

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto del Déficit de Humedad y la Fertilización sobre la Producción de
Biomasa en Triticale

Por:

MARCOS ANTONIO GUZMÁN VÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto del Déficit de Humedad y la Fertilización sobre la Producción de
Biomasa en Tríticale

Por:


MARCOS ANTONIO GUZMÁN VÁZQUEZ

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

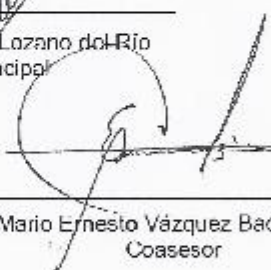
Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Alejandro Javier Lozano del Río
Asesor Principal




Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos
Coasesor



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2015

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Timoteo Guzmán Rivera

Eloísa Vázquez Roblero

Que son mi razón de ser, mi motivo para seguir luchando día a día y no dejar vencerme pese a las adversidades, quien gracias a ellos he logrado culminar lo mejor que ellos desean para mí. **Papá**, gracias por todos tus consejos, regaños quien me motiva a seguir adelante, por todos los momentos que pasamos juntos y me dices cuales son las cosas buenas y las malas con todo amor para ti, querido padre. **Mamá**, por cuidarme desde pequeño, por ser quien está atenta todo el tiempo, la mujer de mis amores. Tú, mi pieza fundamental en mi vida y ser la persona de todas mis confianzas con mucho amor para ustedes.

A MIS HERMANAS (OS):

Uriber, Berenice, Laura, Deysi, Yareni

Gracias a ustedes por ser mi compañía, quienes me han regalado un poco de su tiempo, por estar conmigo en todo momento, quienes me animan a seguir luchando y superarme en la vida. Aunque cada quien tenemos nuestras vidas diferentes ustedes saben que siempre cuentan conmigo en todo momento. Este logro es para ustedes con mucho amor. A mi hermano **Alejandro** por ser mi compañía en toda mi vida, mi alma gemela, quienes juntos compartimos buenos y malos momentos, pero sobre todo nos ayudamos uno al otro.

A **MIS SOBRINOS: (Naomi, Paola, Jatziri, Erick y Dilan)**, que con sus inocencia alegran nuestras vidas día a día y ellos son el motivo que me impulsa a seguir adelante.

A MIS ABUELITOS

Dámaso Guzmán Roblero

Juana Rivera Bravo (+)

Estanislao Vázquez Morales (+)

Felicita Roblero Soto

Por sus consejos, oraciones y poner todas sus confianzas en mí. Así mismo por su apoyo incondicional, con especial cariño para ustedes. Y desde el cielo me cuidan.

A **TODOS MIS TÍOS**, por darme ánimos en los momentos difíciles, apoyarme económica y moralmente y ser parte de mi vida. Con todo afecto a mi tío Eudulio Guzmán (+) dedicado a ti donde quiera que estés siempre cuidas de nosotros.

A **MIS PRIMOS** que me apoyaron y me animaron a seguir adelante, por todos sus buenos deseos y confianza que me tienen,

A **TODOS MIS AMIGOS** de la infancia que siempre están presentes y me dan ánimos, a los de la Universidad y generación gracias a ustedes por su apoyo durante nuestra etapa como estudiantes y vivir buenas experiencias que solo se quedan en el corazón.

Y a todas esas personitas tan especiales en mi vida, con mucho afecto para todos(as) ustedes. Muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS Todopoderoso por darme todas las bendiciones durante mis estudios, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles, que gracias a ti se pueden realizar los sueños que uno se plantea para nuestras vidas y no abandonarme en ningún momento.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” por permitir terminar mis estudios en esta gran casa de estudios que orgullosamente llevo recuerdos en mi corazón. Gracias por formarme profesionalmente durante estos 4 años y medio, por cobijarme entre tus aulas y tus tierras agrícolas.

Al **Dr. Alejandro Javier Lozano del Río**, por ser la base fundamental en este trabajo, por todas sus enseñanzas, amistad y toda su confianza puesta en mí. En verdad muchas gracias, me llevo una gran experiencia y orgulloso de ser parte de su equipo de trabajo.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo** por su gran amistad durante mis estudios y su colaboración en este trabajo. Muchas gracias.

Al **M.C Roberto Espinoza Zapata** por su colaboración y aportación en el presente trabajo.

Al **Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos** por su participación en este estudio, muchas gracias.

A todos mis profesores que durante mis estudios me brindaron apoyo y compartieron sus conocimientos para mi desarrollo profesional.

Al **Dr. Ulises Adame**, por tener muy buena amistad hacia mí y darme buenos consejos y animarme a seguir adelante.

