

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Productivo de Triticales de Diferente Hábito de Crecimiento
bajo Diferentes Niveles de Humedad

Por:

RONI YONATAN PÉREZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Productivo de Triticales de Diferente Hábito de Crecimiento
Bajo Diferentes Niveles de Humedad

Por:
RONI YONATAN PÉREZ PÉREZ

TESIS

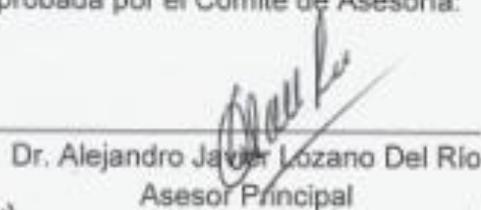
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos
Coasesor



Dr. Alejandro Javier Lozano Del Río
Asesor Principal



M.C. Luis Ángel Muñoz Romero
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2016

AGRADECIMIENTOS

*Mi gratitud, primeramente está dirigida a **DIOS** por prestarme la vida, por cuidar de mí y de mi familia día a día porque a pesar de tantas cosas difíciles él me ha ayudado a sostenerme permitiéndome llegar al final de la carrera.*

*A mis padres **ANSELMO PÉREZ RODRÍGUEZ Y MARTINA PÉREZ ROBLERO** que sacrificaron mucho para hacer esto posible. Por enseñarme de chico el valor de la educación y perseverancia. Por escucharme cuando necesitaba un consejo y acompañarme cuando lo necesitaba.*

*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.*

*A mis **profesores** no solo de la carrera sino a todos los que me han acompañado durante el largo camino, brindándome su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzado mi formación como estudiante.*

*Al **Dr. Alejandro Javier Lozano del Río**, por su confianza y orientación en todo momento en la realización de este proyecto que me enmarca el último escalón hacia un futuro en donde sea participe en el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje.*

*Al **Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos**, por su disposición y ayuda brindada en este proyecto y aceptar ser parte del jurado calificador.*

*Al **M.C. Luis Ángel Muñoz Romero**, por todo el apoyo brindado durante todo este tiempo en la carrera, por su amistad, sus consejos que me han ayudado para seguir y sobresalir en la vida. Por dedicar su tiempo y conocimientos para revisar el presente trabajo de tesis.*

*A mis **compañeros y amigos** Ramiro, Anaceli, Emir, Raúl, Eduardo, Aniceto, Iban, Víctor, Aroldo, Ceci, Orta, Paco, Adilene, Abelardo. Por compartir buenos y malos momentos, con quienes compartimos mañanas, tardes y noches de estudios.*

*A **Tania**, por brindarme su apoyo incondicionalmente día a día, por todo el amor y cariño.*

DEDICATORIA

*Al creador de todas cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con todo la humildad que me mi corazón puede emanar, dedico principalmente mi trabajo a **DIOS** y la **VIRGEN DE GUADALUPE**.*

*Como sencillo gesto de agradecimiento, con todo mi cariño y amor dedico este trabajo, a las personas que me han dado la oportunidad de salir de casa para poder realizar grandes sueños, por las enseñanzas que me han inculcado grandes cosas para mi formación en la vida, por lo cual han sido el motor de mi vida para poder realizar hasta lo imposible y llegar a la meta propuesta. A ustedes con amor papá **ANSELMO PÉREZ RODRÍGUEZ**, y mamá **MARTINA PÉREZ ROBLERO**.*

*A los ángeles que desde pequeño me inculcaron ser alguien profesional en la vida a salir adelante, que aunque ya no estén conmigo, le sigo recordando y queriendo mucho. Gracias por los momentos feliz que me compartieron, porque sé que donde están, me siguen protegiendo y acompañando en todo. Siempre los recordare abue. **Virgínia**, y **Tomasa** y a tí **Máximo Pérez** que fuiste más que un tío, un hermano mayor que agradezco a Dios por darme la oportunidad de tenerlo a mi lado.*

*A mis Hermanos(a), **Nelí**, **Yobani**, **Esli** y **Paula**, que han sido parte esencial en mi vida, por todo el apoyo y confianza puesta en mí.*

*A tí abuelo **Epítacio Pérez Santizo** y **Félix Pérez** a quien admiro y quiero mucho, por sus consejos, apoyo en mi caminar.*

*A mis tíos, **Javier**, **Iuz**, **Inocencio**, **Luvia**, **Joel**, **Nelvi**, **Carmen**, **Gamañiel**, **Ester**, **Edílcer**, **Teresa**, **Enrique**, **Levi** y **Lorenzo**.*

*A mis **primos**, **Ingríd**, **Milton**, **Dani**, **Osbi**, **Yuri**, **Lupita**, **Keren**, **Wilber**, **Leo**, **Liz**, **Adriel** **Yesi**, **Ángela**, **Vicki**, **Yeni**, **Laurení**, **David**, **Jhosmar**, **Charis**, **Jesús**, **Yulí**, y **Susi**.*

*Con mucho cariño para tí, **Taní Esmeralda**.*

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
INTRODUCCION	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISION DE LITERATURA	3
Generalidades del cultivo de triticale.....	3
Clasificación.....	4
Tipos de triticale forrajero.....	5
Efecto del déficit de humedad sobre los cultivos.....	6
Uso eficiente del agua.....	7
Efecto del déficit de humedad a nivel planta y nivel cultivo.....	8
Efectos visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad.....	8
Efectos no visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad.....	9
Uso y tipos de triticale forrajero.....	10
Índice de referencia espectral como herramienta de fenotipo rápido NDVI.....	13
MATERIALES Y METODOS	15
Localización del sitio experimental.....	15
Desarrollo del experimento.....	15

Material genético utilizado.....	15
Preparación del terreno.....	16
Fecha de siembra.....	16
Tamaño de parcela experimental.....	17
Fertilización.....	17
Riegos.....	17
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	17
Muestreos.....	17
Diseño experimental utilizado en campo.....	18
Variable registrada.....	18
Análisis estadísticos.....	19
Modelo estadístico de los análisis de varianza individuales por experimento para la variable en estudio.....	19
Modelo estadístico del análisis de varianza combinados entre experimentos para la variable en estudio.....	19
Pruebas de comparación de medias.....	19
RESULTADOS.....	21
Resultados de los análisis de varianza de la variables altura de planta.....	21
Resultados de los análisis de varianza de la variables etapa fenologica.....	22
Resultados de los análisis de varianza de la variables biomasa total.....	23

Resultados de los análisis de varianza de la variables área foliar.....	24
Resultados de los análisis de varianza de la variables NDVI.....	25
Resultado de la prueba de comparación de medias entre experimentos de triticale navidad 2016.....	26
Resultados de las pruebas de comparación de medias de grupos combinados entre experimentos.....	29
DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES.....	38
RESUMEN.....	39
LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1	Material genético utilizado en el experimento. Ciclo 2014-2015.....	20

2	Resultados de los cuadrados medios para la variable altura de planta, Navidad N.L 2016	221
3	Resultados de los cuadrados medios para la variable altura de planta, Navidad N.L 2016.....	27
4	Resultados de las pruebas de comparación de medias de grupos por experimento.....	28
5	Resultados de los análisis de varianza combinados entre experimentos.....	29
6	Resultados de las pruebas de comparación de medias del análisis combinado entre experimentos.....	30
7	Resultados de las dosis de fertilización combinado entre experimentos.....	30
8	Resultados de las pruebas de comparación de medias de grupos combinados entre experimentos.....	31

INDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
1 Patrones de altura de planta de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos.....	33
2 Patrones de etapa fenológica de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos.....	34
Patrones de biomasa total de los diferentes hábitos de	

3 crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos..... 35

4 Patrones de área foliar de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos..... 36

5 Patrones de NDVI de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos..... 37

I INTRODUCCIÓN

El triticales (*X Triticosecale Wittmack*), el cual es el resultado de la cruce de trigo x centeno, es un cultivo que reúne un alto potencial de producción de biomasa de un valor nutritivo adecuado, con una mayor tolerancia a factores adversos del medio ambiente como las bajas temperaturas y una mayor tolerancia a los déficits de humedad, aspecto muy importante en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país.

