

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Dinámica de la Acumulación y Partición de Biomasa en Triticales de Diferente  
Hábito de Crecimiento

Por:

**EDGAR EDUARDO SÁNCHEZ TETELTITLA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Dinámica de la Acumulación y Partición de Biomasa en Triticales de  
Diferente Hábito de Crecimiento

Por:

**EDGAR EDUARDO SÁNCHEZ TETELTITLA**

TESIS

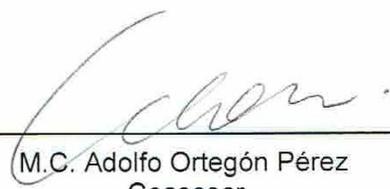
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

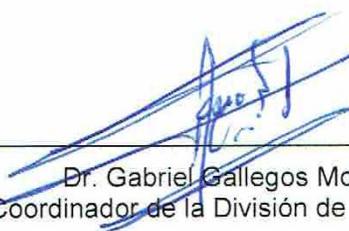
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

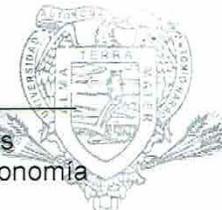
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alejandro Javier Lozano del Río  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Adolfo Ortegón Pérez  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México.  
Mayo de 2018

## DEDICATORIA

### **A mis padres.**

**J. Félix Urbano Sánchez Nopala.**

**Esther Tetelitla Chávez.**

**Pa´.** Gracias por todos tus consejos y regaños, por enseñarme que la vida no es fácil desde pequeño, que hay que saber valorar las pequeñas cosas que tenemos y que con tu esfuerzo pudiste sacar adelante a tu hijo, hoy más que nunca entiendo que nada es fácil en la vida, gracias por todas tus enseñanzas, por no ponerme trabas en mis metas, gracias a ti, hoy se cumplió el sueño, quiero que se sienta orgulloso, sin usted esto no sería posible.

**Ma´.** Básicamente usted fue el pilar de este logro, usted que me cuidó de pequeño, gracias por todos sus consejos, por no dejarme dar por vencido en estos años difíciles que pasé fuera de casa, por estar ahí siempre que la necesitaba, hoy todo su esfuerzo se ve reflejado, no tengo palabras para agradecerle lo mucho que me ha dado. Este logro es para usted, querida madre. ¡Sí se pudo!

Quiero que este logro lo vea suyo, el mérito es de ustedes. Con mucho amor y respeto, los quiero mucho.

### **A mis hermanos.**

**Erika,** gracias por tu compañía y tu comprensión, santita, sabes que te quiero mucho, ya no seas tan enojona. No es fácil estar lejos, así que éxito en todo lo que hagas.

**Mónica,** gracias por seguir los pasos de querer ser un buitre ingeniero, la siguiente eres tú, cuando se proponen las cosas no hay nada que pueda detenerte, así que échale muchas ganas. Éxito, te quiero mucho.

**Miguel,** valió la pena cada despedida que nos dábamos antes de subir al camión, carnal, gracias por todas tus locuras y tus palabras de ánimo, sabes que te quiero demasiado y que te admiro, tienes una manera de pensar muy diferente, ¡sí se pudo, carnal! Confío en que cumplirás tus metas, así que échale ganas que ya te quiero ver de militar, te quiero mucho carnal, siéntete muy orgulloso, que yo lo estoy de ti. Te quiero carnal.

## AGRADECIMIENTOS

A mi “**Alma Mater**”, por darme la oportunidad de formarme como un profesional dentro de sus aulas, por albergarme durante más de 4 años en sus internados. Gracias por dejarme formar parte de esta gran institución educativa, me llevo grandísimos recuerdos que no olvidaré nunca, mi Narro querida.

A mi novia, Nadia, gracias por todo tu apoyo que me brindaste, por tus palabras de aliento y por soportar la distancia cuando no era nada fácil, fuiste parte fundamental de esto, este logro es de ambos, te quiero mucho amor.

Al Dr. Alejandro Javier Lozano del Río, por dejarme formar parte de su equipo de trabajo, por apoyarme en este proyecto, me llevo muchas enseñanzas de usted, gracias por todas las facilidades brindadas, Dr.

Al Dr, Carlos Javier Lozano Cavazos, por formar parte de este proyecto y las facilidades que me dio, me llevo muchas cosas buenas de usted, gracias por compartir un poco de su profesionalismo en las aulas de clase.

Al M.C. Adolfo Ortega Pérez, gracias por darme las facilidades para que este proyecto se pudiera llevar a cabo, con todo respeto profesor, gracias.

Al MP. Víctor Manuel Coronado Villanueva, gracias por todo el apoyo brindado para este proyecto.

A mis tíos que me apoyaron siempre, Belén, Chay, Alfredo, Alma, a mis primos, y en especial a mi “Mamá Tina”, gracias por todo su apoyo que me hicieron sentir

A mis compañeros de cuarto, Oscar, Ángel y Jairo, por las convivencias que pasamos durante la carrera, gracias por su amistad colegas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción .....	1
2. Objetivos .....	3
Objetivos generales.....	3
3. Hipótesis.....	3
4. Revisión de literatura.....	4
Generalidades .....	4
Origen del triticale.....	5
Clasificación.....	6
Tipos de triticale forrajero.....	7
Uso de los diferentes tipos de triticale forrajero.....	9
Acumulación de biomasa.....	11
5. Materiales y Métodos.....	13
Localización del sitio experimental.....	13
Material genético utilizado.....	13
Preparación del terreno.....	13
Fecha de siembra.....	13
Tamaño de parcela experimental.....	15
Fertilización.....	15
Riegos.....	15
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	15
Muestreos.....	16
Diseño experimental utilizado en campo.....	16
Variables registradas.....	17
Análisis estadísticos.....	18
Modelo estadístico de los análisis de varianza por muestreo para las variables en estudio.....	18
Modelo estadístico de los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables en estudio.....	19
Pruebas de comparación de medias.....	19
6. Resultados.....	21
7. Discusión.....	34
8. Conclusiones.....	43
9. Literatura citada.....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

1. Lista de genotipos y sorteo utilizados en el Experimento. Navidad, N.L. Ciclo 2015 – 2016.....	14
2. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para biomasa foliar.....	21
3. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para biomasa de tallos.....	22
4. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para biomasa de espigas.....	23
5. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para biomasa total.....	24
6. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para Relación hoja tallo (RHT).....	25
7. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa foliar.....	26
8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa de tallos.....	27
9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa de espigas.....	28
10. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa total.....	29
11. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para relación hoja-tallo.....	30
12. Resultados y significancias del análisis combinado entre muestreos para las variables en estudio.....	31
13. Resultados de la prueba de comparación de medias entre muestreos para las variables en el estudio.....	32
14. Resultados del análisis de comparación de medias entre grupos del análisis combinado.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Patrones de acumulación de biomasa foliar de los diferentes hábitos de crecimiento de triticales a través del ciclo de cultivo.....	34
2. Patrones de acumulación de biomasa de tallos de los diferentes hábitos de crecimiento de triticales a través del ciclo de cultivo.....	35
3. Patrones de acumulación de biomasa de espigas de los diferentes hábitos de crecimiento de triticales a través del ciclo de cultivo.....	36
4. Patrones de acumulación de biomasa total de los diferentes hábitos de crecimiento de triticales a través del ciclo de cultivo.....	37
5. Patrones de relación hoja-tallo de los diferentes hábitos de crecimiento de triticales a través del ciclo de cultivo.....	38
6. Partición de biomasa (%) de los triticales de hábito primaveral a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas.....	39
7. Partición de biomasa (%) de los triticales de hábito facultativo a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas.....	40
8. Partición de biomasa (%) de los triticales de hábito intermedio-invernal a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas.....	40
9. Partición de biomasa (%) de los triticales de hábito invernal a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas.....	41
10. Partición de biomasa (%) del trigo a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas...)	41

## INTRODUCCIÓN

La acumulación de biomasa es un indicador importante de la producción final y el comportamiento de las plantas cultivadas, por lo tanto, se considera una característica clave en el mejoramiento de plantas, la agricultura, y tiene aplicaciones ecológicas. Independientemente de algunos resultados contrastantes en términos de rendimiento, la mayor parte de la literatura científica concuerda en que el triticale produce mayor biomasa aérea seca (BAS) en antesis que otros cereales (Sutton y Dubbelde, 1980; Lopez-Castañeda y Richards, 1994). La identificación de los atributos fisiológicos responsables de la superioridad en la producción de biomasa (por ejemplo, una mayor acumulación de la radiación interceptada y de la eficiencia en el uso de la misma) en triticale con respecto a otros cereales, puede ser muy valiosa en programas de mejoramiento, ya que una tasa alta de crecimiento puede conducir a incrementos considerables de la biomasa final.

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). 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**

### **Objetivos Generales**

- Identificar el o los hábitos de crecimiento de triticales con mayor productividad de biomasa foliar bajo las condiciones del valle de Navidad, N.L.
- Identificar el o los hábitos de crecimiento de triticales con mayor productividad de biomasa total bajo las condiciones del valle de Navidad, N.L.
- Documentar la dinámica de la acumulación de biomasa foliar en triticales de diferente hábito de crecimiento.
- Documentar la dinámica de la acumulación de biomasa total en triticales de diferente hábito de crecimiento.