A los **Trabajadores** del Programa de Cereales que con su trabajo hacen posible esto

A **MIS COMPAÑEROS DE TESIS** que nos ayudamos en todo para culminar nuestras metas

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	3
3. Hipótesis.....	3
4. Revisión de literatura.....	4
Generalidades.....	4
Tipos de triticale.....	6
Efecto del déficit de humedad sobre los cultivo	7
Uso eficiente del agua.....	8
Efecto del déficit de humedad a nivel planta y nivel cultivo.....	9
Efectos visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad.....	9
Efectos no visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad...	10
Efecto de la fertilización nitrogenada en los cultivos.....	11
Acumulación de biomasa.....	12
5. Materiales y métodos.....	14
Localización del sitio experimental.....	14
Desarrollo del experimento.....	14
Material genético utilizado.....	14
Preparación del terreno.....	15
Fecha de siembra.....	15
Tamaño de parcela experimental.....	16
Fertilización.....	16
Riegos.....	16
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	17
Muestreos.....	17
Diseño experimental utilizado en campo.....	18
Variable registrada.....	18
Análisis estadísticos.....	18
Modelo estadístico por muestreo para las variables en estudio.....	18

Pruebas de comparación de medias.....	19
6. Resultados.....	21
7. Discusión.....	29
8. Conclusiones.....	32
9. Literatura citada.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

1. Lista de genotipos utilizados en Navidad, N.L.....	15
2. Resultados de los análisis de varianza por muestreo.....	21
3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes de las variedades evaluadas en los cuatro muestreos.....	22
4. Resultados de la prueba de comparación de medias entre los grupos de las variedades evaluadas en los cuatro muestreos.....	23
5. Resultados de los análisis de varianza para biomasa seca por dosis de fertilización. Navidad 2015.....	24
6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización. Navidad 2015.....	25

INDICE DE FIGURAS

1 Patrones de acumulación promedio de biomasa por dosis de fertilización.....	26
2. Patrones de acumulación de biomasa entre experimentos a través dos muestreos.....	27
3. Patrones de acumulación de biomasa de los cuatro grupos de triticales en cada una de las dosis de fertilización.....	28
4. contenido de humedad del suelo.....	29

INTRODUCCIÓN

Para el 2020 y 2050 en México, se señala una disminución en la precipitación del 10% al 20% y aumentos en la temperatura de 1°C y 4°C. Estas alteraciones en el clima y la regulación hídrica conllevarían a un decremento de la aptitud para la producción agrícola (Monterroso *et al.*, 2009). Entre las estrategias a corto y a largo plazo para conservar el recurso hídrico, está la utilización de cultivos que maximicen su producción con bajos niveles de humedad (Magaña *et al.*, 2004).

La ganadería en México ocupa el equivalente al 58% de la superficie del país, donde se siembran más de 556 mil hectáreas con forrajes de riego, siendo la alfalfa el principal cultivo con cerca del 50% de la superficie, además de avenas, ballicos, maíces y sorgos forrajeros que son utilizados para la alimentación de rumiantes en sistemas intensivos de producción animal, y que a su vez son requeridos como complemento para apoyar a los sistemas extensivos (Zamora-Villa *et al.*, 2002). 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 (Reta *et al.*, 2010). Existe mayor interés en la producción de forraje durante el invierno, pues hay menor evaporación, pero con el riesgo de heladas (Núñez *et al.*, 1997). 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).

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar el efecto del déficit de humedad a partir de la etapa reproductiva sobre la producción de biomasa de triticales de diferente hábito de crecimiento.
- Identificar el o los hábitos de crecimiento de triticale con mayor tolerancia al déficit de humedad en comparación con su comportamiento en condiciones de riego normal.

➤ Determinar el efecto de la ausencia de fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa de 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.

Objetivos Específicos

a) Conocer el efecto del régimen de humedad en los diferentes hábitos de crecimiento de triticales a través de muestreos sucesivos.

b) Conocer el efecto de la ausencia de la fertilización nitrogenada en los diferentes hábitos de crecimiento de triticales a través de muestreos sucesivos.

HIPÓTESIS

a) No existe diferencia en la producción de biomasa entre ambos regímenes de humedad.

b) No existe diferencia en la producción de biomasa entre los seis diferentes grupos.

c) No existe diferencia entre dosis de fertilización para la producción de biomasa entre los tipos evaluados.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades

La escasez de agua se ha convertido en el principal factor limitante para la producción de forraje, los agricultores están obligados a producir más forraje con menos agua para mantener la rentabilidad de sus explotaciones en la búsqueda de mejorar la eficiencia del uso del agua y a la vez satisfacer las demandas del ganado (Neal *et al.*, 2010; Rodrigo *et al.*, 2010).

El uso eficiente del agua y los fertilizantes en los forrajes está comenzando a ser un criterio para la selección de la especie o variedad a cultivar y que de esta manera brinde sustentabilidad en la producción. La elección correcta de los forrajes debe ser considerada en toda explotación lechera ó pecuaria, e incluir el rendimiento, valor nutritivo, además de los costos y riesgos de producción (Neal *et al.*, 2010).

Debido a las condiciones climáticas tan diversas en el Norte de México, que varían desde bajas temperaturas en el invierno hasta heladas ocasionales en la primavera, así como el déficit en la disponibilidad de agua para la agricultura, han llevado a los productores a elegir variedades de rápido crecimiento, que toman la mejor ventaja de la baja tasa de transpiración durante el invierno donde la radiación y evaporación son bajas (Santiveri *et al.*, 2004). Los forrajes invernales tienen la ventaja de crecer durante el periodo de baja demanda de evaporación, lo que permite un ajuste gradual al déficit de agua y así mantener el uso eficiente de la misma. Algunos autores sugieren que el déficit de

irrigación puede ser una estrategia útil en forrajes anuales de estación fría para maximizar el uso eficiente del agua cuando este recurso es limitado, pero el resultado dependerá de las especies forrajeras, patrones de lluvia y la humedad del suelo (Neal *et al.*, 2010).