A este respecto, diversos estudios señalan que para el 2020 y 2050 en México, se espera 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). 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 y más eficientes en el uso de los insumos, particularmente, del recurso agua (Orona *et al.*, 2003). Por lo anterior, se planteó el presente experimento con los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

Objetivos generales

1. Determinar el efecto del déficit de humedad sobre las diferentes variables en triticales de diferentes hábitos de crecimiento.
2. Identificar el o los hábitos de crecimiento de triticales con mayor tolerancia al déficit de humedad en comparación con su comportamiento en condiciones de riego normal.

Objetivos específicos

- a. Conocer el efecto del régimen de humedad en los diferentes hábitos de crecimiento de triticales a través de muestreos sucesivos.
- b. Identificar los hábitos de crecimientos, con mayor producción de forraje en etapas específicas del ciclo de producción.

Hipótesis

1. Dentro de los materiales evaluados, existen variedades con mayor tolerancia a los déficits de humedad que inciden sobre el comportamiento productivo de triticales.
2. Existen diferencias en el comportamiento productivo de cada uno de los diferentes hábitos de crecimiento.

II REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades

En 1885 en Escocia, Stephen Wilson informó de la primera cruce conocida de trigo por centeno, la cual produjo una planta estéril. Años más tarde, en 1888, en Alemania, se logró producir el primer híbrido fértil de trigo por centeno, logrado por W. Rimpau (Royo, 1992). Hasta el momento el triticales es el único cereal cultivado creado por el hombre, por eso se considera un material vegetal sintético, debido a que no es resultado de la evolución natural como los demás cereales (Royo, 1992). El triticales se obtiene del cruzamiento entre el trigo y el centeno. Para su obtención pueden utilizarse como progenitores tanto el trigo harinero (que cruzado con el centeno dará lugar a un triticales octaploide), como el trigo duro (que generará triticales hexaploides).

El origen de los cereales puede decirse que se sitúa en el Neolítico, ya que se han encontrado restos de trigo, cebada, avena y centeno de esa época de la historia. Además se conoce que el arroz ya era cultivado en China 2700 años A.C. (González y Rojo, 2005).

El termino cereales tiene su origen en las palabras cerealia numera que hacen referencia a las ofrendas a Ceres, diosa de la Agricultura, y se usa normalmente para referirse al grupo de plantas herbáceas cultivadas que producen un grano rico en almidón y que ocupan el lugar más destacado en la agricultura mundial. Forman un amplio grupo de plantas consumidas que son botánicamente uniformes y todas ellas usadas de forma similar. Actualmente los

cereales son la gran fuente de alimentación humana en todos los continentes, ya que contienen hidratos de carbono, proteínas, grasas, sales minerales y proteínas, almacenando en su grano una gran cantidad de energía fácilmente asimilable (González y Rojo, 2005).

Su nombre proviene de la primera parte de la palabra *Triticum* (género al que pertenece el trigo) y la terminación *Secale* (género al que pertenece el centeno). En 1971 Blum sugirió el nombre latino genérico *Tricosecale* Wittmack, el cual es aceptado hasta ahora. Un reporte sobre generalidades del triticales resalta que el primer avance decisivo ocurrió en 1937, cuando se descubrió en Francia que la colchicina, un alcaloide cristalino, podría inducir la duplicación del número cromosómico en plantas. Con esta sustancia los fitomejoradores pudieron superar la esterilidad de los triticales (CIMMYT 1976).

Clasificación.

El triticales se puede clasificar por el tipo de cruzamiento por el cual ha sido obtenido, según el número cromosómico y por la presencia o no de la dotación cromosómica del centeno de manera completa (Royo, 1992).

En la primera clasificación están los triticales primarios, que son los obtenidos directamente del cruzamiento entre el trigo y el centeno, y los triticales secundarios, que se obtienen de cruzar triticales primarios con trigo o con otros triticales (Royo, 1992).

Según el número cromosómico, los triticales se clasifican como hexaploides, que son obtenidos a partir del cruzamiento entre el trigo duro

(especie tetraploide, 28 cromosomas) y el centeno (especie diploide, 14 cromosomas). Como resultado nos da un grano que casi nunca llega a germinar normalmente, porque el embrión suele abortar. Mediante cultivo de embriones podemos obtener una planta fértil, que tendrá 42 cromosomas. Un segundo tipo son los triticales octaploides los cuales parten del trigo harinero en lugar de trigo duro el cual es una especie hexaploide, y el centeno que es diploide. En este caso, no es necesaria la técnica de cultivo de embriones (Royo, 1992).

Otra clasificación depende de su dotación cromosómica: triticales completos, que son los que poseen la dotación completa del centeno, es decir, poseen el genomio R completo, y los triticales substituídos, en los cuales algunos cromosomas del genomio R, han sido substituidos por cromosomas procedentes del genomio D del trigo harinero. Para saber si un triticales es de tipo completo o de tipo substituido hay que hacer un análisis citogenético. Sin embargo en muchos casos se puede saber con cierta precisión el grupo al que pertenecen observando la morfología de la planta. En general los triticales completos tienen un aspecto más parecido al centeno, suelen ser más altos y las espigas son más largas y curvadas en la madurez. Los triticales substituídos son más parecidos al trigo. Hay algunos triticales de aspecto intermedio entre ambos grupos y es muy difícil apreciar a simple vista a qué grupo pertenecen.

Tipos de triticales forrajero

Existen tres tipos de triticales forrajero: primaverales, intermedios e invernales, con diferentes grados de expresión entre estos tipos, que puede ser intermedios entre los tres mencionados. Los tipos primaverales son de

crecimiento rápido, y su utilización es principalmente para ensilaje y henificado, con un desarrollo y producción similar a la avena (Lozano, 2002).

Los tipos facultativos o intermedios son relativamente más tardíos que los primaverales, en forma general presentan una mayor relación hoja-tallo que los anteriores. Presentan además una mayor capacidad de rebrote que los primaverales, por lo que pueden ser utilizados en dos cortes para verdeo, o uno para verdeo y el segundo para henificado ó ensilaje.

Los tipos invernales, de ciclo tardío, son excelentes en la producción de forraje para cortes o pastoreos múltiples (3 ó 4), debido a su alta capacidad de rebrote, alta calidad nutritiva, con adecuados rendimientos de forraje seco en etapas tempranas en su desarrollo (encañe) y una mayor proporción de hojas en relación a los tallos, en comparación con los triticales intermedios, avenas y trigos.

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 de 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).

Uso y tipos de triticale forrajero

El triticale puede ser utilizado como forraje para la alimentación de animales poligástricos o rumiantes. Los rendimientos, tanto en verde como en ensilado, pueden superar a los del trigo, centeno, avena o cebada. Sin embargo hay que tener en cuenta que, a pesar de que el triticale desarrolla una cantidad de biomasa aceptable, no todas las variedades son buenas forrajeras (Royo, 1992).

