

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de la Fertilización Nitrogenada sobre algunas Variables de
Producción en Triticale

Por:

ADILENE PATRICIA GONZÁLEZ SOLÍS

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

Efecto de la Fertilización Nitrogenada sobre algunas Variables de
Producción en Triticale

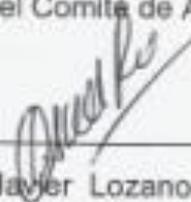
ADILENE PATRICIA GONZALEZ SOLIS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



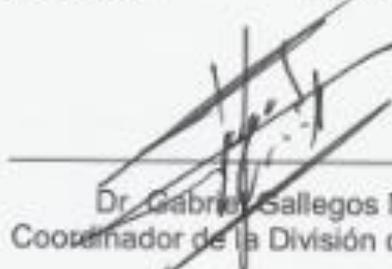
Dr. Alejandro Javier Lozano Del Río
Asesor Principal



Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos
Coasesor



Ing. Raúl Gándara Huitrón
Coasesor



Dr. Gabriel Sallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2016.

DEDICATORIA

A DIOS

El ser supremo que me fortalece, me brinda salud y proporciona los medios correspondientes en el momento adecuado; gracias a el estoy alcanzando el objetivo deseado, por ser tan bondadoso y estar siempre conmigo bendiciéndome.

A MIS PADRES

Dolores Solís Molina
Jesús González Rivera

Que son la razón de mi vida, mi motivo principal para cumplir mis metas, mi apoyo incondicional, el mejor ejemplo para superarme. A quienes les estoy dando una satisfacción, al saber que he logrado el propósito que teníamos en común.

Papá, gracias por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y lucha constante, por tu sabiduría al mostrarme el camino correcto y opinar al momento de tomar decisiones en mi vida, por la mano rígida que está en mi hombro; porque gracias a eso es que estoy cumpliendo uno de mis sueños (Te amo papá). Mamá, por ser mi amiga, mi confidente la prueba viviente de lo que se quiere se logra, por tus consejos y por cuidarme y protegerme, con mucho amor para ti.

A MIS HERMANAS:

Nadia, Denise y Jalixa

Con mucho cariño para ustedes que son más que mis hermanas mis amigas las compañeras de vida, de tiempo quienes comparten conmigo tantas cosas, por ser la parte más feliz de mi vida, pero sobre todo por la confianza que pusieron en mí.

A MIS ABUELITOS

Por ser el pilar principal, base que fortalece y mantiene la unidad en la familia, por sus consejos, el cariño y el amor que me brindan día a día con cariño especial para ustedes.

A la persona que ha estado a mi lado siempre, brindándome amor y cariño; apoyándome y animando a seguir a delante, por la paciencia y la constante preocupación por mí, con mucho amor para José Luis Rivera.

A TODOS MIS AMIGOS

Los cuales hicieron mi estancia en la universidad más llevadera y llena de buenos momentos, llenos de sonrisas que no dejaban que el estrés afectara mi vida cotidiana. Con mucho afecto para todos(as) ustedes. Muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A mi “**ALMA TERRA MATER**” Mi máxima casa de estudios por cobijarme entre sus aulas y hacer de mí una mejor persona. Por la formación profesional que me brindo al permitir terminar mis estudios en esta gran casa de la cual llevo recuerdos en mi corazón.

Al **Dr. Alejandro Javier Lozano del Río**, por ser la persona que proporciono liderazgo en este proyecto, por hacer que los que colaboramos mantuviéramos el trabajo en equipo de forma excelente, por la amistad, la confianza y sobre todo porque compartió sus conocimientos conmigo.

Al **Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos**, por la colaboración y el apoyo brindado en este proyecto, gracias.

Al **Ing. Raúl Gándara Huitrón**, por la aportación de conocimientos al realizar este trabajo.

A todos **Mis Profesores** que me brindaron un poquito de su saber y por el apoyo durante mi formación universitaria.

A los **Trabajadores** del Programa de Cereales por la colaboración brindada y por formar parte del equipo trabajando al máximo.

A **Mis Compañeros de Tesis** que más que compañeros son amigos y son base fundamental para que este proyecto se concluya de manera exitosa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Objetivos generales.....	2
3. Hipótesis.....	3
4. Revisión de literatura.....	4
Generalidades.....	4
Tipos de triticale.....	5
Efecto de la fertilización nitrogenada en los cultivos.....	6
NDVI utilizado en la comparación de DF.....	8
Mediciones realizadas con NDVI.....	9
Acumulación de biomasa.....	10
5. Materiales y métodos.....	12
Localización del sitio experimental.....	12
Desarrollo del experimento.....	12
Material genético utilizado.....	13
Preparación del terreno.....	13
Fecha de siembra.....	13
Tamaño de parcela experimental.....	14
Fertilización.....	14
Riegos.....	14
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	14
Muestreos.....	15
Diseño experimental utilizado en campo.....	15
Variable registrada.....	15
Análisis estadísticos.....	15
Modelo estadístico por muestreo para las variables en estudio.....	15
Pruebas de comparación de medias.....	16
6. Resultados.....	17
7. Discusión.....	28
8. Conclusiones.....	32
9. Literatura citada.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1	Lista de genotipos utilizados en Navidad, N. L.	13
2	Resultados de los análisis de varianza para altura de planta por muestreo.....	17
3	Resultados de los análisis de varianza para etapa fenológica por muestreo.....	18
4	Resultados de los análisis de varianza para área foliar de planta por muestreo.....	19
5	Resultados de los análisis de varianza para biomasa total por muestreo.....	20
6	Resultados de los análisis de varianza NDVI por muestreo	21
7	Resultados de la prueba de comparación de medias de DF para altura de planta.....	22
8	Resultados de la prueba de comparación de medias de DF para etapa fenológica.....	22
9	Resultados de la prueba de comparación de medias de DF para biomasa total.....	23
10	Resultados de la prueba de comparación de medias de DF para área foliar.	23
11	Resultados de la prueba de comparación de medias de DF para NDVI.....	24
12	Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para altura de planta.	25

13	Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para etapa fenológica.....	25
14	Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa total.	26
15	Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para área foliar.	27
16	Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para NDVI.	27

INDICE DE FIGURAS

Figuras		Pág.
1	Patrones de área foliar de los cuatro grupos de triticales en cada una de las dosis de fertilización.....	28
2	Patrones de altura de planta (cm) de los cuatro grupos de triticales en cada una de las dosis de fertilización.....	29
3	Patrones de biomasa seca ($t\ ha^{-1}$) de los cuatro grupos de triticales en cada una de las dosis de fertilización.....	30
4	Patrones de NDVI de los cuatro grupos de triticales en cada una de las dosis de fertilización.....	31

RESUMEN

En el Norte y Centro de México existe una alta demanda de forraje de calidad, que con mejoras tecnológicas en el riego y la fertilización pueden hacer que se se logre un mejor aprovechamiento de insumos agrícolas. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la dosis de fertilización sobre la producción de triticales de diferente hábito de crecimiento, así como identificar los hábitos de crecimiento del triticales que sobresalen en cuanto a producción. La investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Navidad, N.L. Se sembraron en el ciclo otoño-invierno 2014-2015 tres juegos del experimento, con el objetivo de someter uno con fertilización nitrogenada y el segundo sin fertilización. Fueron utilizados 4 líneas de triticales primaverales, 2 facultativos, 2 intermedios-invernales y 4 invernales. Se realizaron 12 muestreos destructivos para estimar las diferencias en cuanto a altura de planta, etapa fenológica, área foliar, biomasa total y NDVI. El diseño experimental fue bloques completos al azar. Se determinó que la aplicación de N influye en forma importante en las variables evaluadas sobre todo en altura de planta y área foliar. La no aplicación de fertilizante nitrogenado afectó significativamente la producción de biomasa en todos los hábitos de crecimiento.

Palabras clave: triticales, NDVI, área foliar, facultativos, dosis de fertilización.