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 (NRC, 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 triticale

Con base a su patrón productivo y hábito de crecimiento, en México se han desarrollado materiales de triticale para uso forrajero, principalmente para cortes múltiples o pastoreo (Lozano del Río, 2002). En este tipo de explotación es imprescindible 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 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).

Uso eficiente del agua

El déficit de riego es definido como la aplicación de agua a un nivel por debajo de las necesidades totales del cultivo. Se ha utilizado con éxito en cultivos hortícolas y anuales en las regiones secas. Sin embargo, no ha sido ampliamente evaluado para la producción de forraje en la industria láctea (Neal *et al.*, 2010).

Una característica que se busca en los forrajes es el uso eficiente del agua definido genéricamente como la relación de un nivel dado de un producto físico a un nivel dado de agua consumida (Purcell y Currey, 2003). A nivel de granja lechera, el índice de eficiencia del uso del agua está basado en el rendimiento de forraje por unidad de irrigación de agua, y es comúnmente usada como un punto de referencia para cuantificar el rendimiento del agua. Sin embargo, la comparación de las diferencias fisiológicas intrínsecas en la eficiencia del uso del agua entre las especies forrajeras está mejor explicada por el rendimiento de biomasa por unidad de evapotranspiración del cultivo (Neal *et al.*, 2010).

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.

Efectos visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad

Algunos efectos visibles de la exposición a la sequía en la fase vegetativa de los cereales, la cual es muy sensible a los déficits de agua, es la pérdida de turgencia, ya que esta detiene el crecimiento o alargamiento de las células, y

por lo tanto disminuye el crecimiento total de la planta, induce una disminución de la altura y un menor número y área de hojas, y por lo tanto del peso de las mismas (Hsiao y Acevedo, 1974; Grzesiak *et al.*, 2007; Boyer, 1982). Dos respuestas comunes de las plantas a los déficits de humedad son la reducción del crecimiento foliar y una senescencia foliar acelerada, ya que la expansión de las hojas depende principalmente de la expansión de las células, la cual a su vez depende del proceso de turgencia, y cualquier incremento en el déficit de humedad puede limitar el incremento en el área foliar (Musick y Dusek, 1980). Los genotipos con una mayor tasa de expansión foliar tienen una mayor probabilidad de sobrevivir bajo condiciones de sequía. En el caso de cereales, la capacidad de amacollamiento se considera un factor importante de la plasticidad de la planta en respuesta a los cambios ambientales (Keim y Kronstad, 1981; Cabeza *et al.*, 1993).

Efectos no visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad

Algunos de los efectos no visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad son los daños a las membranas citoplásmicas, disturbios en el estado hídrico de los diferentes órganos y una disminución en el contenido de clorofila (Blum y Ebercon, 1981; Trapani y Gentinetta, 1984). Los cambios en el estado hídrico de los tejidos de la planta ocurren pocas horas después de comenzar el déficit de humedad; sin embargo, la pérdida de permeabilidad en las membranas celulares y la disminución en el contenido de clorofila se presentan posteriormente, pero con frecuencia, estos cambios son irreversibles, especialmente bajo una severa y prolongada exposición a la sequía. Estos

cambios dependen de la especie de planta, nivel y duración del déficit de humedad, etapa de crecimiento y edad de la planta (Conroy *et al.*, 1988; Grzesiak *et al.*, 2003).

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 triticale (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).

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° 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 (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 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

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: 04/05/2015

M8: 21/05/2015

M9: 27/05/2015

M10: 03/06/2015

M11: 11/06/2015

M12: 17/03/2015

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, se evaluó la producción de forraje seco total (FST) se determinó al sumar los pesos de hojas, tallos y en su caso, espigas de cada muestreo o corte de forraje; posteriormente se transformó a forraje seco total t ha⁻¹.

Análisis estadísticos

Se efectuaron análisis de varianza por muestreo. En cada muestreo, los datos fueron analizados agrupando la dosis de fertilización (2) dentro de cada régimen de humedad (3), dando por resultado un total de 6 experimentos

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

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

Donde:

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.

MiG_k = Efecto de la interacción del k -ésimo grupo en el i -ésimo régimen.

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 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:

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

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 reportaron diferencias altamente significativas entre los experimentos en todos los muestreos; entre los grupos de triticale no se reportaron diferencias estadísticas en los dos muestreos iniciales; sin embargo, se registraron diferencias altamente significativas a partir del tercer muestreo. Los coeficientes de variación variaron entre 8.5 y 18.2% (Cuadro 2).