## **HIPÓTESIS**

- a) No existen diferencias en la producción de biomasa foliar entre triticales de diferente hábito de crecimiento.
- b) No existen diferencias en la producción de biomasa total entre triticales de diferente hábito de crecimiento.
- c) No existen diferencias entre los diferentes hábitos de crecimiento de triticales para la tasa de acumulación de biomasa total y foliar.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack.) es considerado como un cereal relativamente nuevo, resultado de la cruce del trigo (*Triticum sp.*) con centeno (*Secale sp.*); 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).

El triticale puede utilizarse para tres fines agrícolas: a) producción de grano, b) producción de forraje y c) doble propósito. Es un cultivo relativamente nuevo en México, del cual se estima que se cultivan alrededor de 15,000 hectáreas, tanto 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).

### **Origen del triticale.**

En 1985 en Escocia, Stephen Wilson informó de la primera cruza 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 triticale 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 triticale 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). 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), nombrándose al híbrido intergenérico *Triticosecale* Wittmack, el cual es aceptado hasta ahora. Un reporte sobre generalidades del triticale 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 substituidos, 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 substituidos 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**

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

Existen varios hábitos de crecimiento en este cultivo, generalmente agrupados en primaverales, invernales y facultativos (Lozano del Río, 2002). 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.

## **Uso de los diferentes 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.).

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.

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 (Hart *et al*, 1971; Sprague, 1966).

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 invernacional.

## **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).

La cantidad, dinámica y patrones de distribución ó partición de la acumulación de biomasa dentro de las plantas y la absorción de nutrientes varían con la etapa de crecimiento (Lal *et al.* 1978; Karlen y Whitney 1980), y son afectadas por la especie de cultivo, variedades y condiciones del suelo y el clima (Gawronska y Nalborczyk 1989). Una tasa alta de crecimiento puede resultar en incrementos sustanciales de la biomasa final (Richards, 1987), pero la tasa de crecimiento y la fenología pueden ser afectadas por la sequía y otros estreses en diferentes formas, dependiendo de la etapa de desarrollo del cultivo, y su duración e intensidad (Van Andel y Jager 1981; Mogensen y Talukder 1987; Brisson *et al.* 2001). Usualmente, las deficiencias de humedad y las altas temperaturas resultan en una menor acumulación de materia seca (Shpiler and Blum 1986; Simane *et al.* 1993).

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **Localización del Sitio Experimental**

El presente estudio se realizó durante el ciclo otoño - invierno 2015-2016 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.

### **Material genético utilizado**

En el Cuadro 1 se presenta la lista de los 15 genotipos utilizados en el experimento, de los cuales 5 fueron líneas experimentales de triticale con hábito de crecimiento primaveral, 2 del tipo facultativo, 3 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.

### **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 seco el 15 de Diciembre 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.

**Cuadro 1. Lista de genotipos y sorteo utilizados en el Experimento. Navidad, N.L. Ciclo 2015 – 2016.**

Trat.	Origen	Variedad	Grupo	R1	R2	R3
V1	NV-14-15	AN-123	1	1	17	39
V2	NV-14-15	AN-125	1	2	19	37
V3	NV-14-15	AN-137	1	3	16	34
V4	NV-14-15	Eronga 83	1	4	26	31
V5	NV-14-15	AN-105	2	5	18	44
V6	NV-14-15	AN-38	2	6	27	41
V7	NV-14-15	AN-66	3	7	22	45
V8	NV-14-15	AN-184	3	8	28	40
V9	NV-14-15	ABT	3	9	23	43
V10	NV-14-15	AN-31B	4	10	29	36
V11	NV-14-15	ANPELON	4	11	24	38
V12	NV-14-15	AN-34	4	12	21	33
V13	CIMMYT	TCL-Bicentenario	1	13	30	42
V14	INIFAP	Trigo Coahuila	5	14	25	32
V15	NV-14-15	AN-24	4	15	20	35

### **Tamaño de parcela experimental**

Cada unidad experimental estuvo conformada por 12 surcos de 5 m de largo por 30 cm entre hileras (18.0 m<sup>2</sup>).

### **Fertilización**

A la siembra, en cada unidad experimental (12 surcos), se aplicó una dosis de fertilización de 80-00-00, utilizando como fuente urea (46% N).

### **Riegos**

Al experimento se le aplicó el riego inmediatamente después de la siembra con un sistema de aspersion; posteriormente, se aplicaron 4 riegos adicionales en las etapas de amacollamiento, encañe, floración y llenado de grano, dando un total de 50 cm de lámina.

### **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 7 muestreos destructivos secuenciales de biomasa: Las fechas de muestreo fueron las siguientes:

M1: 14/03/2016

M2: 28/03/2016

M3: 12/04/2016

M4: 27/04/2016

M5: 09/05/2016

M6: 12/05/2016

M7: 01/06/2016

Los muestreos destructivos se realizaron manualmente, con rozadera, cortando el forraje en 18 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.

## **Variables registradas**

Después de cada muestreo destructivo, se procesaron en el laboratorio las muestras de forraje de cada una de las unidades experimentales, separando las hojas, tallos, y en su caso, espigas. Estas se dejaron secar hasta peso continuo en asoleadero; posteriormente, se pesaron.

- Producción de biomasa seca foliar (BF): se determinó en cada unidad experimental y en cada muestreo de la parcela útil, separando las hojas de cada muestra, secándolas y pesándolas en g/parcela, el valor obtenido se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.
- Producción de biomasa seca de tallos (BTA): se determinó en cada unidad experimental y en cada muestreo de la parcela útil, separando los tallos de cada muestra, secándolos y pesándolos en g/parcela, el valor obtenido se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.
- Producción de biomasa seca de espigas (BE): se determinó en cada unidad experimental y en cada muestreo de la parcela útil, separando las espigas de cada muestra, secándolas y pesándolos en g/parcela, el valor obtenido se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.
- La producción de biomasa seca total (BTOT) se determinó al sumar los pesos de hojas (BF), tallos (BTA) y en su caso, espigas (BE) de cada

muestreo o corte de forraje; posteriormente se transformó a biomasa total en t ha<sup>-1</sup>.

- Relación hoja-tallo (RHT): se calculó en base al peso de la biomasa foliar (BF) dividida entre la biomasa total (BTOT).

- **Análisis estadísticos**

Se efectuaron análisis de varianza individuales por muestreo, agrupando los genotipos por hábito de crecimiento (Cuadro 1).

**Modelo estadístico de los análisis de varianza por muestreo para las variables en estudio.**

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

Donde:

i = repeticiones

k = grupos

Donde:

Y<sub>ij</sub> = Variable observada..

μ : = Efecto de la media general.

R<sub>i</sub> = Efecto de la i-ésima repetición.

G<sub>k</sub> = Efecto del k-ésimo grupo.

E<sub>ij</sub> = Error experimental.

## **Modelo estadístico de los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables en estudio.**

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + M_j + G_k + MG_{jk} + E_{ijk}.$$

Donde:

$i$  = repeticiones

$j$  = muestreos

$k$  = grupos

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable observada.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$R_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima repetición.

$M_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo muestreo.

$G_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo grupo.

$MG_{jk}$  = Interacción del  $j$ -ésimo muestreo con el  $k$ -ésimo grupo.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

### **Pruebas de comparación de medias**

Se realizaron pruebas de comparación de medias para las variables estudiadas, entre muestreos y grupos, utilizando la prueba de Tukey al nivel de probabilidad registrada en los correspondientes análisis de varianza.

Se calculó el coeficiente de variación para las variables estudiadas, 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 el paquete estadístico SAS 8.1. y las gráficas se construyeron con el paquete estadístico Statistica 7.0

## RESULTADOS

### Análisis individuales por muestreo.

#### Biomasa foliar.

Los análisis de varianza por muestreo (Cuadro 2), no reportaron diferencias estadísticas entre repeticiones en ninguno de los muestreos; entre grupos de triticales no se reportaron diferencias estadísticas, excepto en los muestreos 5 y 7. La acumulación de biomasa foliar mostró en general un patrón ascendente hasta el muestreo 4, (etapa vegetativa), disminuyendo al pasar a la etapa reproductiva hasta la madurez. Dependiendo del muestreo, los coeficientes de variación oscilaron entre 5.5 y 11.8 % (Cuadro 2).

CUADRADOS MEDIOS								
Biomasa foliar (BF) t/ha <sup>-1</sup>								
FV	GL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
REP	2	0.00437 ns	0.01978 ns	0.08187 ns	0.18622 ns	0.01394 ns	0.00499 ns	0.00832 ns
GRUPOS	4	0.02901 ns	0.01056 ns	0.16011 ns	0.26454 ns	0.14051 *	0.08097 ns	0.08286 *
ERROR	8	0.00934	0.03501	0.04821	0.12876	0.02053	0.03787	0.01792
TOTAL	14							
X GENERAL		1.034	1.610	2.675	3.020	2.604	2.309	2.137
CV %		9.3	11.6	8.2	11.8	5.5	8.4	6.2

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

**Cuadro 2. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para biomasa foliar.**

## Biomasa de tallos

Los análisis de varianza individuales por muestreo para esta característica (Cuadro 3) no reportaron diferencias estadísticas entre repeticiones en la mayoría de los muestreos, a excepción del primero; en cambio, entre los grupos de triticales se registraron diferencias altamente significativas en los muestreos 3, 5, 6 y 7, a diferencia de los muestreos 1, 2 y 4 en donde sólo se registraron diferencias significativas. A diferencia de lo registrado en la biomasa foliar, y en promedio de todos los genotipos, el peso de tallos en general mostró un incremento progresivo al avanzar la etapa fenológica hasta la madurez. Dependiendo del muestreo, los coeficientes de variación oscilaron entre 5.2 y 12.0 % (Cuadro 3).