INTRODUCCIÓN

La región semiárida del norte de México se caracteriza por presentar zonas agrícolas de riego altamente productivas, como, por ejemplo, la Comarca Lagunera, ubicada en el Desierto Chihuahuense. Esta zona constituye la principal cuenca lechera del país, por lo que existe una alta demanda de forraje de calidad. Es precisamente la producción de forrajes el rubro donde hay más posibilidad de reducir costos, mediante el uso de especies más productivas y de mayor calidad (Orona *et al.*, 2003). Esta es la razón por la cual se requiere fomentar el desarrollo de cultivos alternativos que se adapten a las condiciones del medio natural y con mejoras tecnológicas relativas a estrategias de riego y fertilización para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos. Existe mayor interés en la producción de forraje durante el invierno, pues hay menor evaporación, pero con el riesgo de heladas. Se requiere así de alternativas de producción que incluyan nuevas especies forrajeras principalmente de producción invernal, así como el conocimiento de sus tecnologías de producción, que lleven a una mayor disponibilidad de forraje de alta calidad, entre los cuales está el triticale, debido a su tolerancia a bajas temperaturas, suelos pobres, suelos ácidos, alcalinos y salinos, además de su resistencia a plagas y enfermedades, alto potencial de producción de biomasa y valor nutritivo superior al de los cultivos tradicionales, y particularmente a su mayor eficiencia en el uso del agua en la producción de biomasa (Ye *et al.*, 2001). Una de las técnicas de manejo de cultivos más importantes para la producción de triticales primaverales es la fertilización con

N. El nitrógeno es el nutriente más importante que aumenta el rendimiento. Afecta al rendimiento final a través de la influencia en la formación de componentes de rendimiento durante todo el ciclo de crecimiento. Giunta y Motzo (2005) mostraron que el mejor rendimiento del triticale se asoció con un mayor número de espigas por m² y granos espiga. El rendimiento de grano y los componentes de rendimiento como las espigas por m² y los granos por espiga revelaron diferencias negativas significativas bajo condiciones de humedad deficientes, comparado con un régimen de humedad normal, pero el peso del grano no fue estadísticamente diferente bajo diferentes condiciones de humedad. *Villegas et al.*, (2010), señalan que en general, la fertilización con nitrógeno (N) produce aumentos del orden de un 35 % en el rendimiento de grano, en comparación con triticale no fertilizado. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de las dosis de N y los regímenes de aplicación sobre el rendimiento, los componentes del rendimiento y determinar el régimen óptimo de fertilización nitrogenada en triticales de diferentes hábitos de crecimiento.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- ❖ Determinar el efecto de la fertilización nitrogenada para altura de planta, etapa fenológica, biomasa total, área foliar y NVDI a través de muestreos secuenciales realizados en triticales de diferente hábito de crecimiento.

- ❖ Identificar el o los hábitos de crecimiento de triticales con mayor eficiencia en cuanto a la respuesta a dosis de fertilización, en las diferentes variables.
- ❖ Determinar el efecto de la ausencia de fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y el resto de las variables en estudio en triticales de diferente hábito de crecimiento.
- ❖ Identificar el o los hábitos de crecimiento de triticales con menor disminución en su producción de biomasa en comparación con su comportamiento bajo fertilización nitrogenada.

HIPÓTESIS

- a) No existen diferencias entre dosis de fertilización para las variables estudiadas entre los hábitos de crecimiento evaluados.

- b) No existen diferencias entre los hábitos de crecimiento (grupos) para las variables estudiadas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack.) puede utilizarse para tres fines agrícolas: a) producción de grano, b) producción de forraje y c) doble propósito, ya sea para corte ó pastoreo. Esta última modalidad en el uso de este cultivo está ganando popularidad en diversas regiones del norte y centro de México durante el ciclo otoño–invierno, debido a su potencial productivo y adecuada calidad nutritiva, la cual, en la etapa de encañe-embuche, es similar a la alfalfa (Collar y Aksland, 2001).

El triticale es un nuevo cultivo resultado de la cruce del centeno y el trigo; el objetivo en el mejoramiento de este nuevo cereal fue combinar las características deseables de las dos especies; alta productividad, adecuada resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia al estrés, alta capacidad de absorción de nutrientes, tolerancia a déficits de humedad, calidad nutritiva superior y rápido establecimiento, lo que lo ha convertido en una buena opción como forraje de emergencia en comparación con los cultivos tradicionales como la avena, trigo o cebada (Moore, 2005; Ozkan *et al.*, 1999; Ye *et al.*, 2001). De esta forma, el triticale es uno de los cultivos que por sus características antes mencionadas adquiere gran importancia como una alternativa para ayudar a solucionar el déficit de alimentos (Neal, 1989).

Es un cultivo relativamente nuevo en México, del cual se estima que se cultivan alrededor de 8,000 hectáreas, en su mayoría para producción de

grano, principalmente en los estados de Michoacán, Nuevo León, Puebla, Jalisco, México, Tlaxcala y Sonora, y más recientemente, y para uso forrajero, en los estados de Chihuahua, Coahuila y la Región Lagunera, donde se reportan superficies mayores a las 5000 has sólo en esta última región, ya que ha demostrado ser una especie que compite efectivamente con la avena, ballico, trigo, centeno y cebada en la producción de forraje durante la época invernal (Ye *et al.*, 2001).

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.

Efecto de la fertilización nitrogenada sobre los cultivos

La fertilización nitrogenada es uno de los factores de impacto más importantes en el crecimiento y desarrollo de los cultivos de cereales. Se considera que el nitrógeno (N), es el principal factor limitante en la producción agrícola (Kichey *et al.*, 2007) y, al igual que en otros cereales, es también uno de los factores de impacto más importantes en el crecimiento y desarrollo de triticales (*X Triticosecale* Wittmack). La disponibilidad de N para la planta es indispensable por ser un componente básico de todas las moléculas orgánicas involucradas en el crecimiento y desarrollo vegetal (Salas, 2003). Además, el N es un elemento indispensable para la fotosíntesis; para que las plantas fijen el carbono; para la acumulación de materia orgánica y la producción de rendimientos económicamente atractivos.

Newbould (1989), sostienen que la disponibilidad de N para los cultivos es en general deficiente, debido al manejo de suelos y a las pérdidas por lixiviación, por lo que es posible que su aplicación no sea totalmente aprovechada por el cultivo en los estados de mayor requerimiento de este nutriente. Ello ocasiona que para satisfacer la demanda de los cultivos, el N deba agregarse al suelo en grandes cantidades como abono orgánico o fertilizante nitrogenado. Esto resulta relevante considerando el impacto ambiental de la lixiviación de N, que constituye un grave problema en algunos países industrializados (Newbould,1989), por lo que la implementación de tecnologías de manejo del cultivo que incrementen la eficiencia en el uso de insumos fertilizantes se vuelven esenciales (Parodi, 2003). Aunque la práctica más utilizada para la aplicación de N es mediante la fertilización en siembra, el empleo de dosis elevadas de N que permitan la expresión del potencial de rendimiento de las variedades existentes en el mercado actual, requiere un manejo cuidadoso y eficiente de la parcialización del nutriente, esto con el fin de minimizar las pérdidas por lixiviación durante el desarrollo del cultivo, así como evitar la contaminación de capas freáticas y su efecto nocivo sobre la salud humana y la sostenibilidad ambiental (Campillo *et al.*, 2007). La importancia del momento de aplicación, además de la dosis de fertilizante empleado, puede también inducir un mejoramiento en la eficiencia de absorción, según investigaciones relacionadas con el cultivo de trigo (Campillo *et al.*, 2007) y cebada (Moreno *et al.*, 2003).