		Biomasa seca ton/ha ⁻¹											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
EXP.	5	0.1634**	0.5417**	2.8426**	3.5292**	7.9294**	19.9249**	23.6474**	34.6550**	44.5941**	53.1419**	60.3203**	67.3758**
ERROR A	12	0.0231	0.0453	0.1736	0.3320	0.4441	0.5161	0.4890	0.7988	0.6390	0.5648	0.9617	1.1289
GRUPO	3	0.0169 ns	0.0749ns	0.9334**	2.3815**	2.8936**	6.9513**	8.1154**	7.9547**	8.1389**	9.2445**	7.5608**	11.8842**
EXP X GRUPO	15	0.01862 ns	0.0788ns	0.3460ns	0.3982ns	0.2690 ns	1.3651 ns	2.3930*	2.3404**	3.0259**	2.0622ns	1.8883ns	2.7388*
ERROR	36	0.0158	0.0550	0.2064	0.3199	0.5355	0.6126	0.7085	0.7387	0.4379	1.4824	1.2064	1.1908
TOTAL	71												
X GENERAL		0.9361	1.2849	2.5180	3.2904	4.1719	5.3320	6.2704	7.0495	7.7290	8.5174	9.1341	9.6152
CV %		13.44	18.2	18.0	17.1	17.5	14.6	13.4	12.1	8.5	14.2	12.0	11.3

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 y la Figura 2 muestra los resultados y tendencias de la prueba de comparación de medias entre experimentos. Independientemente de los regímenes de humedad, los experimentos con fertilización nitrogenada produjeron en forma general cantidades significativamente mayores de biomasa que los experimentos sin fertilización. Estas diferencias fueron más marcadas a partir del tercer muestreo.

Biomasa seca (kg/ha ⁻¹)												
Exp	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1F	937 abc	1422 a	3041 a	3850 a	5163 a	6674 ab	7664 ab	8759 a	9592 a	10117 a	10709 a	11506 a
2NF	1043 ab	1330 ab	2329 bc	3128 abc	3821 bc	4710 c	5382 c	5737 b	6241 b	6432 b	6702 b	6959 c
3F	1064 a	1452 a	2601 ab	3503 ab	4593 ab	6892 a	7941 a	8836 a	9498 a	10875 a	11714 a	12128 a
4NF	851 c	1071 bc	1904 c	2557 c	3219 c	4165 c	4871 c	5422 b	5803 b	6891 b	7857 b	8455 b
5F	963 abc	1463 a	3101 a	3871 a	4860 a	5696 b	6898 b	8146 a	9356 a	10264 a	10953 a	11513 a
6NF	756 c	969 c	2129 bc	2831 bc	3372 c	3168 c	4864 c	5392 b	5881 b	6522 b	6867 b	7128 bc
DMS α 0.05	208	291	571	790	913	985	958	1225	1096	1030	1344	1457

Cuadro 3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos.

El Cuadro 4 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales. En este Cuadro se observa que en los dos primeros muestreos no se registraron diferencias estadísticas entre los grupos para la acumulación de biomasa; sin embargo, a partir del tercer muestreo los genotipos más precoces (primaverales y facultativos) registraron significativamente mayor producción de biomasa, comparados principalmente con los invernales. En los muestreos finales, los tipos facultativos e intermedios-invernales acumularon significativamente más biomasa que los primaverales e invernales.

Biomasa seca (kg/ha ⁻¹)												
Grupo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	970 a	1372 a	2782 a	3660 a	4621 a	5929 a	6688 a	7437 a	8032 a	8900 a	8920 ab	8931 b
2	915 a	1252 a	2590 ab	3504 ab	4335 ab	5225 b	6247 a	7273 a	8086 a	8960 a	9699 a	10194 a
3	953 a	1291 a	2459 ab	3146 bc	4045 ab	5664 ab	6813 a	7427 a	8076 a	8759 a	9603 a	10433 a
4	905 a	1223 a	2240 b	2850 c	3684 b	4507 c	5331 b	6058 b	6721 b	7449 b	8312 b	8902 b
DMS α 0.05	113	210	407	507	657	702	755	771	594	1093	986	979

Cuadro 4. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales. Navidad 2015.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del análisis de varianza donde se reportan diferencias estadísticas entre las dosis de fertilización, evidenciado por la magnitud de los cuadrados medios de esa fuente de variación, indicando la importancia que tiene la fertilización nitrogenada en la acumulación de materia seca, independientemente del hábito de crecimiento de los materiales.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
DF	1	0.196 *	1.868 **	11.335 **	14.662 *	35.345 **	85.438 **	109.113 **	168.985 **	221.319 **	260.402 **	285.640 **	317.717 **
ERROR A	4	0.015	0.028	0.344	0.882	0.348	0.675	0.661	0.366	0.989	1.175	1.200	1.0317
GRUPO	3	0.016 ns	0.074 ns	0.933 *	2.381 **	2.893 **	6.951 **	8.115 **	7.954**	8.138 **	9.244 **	7.560 **	11.884**
DF*GRUPO	3	0.021 ns	0.022 ns	0.373 ns	0.305 ns	0.516 ns	2.741 *	5.261 **	4.968 **	5.032**	3.724 **	2.594ns	4.854*
ERROR	60	0.026	0.072	0.251	0.333	0.500	0.866	0.966	0.986	0.855	1.342	1.444	1.632
X GENERAL		0.936	1.284	2.518	3.290	4.171	5.332	6.270	7.049	7.729	8.517	9.134	9.615
CV%		17.5	20.9	19.9	17.5	16.9	17.4	15.6	14.0	11.9	13.6	13.1	13.2

Cuadro 5. Resultados de los análisis de varianza para biomasa seca por dosis de fertilización. Navidad 2015.