CUADRADOS MEDIOS								
Biomasa de tallos (BTA) t/ha <sup>-1</sup>								
FV	GL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
REP	2	0.01150 *	0.00372 ns	0.05126 ns	0.22367 ns	0.01888 ns	0.45039 ns	0.08628 ns
GRUPOS	4	0.01566 *	0.05772 *	0.92738 **	1.88917 *	3.14461 **	4.28511 **	8.31155 **
ERROR	8	0.00243	0.01503	0.04557	0.29624	0.11753	0.29700	0.11323
TOTAL	14							
X GENERAL		0.429	1.015	2.923	5.293	6.514	7.339	6.460
CV %		11.4	12.0	7.3	10.2	5.2	7.4	5.2

Cuadro 3. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para biomasa de tallos.

## Biomasa de espigas.

Los análisis de varianza individuales por muestreo (Cuadro 4) no reportaron diferencias estadísticas entre repeticiones en ninguno de los muestreos; en cambio, entre los grupos de triticales se reportaron diferencias altamente significativas en los muestreos 3, 4, 5, 6 y 7. Se observó que a partir de la floración de los diferentes genotipos (etapa reproductiva), el peso de las espigas se incrementó progresivamente hasta la madurez, debido a la acumulación de fotosintatos en el grano. Dependiendo del muestreo, los coeficientes de variación oscilaron entre 6.0 y 96.1 % (Cuadro 4).

CUADRADOS MEDIOS								
Biomasa de espigas (BE) t/ha <sup>-1</sup>								
FV	GL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
REP	2	-	-	0.00248 ns	0.01253 ns	0.00320 ns	0.20980 ns	0.31566 ns
GRUPOS	4	-	-	0.04038 **	1.16505 **	1.44630 **	3.77205 **	5.82143 **
ERROR	8	-	-	0.00248	0.01781	0.01700	0.07872	0.12003
TOTAL	14							
X GENERAL		-	-	0.051	1.062	2.040	3.683	5.742
CV %		-	-	96.1	12.5	6.3	7.6	6.0

Cuadro 4. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para biomasa de espigas.

### Biomasa Total.

Los análisis de varianza individuales por muestreo (Cuadro 5), no reportaron diferencias estadísticas entre repeticiones en la mayoría de los muestreos, a excepción del muestreo 3, que fue el único que registró una diferencia significativa; entre los grupos de triticales, sólo en el muestreo 2 no se reportaron diferencias estadísticas; en cambio, en los muestreos 1 y 4 se reportaron diferencias significativas, y en los muestreos 3, 5, 6 y 7, se registraron diferencias altamente significativas entre los tipos de triticales, indicando la diferente capacidad de acumulación de biomasa seca total de cada uno de los hábitos de crecimiento. Dependiendo del muestreo, los coeficientes de variación oscilaron entre 3.6 y 10.2 % (Cuadro 5).

CUADRADOS MEDIOS								
Biomasa total (BTOT) t/ha <sup>-1</sup>								
FV	GL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
REP	2	0.03000 ns	0.03705 ns	0.20176 *	0.29407 ns	0.01447 ns	2.03484 ns	0.61400 ns
GRUPOS	4	0.08030 *	0.03320 ns	0.94026 **	3.20657 *	6.03476 **	7.21693 **	12.00345 **
ERROR	8	0.01794	0.07192	0.04299	0.77127	0.26356	1.00955	0.31943
TOTAL	14							
X GENERAL		1.464	2.626	5.651	9.318	11.077	13.484	14.449
CV %		9.1	10.2	3.6	9.4	4.6	7.4	3.9

Cuadro 5. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para biomasa total.

### Relación hoja tallo (RHT).

Los análisis de varianza individuales por muestreo (Cuadro 6), no reportaron diferencias estadísticas entre repeticiones en ninguno de los muestreos; entre los grupos de triticales, los muestreos 3, 4, 5, 6 y 7 fueron los que mostraron diferencias altamente significativas; en cambio el muestreo 2 sólo arrojó diferencias significativas. El muestreo 1 no reportó diferencias estadísticas. Respecto al patrón de esta característica a través del ciclo de cultivo, se registró una disminución gradual de la proporción de hojas, independientemente del hábito de crecimiento de los materiales evaluados. Dependiendo del muestreo, los coeficientes de variación para esta característica oscilaron entre 2.6 y 8.1 % (Cuadro 6).

CUADRADOS MEDIOS								
Relación hoja-tallo (RHT)								
FV	GL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
REP	2	0.00165 ns	0.00007 ns	0.00078 ns	0.00053 ns	0.00024 ns	0.00007 ns	0.00002 ns
GRUPOS	4	0.00096 ns	0.00487 *	0.01345 **	0.00830 **	0.00356 **	0.00208 **	0.00178 **
ERROR	8	0.00037	0.00075	0.00070	0.00068	0.00008	0.00004	0.00015
TOTAL	14							
X GENERAL		0.724	0.621	0.484	0.320	0.229	0.185	0.158
CV %		2.6	4.4	5.4	8.1	4.1	3.6	7.9

Cuadro 6. Resultados de los análisis de varianza y significancias a través de muestreos para relación hoja-tallo (RHT).

El Cuadro 7 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa foliar. Se observa que en los cuatro primeros muestreos no se registraron diferencias estadísticas entre los grupos en relación a esta característica; sin embargo, en el quinto y séptimo muestreos, el grupo 4, de hábito invernal, registró el mayor valor, aunque estadísticamente igual al grupo 2 (hábito facultativo) y 3 (hábito intermedio-invernal). El grupo 1 (hábito primaveral), registró significativamente la mayor disminución de la biomasa foliar al final del ciclo, aunque estadísticamente igual al grupo 2 (facultativo), grupo 3 (hábito intermedio-invernal) y grupo 5 (trigo).

Biomasa foliar (BF) t/ha <sup>-1</sup>							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
GRUPO 1	1.103 a	1.581 a	2.489 a	2.814 a	2.351 b	2.137 a	1.933 b
GRUPO 2	1.074 a	1.533 a	2.632 a	3.000 a	2.596 ab	2.247 a	2.153 ab
GRUPO 3	1.068 a	1.623 a	2.455 a	2.930 a	2.720 ab	2.439 a	2.236 ab
GRUPO 4	1.064 a	1.694 a	2.784 a	3.532 a	2.899 a	2.523 a	2.347 a
GRUPO 5	0.860 a	1.621 a	3.017 a	2.822 a	2.453 b	2.200 a	2.016 ab
DMS	0.272	0.527	0.619	1.012	0.404	0.549	0.377

Cuadro 7. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa foliar.

El Cuadro 8 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa de tallos. Se observa que en el muestreo 2 no se registró diferencia estadística entre los grupos con respecto a esta variable, sin embargo, el grupo 1 (primaveral) mostró diferencias significativas desde el muestreo 3, debido a su precocidad, que estuvo ligada a el alargamiento de los tallos al acercarse a su etapa de espigamiento (etapa reproductiva); al igual que los demás grupos, del tercer muestreo al séptimo muestreo. Cabe resaltar que el grupo 4 (hábito invernal) arrojó los mayores valores, aunque estadísticamente fue igual a los grupos 1, 2, 3 (primaveral, facultativo e intermedio-invernal) respectivamente. El grupo 5 (trigo), mostró significativamente los menores valores en relación a la biomasa de tallos.

Biomasa de tallos (BTA) t/ha <sup>-1</sup>							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
GRUPO 1	0.537 a	1.209 a	3.843 a	6.106 a	7.294 a	7.314 a	5.914 c
GRUPO 2	0.422 ab	1.085 a	2.938 b	5.097 ab	7.087 a	8.103 a	6.553 bc
GRUPO 3	0.428 ab	1.014 a	2.835 b	5.625 a	6.460 a	7.828 a	7.219 b
GRUPO 4	0.427 ab	0.886 a	2.385 b	5.612 a	6.960 a	8.162 a	8.560 a
GRUPO 5	0.333 b	0.882 a	2.617 b	4.025 b	4.767 b	5.287 b	4.054 d
DMS	0.139	0.345	0.602	1.535	0.967	1.537	0.949

Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa de tallos.

El Cuadro 9 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para la biomasa de espigas. En los 2 primeros muestreos de cada grupo no se pueden observar datos, pues en la etapa en que se tomaron los muestreos (vegetativa), los materiales aún no espigaban, fue a partir del muestreo 3 en donde los materiales de cada grupo, particularmente los de hábito primaveral, empezaron a espigar, y es ahí en donde se observaron diferencias estadísticas entre los grupos. El grupo 1 (primaveral) fue el hábito de crecimiento que más valor registró a partir del muestreo 3, debido a su precocidad. Los grupos 2 (hábito facultativo), 3 (hábito intermedio invernal) y 5 (trigo) fueron estadísticamente iguales, siendo el grupo 4 (hábito invernal) el material que menor acumulación de biomasa de espigas registró en el total de los 7 muestreos.