Una de las técnicas de manejo de cultivos más importantes para la producción de triticales primaverales es la fertilización con N. El nitrógeno es el nutriente más importante que aumenta el rendimiento. Afecta al rendimiento final de grano a través de la influencia en la formación de componentes de rendimiento durante todo el ciclo de crecimiento. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de las tasas de N y los regímenes de aplicación sobre el rendimiento, los componentes del rendimiento y determinar el régimen óptimo de fertilización nitrogenada en triticales de primavera. La fertilización aumentó el rendimiento de grano en un 35,7%, en comparación con el tratamiento control no fertilizado. (Moreno *et al.*, 2003) mostraron que el mejor rendimiento del triticales se asoció con un mayor número de espigas m² y granos espiga. El rendimiento de grano y los componentes de rendimiento como las espigas por m² y los granos por espiga revelaron diferencias negativas significativas bajo condiciones de humedad deficientes, comparado con un régimen de humedad normal, pero el peso del grano no fue estadísticamente diferente bajo diferentes condiciones de humedad (Moreno *et al.*, 2003). En general, la fertilización con nitrógeno (N) produjo un 35,7% de aumento en el rendimiento de grano, en comparación con el triticales no fertilizado.

NDVI utilizado en la comparación de dosis de fertilización

El índice más comúnmente utilizado es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), propuesto por (Austin *et al.*, 1980) y calculado como el cociente de la diferencia y suma de la reflectancia en las regiones NIR y rojo. Las partes verdes de las plantas se reflejan intensamente en la región NIR

debido a la dispersión en el mesófilo foliar y absorben fuertemente la luz roja y azul a través de la clorofila. El índice NDVI se utiliza con mayor frecuencia para determinar la condición, el desarrollo y la biomasa de las plantas cultivadas y para predecir sus rendimientos. El NDVI se ha convertido en el índice de vegetación más utilizado y se han realizado muchos esfuerzos para desarrollar índices adicionales que puedan reducir el impacto del fondo y la atmósfera del suelo sobre los resultados de mediciones espectrales.

Mediciones realizadas con NDVI

Varios rasgos morfofisiológicos, particularmente los relacionados con los procesos de cultivo, las características de rendimiento, y los mecanismos de tolerancia a la sequía como el estado hídrico de las plantas, la eficiencia fotosintética, la conductancia estomática, la temperatura del dosel, la acumulación de materia seca, el índice de estrés y la eficiencia en el uso del agua son usualmente eficaces como criterios de selección complementarios útiles para la selección de germoplasma en diferentes condiciones ambientales. Sin embargo, las mediciones directas de esos rasgos por métodos tradicionales son destructivas y requieren mucho tiempo y algunas de ellas son difíciles de hacer cuando un gran número de genotipos necesitan ser evaluados en diferentes ambientes. Además, se han desarrollado varios índices optimizados para estimar mejor diversos parámetros agronómicos como la biomasa vegetal, el vigor de las plantas, el reparto de la biomasa entre las partes vegetativas y el rendimiento de grano.

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) es ampliamente utilizado a nivel del suelo, y desde altitudes bajas, altas y satélites para medir el verdor vegetativo y el tamaño fotosintético del dosel. El sensor NDVI portátil de campo proporciona una medición rápida del nivel del suelo de los cultivos a una resolución para caracterizar el dosel para: índice de área foliar (IAF) e índice de área verde (GAI), biomasa y contenido de nutrientes (por ejemplo, nitrógeno). Los datos pueden utilizarse para estimar la predicción del rendimiento, la acumulación de la biomasa y la tasa de crecimiento, la cobertura del suelo y el vigor temprano, las estimaciones del patrón de senescencia y la detección del estrés biótico y abiótico. La tecnología NDVI también se utiliza para tomar decisiones en agricultura de precisión: detección de malezas y aplicación de herbicidas, además de dosis y calendario de aplicaciones de fertilizantes nitrogenados. El NDVI se calcula a partir de las mediciones de la reflectancia de la luz en las regiones del espectro rojo y el infrarrojo cercano (NIR). Un follaje verde y sano absorberá la mayor parte de la luz roja y reflejará la mayor parte de la luz NIR, ya que la clorofila absorbe principalmente la luz azul y roja y el mesófilo refleja la luz NIR: $NDVI = (RNIR + RRed)$. Los sensores NDVI portátiles son 'activos' (es decir, producen su propia fuente de luz) lo que permite realizar mediciones en cualquier condición de luz, y que los datos sean comparables entre la fecha y la hora del día.

Acumulación de biomasa

La biomasa acumulada por las plantas es el producto final de la actividad fotosintética y es la reserva de nutrientes de la mayoría de las plantas. La

porción de biomasa asignada a la producción de semilla en cereales se llama índice de cosecha. En cereales de grano pequeño, el rendimiento de grano está estrechamente relacionado con la producción de biomasa e índice de cosecha (Austin *et al.*, 1980). Comprender el proceso de la acumulación de biomasa durante la estación de crecimiento y la relación entre el rendimiento de grano y biomasa puede ayudar a alcanzar el más alto rendimiento a través de la nutrición y mejores prácticas agronómicas. Bajo condiciones de crecimiento óptimas, el rendimiento de grano normalmente se incrementa cuando se incrementa el total de materia seca y el consumo de nutrientes (Karlen y Camp,1982). Una tasa más alta de crecimiento resulta en un incremento final de biomasa, pero la tasa de crecimiento y fenología puede ser afectada por la sequía y el estrés dependiendo de la etapa de desarrollo del cultivo, de su duración e intensidad. Usualmente, el estrés de humedad combinado con altas temperaturas reduce la acumulación de materia seca (Shpiler y Blum, 1986). Generalmente, los cultivos siguen un patrón de acumulación de biomasa similar en varias etapas de crecimiento, un incremento en la biomasa en etapas tempranas alcanza la máxima producción en las etapas tardías de crecimiento. La biomasa y la absorción de nutrientes en todas las especies aumentan con el tiempo y alcanza su máximo en las últimas etapas de crecimiento (Malhi *et al.*,2006).

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^o 04' Latitud Norte y 100^o 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 (18.0 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 seis surcos restantes no se les aplicó fertilizante.

Riegos

A los tres juegos del experimento se les aplicó el riego inmediatamente después de la siembra con un sistema de aspersión; 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

Se realizaron 12 muestreos destructivos secuenciales de biomasa: Las fechas de muestreo fueron las siguientes:

M1: 25/03/2015; M2: 03/04/2015; M3: 15/04/2015; M4: 24/04/2015; M5: 01/05/2015; M6: 08/05/2015; M7: 14/05/2015; M8: 21/05/2015; M9: 27/05/2015; M10: 03/06/2015; M11: 11/06/2015; M12: 17/06/2015.

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, de las diferentes dosis de fertilización, se evaluó la altura de planta (cm), etapa fenológica, biomasa total, área foliar (cm²) y NDVI.

Análisis estadísticos

Se efectuaron análisis de varianza por muestreo. En cada muestreo, los datos fueron analizados agrupando la dosis de fertilización (2), Según las fuentes de variación.

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

$$Y_{ijk} = \mu + DF_i + R_jDF_i + G_k + R_iG_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

DF_j = Efecto de la j -ésima dosis de fertilización.

R_i = Efecto de la i -ésima repetición.

G_k = Efecto de la k -ésima grupo.

$R_i G_k$ = Efecto de la interacción de la k -ésima grupo en el j -ésima repeticiones.

E_{ijk} = 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 como sigue:

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

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 los paquetes estadísticos SAS 8.1.

RESULTADOS

Los análisis de varianza para altura de planta reportaron diferencias altamente significativas entre las dosis de fertilización, al igual que los grupos en todos los muestreos, en las repeticiones x dosis de fertilización observamos diferencia en M2 y M5; con respecto a la interacción dosis x grupos, no se registraron diferencias significativas. Los coeficientes de variación oscilaron entre 8.5 y 18.2%, (Cuadro 2).