Como se observó en el análisis de varianza correspondiente, la aplicación de nitrógeno tuvo un efecto positivo y altamente significativo sobre la producción de biomasa, inclusive desde las etapas más tempranas del ciclo de los materiales (Cuadro 6, Figura 1). De esta forma, en promedio de los grupos de triticales, la fertilización nitrogenada aumentó aproximadamente un 37% la biomasa de los materiales, hasta alcanzar aproximadamente un 55% más de biomasa en el muestreo final.

MUESTREOS DE BIOMASA												
DF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1	2.91 a	3.741 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
2	2.12 b	2.839 b	2.212 b	2.839 b	3.471 b	4.242 b	5.039 b	5.517 b	5.975 b	6.615 b	7.142 b	7.514 b
DMS $\alpha=0.05$	0.384	0.614	0.384	0.614	0.386	0.537	0.532	0.396	0.651	0.709	0.717	0.664

Cuadro 6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre dosis de fertilización. Navidad 2015.

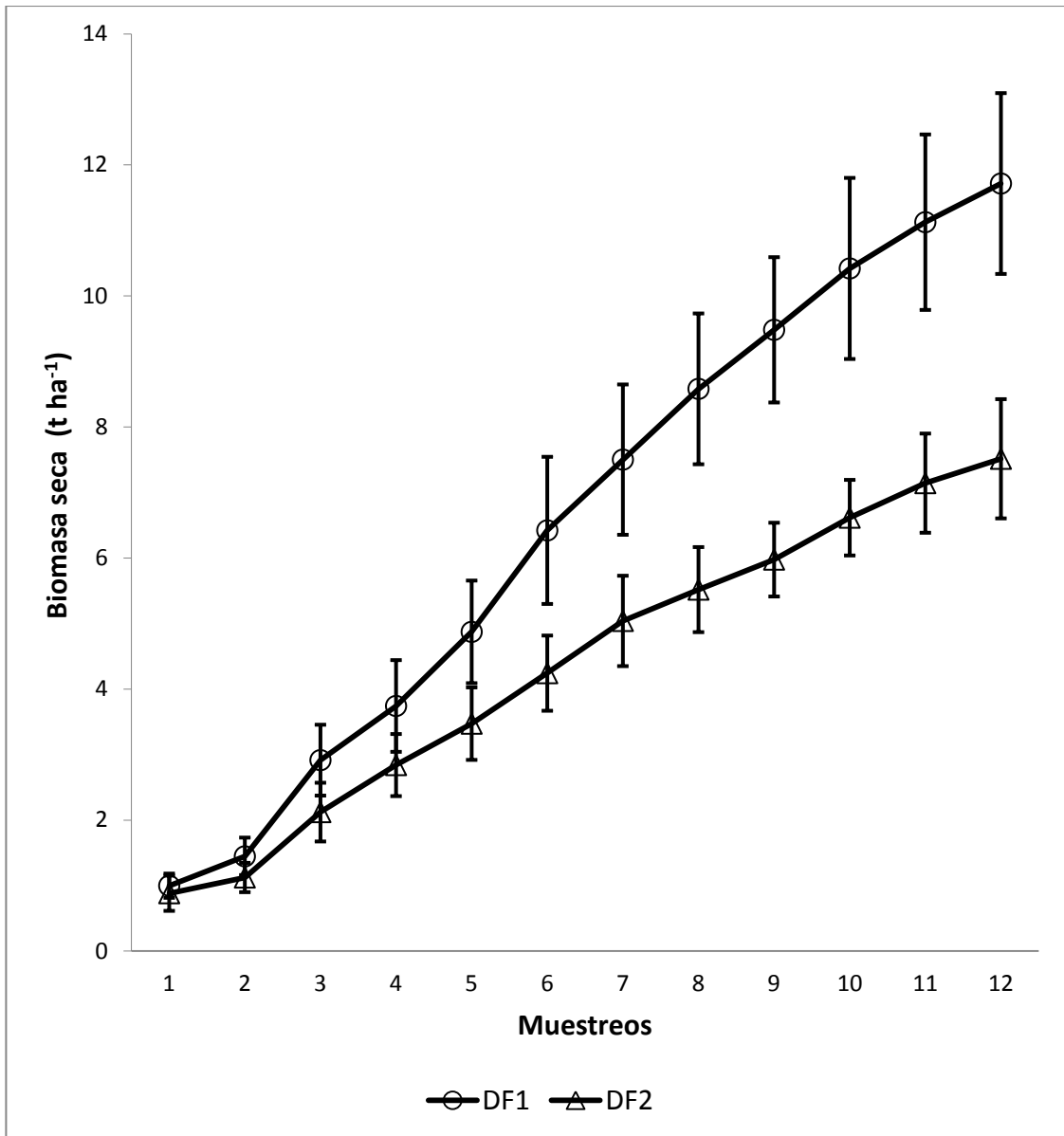


Figura 1. Patrones de acumulación promedio de biomasa por dosis de fertilización.