Biomasa de espigas (BE) t/ha <sup>-1</sup>							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
GRUPO 1	-	-	0.259 a	1.908 a	3.147 a	5.369 a	7.689 a
GRUPO 2	-	-	0.000 b	1.283 b	2.193 b	3.930 b	6.513 b
GRUPO 3	-	-	0.000 b	0.846 c	1.720 c	3.486 b	5.517 c
GRUPO 4	-	-	0.000 b	0.201 d	1.311 d	2.277 c	4.167 d
GRUPO 5	-	-	0.000 b	1.080 bc	1.828 bc	3.352 b	4.824 cd
DMS	-	-	0.140	0.376	0.367	0.791	0.977

Cuadro 9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa de espigas.

El Cuadro 10 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa total. Se observa que en el muestreo 2 no se registraron diferencias estadísticas entre los grupos, con respecto a esta variable, sin embargo, desde el muestreo 1, se registraron diferencias estadísticas entre todos los grupos, particularmente desde el muestreo 3 al muestreo 7. Al final del ciclo, el grupo 2 (facultativo) fue el hábito de crecimiento con mayor valor de biomasa total, aunque los grupos 2 (hábito primaveral); 3 (hábito intermedio invernal), y 4 (hábito invernal) fueron estadísticamente iguales. Por último, el grupo 5 (trigo) fue el único grupo con significativamente menor cantidad de biomasa total en comparación a los 4 grupos anteriores.

Biomasa total (BTOT) t/ha <sup>-1</sup>							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
GRUPO 1	1.641 a	2.790 a	6.592 a	10.829 a	12.793 a	14.993 a	15.537 a
GRUPO 2	1.496 ab	2.618 a	5.570 b	9.087 ab	11.877 ab	14.618 a	15.545 a
GRUPO 3	1.496 ab	2.638 a	5.290 b	9.402 ab	10.498 b	13.755 ab	14.972 a
GRUPO 4	1.491 ab	2.580 a	5.170 b	9.346 ab	11.171 b	12.963 ab	15.296 a
GRUPO 5	1.194 b	2.503 a	5.634 b	7.928 b	9.048 c	11.093 b	10.895 b
DMS	0.377	0.756	0.584	2.477	1.448	2.834	1.594

Cuadro 10. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para biomasa total.

El Cuadro 11 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para la relación hoja-tallo (RHT). En este cuadro se muestra que en el primer muestreo no se registraron diferencias estadísticas entre los grupos; a partir del muestreo 2 se registraron diferencias estadísticas; debido a que los materiales empiezan a madurar, la relación hoja-tallo empieza a disminuir, particularmente en el grupo 1 (primaveral), ya que fue el primer material en madurar, por su intrínseca precocidad; el grupo 5 (trigo) fue el material con más relación hoja-tallo, aunque estadísticamente igual a los grupos 2 (hábito facultativo), 3 (hábito intermedio-invernal) y 4 (hábito invernal). El patrón de la relación hoja-tallo a través del ciclo de los distintos hábitos de crecimiento estuvo estrechamente relacionado con su precocidad, esto es, a menor ciclo del cultivo, menor relación hoja-tallo.

Relación hoja-tallo (RHT)							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
GRUPO 1	0.695 a	0.568 b	0.383 c	0.251 c	0.180 c	0.152 d	0.124 c
GRUPO 2	0.731 a	0.596 ab	0.477 ab	0.299 bc	0.216 b	0.177 c	0.158 abc
GRUPO 3	0.722 a	0.624 ab	0.469 b	0.305 bc	0.223 b	0.178 bc	0.151 bc
GRUPO 4	0.734 a	0.666 a	0.549 a	0.386 a	0.256 a	0.197 b	0.169 ab
GRUPO 5	0.741 a	0.652 a	0.541 ab	0.357 ab	0.267 a	0.223 a	0.190 a
DMS	0.054	0.077	0.074	0.073	0.267	0.019	0.035

Cuadro 11. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos de triticales para relación hoja-tallo.

### Análisis combinados entre muestreos

Los análisis de varianza combinados entre muestreos reportaron diferencias altamente significativas entre los mismos para todas las variables estudiadas. La interacción muestreo x grupos fue altamente significativa en todas las características evaluadas, excepto para biomasa foliar (BF), indicando de respuesta diferencial de cada hábito de crecimiento al pasar de un período de muestreo a otro; dependiendo de la característica, los coeficientes de variación oscilaron entre 5.1 y 10.2 %.

CUADRADOS MEDIOS						
FV	GL	BF	BTA	BE	BTOT	RHT
Muestreos	6	6.96065 **	118.63336 **	73.06215 **	398.46357 **	0.75203 **
Rep (muestreos)	14	0.04564 ns	0.12082 ns	0.07767 *	0.46088 ns	0.00048 ns
Grupos	4	0.35000 **	8.79306 **	6.42871 **	16.44942 **	0.02788 **
Muestreo x Grupos	24	0.06976 ns	1.63969 **	0.96941 **	2.17767 **	0.00118 **
Error	56	0.04252	0.12672	0.03372	0.35667	0.00040
Total	104					
Media General		2.198	4.282	1.797	8.296	0.389
CV %		9.3	8.3	10.2	7.1	5.1

Cuadro 12. Resultados y significancias del análisis combinado entre muestreos para las variables en estudio.

En el Cuadro 13 se presentan los resultados de las pruebas de comparación de medias del análisis combinado entre muestreos de cada una de las variables en estudio; en relación a la biomasa foliar (BF), esta alcanzó el mayor valor promedio en el muestreo 4 (final de la etapa vegetativa); la variable biomasa de tallos (BTA), mostró su máximo valor promedio en el sexto muestreo (madurez fisiológica). Con respecto a la variable biomasa de espigas (BE), registró su máximo valor en el muestreo final (madurez de cosecha), al igual que biomasa total (BTOT). Inversamente, la relación hoja-tallo (RHT), fue significativamente mayor en el primer muestreo, al inicio de la etapa vegetativa de los materiales.

MUESTREOS	BF	BTA	BE	BTOT	RHT
MUESTREO 1	1.034 e	0.429 f	0.000 e	1.464 g	0.724 a
MUESTREO 2	1.610 d	1.015 e	0.000 e	2.626 f	0.621 b
MUESTREO 3	2.675 b	2.923 d	0.051 e	5.651 e	0.484 c
MUESTREO 4	3.020 a	5.293 c	1.064 d	9.319 d	0.320 d
MUESTREO 5	2.604 b	6.514 b	2.040 c	11.077 c	0.229 e
MUESTREO 6	2.309 c	7.339 a	3.683 b	13.484 b	0.185 f
MUESTREO 7	2.137 c	6.460 b	5.742 a	14.449 a	0.158 g
DMS	0.230	0.397	0.205	0.666	0.022

Cuadro 13. Resultados de la prueba de comparación de medias entre muestreos para las variables en el estudio.

En el siguiente Cuadro (14) se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias entre los grupos de triticales del análisis combinado entre muestreos;

El grupo 4 (hábito invernal) registró el mayor promedio para la variable biomasa foliar (BF); para biomasa de tallos (BTA), este mismo grupo reportó el mayor valor promedio, aunque estadísticamente igual al resto de los grupos, excepto al grupo 5 (trigo), que registró significativamente el menor valor para esta variable. En cuanto a la biomasa de espigas (BE) y la biomasa total (BTOT), el grupo 1 (primaveral) registró los mayores valores promedio, siendo significativamente superior al resto de los hábitos de crecimiento. Con respecto a la relación hoja-tallo (RHT), el grupo 4 (hábito invernal) y el grupo 5 (trigo), registraron los mayores valores promedio para esta variables, aunque estadísticamente iguales entre sí.

GRUPOS	BF	BTA	BE	BTOT	RHT
GRUPO 1	2.058 b	4.602 a	2.624 a	9.311 a	0.336 c
GRUPO 2	2.176 b	4.469 a	1.988 b	8.687 b	0.379 b
GRUPO 3	2.210 b	4.487 a	1.652 c	8.293 b	0.382 b
GRUPO 4	2.406 a	4.713 a	1.136 d	8.288 b	0.422 a
GRUPO 5	2.141 b	3.138 b	1.583 c	6.899 c	0.429 a
DMS	0.179	0.309	0.159	0.519	0.017

Cuadro 14. Resultados del análisis de comparación de medias entre grupos del análisis combinado.

## DISCUSIÓN

En general, se registraron diferencias entre los diferentes hábitos de crecimiento para cada una de las variables en estudio. De esta forma, el patrón de acumulación de biomasa foliar (BF) de los diferentes grupos mostró que independientemente del hábito de crecimiento, los mayores valores se alcanzaron al final de la etapa vegetativa, donde se alcanzó la máxima expansión foliar y por lo tanto, el máximo peso seco de las hojas. Por otra parte, el trigo y los materiales de hábito primaveral (grupo 1), alcanzaron sus valores máximos en menor tiempo, debido a su precocidad (Figura 1), a diferencia de los tipos más tardíos, que registraron mayores valores de biomasa foliar que los tipos precoces, aunque en un mayor período de tiempo (Figura 1).