		Altura de planta (cm)											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF	1	2380.083 **	2640.333 **	2277.925 **	4713.724 **	6745.020 **	8365.280 **	13411.224 **	14595.187 **	17277.370 **	18434.453 **	18591.564 **	18356.148 **
REP X DF	4	8.981 ns	30.671 *	15.157 ns	19.814 ns	202.537 *	28.787 ns	25.703 ns	40.180 ns	186.449 ns	30.912 ns	33.699 ns	69.879 ns
GRUPO	3	241.768 **	479.521**	1410.734 **	1338.657 **	2729.285 **	750.748 **	784.625 **	1341.861 **	1442.165 **	3300.662 **	5640.419 **	8833.637 **
DF X GRUPO	3	3.947 ns	2.854 ns	7.530 ns	212.910 **	34.810 ns	25.125 ns	96.563 ns	181.990 ns	178.905 ns	187.896 ns	191.9382 ns	169.433 ns
ERROR	204	6.844	9.221	22.811	48.010	64.241	56.417	69.408	105.472	124.005	122.159	111.842	130.931
TOTAL	215												
X GENERAL		24.277	27.898	39.342	55.986	65.129	79.212	88.194	94.291	98.412	100.652	102.740	104.893
CV %		10.7	10.8	12.1	12.3	12.3	9.4	9.4	10.8	11.3	10.9	10.2	10.9

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

Cuadro 2. Resultados de los análisis de varianza para altura de planta por muestreo. Navidad 2015.

Los análisis de varianza para la etapa fenológica reportaron diferencias altamente significativas entre los grupos, y para los M1, M2, y M3 para dosis de fertilización; en lo que respecta a dosis de fertilización x grupo y repeticiones x dosis de fertilización no se reportaron diferencias significativas (Cuadro 3).

		Etapa fenológica											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF	1	20.453 **	112.037 **	83.564 **	11.020 ns	5.244 ns	93.148 ns	35.937 *	3.000 ns	0.428 ns	10.113 ns	2.475 ns	36.983 *
REP X DF	4	1.004 ns	0.509 ns	1.800 ns	8.453 ns	13.425 ns	2.390 ns	5.536 ns	2.352 ns	6.166 ns	10.156 ns	5.611 ns	0.735 ns
GRUPO	3	11.780 **	13.041 **	247.078 **	1067.416 **	760.550 **	937.859 **	289.217 **	341.230 **	410.233 **	599.815 **	109.847 **	76.857 **
DF X GRUPO	3	0.780 ns	0.646 ns	3.942 ns	6.114 ns	0.415 ns	15.328 ns	2.550 ns	1.244 ns	11.689 ns	8.5287 ns	7.043 ns	5.334 ns
ERROR	204	1.764	0.482	5.093	7.836	8.278	25.723	6.702	5.809	8.988	10.740	6.394	5.733
TOTAL	215												
X GENERAL		22.796	31.375	40.736	52.152	56.583	66.080	71.367	74.171	77.084	82.508	85.126	86.631
CV %		5.8	2.2	5.5	5.3	5.0	7.6	3.6	3.2	3.8	3.9	2.9	2.7

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

Cuadro 3. Resultados de los análisis de varianza para etapa fenológica por muestreo. Navidad 2015.

Muestra los resultados y tendencias de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización. Los experimentos con fertilización nitrogenada produjeron en forma general cantidades significativamente mayores de biomasa que los experimentos sin fertilización. En las repeticiones x dosis de fertilización, al igual que las dosis de fertilización x grupo no se reportaron diferencias significativas (Cuadro 4).

		Biomasa total											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF	1	0.511 *	7.734 **	20.943 **	68.746 **	66.282 **	331.778 **	284.104 **	410.909 **	561.443 **	682.616 **	726.221 **	726.221 **
REP X DF	4	0.047 ns	0.136 ns	2.177 ns	2.228 ns	2.630 ns	1.441 ns	3.938 ns	1.169 ns	1.948 ns	3.433 ns	1.835 ns	1.842 ns
GRUPO	3	0.064 ns	0.526 *	11.965 **	9.965 **	19.046 **	28.594 **	42.218 **	31.188 **	34.420 **	33.730 **	16.640 ns	16.640 ns
DF X GRUPO	3	0.060 ns	0.073 ns	0.291 ns	0.458 ns	1.063 ns	2.600 ns	2.619	1.500 ns	2.632 ns	1.683 ns	15.248 ns	15.248 ns
ERROR	204	0.077	0.155	0.975	1.510	3.166	3.667	3.353	4.482	5.665	6.671	7.354	7.354
TOTAL	215												
X GENERAL		0.947	1.270	2.448	2.993	3.251	5.307	5.798	6.465	7.026	7.762	8.508	8.508
CV %		29.396	31.052	40.329	41.049	54.724	36.083	31.584	32.746	33.873	33.272	31.871	31.873

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

Cuadro 4. Resultados de los análisis de varianza para biomasa total por muestreo. Navidad 2015.

Los análisis de varianza para el área foliar reportaron diferencias altamente significativas para dosis de fertilización, para grupos y para dosis de fertilización x grupo con excepción del M1, M2 y M3; en cuanto a los datos presentados en repeticiones x dosis de fertilización no se observaron diferencias significativas (Cuadro 5).

		Área foliar (cm ²)											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF	1	54295.820 **	309652.876 **	686232.955 **	930282.891 **	589271.333 **	435057.653 **	348894.151 **	218767.505 **	142161.728 **	67805.344 **	27896.556 **	7909.611 **
REP X DF	4	606.825 ns	1965.090 ns	1103.537 ns	1607.943 ns	698.627 ns	663.163 ns	1110.678 ns	947.588 ns	37.573 ns	302.707 ns	350.633 ns	79.255 ns
GRUPO	3	4442.102 **	4842.703 **	14987.654 **	93760.245 **	73768.041 **	59477.634 **	35607.210 **	25864.258 **	20752.728 **	17570.013 **	10063.264 **	3335.117 **
DF X GRUPO	3	1464.137 ns	913.653 ns	1296.874 ns	15948.742 **	9215.698 *	10411.859 **	9461.334 **	5223.452 **	3672.842 **	4300.722 **	2391.225 **	714.834 **
ERROR	204	867.849	1218.863	1698.602	1728.619	2424.228	1615.285	1404.558	1305.264	497.432	627.920	431.853	125.186
TOTAL	215												
X GENERAL		119.446	153.597	187.131	198.294	169.928	146.809	116.547	94.875	76.508	50.791	31.178	15.566
CV %		24.6	22.7	22.0	20.9	28.9	27.3	32.1	38.0	29.1	49.3	66.6	71.8

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

Cuadro 5. Resultados de los análisis de varianza para área foliar de planta por muestreo. Navidad 2015.

Los análisis de varianza para NDVI, se reportaron diferencias altamente significativas para dosis de fertilización y para grupo excepto para M1 y M2 los cuales no presentaron diferencias; para repeticiones x dosis de fertilización al igual que para dosis de fertilización x grupo no se muestran diferencias significativas (Cuadro 6).

		NDVI											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF	1	1.282 **	1.710 **	2.686 **	1.334 **	0.990 **	0.668 **	0.550 **	0.468 **	0.342 **	0.183 **	0.027 **	0.026 **
REP X DF	4	0.005 ns	0.001 ns	0.001 ns	0.0008 ns	0.003 ns	0.002 ns	0.004 ns	0.001 ns	0.002 ns	0.003 ns	0.006 *	0.005 ns
GRUPO	3	0.001 ns	0.0005 ns	0.016 **	0.013 **	0.012 **	0.013 **	0.021 **	0.023 **	0.038 **	0.113 **	0.319 **	0.419 **
DF X GRUPO	3	0.0004 ns	0.0004 ns	0.001 ns	0.003 ns	0.003 ns	0.002 ns	0.005 ns	0.004 ns	0.002 ns	0.005 ns	0.002 ns	0.003 ns
ERROR	204	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001
TOTAL	215												
X GENERAL		0.448	0.503	0.559	0.472	0.432	0.399	0.377	0.355	0.310	0.257	0.196	0.161
CV %		13.340	9.940	8.951	11.872	12.223	13.622	14.742	15.214	18.131	20.566	22.857	25.340

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

Cuadro 6. Resultados de los análisis de varianza NDVI por muestreo. Navidad 2015.