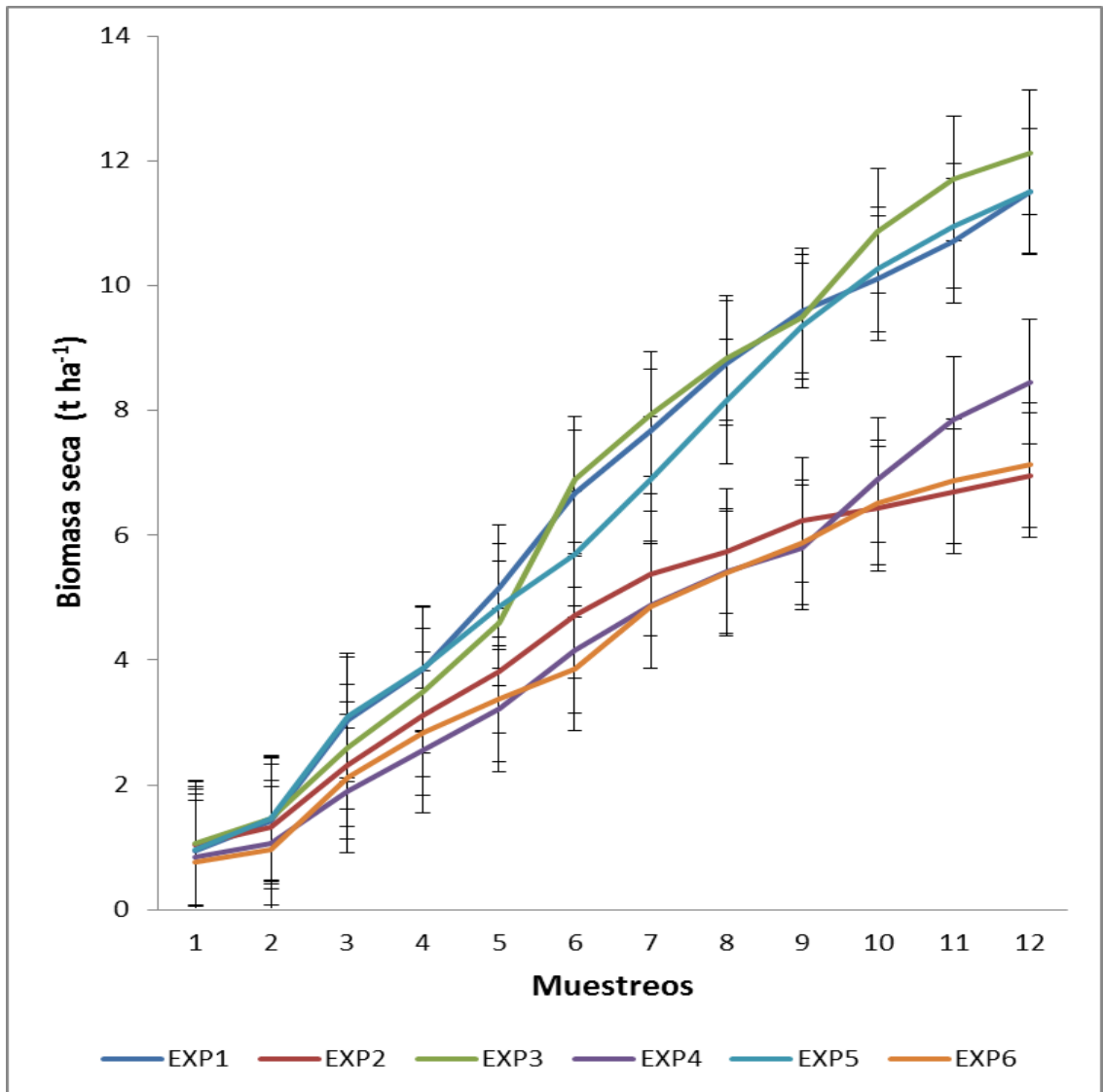


Figura 2. Patrones de acumulación de biomasa entre experimentos a través dos muestreos.

