Wennig, R.L., Heaton, J., Vogt, H., Gibbs, L.K., Kirby, D., Canevari, M., Carlson, H., Kearney, T., Marsh, B., Munier, D., Mutters, C., Orloff, S., Schmierer, J., Vargas, R., Williams, J., Wright, S., 2000. Regional Barley and Common and Durum Wheat Performance Tests in California. University of California, Agronomy Progress Report No.272, Davis.
- 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.
- Lukaszewski y Gustafson 1979. Translocation of chromosomes in triticale x wheat hybrids . *Theor App Genet* 64: 239-248.
- McLeod, J.G., Campbell, C.A., Dyck, F.B., Vera, C.L., 1992. Optimum seeding dates of winter wheat in southwestern Saskatchewan. *Agron. J.* 84, 86–90.
- 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.
- Mirzaei A, Naseri R, Soleimani R. 2011 Response of different growth stages of wheat to moisture tension in a semiarid land. *World Appl Sci J* 12(1):83-89.
- 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.

- 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.
- Pomeranz, Y. 1980. What? How much? Where? What function? In breadmaking, *Cereal Foods World* 25:656
- 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.
- Rodríguez, A; McDonald, MB. 1989. Seed quality influence on plant grow and dinitrogen fixation on red field bean. *Crop science* 29:1309-1314.
- 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.
- Rosenzweig, C., and Parry M. L. 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367: 133–138.
- 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

- Saini HS, Westgate ME. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy* 68: 59–95.
- 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.
- Slafer G, Araus JL, Richards RA. 1999. Physiological traits that increase the yield potential of wheat. In: Satorre EH, Slafer GA, eds. *Wheat. Ecology and physiology of yield determination*. New York: Food Products Press, 379415.
- 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.
- 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.
- Van den Boogaard R, Veneklaas EJ, Lambers H. 1996. The association of biomass allocation with growth and water use efficiency of two *Triticum aestivum* cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology* 23: 751±761.
- 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.
- Wang, H.X., Liu, C.M., and Zhang, L. 2002. Water-saving agriculture in China: an overview. *Advances in Agronomy* 75:135–171.
- 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.
- Xu ZZ, Zhou GS 2005. Effects of water stress and nocturnal temperature on carbon allocation in the perennial grass, *Leymus chinensis*. *Physiol Plantarum* 123:272-280.
- Xu ZZ, Zhou GS. 2006 Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis*. *Planta* 224:1080-1090.

- Ye, C.W., Díaz, S.H., Lozano-del Río, A.J., Zamora-Villa, V.M., Ayala, O.M. 2001. Agrupamiento de germoplasma de triticales por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Téc. Pecu.* 39(1):15-29.
- 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.
- Zhu JK (2002) Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu Rev Plant Biol* 53:247-273.