Los forrajes son tejidos vegetales destinados a la alimentación animal. Pueden proceder de distintos órganos de la planta: hojas, tallos, raíces o frutos. Y se pueden aprovechar en fresco, o en heno, que es cuando ha sufrido un proceso de secado natural o artificial, o ensilado después de un proceso de fermentación controlada. Toda especie forrajera contiene componentes orgánicos y minerales que una vez metabolizados le servirán de energía y se convertirán en el producto final deseado en el ganado (carne, leche, etc.), (Gómez, 2005)

En los triticales para forraje hay tres cuestiones que son fundamentales para el éxito de su cultivo: la precocidad, el ahijamiento y la capacidad de rebrote. De las tres características, la más importante e influyente es la capacidad de rebrote, que a su vez está afectado por la intensidad del pastoreo (carga ganadera y duración del pastoreo), el momento del aprovechamiento y la fertilización nitrogenada (Gómez, 2005)

Diversas investigaciones confirman que una amplia variedad de cereales de grano pequeño, tienen un potencial forrajero alto por ser cultivos de rápido crecimiento, por tal razón tienen ventaja sobre otras especies y presentan una rápida respuesta a los estímulos de riego (Hartet al, 1971; Sprague, 1996).

Lozano del Río (2002), señala que por su capacidad de rebrote, ciclo de desarrollo y producción, existen tres tipos de triticales forrajero: primaverales, facultativos o intermedios e invernales. Los tipos primaverales son de crecimiento rápido, y su utilización es principalmente para ensilaje y henificado, con un desarrollo y producción similar a la avena.

Los tipos facultativos o intermedios son relativamente más tardíos que los primaverales, en forma general presentan una mayor relación hoja-tallo que los anteriores. Presentan además una mayor capacidad de rebrote que los primaverales, por lo que pueden ser utilizados en dos cortes para verdeo, o uno para verdeo y el segundo para henificado o ensilaje.

Los tipos invernales, de ciclo tardío, son excelentes en la producción de forraje para cortes o pastoreos múltiples (3 ó 4), debido a su alta capacidad de rebrote, alta calidad nutritiva, con adecuados rendimientos de forraje seco en etapas tempranas en su desarrollo (encañe) y una mayor proporción de hojas 5 en relación a los tallos, en comparación con los triticales facultativos, avenas y trigos.

Desarrollando una investigación en la comparación de tipos de triticales (Murillo *et al*, 2001), reportó que en rendimiento de forraje los triticales de invierno fueron más rendidores que los facultativos o intermedios y a la vez estos mayor que los primaverales; aunque tomando en cuenta solo el material más rendidor de cada grupo, reportó que los triticales invernales tienen el mayor valor, siguiendo los de tipo primaveral y en último lugar los de tipo facultativo o intermedio. Para el rendimiento de grano, esto se invierte, observando el mayor valor en los triticales facultativos, seguido del tipo primaveral y por último los invernales. Evaluó de igual forma la altura de planta en madurez fisiológica, siendo los triticales primaverales los que presentaron mayor altura, continuando el de tipo facultativo y por último triticales de invierno. Para la etapa fenológica, en las tres primeras etapas, emergencia, amacollamiento y encañe no reportó diferencias muy notables en su desarrollo; posteriormente para la etapa de hoja bandera y madurez fisiológica, las de tipo primaveral fueron las más precoces, intermedios los triticales facultativos y tardíos los de tipo invernal.

Royo y Aragay (1998), mencionan que en triticales de hábito primaveral, la etapa en la que se produce más nutrientes por unidad de

superficie es en la etapa de grano lechoso-masoso; además reportan que la producción de materia seca en esta etapa fue de 20,700 – 20,489 kg / ha-1; en etapas anteriores a esta, la producción fue menor.

Índices de reflectancia espectral como una herramienta de fenotipo rápido (NDVI).

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-Hendawy *et al.*, 2015). 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

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 3.1 Lista de genotipos y sorteo utilizados en el Experimento.
Navidad, N.L. Ciclo 2015– 2016.**

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 2015-2016. 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).

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: 04/05/2015; M8: 21/05/2015; M9: 27/05/2015; M10: 03/06/2015; M11: 11/06/2015; M12: 17/06/2015.

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

Diseño experimental utilizado en campo

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

Variables registradas

Altura de planta (ALTURA): se tomó en cm, en cada unidad experimental por cada muestreo.

Etapas fenológicas (ETAPA): utilizado la escala de Zadoks *et al* (1974), la cual describe las fases de desarrollo del cultivo en 10 fases numeradas de 0 a 9.

Biomasa total, (BIOMASA): cantidad de materia seca acumulada a través de los diferentes muestreos en triticale.

Área foliar, (AREA): extensión y superficie foliar de cada genotipo en cada muestreo (mediante un Integrador de área foliar marca Li-Cor).

NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada, para medir el vector vegetativo y el tamaño fotosintético del dosel (mediante el sensor GreenSeeker).

Análisis estadísticos

Se efectuaron análisis de varianza por muestreo para cada variable en estudio.

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

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

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.

R_iG_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.

x = Media general del carácter

Tanto los análisis de varianza como las pruebas de comparación de medias se realizaron con los paquetes estadísticos SAS.

IV RESULTADOS

Los análisis de varianza para la variable altura de planta (Cuadro 4.1) no registraron diferencias estadísticas entre experimentos sino hasta el séptimo muestreo; sin embargo, entre los grupos se registraron diferencias estadísticas desde el primer muestreo. La interacción experimentos por grupo no registró diferencias significativas. Los coeficientes de variación oscilaron entre 8.5 % y 18.2%.

		Altura de planta											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
EXP.	2	14.048 ns	38.724 ns	341.696 ns	162.391 ns	198.155 ns	281.224 ns	775.655 *	699.043 **	997.738 **	947.509**	1031.363**	954.342 *
ERROR A	6	11.071	31.717	18.882	31.756	268.303	33.707	45.163	42.543	91.761	85.713	50.528	153.746
GRUPO	3	241.768 **	479.521 **	1410.734**	1338.657**	2729.285**	750.748 **	784.625 ns	1341.861**	1442.165ns	3300.662**	5640.419**	8833.637**
EXP X GRUPO	6	9.527 ns	6.1604 ns	34.817 ns	76.212 ns	153.503 ns	90.429 ns	103.703 ns	109.263ns	96.71ns	60.699 ns	114.104 ns	144.581 ns
ERROR	198	19.905	23.198	29.462	77.915	93.289	97.884	139.286	185.891	223.857	226.904	215.237	227.790
TOTAL	215												
X GENERAL		24.277	27.898	187.131	55.986	65.129	79.212	88.194	94.291	98.412	100.654	102.740	104.893
CV %		18.376	17.264	39.30	15.766	14.829	12.489	13.381	14.459	15.203	14.965	14.276	14.388

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

Cuadro 4.1. Resultados de los cuadrados medios para la variable altura de planta, Navidad N.L 2016.

En el Cuadro 4.2 se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable etapa fenológica, donde no se reportan diferencias estadísticas entre los experimentos; sin embargo, entre los grupos no registraron diferencias estadísticas entre experimentos sino hasta el segundo muestreo. Para la interacción la interacción experimentos por grupo no registró diferencias significativas. Los coeficientes de variación oscilaron entre 2.7 y 27.4 %.