Con respecto a la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización para altura de planta se observa que si existe diferencia entre las dosis de fertilización, es decir; que el N aplicado hace que la altura de planta sea superior (Cuadro7).

Altura de planta (cm)												
DF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF1	27.7 a	31.5 a	42.7 a	61.2 a	71.7 a	85.7 a	96.7 a	103.1 a	108.3 a	110.8 a	113.0 a	115.0 a
DF2	20.7 b	24.2 b	35.9 b	50.6 b	59.0 b	72.6 b	79.6 b	85.3 b	88.4 b	90.4 b	92.4 b	94.7 b
DMS α 0.05	1.132	2.092	1.471	1.681	5.377	2.027	1.915	2.395	5.159	2.100	2.193	3.158

Cuadro 7. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización por muestreo.

Para la comparación de medias entre dosis de fertilización para etapa fenológica, se encontraron diferencias entre las dosis de fertilización estudiadas (Cuadro 8).

Etapas fenológicas												
DF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF1	23.1 a	32.1 a	42.3 a	52.3 a	56.7 a	65.4 b	71.8 a	74.3 a	77.1 a	82.7 a	85.2 a	87.1 a
DF2	22.4 b	30.6 b	40.1 b	51.9 a	56.4 a	66.7 a	70.9 b	74.0 a	77.0 b	82.2 a	84.9 a	86.1 b
DMS α 0.05	0.378	0.269	0.507	1.098	1.384	0.584	0.889	0.579	0.938	1.204	0.895	0.324

Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización por muestreo.

En lo que respecta a la comparación entre medias de dosis de fertilización para biomasa total, muestran diferencias significativas entre las dosis de fertilización estudiadas (Cuadro 9).

Biomasa total												
DF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF1	0.988 a	1.446 a	2.914 a	3.741 a	4.872 a	6.421 a	7.501 a	8.581 a	9.482 a	10.419 a	11.125 a	11.715 a
DF2	0.883 b	1.124 b	2.121 b	2.839 b	23.471 b	4.242 b	5.039 b	5.517 b	5.975 b	6.615 b	7.142 b	7.514 b
DMS α 0.05	0.082	0.139	0.557	0.564	0.612	0.453	0.749	0.408	0.527	0.700	0.511	0.512

Cuadro 9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización por muestreo.

Al realizar la comparación entre medias de dosis de fertilización para área foliar, se observa que existen diferencias significativas en las dosis de fertilización evaluadas (Cuadro 10).

Área foliar (cm²)												
DF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF1	148.6 a	193.7 a	246.1 a	266.9 a	225.6 a	193.9 a	157.9 a	127.3 a	102.1 a	67.3 a	41.5 a	20.9 a
DF2	90.2 b	113.4 b	128.1 b	129.6 b	114.2 b	99.7 b	75.1 b	62.4 b	50.9 b	34.2 b	20.8 b	10.2 b
DMS α 0.05	9.307	16.749	12.551	15.151	9.986	9.729	12.592	11.631	2.316	6.573	7.074	3.363

Cuadro 10. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización por muestreo.

Los resultados de la prueba de comparación de medias para valores de NDVI entre dosis de fertilización, muestran diferencias altamente significativas. (Cuadro 11).

NDVI												
DF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF1	0.530 a	0.597 a	0.676 a	0.557 a	0.505 a	0.459 a	0.431 a	0.405 a	0.353 a	0.287 a	0.210 a	0.173 a
DF2	0.367 b	0.409 b	0.442 b	0.387 b	0.360 b	0.339 b	0.323 b	0.305 b	0.267 b	0.226 b	0.183 a	0.148 a
DMS α 0.05	0.027	0.016	0.012	0.010	0.021	0.017	0.026	0.013	0.018	0.022	0.030	0.028

Cuadro 11. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización por muestreo.

En el Cuadro 12 se presentan las pruebas de comparación de medias entre grupos para altura de planta, observándose que a partir del muestreo 6, los tipos tardíos (Grupos 3 y 4), registraron significativamente mayor altura de planta en comparación con los tipos precoces (Grupos 1 y 2).

Altura de planta (cm)												
Grupo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	26.7 a	31.3 a	45.3 a	62.0 a	73.6 a	83.0 a	86.5 bc	90.3 b	93.5 b	93.5 b	93.5 b	93.5 b
2	24.3 b	27.6 b	38.8 b	54.1 b	62.9 b	76.3 b	83.1 c	89.3 b	94.8 b	94.8 b	94.8 b	94.8 b
3	22.9 c	26.4 bc	34.8 c	53.3 b	61.5 b	80.9 a	93.6 a	98.9 a	102.1 a	105.4 a	109.4 a	112.3 a
4	22.4 c	25.2 c	35.8 c	52.2 b	59.4 b	75.9 b	89.6 ab	98.4 a	103.1 a	108.2 a	112.5 a	117.5 a
DMS α 0.05	1.383	1.605	2.525	3.663	4.238	3.971	4.405	5.430	5.888	5.844	5.591	6.050

Cuadro 12. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos por muestreo.

En la comparación de medias entre grupos para la etapa fenológica, se observa que existe diferencia significativa entre los grupos; el grupo 1 (primaverales), alcanzó la madurez fisiológica más temprano que el resto de los genotipos.

Etapa fenológica												
Grupo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	22.3 b	31.9 a	43.3 a	57.4 a	60.6 a	70.6 a	73.8 a	76.8 a	80.1 a	86.1 a	86.1 a	86.1 b
2	22.7 b	31.2 b	40.0 b	50.9 b	57.8 b	66.4 b	71.3 b	74.8 b	77.4 b	83.0 b	85.9 a	88.5 a
3	23.5 a	31.1 b	39.5 b	49.7 bc	53.7 c	65.1 b	71.2 b	73.2 c	75.6 c	81.3 b	85.6 a	87.4 a
4	22.8 b	30.9 b	39.0 b	48.6 c	53.3 c	61.8 c	68.9 c	71.6 d	74.5 c	79.2 c	83.3 b	85.7 b
DMS α 0.05	0.702	0.367	1.193	1.480	1.521	2.681	1.368	1.274	1.585	1.732	1.337	1.266

Cuadro 13. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización por muestreo.

En lo que respecta a la prueba de comparación de medias entre grupos para biomasa total, observamos que no existen diferencias significativas estadísticamente entre los grupos estudiados (Cuadro 14).

Biomasa total												
Grupo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	0.985 a	1.389 a	2.985 a	3.437 a	3.837 a	6.047 a	6.628 a	7.161 a	7.594 a	8.365 a	8.365 a	8.365 a
2	0.915 a	1.219 a	2.483 ab	3.106 ab	3.498 ab	5.081 ab	5.953 a	6.700 ab	7.435 a	7.956 ab	9.175 a	9.175 a
3	0.954 a	1.241 a	1.989 b	2.904 ab	3.117 ab	5.575 a	6.015 a	6.599 ab	7.430 a	8.260 a	9.136 a	9.136 a
4	0.921 a	1.192 a	2.125 b	2.538 b	2.610 b	4.544 b	4.781 b	5.583 b	6.053 b	6.814 b	8.005 a	8.005 a
DMS α 0.05	0.147	0.208	0.522	0.649	0.941	1.012	0.968	1.119	1.258	1.365	1.433	1.434

Cuadro 14. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización por muestreo.

En la prueba de comparación de medias entre grupos para área foliar observamos que existen diferencias significativas entre los genotipos evaluados, mostrando mayor área foliar los grupos de crecimiento intermedio (G2 y G3) respectivamente (Cuadro 15).