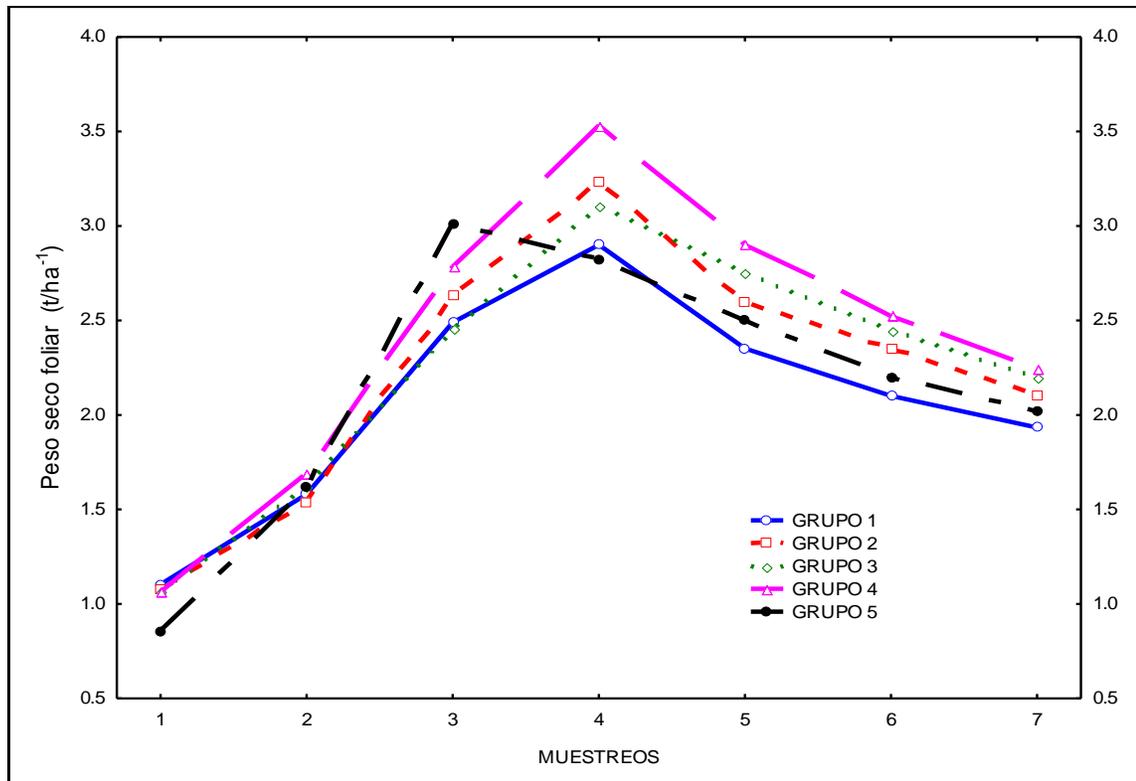


Figura 1. Patrones de acumulación de biomasa foliar (BF) de los diferentes hábitos de crecimiento de triticale a través del ciclo de cultivo.

Con respecto a la variable biomasa de tallos (Figura 2), todos los grupos de triticales mostraron en general valores mayores al trigo para esta variable; entre los tipos de triticale, durante la mayor parte del ciclo, el grupo 1 (primaveral), acumuló más biomasa de tallos que el resto, debido a su precocidad, aunque al final del ciclo, los tipos más tardíos, particularmente el grupo 4 (hábito invernal), acumuló mayor biomasa de tallos.

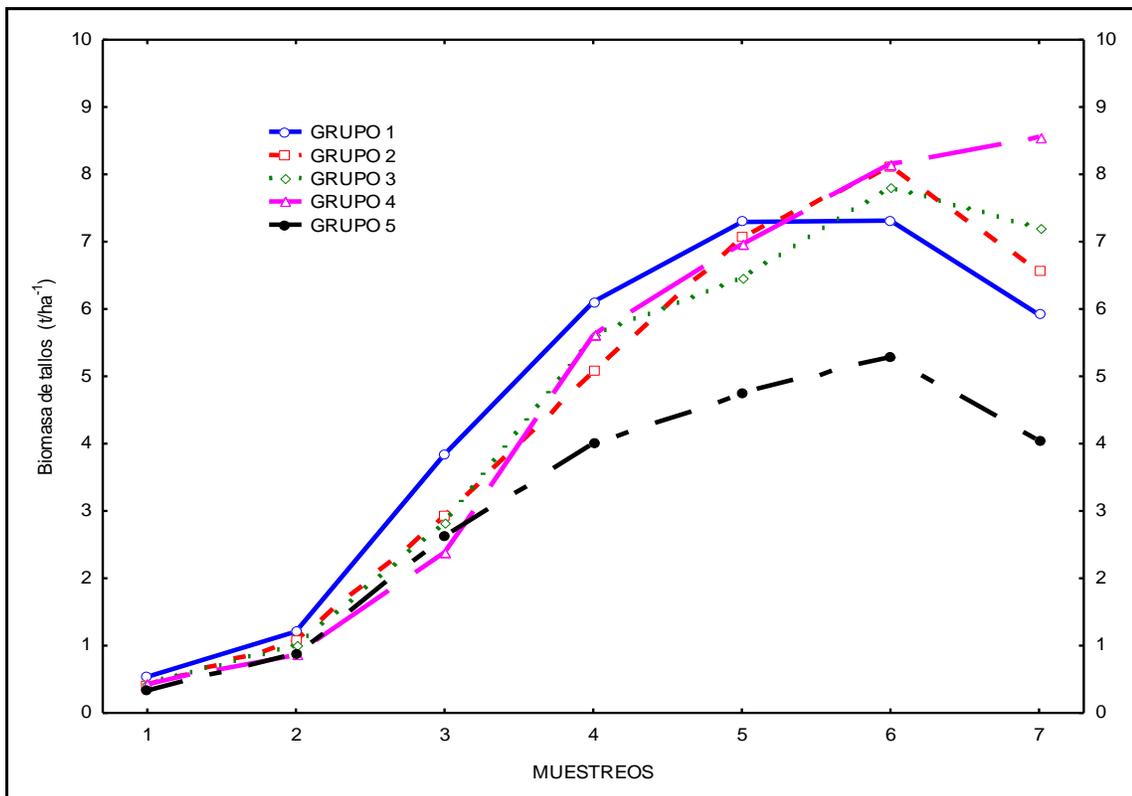


Figura 2. Patrones de acumulación de biomasa de tallos (BTA) de los diferentes hábitos de crecimiento de triticale a través del ciclo de cultivo.

Para la variable biomasa de espigas (BE), la Figura 3 muestra que los tipos primaverales acumularon mayor biomasa de espigas y en menor tiempo que el resto de los hábitos de crecimiento, observándose una clara tendencia para esta característica, que indicó que en este ambiente particular (Navidad, N.L), a

mayor precocidad de los genotipos, mayor biomasa de espigas acumulada en menor tiempo, lo que les da una ventaja adaptativa para producción de grano en este ambiente particular.

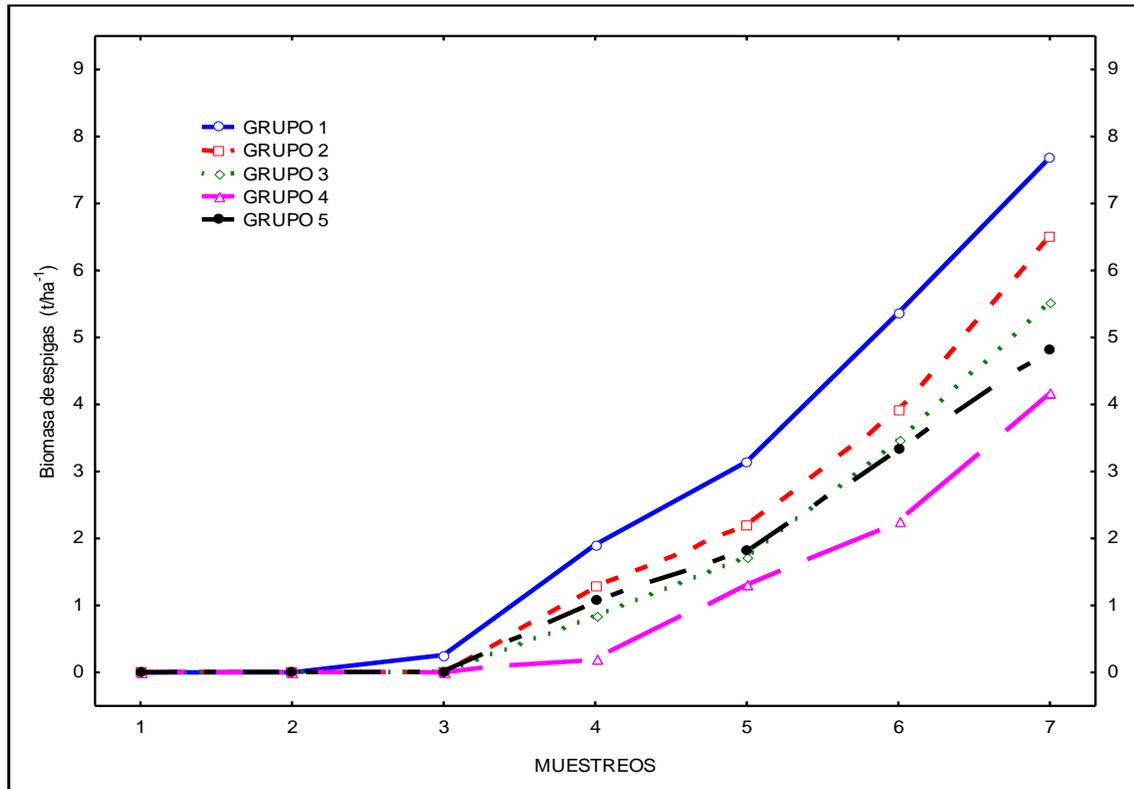


Figura 3. Patrones de acumulación de biomasa de espigas (BE) de los diferentes hábitos de crecimiento de triticale a través del ciclo de cultivo.