		Etapa fenológica											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
EXP.	2	7.064 ns	0.895 ns	2.083 ns	23.881 ns	21.211 ns	229.487 ns	47.312 ns	31.435 ns	53.521 ns	223.308 ns	34.912 ns	12.216 ns
ERROR	6	0.752	0.468	5.382	8.504	10.671	11.914	11.812	3.377	7.898	10.079	2.813	5.193
GRUPO	3	11.780 ns	13.041 **	247.078 **	1067.41 **	760.55 **	937.859**	289.217 **	341.230 **	410.233 **	599.815 **	109.847 **	76.857 **
EXP X GRUPO	6	0.641 ns	0.375 ns	2.912 ns	4.083 *	3.317ns	16.785 ns	16.460 ns	5.866 ns	16.027 ns	35.414 ns	6.077 ns	6.801 ns
ERROR	198	1.842	1.106	5.438	7.765	8.148	23.929	5.976	5.498	8.254	8.019	6.174	5.780
TOTAL	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	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 %		5.955	3.353	5.725	5.343	5.044	7.402	3.425	3.161	3.727	3.432	2.919	2.775

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

Cuadro 4.2. Resultados de los cuadrados medios para la variable atapa fenológica, Navidad N.L. 2016.

Los análisis de varianza para la variable biomasa total (Cuadro 4.3) no registraron diferencias estadísticas entre experimentos; sin embargo, entre los grupos no registraron diferencias estadísticas sino hasta el séptimo muestreo; La interacción experimentos por grupo no registró diferencias significativas. Los coeficientes de variación oscilaron entre 29.2 y 50.6.4 %.

		Biomasa total											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
EXP.	2	0.342 ns	0.422 ns	7.564 ns	9.874 ns	79.068 ns	33.172 ns	26.002 ns	34.189 ns	31.590 ns	35.440 ns	51.142 ns	51.142 ns
ERROR A	6	0.066	0.168	1.654	1.607	3.639	1.952	3.641	3.330	2.596	6.590	5.355	5.363
GRUPO	3	0.064 ns	0.526 ns	11.965 **	9.965 ns	19.046 ns	28.594 ns	42.218 **	31.188 ns	34.429 ns	33.730 ns	16.640 ns	16.640 ns
EXP X GRUPO	6	0.067 ns	0.148 ns	0.706 ns	1.361 ns	1.425 ns	3.218 ns	2.204 ns	6.293 ns	6.737 ns	10.381 ns	7.681 ns	7.681 ns
ERROR	198	0.076	0.197	1.008	1.805	2.709	5.142	4.580	6.379	8.449	9.714	11.086	11.087
TOTAL	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	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 %		29.286	34.964	41.004	44.882	50.623	42.728	36.911	39.068	41.367	40.150	39.133	39.133

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

Cuadro 4.3. Resultados de los cuadrados medios para la variable biomasa total, Navidad N.L. 2016.

Los análisis de varianza para la variable área foliar (Cuadro 4.4) no registraron diferencias estadísticas entre experimentos sino hasta el quinto, sexto onceavo y doceavo muestreo; sin embargo, entre los grupos no registraron diferencias estadísticas sino hasta el cuarto muestreo; la interacción experimentos por grupo no registró diferencias significativas. Los coeficientes de variación oscilaron entre 35.5 y 74.6 %.

		Área foliar											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
EXP	2	1827.000 ns	316.045 ns	8812.713ns	11961 ns	62199 **	23286 **	3800.618ns	1413.893ns	785.694 ns	13165 ns	14289 **	3151.409 **
ERROR A	6	805.031	1249.067	1404.200	2573.883	1417.764	1134.362	1931.288	1822.739	244.794	667.302	384.180	51.683
GRUPO	3	4442.102 **	4842.703ns	14988 ns	93760 **	73768 **	59478 **	35607 **	25864 **	20753 **	17570 **	10063 **	3335.117 **
EXP X GRUPO	6	767.146 ns	447.881 ns	1155.875ns	718.566 ns	6325.755ns	3553.965ns	2694.692ns	2295.813ns	682.535 ns	671.358 ns	768.036 ns	143.527 ns
ERROR	198	1803.904	3015.066	5411.028	6974.777	5060.115	3844.465	3281.068	2434.198	1246.368	810.792	424.877	135.188
TOTAL	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215
X GENERAL	119.4	119.446	153.597	187.131	198.294	169.928	149.809	116.547	94.875	76.508	50.791	31.178	15.566
CV %	18.3	35.557	35.749	39.309	42.116	41.861	42.234	49.147	52.002	46.143	56.061	66.111	74.692

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

Cuadro 4.4. Resultados de los cuadrados medios para la variable área foliar, Navidad N.L. 2016.

En el Cuadro 4.5 se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable NDVI, donde no se reportan diferencias estadísticas entre los experimentos; sin embargo, entre los grupos no registraron diferencias estadísticas entre experimentos sino hasta el noveno muestreo. Para la interacción la interacción experimentos por grupo no registró diferencias significativas sino hasta el doceavo muestreo. Los coeficientes de variación oscilaron entre 0.50 y 23.4 % lo que indica que los estimados son confiables.

		NDVI											
FV	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
EXP.	2	0.013 ns	0.005 ns	0.007 ns	0.018 ns	0.031 ns	0.083 ns	0.087 ns	0.102 ns	0.106 ns	0.011 ns	0.072 ns	0.053 ns
ERROR A	6	0.009	0.066	0.003	0.004	0.0032	0.006	0.012	0.004	0.007	0.006	0.009	0.005
GRUPO	3	0.001 ns	0.0005 ns	0.016 ns	0.013 ns	0.012 ns	0.013 ns	0.021 ns	0.023 ns	0.038 **	0.113 **	0.319 **	0.419 **
EXP X GRUPO	6	0.006 ns	0.004 ns	0.0003 ns	0.002 *	0.003 ns	0.003 ns	0.002 ns	0.003 ns	0.003 ns	0.001 ns	0.004 ns	0.009 **
ERROR	198	0.010	0.011	0.017	0.010	0.001	0.005	0.004	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001
TOTAL	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215
X GENERAL		0.448	21.57	0.559	0.472	0.432	0.399	0.377	0.355	0.310	0.257	0.196	0.161
CV %		22.643	0.503	23.481	21.866	20.809	18.830	18.676	18.465	19.503	19.427	17.506	20.103

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

Cuadro 4.5. Resultados de los cuadrados medios para la variable NDVI, Navidad N.L. 2016.

Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos de triticale. Navidad 2016.

El Cuadro 5.1 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias para la variable altura de planta entre los experimentos a través de los doce muestreos realizados, donde se destaca que el E2 (castigo de riego en etapa vegetativa) registró la mayor media a través de los muestreos para la variable altura de planta, siendo significativamente diferente de los dos restantes regímenes de humedad.

ALTURA DE PLANTA												
Exp	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
E1	23.6 a	27.2 a	38.6 b	54.9 b	65.9 a	80.3 a	88.9 a	93.7 b	96.9 b	100.1 b	101.4 b	103.4 b
E2	24.7 a	28.8 a	42.3 a	58.2 a	67.0 a	80.8 a	91.2 a	98.0 a	103.3 a	105.0 a	107.7 a	109.8 a
E3	24.4 a	27.5 a	37.0 b	54.7 b	62.4 a	76.4 b	84.3 b	91.1 c	94.9 b	96.6 b	99.0 b	101.3 b
DMS α 0.05	1.614	2.927	2.142	2.606	8.710	2.591	2.955	2.537	4.435	4.218	2.798	6.146

Cuadro 5.1. Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos para altura de planta.

En el Cuadro 5.2 muestran los resultados de prueba de comparación de medias para la variable etapa fenológica en los experimentos de doce muestreos. Donde se destaca que el E3 (eliminación de riego en etapa de floración) registró la mayor media a través de los muestreos para la variable etapa fenológica, siendo significativamente diferente de los dos restantes regímenes de humedad.