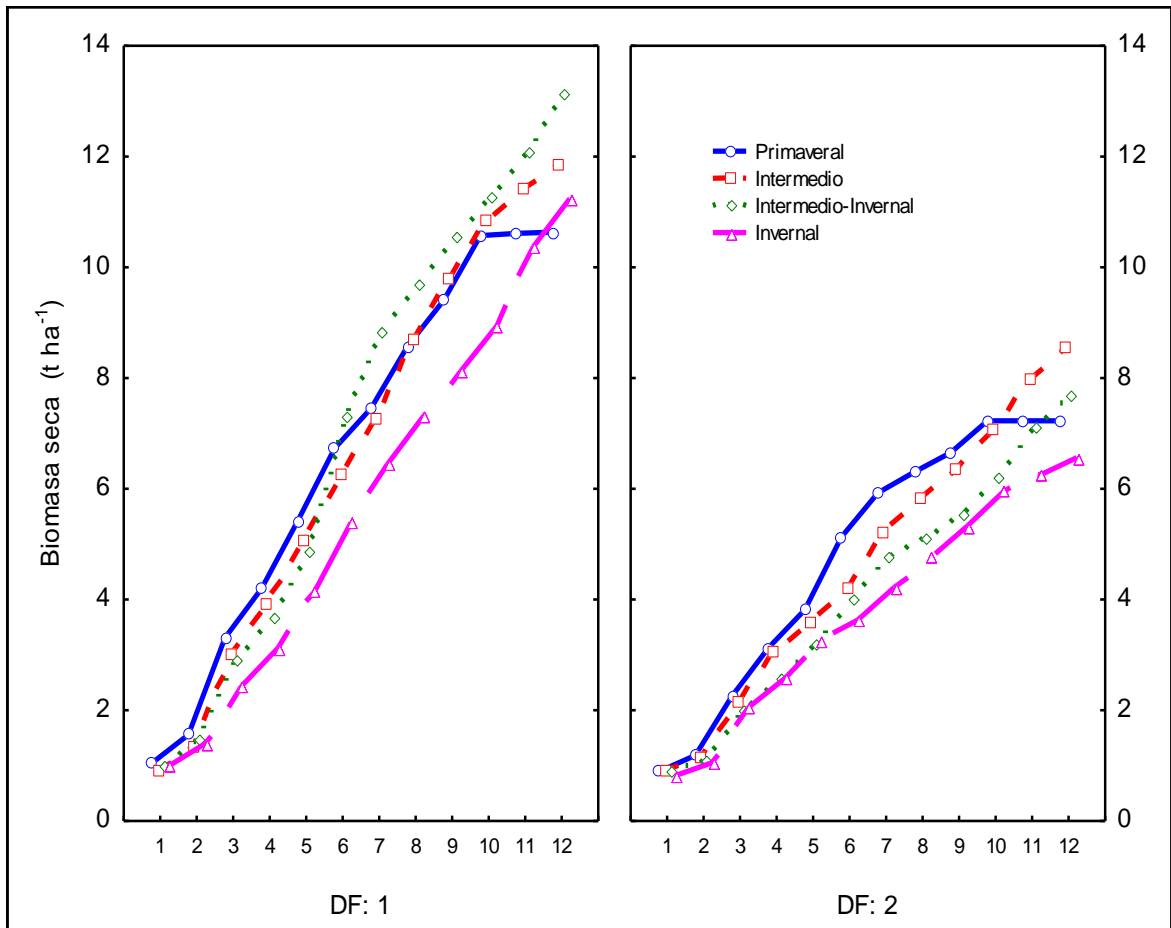
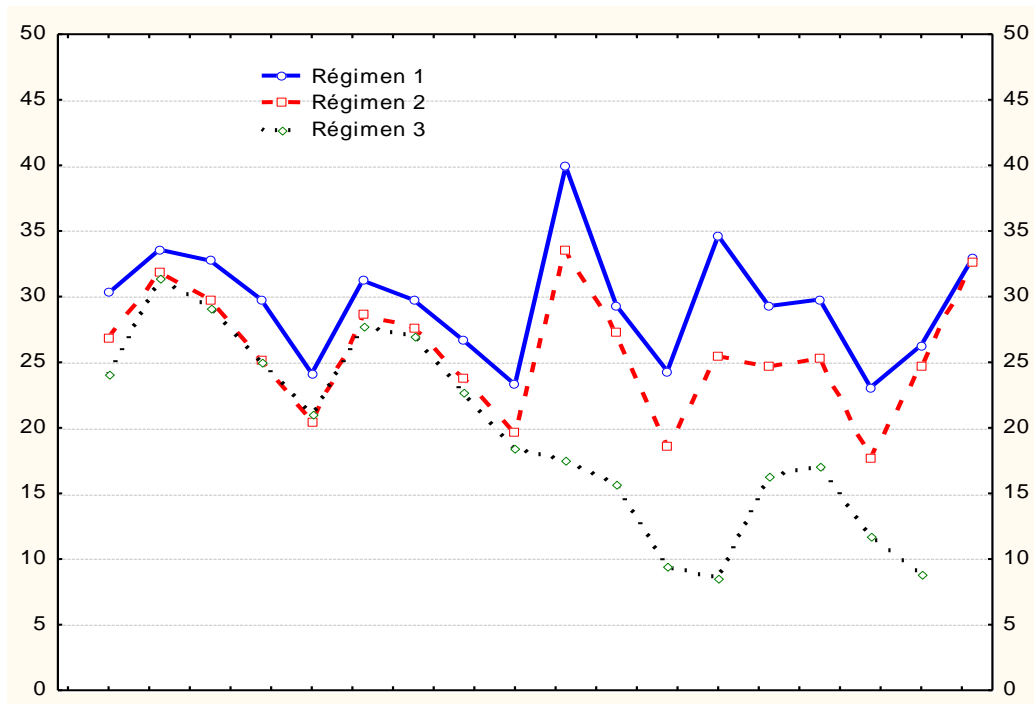


Figura 3. Patrones de acumulación de biomasa de los cuatro grupos de triticale en cada una de las dosis de fertilización

DISCUSIÓN

De manera general, los resultados del análisis de varianza de la variable producción de biomasa registró diferencias altamente significativas entre los diferentes grupos a lo largo de los doce 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). Por esta razón se rechazan las hipótesis a y b planteadas para esta investigación.