Con respecto a la variable biomasa total (BTOT, Figura 4), y en este ambiente particular, los grupos primaverales y facultativos mostraron en general ventaja durante todo el ciclo productivo 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 similares cantidades de biomasa total (Figura 4). Asimismo, todos los grupos de triticales produjeron significativamente mayor biomasa total que el trigo, indicando la ventaja en la productividad de biomasa de esta especie en comparación con el trigo bajo las condiciones particulares de Navidad, N.L.

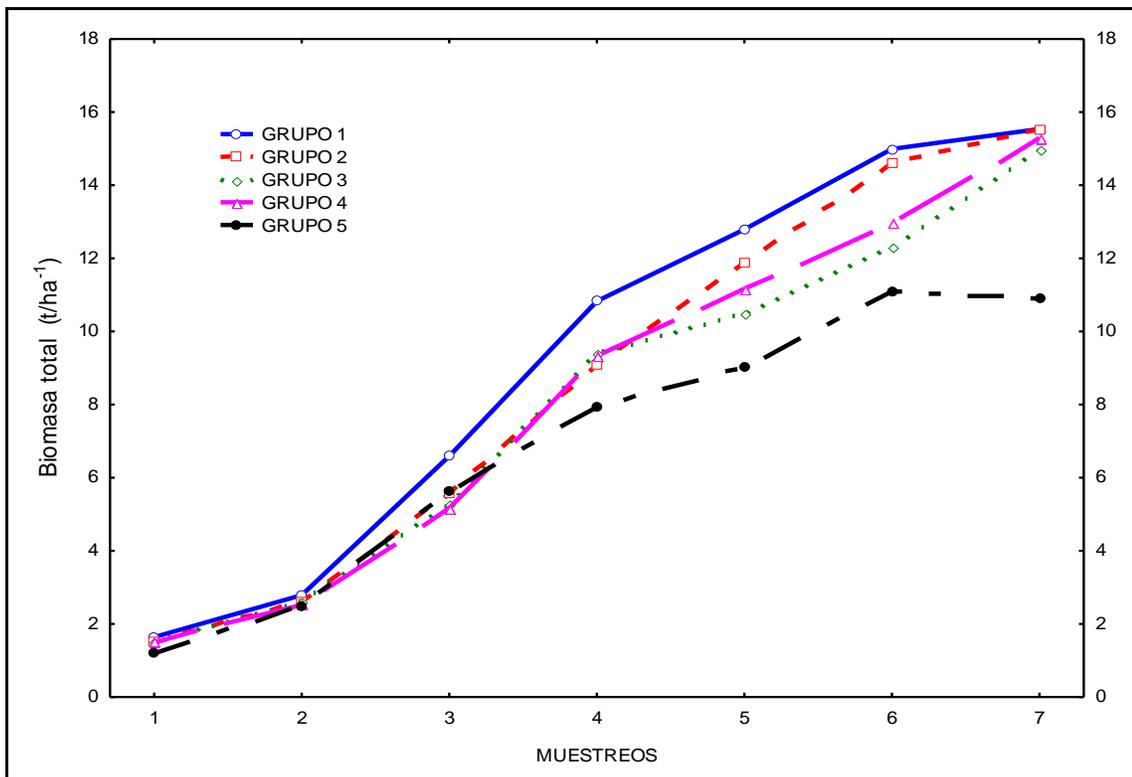


Figura 4. Patrones de acumulación de biomasa total (BTOT) de los diferentes hábitos de crecimiento de triticale a través del ciclo de cultivo.

Con respecto a la variable relación hoja-tallo (Figura 5), y desde el inicio del ciclo de cultivo, los tipos primaverales y facultativos (Grupos 1 y 2), al tener una menor proporción de hojas con respecto a los tallos en comparación con los tipos tardíos, disminuyeron notablemente esta relación al avanzar el ciclo; por

otra parte, el tipo más tardío (grupo 4, invernial) y el trigo, mostraron a través de todo el ciclo la mayor relación hoja-tallo y al mismo tiempo, la menor disminución de su valor al avanzar hacia la madurez (Figura 5).

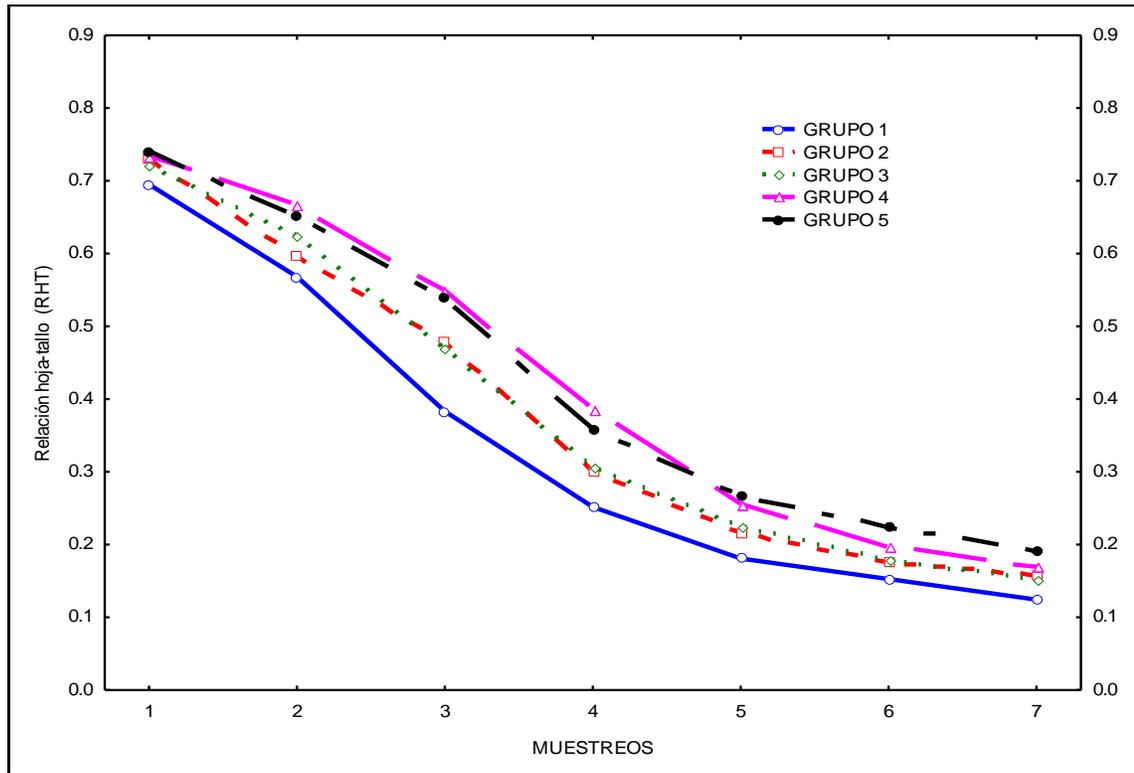


Figura 5. Patrones de relación hoja-tallo (RHT) de los diferentes hábitos de crecimiento de triticale a través del ciclo de cultivo.

Los resultados encontrados en este estudio, bajo las condiciones particulares de este ambiente de prueba, concuerda con lo reportado por diversos autores, en que, generalmente, los diferentes cultivos o variedades siguen un patrón de acumulación de biomasa similar en varias etapas de crecimiento, y que 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).

También, los resultados reportados en este estudio están de acuerdo con otros autores en que la cantidad, dinámica y patrones de distribución ó partición de la acumulación de biomasa (Figuras 6-10) dentro de las plantas y la absorción de nutrientes varían con la etapa de crecimiento (Lal *et al.* 1978; Karlen y Whitney 1980), y son afectadas por la especie de cultivo, variedades o tipos y condiciones del suelo y el clima (Gawronska y Nalborczyk 1989), como fue el caso en este estudio, donde se utilizaron diferentes hábitos de crecimiento de triticale.

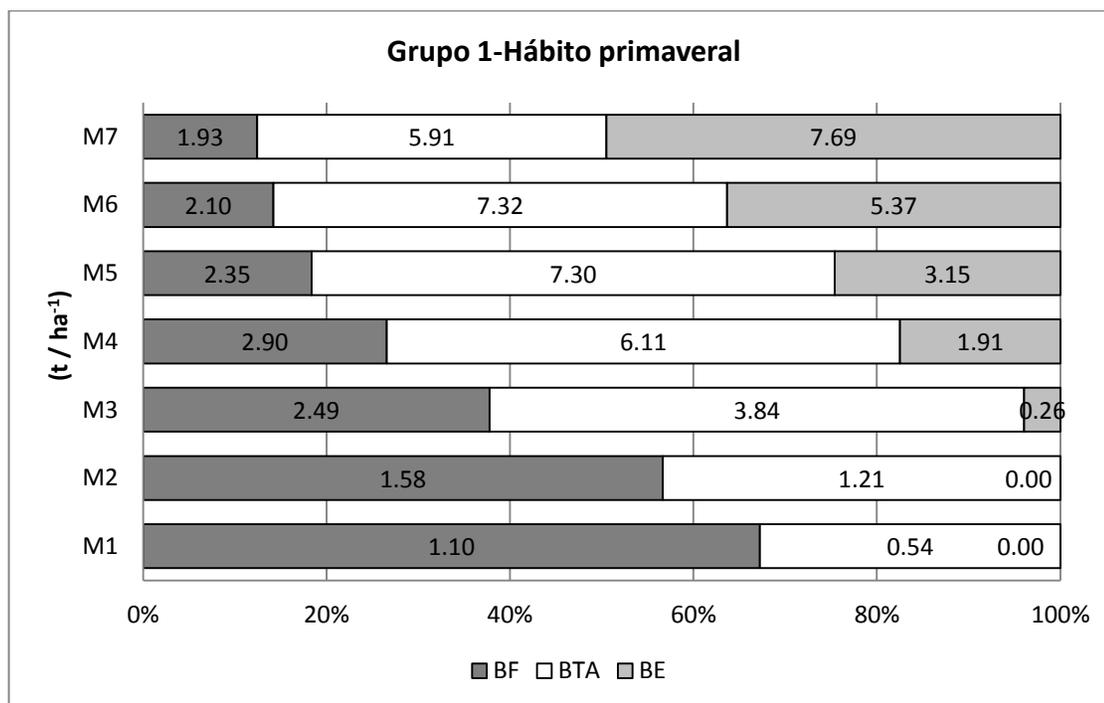


Figura 6. Partición de biomasa (%) de los triticales de hábito primaveral a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas).