ETAPA FENOLÓGICA												
Exp	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
E1	22.5 b	31.5 a	40.6 a	52.8 a	57.2 a	64.5 b	70.7 a	74.0 ab	76.6 b	80.6 b	84.2 b	86.1 a
E2	22.6 b	31.3 a	40.9 a	51.7 a	56.0 a	65.4 b	71.0 a	73.5 b	76.5 b	83.0 a	85.6 a	86.8 a
E3	23.1 a	31.2 a	40.5 a	51.8 a	56.5 a	68.1 a	72.2 a	74.8 a	78.1 a	83.8 a	85.4 a	86.8 a
DMS α 0.05	0.401	0.318	1.185	1.499	1.695	1.650	1.810	0.902	1.433	1.644	0.791	1.157

Cuadro 5.2. Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos para etapa fenológica.

Pruebas de Comparación de medias para la variable biomasa total (Cuadro 5.3) entre los experimentos a través de los doce muestreos realizados, donde se destaca que el E1 (riego normal) registró la mayor media a través de todos los muestreos, siendo significativamente diferente a E2 (eliminación de riego en etapa vegetativa) y E2 eliminación de riego a partir de la floración.

BIOMASA TOTAL												
Exp	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
E1	0.994 a	1.352 a	2.433 ab	3.373 a	4.413 a	5.647 a	6.450 a	7.249 a	7.734 a	8.177 a	8.507 ab	8.507 ab
E2	0.994 a	1.250 a	2.823 a	3.039 ab	2.995 b	5.775 a	5.731 ab	6.156 b	6.476 b	8.254 a	9.390 a	9.390 a
E3	0.853 b	1.208 a	2.090 b	2.568 b	2.347 b	4.497 b	5.212 b	5.989 b	6.870 b	6.855 b	7.728 b	7.628 b
DMS α 0.05	0.13	0.207	0.673	0.643	0.991	0.637	0.959	0.878	0.682	1.273	1.1014	1.102

Cuadro 5.3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos para biomasa total.

Pruebas de Comparación de medias para la variable área foliar (Cuadro 5.4) no registraron diferencias estadísticas entre experimentos sino hasta el séptimo muestreo del (E1 riego normal).

AREA FOLIAR												
Exp	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
E1	115.3 a	150.6 a	175.1 b	183.9 b	133.789 b	124.2 b	110.3 a	92.5 a	79.0 a	66.9 a	46.8 a	22.5 a
E2	119.4 a	153.7 a	185.7 ab	198.8 ab	180.246 a	156.1 a	127.7 a	102.5 a	78.8 a	48.2 b	27.2 b	14.7 b
E3	123.5 a	156.3 a	200.4 a	212.0 a	195.751 a	160.0 a	111.5 a	89.5 a	71.6 b	37.1 b	19.4 b	9.3 b
DMS α 0.05	13.336	16.398	15.369	23.004	15.864	14.424	21.468	21.369	5.592	13.031	9.956	3.281

Cuadro 5.4. Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos área foliar.

El Cuadro 5.5 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias para la variable NDVI entre experimentos. En este cuadro se observa que en todos los experimentos se registraron diferencias significativas entre los experimentos.

NDVI												
Exp	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
E1	0.444 a	0.495 a	0.549 b	0.474 ab	0.442 b	0.425 a	0.407 a	0.386 a	0.344 a	0.292 a	0.226 a	0.186 a
E2	0.269 a	0.517 a	0.573 a	0.490 a	0.452 a	0.417 a	0.390 ab	0.37 ab	0.324 a	0.267 a	0.202 ab	0.16 ab
E3	0.431 a	0.498 a	0.549 ab	0.452 b	0.403 b	0.354 b	0.334 b	0.307 b	0.261 b	0.211 b	0.161 b	0.131 b
DMS α 0.05	0.0481	0.0429	0.0225	0.0295	0.0261	0.0403	0.0592	0.0326	0.0459	0.0439	0.0521	0.0379

Cuadro 5.5. Resultados de la prueba de comparación de medias entre experimentos para NDVI.

Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticale. Navidad 2016.

Cuadro 6.1 muestran los resultados de prueba de comparación de medias para la variable altura de planta por grupo de triticales a través de los doce muestreos realizados. En este cuadro se observa que en todos los muestreos se registraron diferencias significativas entre los grupos; sin embargo a partir del muestreo nueve en el grupo cuatro (invernales) se obtienen mayor altura de planta.

ALTURA DE PLANTA												
GRUPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
G1	26.7 a	31.3 a	45.3 a	62.0 a	73.6 a	83.069 a	86.569 bc	90.319 b	93.514 c	93.500 b	93.500 b	93.500 b
G2	24.3 ab	27.6 b	38.8 b	54.1 b	62.9 b	76.306 b	83.111 c	89.33 b	94.889 bc	94.889 b	94.889 b	94.889 b
G3	22.9 b	26.4 b	34.8 c	53.3 b	61.5 b	80.944ab	93.694 a	98.944 a	102.194 ab	105.47 a	109.44 a	112.36 a
G4	22.4 b	25.2 b	35.8 c	52.2 b	59.4 b	75.9 b	89.611 ab	98.417 a	103.181 a	108.27 a	112.55 a	117.55 a
DMS α 0.05	2.3596	2.5474	2.870	4.6684	5.1083	5.2326	6.2419	7.2109	7.9131	7.9668	7.7593	7.9823

Cuadro 6.1. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para altura de planta.

Cuadro 6.2 muestran los resultados de prueba de comparación de medias para la variable etapa fenológica por grupos a través de doce muestreos realizados. En este cuadro se observa que en todos los muestreos se registraron diferencias significativas entre los grupos; sin embargo, en el G1 (primaverales) se registraron diferencias estadísticas desde el primer muestreo.

ETAPA FENOLOGICA												
GRUPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
G1	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 a
G2	22.7b	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	88.5a
G3	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 c	85.6 a	87.4 a
G4	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 d	83.3 b	85.7 b
DMS α 0.05	0.718	0.5564	1.2334	1.4738	1.5097	2.587	1.293	1.2402	1.5195	1.4977	1.3142	1.2716

Cuadro 6.2. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para atapa fenológica.

El Cuadro 6.3 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias para la variable biomasa total entre los grupos a través de los doce muestreos realizados, donde se destaca que el G1 (primaverales) registró la mayor media a través de los muestreos para la variable altura de planta, siendo significativamente diferente de los tres restantes regímenes de humedad.

BIOMASA TOTAL												
GRUPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
G1	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
G2	0.915 a	1.219 a	2.48 ab	3.106 ab	3.498 a	5.575 ab	5.953 a	6.700 ab	7.435 ab	7.956 a	9.175 a	9.175 a
G3	0.954 a	1.241 a	1.989 b	2.904 ab	3.117 ab	5.081 ab	6.015 a	6.599 ab	7.430 ab	8.260 a	9.136 a	9.136 a
G4	0.921 a	1.192 a	2.125 b	2.530 b	2.610 b	4.544 b	4.781 b	5.583 b	6.053 b	6.814 a	8.005 a	8.005 a
DMS α 0.05	0.1467	0.235	0.5311	0.7106	0.8707	1.1993	1.1319	1.3358	1.5374	1.6484	1.761	1.7611

El Cuadro 6.4 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias para la variable área foliar entre los grupos a través de los muestreos realizados, donde se destaca que los grupos G1 (primaverales), G2 (facultativos), G3 (intermedios-invernales), y G4 (invernales) registraron diferencias estadísticas en los primeros tres muestreos.