Área foliar (cm ²)												
Grupo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	129.1 a	157.8 ab	175.4 c	151.1 c	130.5 b	109.1 c	86.3 c	69.3 c	53.2 c	30.0 c	15.0 b	7.5 c
2	118.7 ab	155.6 ab	212.9 a	193.4 b	156.4 b	142.7 b	120.7 b	98.0 b	84.4 b	64.8 ab	44.5 a	26.0 a
3	119.6 ab	164.8 a	200.6 ab	224.5 a	195.9 a	172.4 a	142.4 a	118.3 a	96.9 a	70.1 a	41.0 a	21.7 a
4	109.9 b	142.7 b	179.1 bc	234.7 a	203.0 a	173.6 a	131.6 ab	107.0 ab	85.5 ab	54.8 b	35.6 a	15.2 b
DMS α 0.05	15.577	18.46	21.792	21.984	26.034	21.251	19.816	19.103	11.793	13.25	10.988	5.916

Cuadro 15. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización por muestreo.

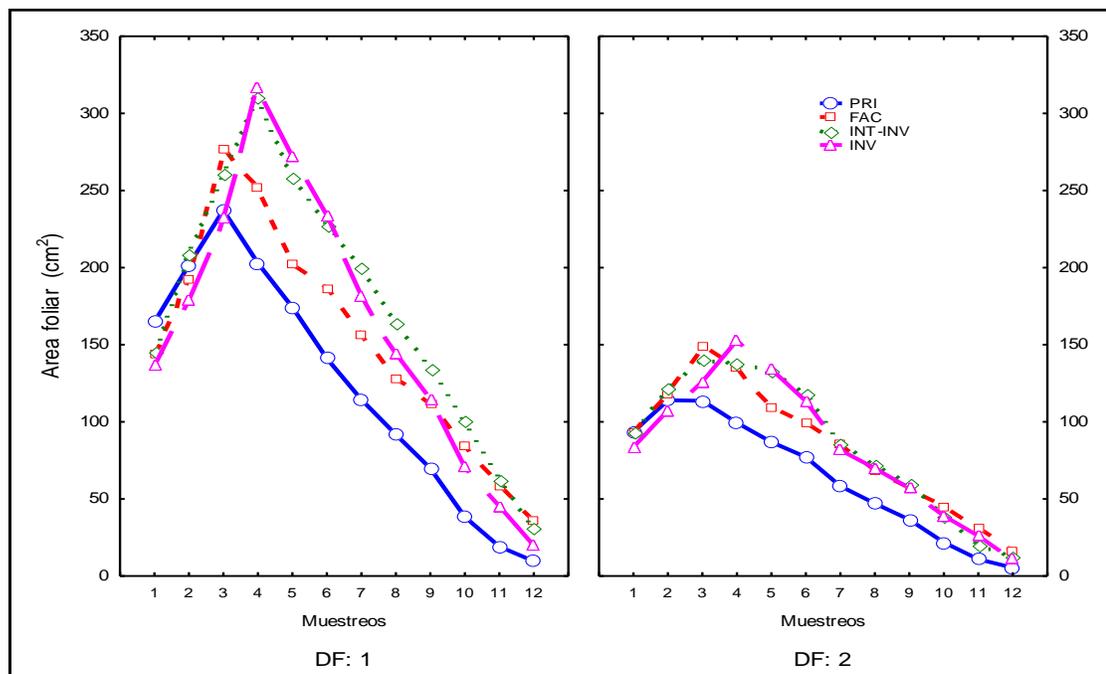
En la prueba de comparación de medias entre grupos para NDVI, podemos determinar que el grupo de crecimiento tardío (G4) presentó superioridad en comparación a los demás grupos evaluados (Cuadro 16).

NDVI												
Grupo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	0.447 a	0.500 a	0.547 b	0.460 b	0.418 b	0.383 b	0.356 b	0.333 b	0.279 b	0.203 c	0.104 c	0.055 c
2	0.456 a	0.503 a	0.590 a	0.495 a	0.455 a	0.418 a	0.399 a	0.374 a	0.325 a	0.268 b	0.223 b	0.188 b
3	0.455 a	0.509 a	0.565 ab	0.457 b	0.426 b	0.390 ab	0.370 ab	0.349 ab	0.310 a	0.275 ab	0.232 b	0.205 b
4	0.442 a	0.503 a	0.553 b	0.480 ab	0.438 ab	0.408 ab	0.391 a	0.371 a	0.333 a	0.296 a	0.258 a	0.231 a
DMS α 0.05	0.031	0.026	0.026	0.029	0.028	0.028	0.029	0.028	0.029	0.028	0.023	0.021

Cuadro 16. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos por muestreo.

DISCUSIÓN:

La Figura 1 muestra que la aplicación de fertilizante nitrogenado tuvo un efecto positivo en el área foliar, ya que el nitrógeno promueve el crecimiento de los tejidos vegetales, la expansión de las hojas y por consecuencia el aumento en el área foliar de los genotipos; la máxima área foliar fue alcanzada en menor tiempo por los tipos precoces (Grupo 1 y 2) en comparación con los tipos tardíos (Grupos 3 y 4); sin embargo, estos últimos registraron los mayores valores de área foliar aunque en un mayor período de tiempo. Asimismo, a partir del inicio de la senescencia foliar, los tipos tardíos mantuvieron mayores valores de tejido foliar en comparación con los tipos precoces, corroborado por las diferencias en la velocidad de crecimiento y por consecuencia, de la diferencia en la etapa fenológica de los materiales utilizados (Figura 5).



En la figura 1. Patrones de área foliar de los cuatro grupos de triticale en cada una de las dosis de fertilización.

Para la altura de planta (Figura 2), la aplicación de nitrógeno tuvo un efecto positivo y significativo sobre esta característica, independientemente del hábito de crecimiento de las variedades. Con respecto al efecto de la fertilización sobre los diferentes hábitos de crecimiento de los genotipos, los tipos tardíos registraron mayor altura de planta en comparación con los tipos precoces; lo anterior se debe a la constitución genética de los genotipos utilizados, es decir, independientemente de la dosis de fertilización, los tipos tardíos (Grupos 3 y 4), registraron mayor altura de planta que los tipos precoces (Grupos 1 y 2).