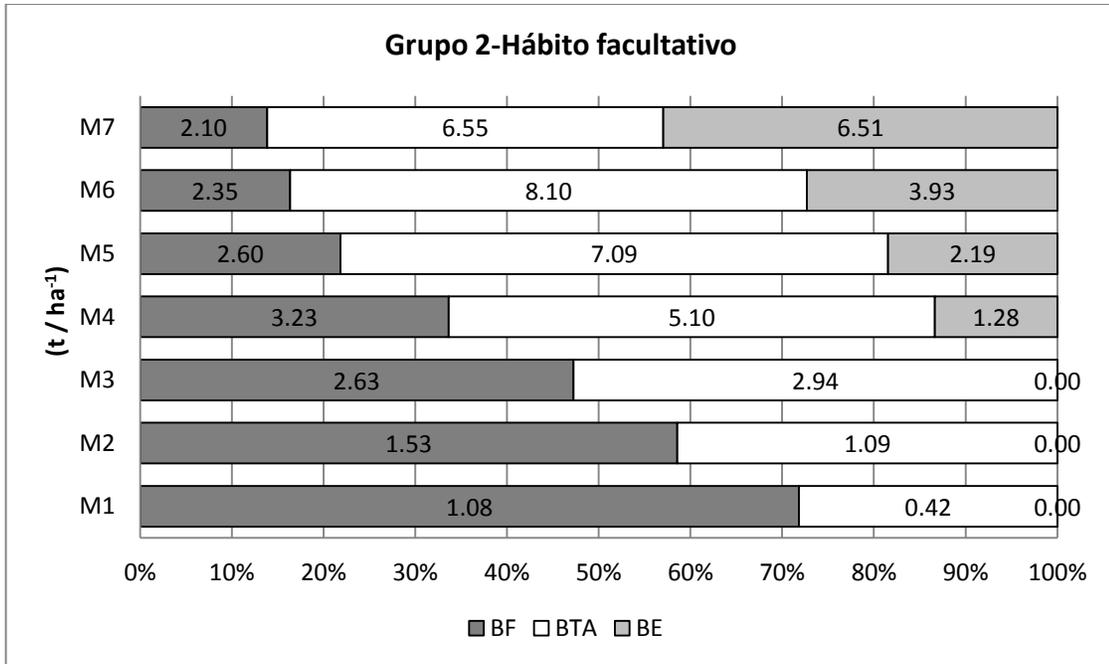


Figura 7. Partición de biomasa (%) de los triticales de hábito facultativo a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas).

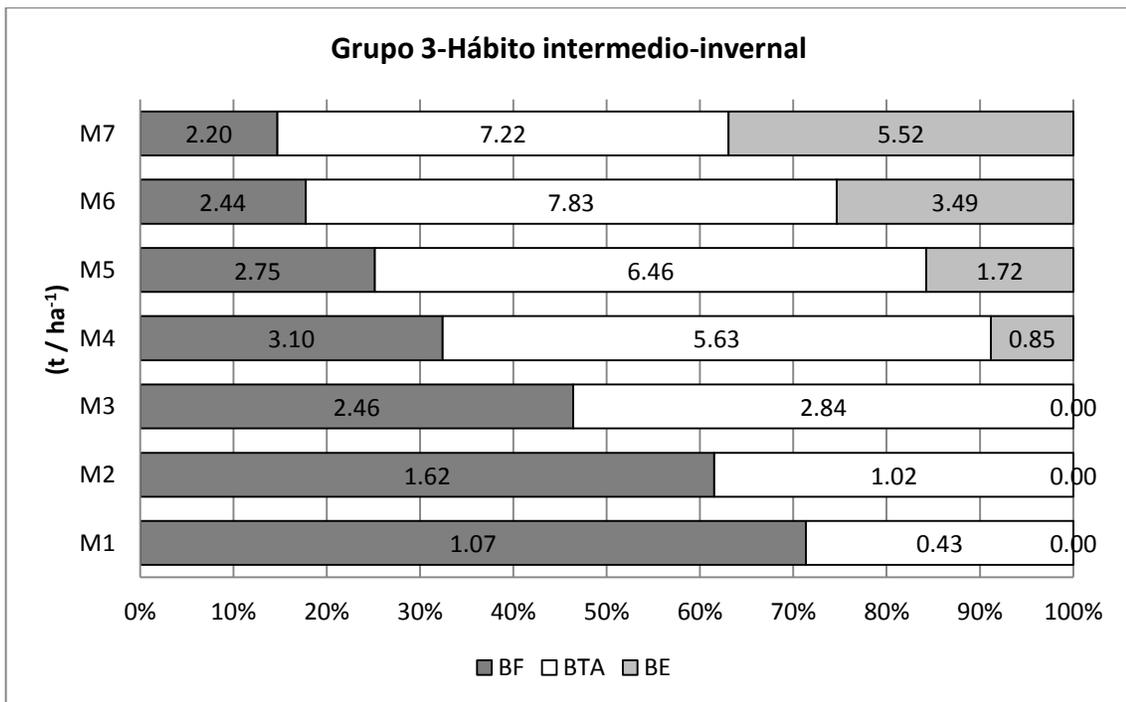


Figura 8. Partición de biomasa (%) de los triticales de hábito intermedio-invernal a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas).

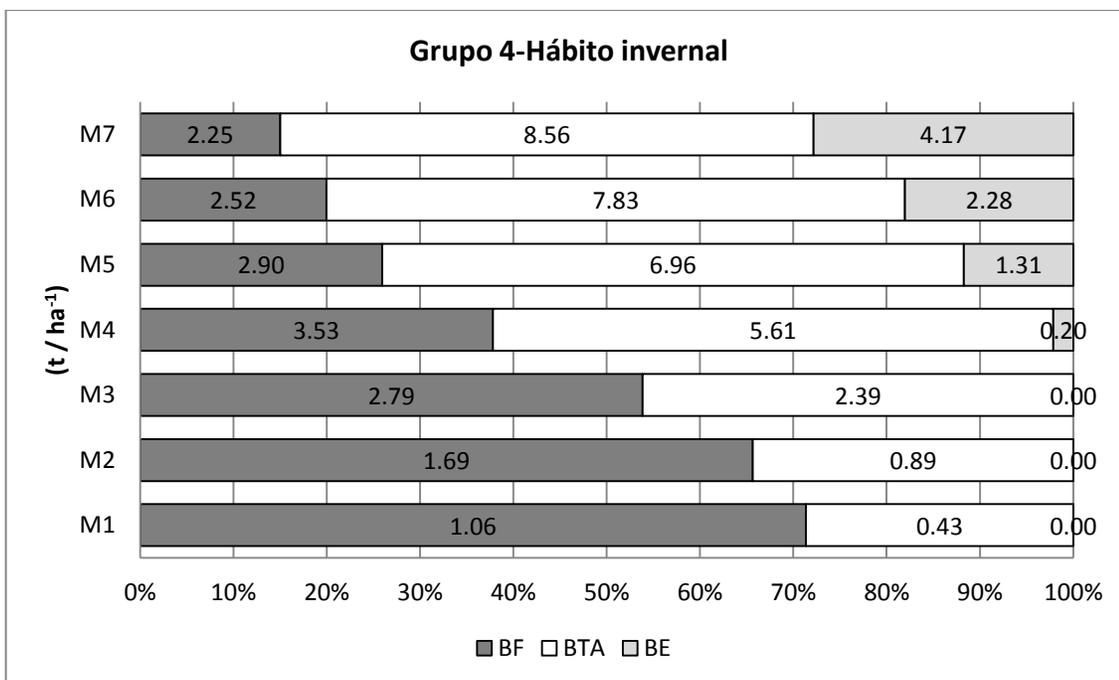


Figura 9. Partición de biomasa (%) de los triticales de hábito invernal a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas).