ÁREA FOLIAR												
GRUPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
G1	129.1 a	157.8 a	175.4 a	151.1 b	130.5 b	109.1 b	86.3 b	69.3 b	53.2 b	30.1 c	15.0 b	7.5 c
G2	118.7 a	155.6 a	212.9 a	193.4 ab	156.4 b	142.7 a	120.7 a	98.0 a	84.4 a	64.8 ab	44.5 a	26.0 a
G3	119.6 a	164.8 a	200.6 a	224.5 a	195.9 a	172.4 a	142.4 a	118.3 a	95.9 a	70.1 a	41.0.7 a	21.7 a
G4	109.9 a	142.7a	179.1 a	234.7 a	203.0 a	173.6 a	131.6 a	107.0 a	85.5 a	54.8 b	35.6 a	15.2 b
DMS α 0.05	22.463	29.041	38.905	44.17	37.622	32.793	30.295	26.094	18.672	15.06	10.902	6.1494

Cuadro 6.4. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para área foliar.

El Cuadro 6.5 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias para la variable NDVI entre los grupos a través de los muestreos realizados, donde se destaca que el G4 (invernal) registró la mayor media a través de los muestreos para la variable NDVI, siendo significativamente diferente de los tres restantes regímenes de humedad.

NDVI												
GRUPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
G1	0.447 a	0.500 a	0.547 a	0.460 a	130.57 b	0.386 a	0.356 b	0.333 b	0.279 b	0.203 c	0.104 c	0.055 d
G2	0.456 a	0.503 a	0.590 a	0.495 a	156.46 b	0.418 a	0.399 a	0.374 a	0.325 a	0.268 b	0.223 b	0.188 c
G3	0.455 a	0.509 a	0.565 a	0.457 a	195.90 a	0.390 a	0.370 ab	0.349 ab	0.310 ab	0.275 ab	0.232 b	0.205 b
G4	0.442 a	0.503 a	0.553 a	0.480 a	203.04 a	0.408 a	0.391 ab	0.371 a	0.333 a	0.2965 a	0.558 a	0.231 a
DMS α 005	0.0537	0.0575	0.0695	0.0546	0.0476	0.0397	0.0373	0.0347	0.032	0.0264	0.0182	0.0171

Cuadro 6.5. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para NDVI.

V. DISCUSIÓN

En cada uno de los experimentos se observa que para la variable altura de planta (Figura 5.1), los genotipos con hábito de crecimientos primaveral y facultativo mostraron mayor altura en los primeros seis muestreos, más sin embargo los genotipos intermedio-invernal e invernal, mostraron mayor altura de planta a partir de los últimos seis muestreos. La tendencia anterior se debió a la mayor precocidad de los tipos primaverales y facultativos que les otorgan una ventaja en tiempo sobre los tipos tardíos (Figura 5.2). Finalmente, aunque de ciclo más largo, los tipos tardíos registraron la mayor altura final de planta. Las diferencias observadas en esta variable se debieron más a las diferencias entre genotipos que a las diferencias entre regímenes de humedad.

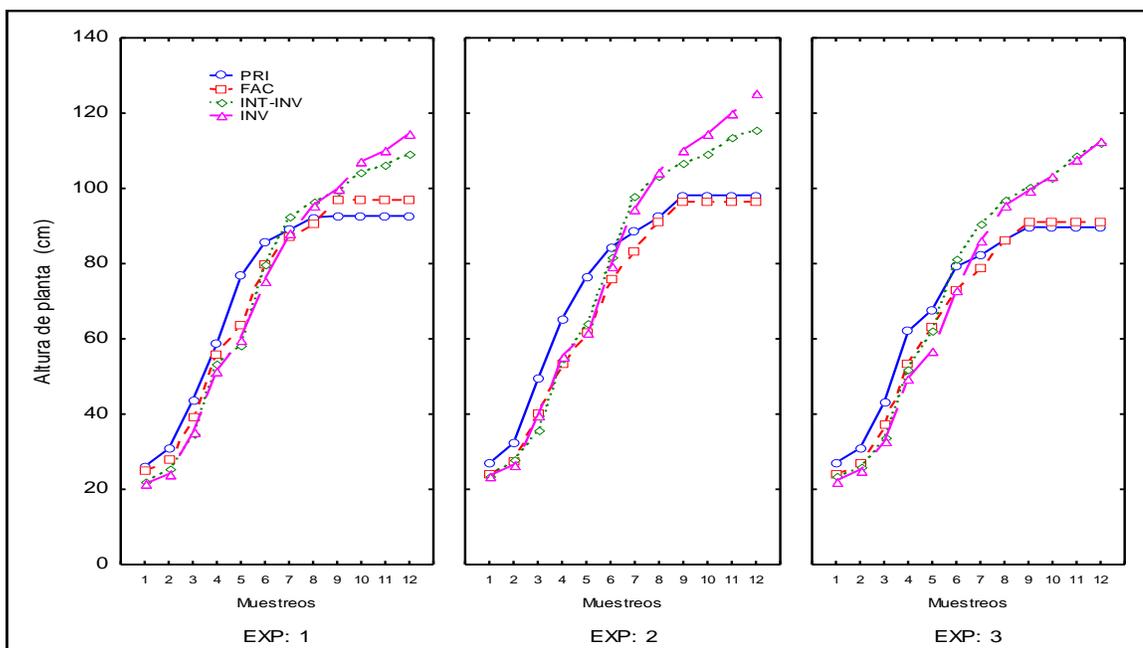


Figura 5.1. Patrones de altura de planta de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos.

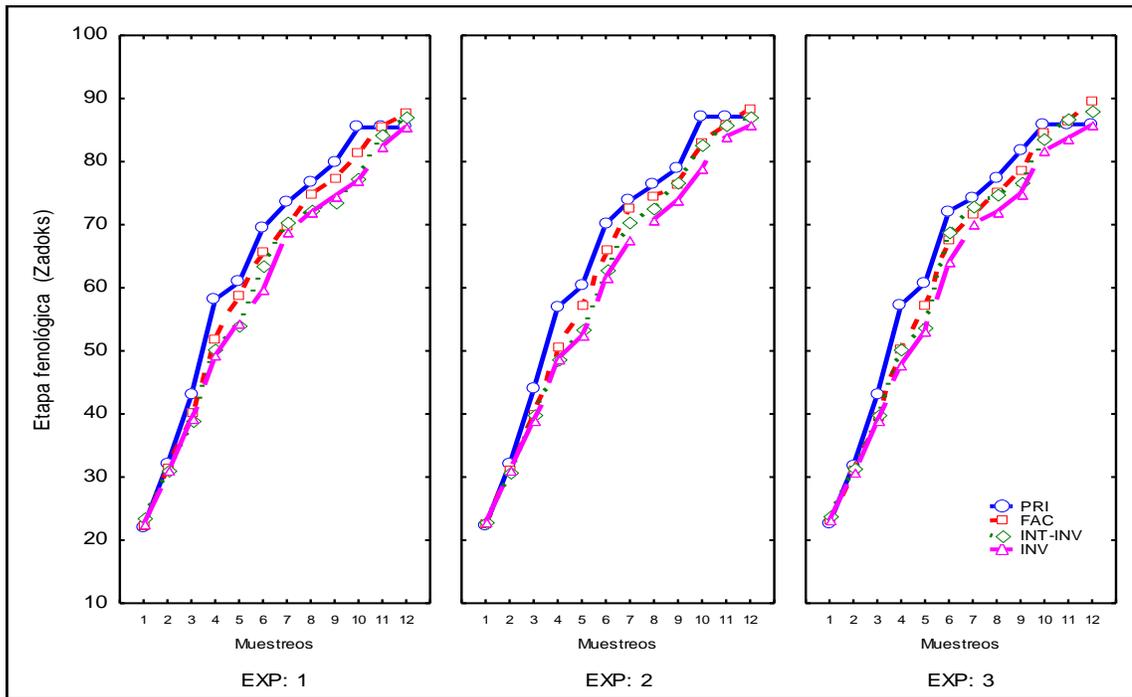


Figura 5.2. Patrones de etapa fenológica de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos.