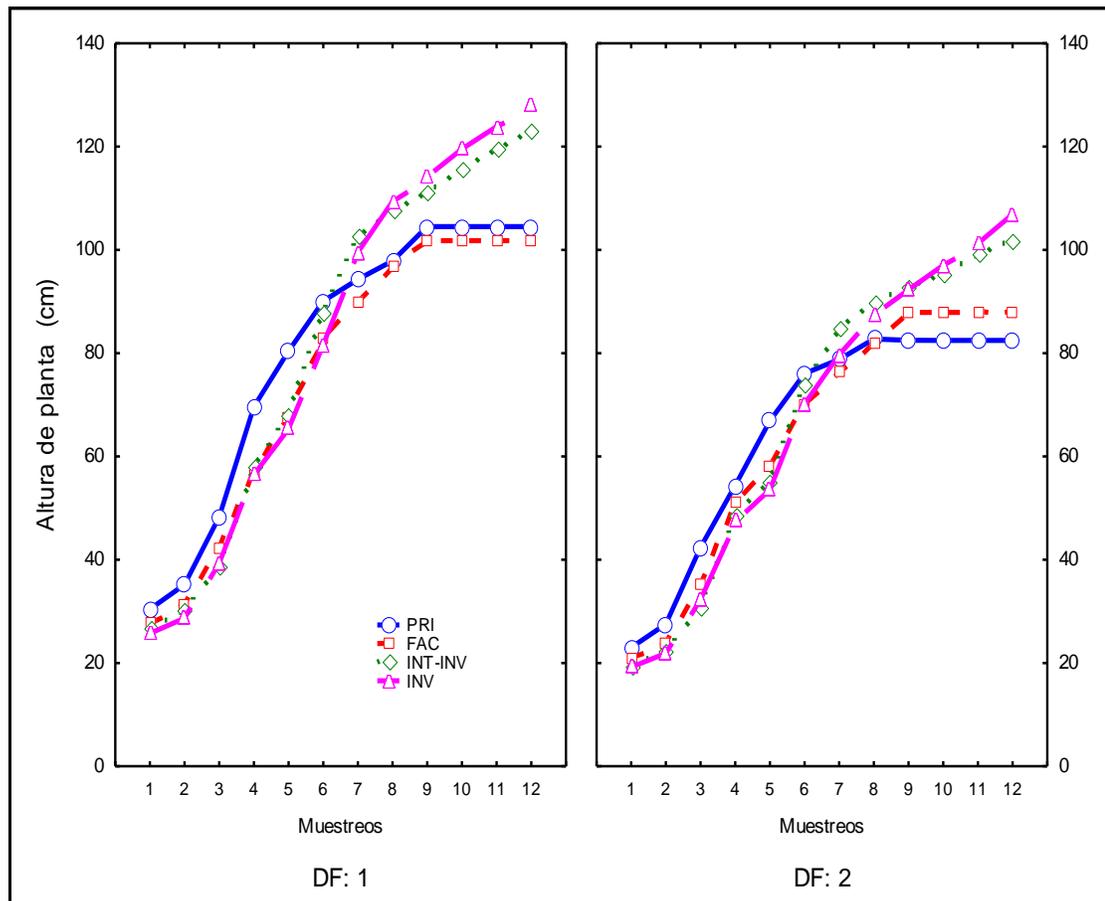


Figura 2. Patrones de altura de planta (cm) de los cuatro grupos de triticale en cada una de las dosis de fertilización.

La Figura 3 muestra las tendencias en la producción de biomasa entre las dosis de fertilización y los grupos de genotipos. En forma general, se registró una mayor y significativa producción de biomasa cuando se aplicó fertilizante nitrogenado, independientemente del hábito de crecimiento de los genotipos, resaltando la importancia de la aplicación de nitrógeno en las plantas. Por otra parte, los tipos facultativos (Grupo 2) y los intermedios-invernales (Grupo 3), registraron los mayores rendimientos de biomasa tanto en el experimento fertilizado como en el no fertilizado, debido probablemente a una mayor capacidad genética de acumulación de materia seca.

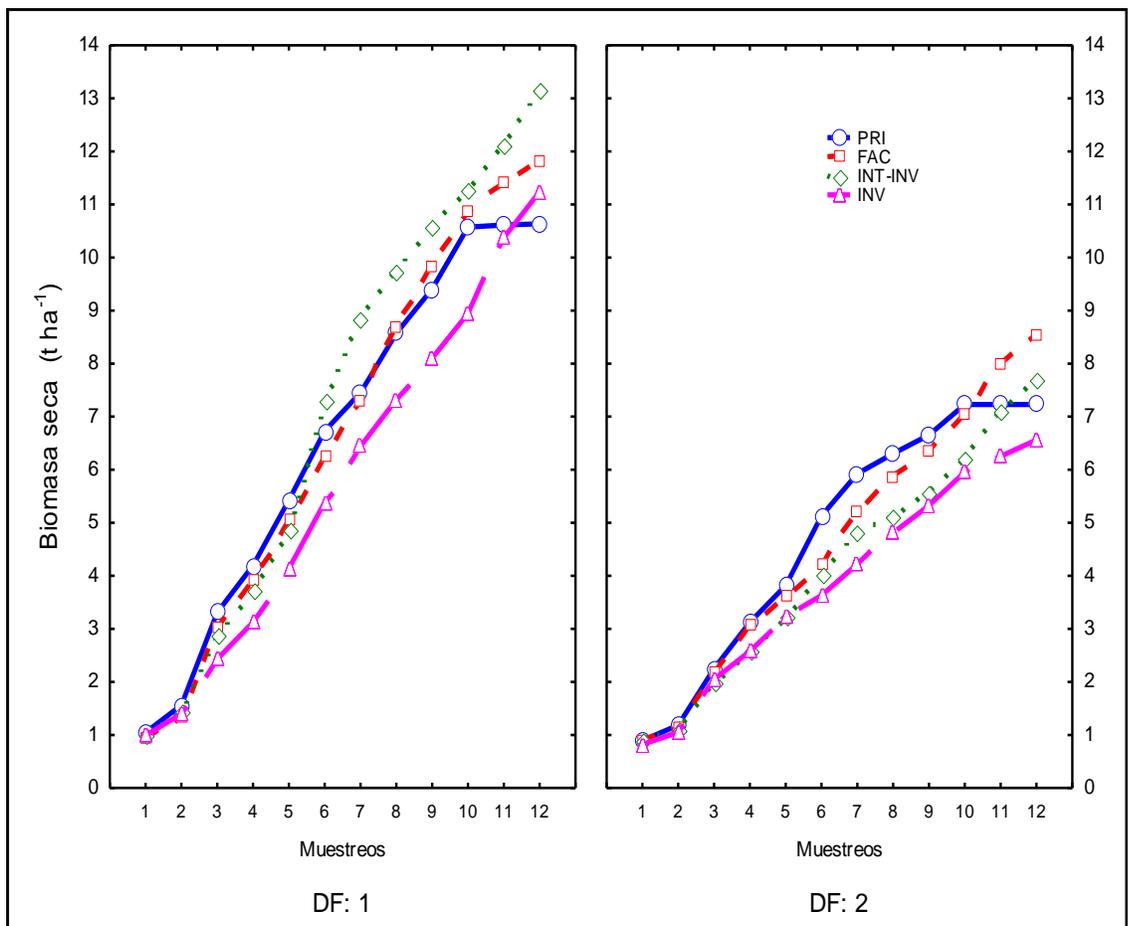


Figura 3. Patrones de biomasa seca de los cuatro grupos de triticale en cada una de las dosis de fertilización.

Con respecto a los valores del NDVI, los cuales están directamente relacionados con la reflectancia del dosel de la planta (área foliar), siguieron las mismas tendencias encontradas para la variable antes mencionada, es decir, a mayor área foliar, mayor valor de NDVI. Por lo tanto, los valores de NDVI fueron mayores a través del ciclo en los tipos con mayor área foliar (Grupos 3 y 4), correspondientes a los tipos tardíos.

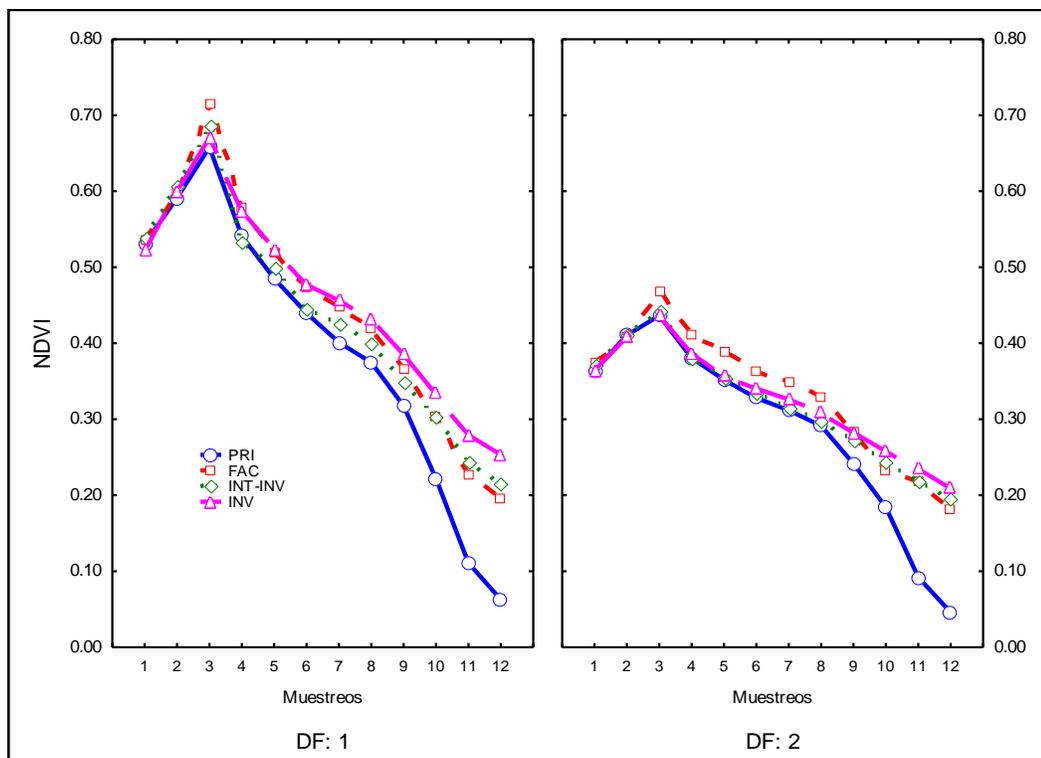


Figura 5. Patrones de NDVI de los cuatro grupos de triticale en cada una de las dosis de fertilización.