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 decreciendo a lo largo del ciclo.

Desde el muestreo uno se pudo observar que la producción de biomasa fue estadísticamente igual entre el régimen 1 (normal) y el régimen 2 (castigo en etapa vegetativa). Este resultado apoya lo mencionado por Neal *et al.* (2010), Trethowan *et al.* (2002) y Araus *et al.* (2002) quienes afirman que disminuir el agua aplicada es una importante estrategia de producción pues maximiza el comportamiento productivo de biomasa de los forrajes.

Para la tasa de acumulación de biomasa total se observó que de manera general, el régimen dos tuvo una mayor tasa de acumulación de materia seca aunque estadísticamente igual al régimen 1, destacando los triticales de hábito facultativo e intermedio- invernal. Es importante destacar que esta mayor tasa de acumulación se logró con la aplicación del 80% del riego que tradicionalmente se brinda a este cultivo lo que lleva a considerar que además del importante ahorro de agua, también se incrementan los niveles de producción. Sin embargo, es importante señalar que este déficit de humedad se aplicó en la etapa vegetativa temprana de los materiales.

Los resultados de esta investigación soportan lo declarado por Levine *et al.* (1998) y Fortis-Hernández *et al.* (2002) quienes afirman que de manera general, se está aplicando más agua de la requerida por los cultivos, por ejemplo, tal es el caso de la alfalfa y el nogal en la Región Lagunera, donde la aplicación de agua de riego se excede alrededor del 33%. Al igual que lo dicho por Orona *et*

al. (2003), si se reduce al menos un riego se amplía la posibilidad de no sólo reducir los costos de producción, si no que inclusive la productividad se ve incrementada por la respuesta dada por el cultivo, logrando de esta manera una mayor rentabilidad de los sistemas de producción pecuaria.

En este estudio, se encontró que la variación en las curvas de crecimiento (Figuras 1-3) debida a las diferencias genotípicas entre los grupos fué menor que la variación ambiental causada por los efectos de la irrigación y la fertilización; Por otra parte, la longitud del ciclo de crecimiento fue mayor en los tipos invernales en comparación con los primaverales, concordando con lo mencionado por Ramos et al. (1985), que señala que la acumulación de material seco depende fuertemente de factores tales como la disponibilidad de agua, temperatura y radiación. La variabilidad mostrada por los diferentes grupos en la acumulación de biomasa fue debida a la variabilidad en la longitud del ciclo desde la siembra hasta la máxima acumulación del peso seco de las plantas.

CONCLUSIONES

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

- El régimen de irrigación 2 (castigo en etapa vegetativa) no tuvo efectos negativos y significativos sobre los rendimientos de biomasa de los diferentes grupos de genotipos estudiados.
- Los triticales de hábito primaveral y facultativo registraron los mayores rendimientos de biomasa total en los primeros cinco muestreos, por lo que resultan los tipos más adecuados cuando el objetivo es la mayor acumulación de biomasa en el menor tiempo posible (henificado y ensilaje).
- Los triticales de hábito facultativos e intermedio-invernal registraron los mayores rendimientos de biomasa total.
- Además de la selección de especies y/o hábitos de crecimiento, el déficit de irrigación, definido como la aplicación de agua en un nivel menor al del pleno requerimiento del cultivo (riego sub-óptimo=80%), puede ser una buena oportunidad para incrementar la eficiencia en el uso del agua (EUA) en triticales.
- El comportamiento productivo de los diferentes tipos de triticales registró una considerable disminución de la biomasa bajo cero fertilización, por lo que es recomendable aplicar dosis moderadas de fertilizante nitrogenado, principalmente.

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 Blanck 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 an 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 triticales 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 triticales, 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 triticales 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 triticales por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Téc. Pecu.* 39(1):15-29.

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 se logre un mejor aprovechamiento de estos insumos. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la disminución de la lámina total de riego y la fertilización sobre la producción triticales de diferente hábito de crecimiento, así como identificar los hábitos de crecimiento de triticales con mayor tolerancia al déficit de humedad y de fertilización. 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 a condiciones de riego normal (50 cm de lámina total), el segundo a condiciones de riego restringido durante la etapa vegetativa (40 cm de lámina total) y el tercero sin riego a partir de la floración (40 cm de lámina total). Fueron utilizados 4 líneas de triticales primaverales, 2 facultativos, 2 intermedios-invernales y 4 invernales. Se realizaron 12 muestreos destructivos para estimar la producción de biomasa. El diseño experimental fue bloques completos al azar. Se determinó que la aplicación el 80% del riego en el régimen de castigo en la etapa vegetativa no causó efectos negativos en los rendimientos de forraje sino que inclusive propició en algunos tipos de triticales el incremento de producción. La no aplicación de fertilizante nitrogenado afectó significativamente la producción de biomasa en todos los hábitos de crecimiento.

Palabras clave: triticales, biomasa, patrones de producción, regímenes de humedad, dosis de fertilización.

Correo electrónico; Marcos Antonio Guzmán Vázquez, antonio.ua@hotmail.com