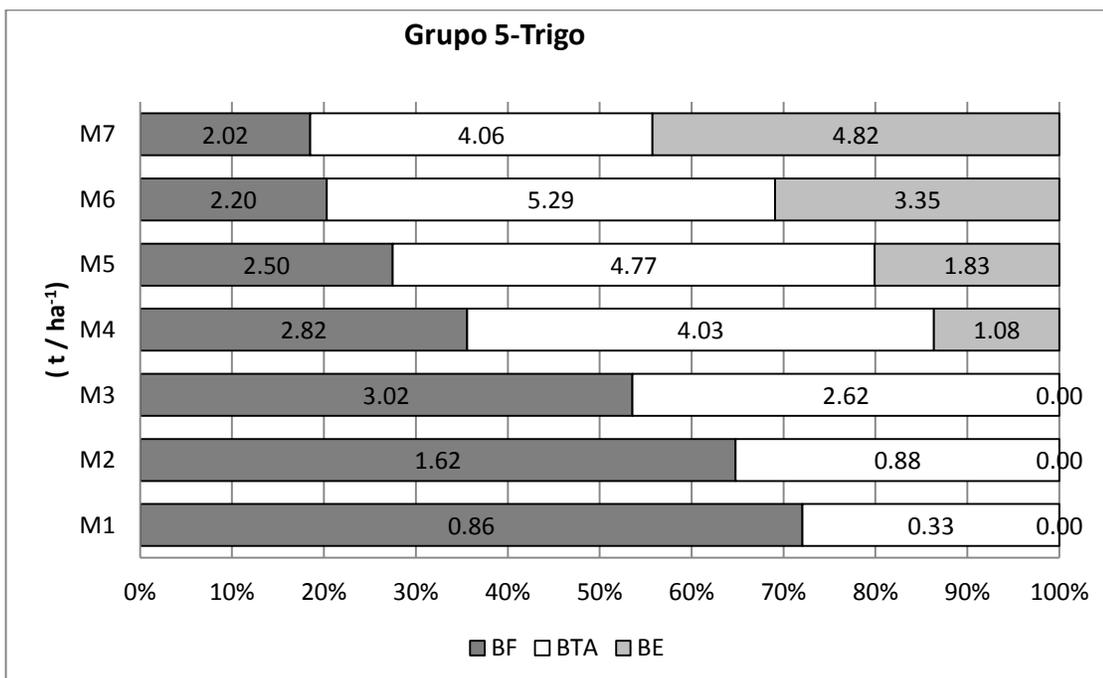


Figura 10. Partición de biomasa (%) del trigo a través del ciclo de cultivo (BF=biomasa foliar; BTA= biomasa de tallos; BE= biomasa de espigas).

En este estudio, se encontró que la variación en las curvas de acumulación de los diferentes tipos de biomasa (Figuras 1-5) fue debida a las diferencias genóticas entre los hábitos de crecimiento. Por otra parte, la longitud del ciclo de crecimiento fue mayor en los tipos invernales en comparación con los primaverales, y la variabilidad mostrada por los diferentes grupos en la acumulación de biomasa fue debida también 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:

- Las diferencias entre las curvas de acumulación de los diferentes tipos de biomasa fue debida a las diferencias genotípicas entre los hábitos de crecimiento.
- Los triticales de hábito primaveral registraron los mayores rendimientos de biomasa total en los primeros 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 intermedio-invernal, invernal y facultativo registraron los mayores rendimientos de biomasa foliar, por lo cual son más adecuados que los tipos primaverales cuando se requiere de forraje de mayor calidad.
- En forma general, e independientemente de su hábito de crecimiento, los triticales fueron significativamente más productivos que el trigo para los diferentes tipos de biomasa.
- Se registraron diferencias entre los diferentes hábitos de crecimiento del triticales y el trigo para la distribución y la partición de la biomasa.

## LITERATURA CITADA

- 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.
- Brisson, N., Guevara, E., Meira, S., Maturano, M. and Coca G. 2001. Response of five wheat cultivars to early drought in the Pampas. *Agronomie* 21: 483-495.
- CIMMYT. 1976. Trigo x Centeno = Triticale. *El CIMMYT hoy*, México, D.F.
- Gawronska, H. and Nalborczyk, E. 1989. Photosynthetic productivity of winter rye (*Secale cereale* L.). II. Biomass accumulation and distribution in six cultivars of winter rye (*Secale cereal* L.). *Acta-Physiologiae-Plantarum* 11: 265-277.
- 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.
- 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.
- Karlen, D. L. and Whitney, D. A. 1980. Dry matter accumulation, mineral concentrations, and nutrient distribution in the winter wheat. *Agron. J.* 72: 281-288.
- Lal, P., Reddy, G. G. and Modi, M. S. 1978. Accumulation and redistribution pattern of dry matter and N in triticale and wheat varieties under water stress condition. *Agron. J.* 70: 623-626.
- Lopez-Castañeda, C., Richards, R.A., 1994. Variation in temperate cereals in rainfed environments. I. Grain yield, biomass and agronomic characteristics. *Field Crops Res.* 37, 51-62.
- 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.
- 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.
- Mogensen, V. O. and Talukder, M. S. V. 1987. Grain yielding of spring wheat in relation to water stress II. Growth rate of grains during drought. Cereal Res. Commun. 15: 247–253.
- Moore, E. L. 2005. Alternative forage crops when irrigation water is limited. Drought Management Factsheet. British Columbia, Canadá. 6:1-6.
- 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.
- National Research Council. 1998. Triticale: A promising addition to the world's cereal grains. National Academy Press, Washington, D.C. 105 pp.
- Orona, C.I., Flores, H. A., Rivera, G. M., Martínez, G., y Espinoza, A.J. 2003. Productividad del agua en el cultivo de nopal con riego por goteo en la Comarca Lagunera. Terra Latinoamericana. 21(2):195-201.
- Ozkan, H., Genv, T., Yagnasanlar, T., and Toklu, F. 1999. Stress tolerance in hexaploid spring triticale under Mediterranean environment. Plant Breeding. 118:365-367.
- Poysa, V.W. 1985. Effect of forage harvest on grain yield and agronomic performance of winter triticale, wheat and rye. Can. J. Plant Sci. 65:879-888.
- Reta, S.D, Figueroa, V.U., Faz, C.R., Núñez, H.G., Gaytán, M.A., Serrato, C.S., y Payán, G.J. 2010. Sistemas de producción de forraje para incrementar la productividad del agua. Rev. Fitotec. Mex. 33 (4): 83-87.
- Richards RA. 1987. Physiology and the breeding of winter-grown cereals for dry areas. In: Srivastava JP, Porceddu E, Acevedo E, Varma S, eds. Drought tolerance in winter cereals. John Wiley and Sons. Chichester: Wiley, pp. 133-150.

- Royo, C. 1992. El triticale, base para el cultivo y aprovechamiento. Editorial Agroguías Mundi – Prensa Madrid.
- 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.
- SAS Institute Inc. 1999. User's Guide. Statistics, Version 8.1. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Shpiler, L., and Blum, A. 1986. Differential reaction of wheat *Triticum aestivum* cultivars to hot environments. *Euphytica* 35:483-492.
- Simane, B., Peacock, J. M. and Struik, P. C. 1993. Differences in developmental plasticity and growth rate among drought-resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). *Plant Soil*. 157: 155–166.
- Sprague, M. A. 1966. Los cereales como forraje. En: Hughes, H. D., M.E. Health y D.S. Metcalf (Eds). *Forrajes*. 2a. Ed. CECOSA. México. pp. 373-376.
- Statistica. 2001. By Statsoft Inc. U.S. A. Versión 7.0.
- Sutton, B.G., Dubbelde, E.A., 1980. Effects of water deficit on yield of wheat and triticale. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 20, 594–598.
- Van Andel, J. and Jager, J. C. 1981. Analysis of growth and nutrition of six plant species of woodland clearing. *J. Ecol.* 69: 871–882.
- Ye, C.W., Díaz, S.H., Lozano-del Río, A.J., Zamora-Villa, V.M., Ayala, O.M. 2001. Agrupamiento de germoplasma de triticale por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Técnica Pecuaria en México*. 39(1):15-29.
- Zamora Villa, V.M., Lozano del Río, A.J., López Benítez, A., Reyes Valdés, M.H., Díaz Solís, H., Martínez Reyna, J.M., Fuentes Rodríguez, J.M. 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Técnica Pecuaria en México*. 40 (3): 229-242.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de los diferentes hábitos de crecimiento de triticale en comparación con trigo sobre la productividad de biomasa foliar, de tallos, espigas y total, además de la relación hoja-tallo, y su dinámica a través de muestreos durante todo el ciclo de cultivo, evaluando 14 variedades de triticale y una de trigo en Navidad, N.L., bajo un diseño en campo de bloques completos al azar con tres repeticiones, durante el ciclo otoño-invierno 2015-2016. Se realizaron 7 muestreos destructivos a través del ciclo, separando de cada tratamiento hojas, tallos, espigas, y determinando su productividad en base a peso seco individual y total. Para los análisis estadísticos, los genotipos de triticale se agruparon de acuerdo a su hábito de crecimiento, además del trigo. Se construyeron curvas de crecimiento de los diferentes tipos de hábito de crecimiento y se documentaron los patrones de distribución y partición de biomasa de los tipos evaluados. Se concluyó que las diferencias entre las curvas de acumulación de los diferentes tipos de biomasa fue debida a las diferencias genotípicas entre los hábitos de crecimiento. Los triticales de hábito intermedio-invernal, invernal y facultativo registraron los mayores rendimientos de biomasa foliar, por lo cual son más adecuados que los tipos primaverales cuando se requiere de forraje de mayor calidad. Los triticales de hábito primaveral registraron los mayores rendimientos de biomasa total en los primeros 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). En forma general, e independientemente de su hábito de crecimiento, los triticales fueron significativamente más productivos que el trigo para los diferentes tipos de biomasa. Se registraron diferencias entre los diferentes hábitos de crecimiento del triticale y el trigo para la distribución y la partición de la biomasa.

Palabras claves: triticale, biomasa, hábitos de crecimiento.