CONCLUSIONES

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

- La dosis de fertilización 1 (aplicación de N), mostró superioridad en las variables evaluadas (altura de planta, etapa fenológica, biomasa total, área foliar y NDVI), independientemente del hábito de crecimiento de los genotipos.
- Los genotipos de hábito de crecimiento intermedio-invernal e invernal registraron una mayor altura de planta, área foliar y por lo tanto, mayores valores de NDVI que los tipos precoces.
- Los triticales de hábito facultativos e intermedio-invernal registraron los mayores rendimientos de biomasa total.
- El comportamiento productivo de los diferentes tipos de triticales registró una considerable disminución de la biomasa bajo cero fertilizaciones, por lo que es recomendable aplicar dosis moderadas de fertilizante nitrogenado.

LITERATURA CITADA

- National Research Council. 1998. *Triticale: A promising addition to the world's cereal grains*. National Academy Press, Washington, D.C. 105 pp.
- 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.
- Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L. and Taylor, M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yield since 1890 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci.* 94:675-689.
- Blum, A., Ebercon, A. 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci.* 21:43-47.
- Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Science* 218:443-448.
- Cabeza, C., A. Kin and J.F. Ledent. 1993. Effect of water shortage on main shoot development and tillering of common and spelt wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 170 (4):243-250.
- Campillo, R. R.; Jobet, F. C. y Undurraga, D. P. 2007. Optimización de la fertilización nitrogenada para trigo de alto potencial de rendimiento en andisoles de la región de la araucanía, Chile. Chile. *Agric. Téc.* 67(3):281-291.
- Collar, C., and Aksland, G. 2001. Harvest effects on yield and quality of winter forage. *Proc. 31st California Alfalfa and Forage Symposium*. Ca. U.C. Cooperative Extensión. University of California, Davis. Calif: 133-142.
- Conroy, J.P., Virgona, J.M., Smillie, R.M., and Barlow, E.W. 1988. Influence of drought acclimation and CO₂ enrichment on osmotic adjustment and chlorophyll *a* fluorescence of sunflower during drought. *Plant Physiol.* 86:1108-1115.
- Fortis-Hernández, M., Ahlers, R., Leos-Rodríguez, J.A., y Salazar-Sosa, E. 2002. El mercado de los derechos de agua en la Comarca Lagunera. *Políticas Agrícolas* 12:103-122.
- Grzesiak, M.T., A. Rzepka, T. Hura, K. Hura and A. Skoczowski. 2007. Changes in response to drought stress of triticale and maize genotypes differing in drought tolerance. 2007. *Photosynthetica* 45(2):280-287.

- 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.
- Hsiao, T.C. and E. Acevedo. 1974. Plant responses to water deficits, water-use efficiency and drought resistance. *Agric. Meteorol.* 14:59-84.
- Kalen, D.L. and Camp, C.R. 1982. N, P and K accumulation by high-yielding irrigated maize grown on a typical Paleudult in the Southeastern U.S. Ed. Proc. 9th Intl, Plant Nutr. Colloq. Vol. 1. Warwick University, UK. Pp. 262-267
- Keim, D.L. and Kronstad, W.E. 1981. Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. *Crop Sci.* 21:11-15.
- Kichey, T.; Hirel, B.; Heumez, E.; Dubois, F. and Le Gouis, J. 2007. In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Res.* 102:22-32.
- Levine, G., Cruz-Galván, A., García, D., Garcés-Restrepo, C., y Johnson, S. 1998. Performance of two transferred modules in the Lagunera Region: water relations. Research Report 23. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka.
- 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.
- Lozano-del Río, A.J., Colín-Rico, M., Mergoum, M., Pfeiffer, W.H., Hede, A., and Reyes-Valdés, M.H. 2002. Registration of “TCLF-AN-31”. *Triticale. Crop Sci.* 42:2215-2216.
- Malhi, S.S., Johnston, A.M., Schoenau, J.J., Wang, Z.H., and Vera, C.L. 2006. Seasonal biomass accumulation and nutrient uptake of wheat, barley and oat on a Black Chernozem soil in Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.* 86:1005-1014.
- Moore, E. L. 2005. Alternative forage crops when irrigation water is limited. Drought Management Factsheet. British Columbia, Canadá. 6:1-6.

- Moreno, A., Moreno, M. M.; Ribas, F. and Cabello, M. J. 2003. Influence of nitrogen fertilizer on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under irrigated conditions. Spanish J. Agric. Res. 1:91-100.
- Musick, J.T. and D.A. Dusek. 1980. Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. Agron. J. 72:45-52.
- Neal, J.S., Fulkerson, W.J., and Campbell, L.C. 2010. Differences in yield among annual forages used by the dairy industry under optimal and deficit irrigation. Crop and Pasture Sci. 61:625-638.
- Newbould, P. 1989. The use of nitrogen fertilizer in agriculture. Where do we go practically and ecologically? Ecology of arable land (Eds.). Clarholm, M. and Bergström, L. Kluwer, Dordrecht. 281-295 pp.
- Orona, C.I., Flores, H. A., Rivera, G. M., Martínez, G., y Espinoza, A.J. 2003. Productividad del agua en el cultivo de nopal con riego por goteo en la Comarca Lagunera. Terra Latinoamericana. 21(2):195-201.
- Ozkan, H., Genv, T., Yagnasanlar, T., and Toklu, F. 1999. Stress tolerance in hexaploid spring triticale under Mediterranean environment. Plant Breeding. 118:365-367.
- Parodi, P. 2003. Mayor eficiencia en el uso del nitrógeno puede aumentar la rentabilidad del trigo y hacerlo más amigable hacia el ambiente. In: Kohli, M. M.; Díaz, M. y Castro, M. (Eds.). In: Seminario Internacional Estrategias y Metodologías Utilizadas en el Mejoramiento de Trigo, La Estanzuela, Uruguay. 8-11 de octubre de 2001. CIMMYT-INIA, Colonia, Uruguay. 275-283 pp.
- 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.
- Purcell, L.C., y Currey, A. 2003. Gaining acceptance of water use efficiency framework, terms and definitions. Land Water Australia, Canberra.
- Royo, C. and Parés, D. 1995. Yield and quality of winter and spring triticales for forage and grain. Grass and Forage Science. 51:449-455.
- Salas, C. 2003. Nutrición mineral de plantas y el uso de fertilizantes. In: Meléndez, G. y Molina, E. (Eds.). Fertilizantes: características y manejo. Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR, San José. 1-19 pp.

- Santivieri, F., Royo, C., and Romagosa, I. 2004. Growth and yield responses of spring and winter triticale cultivated under Mediterranean conditions. *Europ. J. Agronomy*. 20:281-292.
- Shpiler, L., and Blum, A. 1986. Differential reaction of wheat *Triticum aestivum* cultivars to hot environments. *Euphytica* 35:483-492.
- Trapani, N., Gentinetta, E. 1984. Screening of maize genotypes using drought tolerance tests. *Maydica* 29:89-100.
- 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.
- Wang, H.X., Liu, C.M., and Zhang, L. 2002. Water-saving agriculture in China: an overview. *Advances in Agronomy* 75:135–171.
- 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.