Con respecto a la variable biomasa seca total (Figura 5.3), los grupos primaverales y facultativos mostraron en general ventaja sobre los tipos tardíos (grupo intermedio-invernal e invernal), debido a su mayor precocidad y a su mayor velocidad en la acumulación de materia seca en comparación con los tipos tardíos en la primera parte del ciclo productivo; sin embargo, los genotipos tardíos, aunque con una menor tasa de acumulación de materia seca en los muestreos iniciales, y debido a su ciclo de crecimiento más largo que el de los tipos precoces, terminaron por acumular mayor biomasa total, sobresaliendo los genotipos intermedios-invernales (Grupo 3).

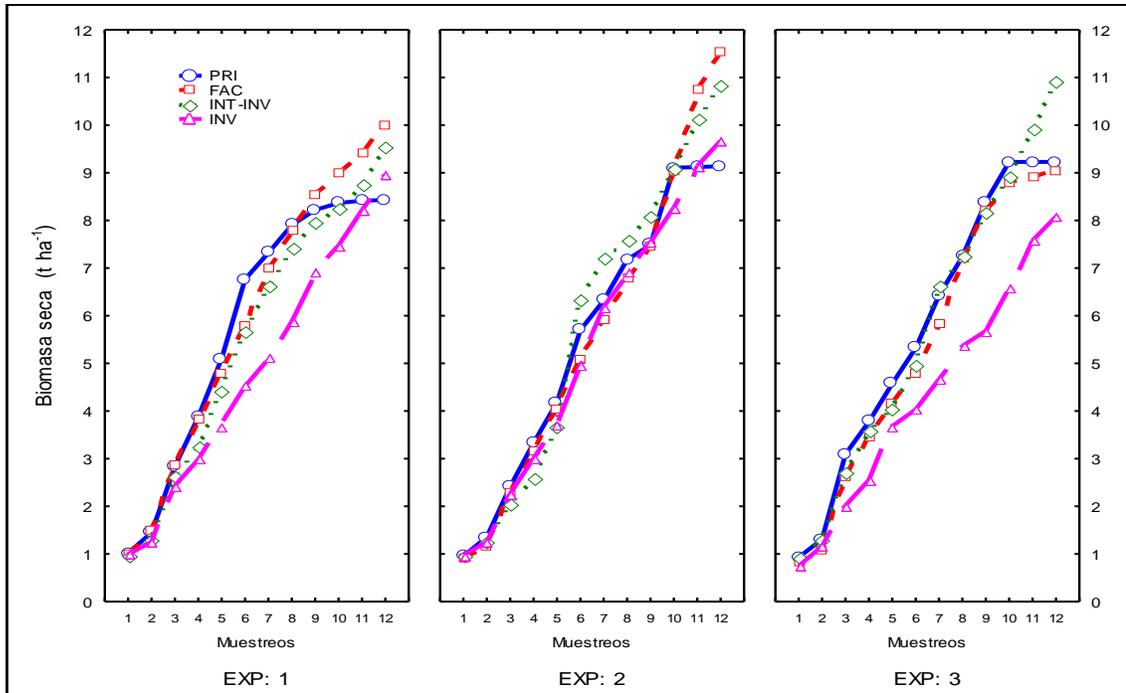


Figura 5.3. Patrones de biomasa total de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos.

Con respecto a la variable área foliar (Figura 5.4), los tipos primaverales y facultativos (Grupos 1 y 2), iniciaron la expansión de sus hojas (área foliar) más pronto que los tipos tardíos; sin embargo, alcanzaron un máximo de área foliar entre el tercer y cuarto muestreo, disminuyendo progresivamente en los muestreos posteriores, lo anterior debido a su precocidad y a su menor relación hoja: tallo en comparación con los tipos invernales. Por el contrario, los tipos tardíos (Grupos 3 y 4), iniciaron más tarde la expansión de su área foliar, llegando a un máximo entre los muestreos 4 y 5. La Figura también revela las tendencias en el área foliar de los genotipos: a mayor precocidad, menor área foliar. Por otra parte, este estudio reveló la tendencia general de que, a mayor déficit de humedad, mayor área foliar. Por otra parte, los valores de NDVI, que se fundamentan principalmente en la reflectancia del área foliar, no fueron

significativamente diferentes entre los regímenes de humedad pero sí entre los hábitos de crecimiento (Figura 5.5), debido a la menor área foliar de los tipos precoces (Grupos 1 y 2) en comparación con los tipos tardíos (Grupos 3 y 4), además de la más rápida senescencia del dosel de los tipos precoces, particularmente de los tipos primaverales.

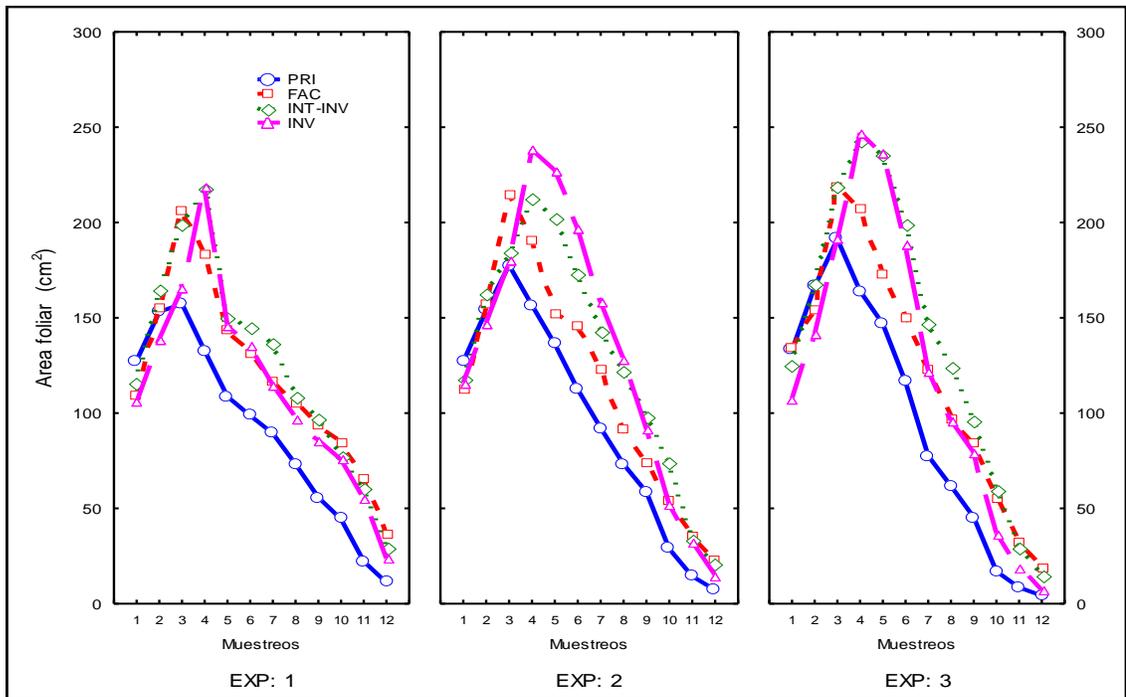


Figura 5.4. Patrones de área foliar de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos.

En la figura 5.5 representa cada uno de los experimentos observados en la variable NDVI, donde los hábitos de crecimientos para los genotipos facultativos para los diferentes experimentos se obtuvieron mejor rendimientos, para los invernales nos registró una buena calidad en comparación a los facultativos, mientras tanto para el experimento tres, tanto facultativo como para intermedio invernal se comportaron con un mayor calidad.

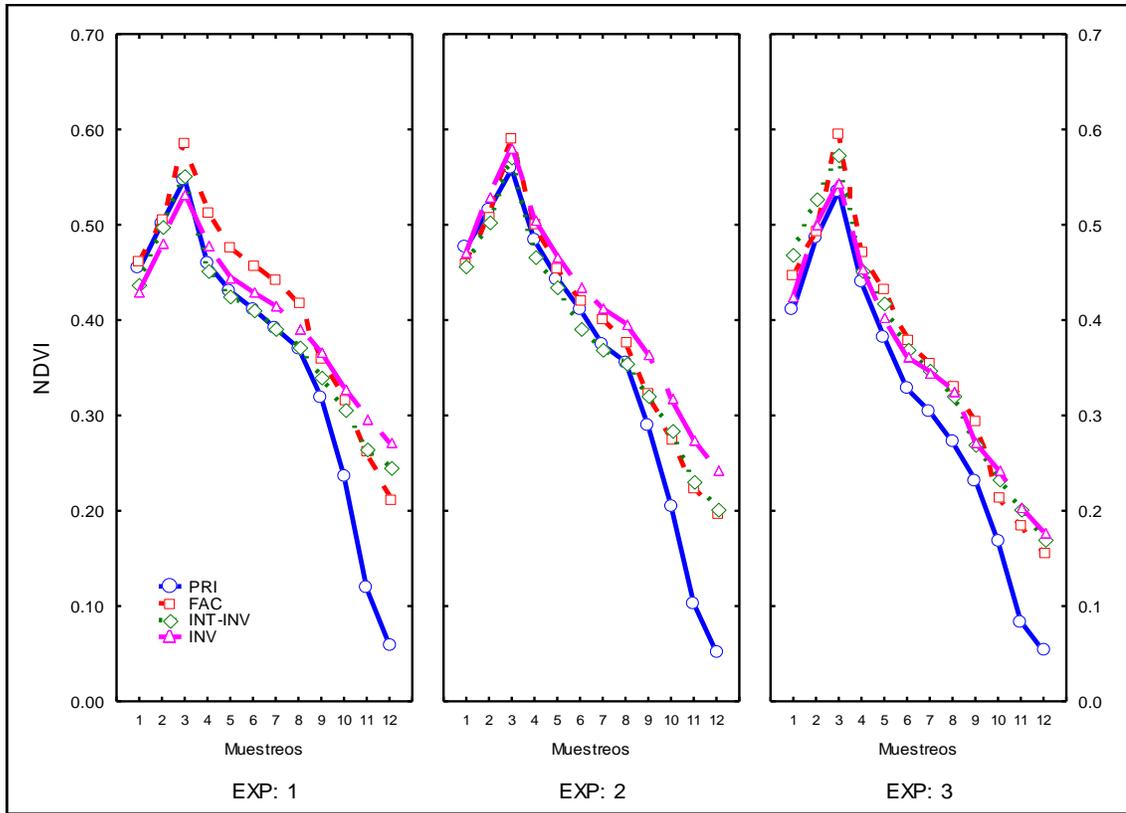


Figura 5.5. Patrones de NDVI de los diferentes hábitos de crecimiento a través de los muestreos en los tres experimentos.

VI CONCLUSIONES

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

- La altura de planta no fue influenciada tanto por los regímenes de humedad sino por el hábito de crecimiento, por lo que el uso de genotipos tardíos generalmente conllevará a una mayor altura de planta y consecuentemente a una mayor producción de biomasa total.
- La fenología de cada uno de los hábitos de crecimiento no fue afectada por las diferencias en los regímenes de humedad.
- La producción de biomasa acumulada no fue significativamente afectada con el castigo de riego en la etapa vegetativa, por lo que en la producción comercial de forraje con este tipo de variedades puede ahorrarse un riego, con las consecuentes ventajas en la relación beneficio-costos.
- De la misma manera, el área foliar, que está directamente relacionada con la relación hoja-tallo, no fue afectada por los déficits de humedad, lo que consecuentemente es una ventaja con respecto a la calidad nutritiva del forraje producido, particularmente en los tipos tardíos.

VII RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue Identificar los hábitos de crecimiento de triticale con mayor tolerancia al déficit de humedad para diferentes variables en comparación con su comportamiento en condiciones de riego normal. La investigación se realizó en el ciclo otoño-invierno 2014-2015 en el Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Navidad, N.L., estableciendo 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 triticale primaveral, 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. La producción de biomasa acumulada no fue significativamente afectada con el castigo de riego en la etapa vegetativa, por lo que en la producción comercial de forraje con este tipo de variedades puede ahorrarse un riego, con las consecuentes ventajas en la relación beneficio-costos.

Palabras clave: Triticale, biomasa, hábitos de crecimiento, regímenes de humedad.

LITERATURA CITADA

- 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.
- 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.
- 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.
- Gómez de Barreda Ferraz Diego. 2005. *Practicultura*. Editorial de la UPV. 249 pp. ISBN 84-9705-780-5
- González Torres, F., Rojo Hernández, C. 2005. *Prontuario de Agricultura: Cultivos Agrícolas*. Editorial Mundi Prensa.
- 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.
- Hart, H. R., G. E. Carlos and D. E. McCloud. 1971. Cumulative effects of cutting management on forage yields and tiller densities of tall fescue and orchard grass. *Agron.J.* 63 (4): 895-898.
- Hsiao, T.C. and E. Acevedo. 1974. Plant responses to water deficits, water-use efficiency and drought resistance. *Agric. Meteorol.* 14:59-84.
- 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.
- 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.
- Murillo Amador B., Arturo Escobar H., Fraga Mancillas H. y Pargas Lara R. 2001. Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México. *Rev. Fitotec.Mex.* Vol. 24 (2): 145-153.
- 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.
- Purcell, L.C., y Currey, A. 2003. Gaining acceptance of water use efficiency framework, terms and definitions. *Land Water Australia*, Canberra.
- Royo, C. 1992. El triticale: bases para el cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Royo, C, and M. Aragay. 1998. Spring triticale grown for different end- uses in a Mediterranean-Continental area. *Proceedings, Volumen # 2, Poster Presentations, 4th International Triticale Symposium, July 26-31, 1998 Red Deer, Alberta, Canada.*
- Shpiler, L., and Blum, A. 1986. Differential reaction of wheat *Triticum aestivum* cultivars to hot environments. *Euphytica* 35:483-492.
- Sprague, M. A. 1966. Los cereales como forraje. En: Hughes, H. D., M.E. Heath y D.S. Metcalf (Eds). *Forrajes*. 2a. Ed. CECSA. México. pp. 373-376.
- Wang, H.X., Liu, C.M., and Zhang, L. 2002. Water-saving agriculture in China: an overview. *Advances in Agronomy* 75:135–171.

Wojtowicz M., Wojtowicz A., Piekarczyk J. (2016). Application of remote sensing methods in agriculture.

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.

Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Res.* (14): 415-421.