

PATRONES DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE GENOTIPOS DE TRITICALE BAJO CONDICIONES DE HUMEDAD ÓPTIMA Y RESTRINGIDA

Tania Sherenie Alatraste Jiménez

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestría en Ciencias en Zootecnia



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

Saltillo, Coahuila
Junio del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**“PATRONES DE PRODUCCIÓN DE GENOTIPOS DE TRITICALE BAJO
CONDICIONES DE HUMEDAD ÓPTIMA Y RESTRINGIDA”**

T E S I S

TANIA SHERENIE ALATRISTE JIMÉNEZ

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:



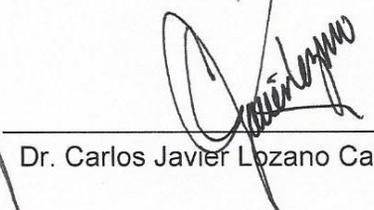
Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla

Asesor:

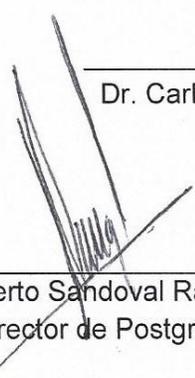


Dr. Alejandro Javier Lozano del Río

Asesor:



Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila, México, Junio, 2015

DEDICATORIA

A mis Padres:

Porque ustedes son mi motor y mi ejemplo, todo lo que soy y lo que tengo es gracias a ustedes, cada día de mí vida me han llenado de felicidad, siempre apoyándome y brindándome su infinito e inagotable amor. Este logro no solo es mío, también es de ustedes que caminan siempre a mi lado; sin importar las circunstancias jamás me han soltado; Sin embargo, me dan alas para poder emprender mi propio vuelo.

Como una muestra de cariño y agradecimiento.

Es un privilegio ser su hija.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de terminar mi carrera y poder alcanzar una más de mis metas, por llenarme de gozo, salud y felicidad, por darme una hermosa familia que me ama y han apoyando en todo, por eso y mucho más, gracias.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme el espacio para aprender, desarrollar mis capacidades para así, alcanzar una meta más en mi vida.

A mi comité de asesoría por su disposición, tiempo, ánimo y ayuda brindada durante la realización de este trabajo. Especialmente al Dr. Javier Lozano del Río por toda su entrega, apoyo, tiempo y dedicación a este proyecto, por compartirme un poco de todo ese amplio conocimiento, por los consejos y las risas así como las atenciones prestadas. Porque es un gran ejemplo de profesionista y ser humano.

A mi padre Dante Alatríste, por su valioso esfuerzo y dedicación con el único fin de darme la mejor educación, por todo su amor incansable, cariño, consejos y apoyo. Por ser un ejemplo de lucha y valentía en mi vida, por ser todo un guerrero ante las dificultades de la vida, no dejarse vencer y nunca rendirse pase lo que pase; porque este logro es suyo también.

A mi madre Teresa Jiménez, por su infinito amor y dedicación incansable, por cada uno de sus sabios consejos, además de todo ser mi mejor amiga, mi confidente y mi cómplice y porque jamás ha dejado de creer en mí. Jamás podré agradecerle por todo lo que me ha dado.

A mis hermanas Nallely y Daniela, porque aún en la distancia jamás estuvimos lejos, siempre he podido sentir su apoyo, confianza y cariño. Desde siempre, han sido todo un ejemplo para mí. Gracias también por darme la dicha de ser tía.

A todos mis amigos que siempre se preocupaban por mí sin importar la distancia que nos separara. Especialmente a Josué Carrera por todo su apoyo y amor incondicional que a pesar de todo siempre estuvo a mi lado y llenó de luz y alegría mis días, porque cuando no tuve fuerzas para seguir, él me ayudo a sostenerme, porque nunca ha dejado de creer en mí, de preocuparse y hacerme feliz. A mi mejor amigo Mauro Donjuán por sus consejos, confianza, apoyo, comprensión, escucharme, estar conmigo en las buenas y en las malas; así como a mis compañeros de la generación 2013-2015 por su confianza y amistad.

COMPENDIO

PATRONES DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE GENOTIPOS DE TRITICALE BAJO CONDICIONES DE HUMEDAD ÓPTIMA Y RESTRINGIDA

POR

TANIA SHERENIE ALATRISTE JIMÉNEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ZOOTECNIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO 2015

DR. JOSÉ ÁNGEL VILLARREAL QUINTANILLA – ASESOR –

Palabras clave: Triticale forrajero, niveles de irrigación, patrones de producción, producción de biomasa.

La escasez de agua (de riego y lluvia) en el norte de México se ha convertido en el principal factor limitante para la producción de forraje en la industria láctea, ya que los agricultores están obligados a producir más forraje con menos agua para mantener la demanda de la producción y la viabilidad financiera. La adecuada selección de especies, cultivares o hábitos de crecimiento de forrajes anuales mejor adaptadas a las condiciones ambientales imperantes debería llevar a una mayor eficiencia de los recursos hídricos. Este

estudio se realizó para analizar el patrón de acumulación de biomasa y eficiencia en el uso del agua en grupos de variedades de triticale, avena y trigo, con y sin cortes, bajo regímenes de irrigación óptimo (100%) y sub-óptimo (83%), en dos localidades del norte de México (Matamoros y F.I. Madero, Coahuila), durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014. Los genotipos se agruparon por su hábito de crecimiento. Se realizaron cuatro muestreos destructivos a través del ciclo en Matamoros y se realizaron tres cortes sucesivos en F.I. Madero. En cada evento, se registró el peso seco del cultivo (CDW), la tasa de acumulación de materia seca, y la eficiencia en el uso del agua (EUA). El ANOVA para CDW no demostró diferencias entre los regímenes de riego en ambas localidades; sin embargo, los efectos de grupo fueron significativos en los cuatro experimentos ($P < 0,01$). El ANOVA para la localidad de Las Vegas mostró diferencias significativas entre los regímenes de riego solamente para EUA ($P < 0,05$). El régimen de riego sub-óptimo no tuvo efectos negativos significativos sobre los rendimientos de peso seco de los grupos.

ABSTRACT

PATTERNS OF GENOTYPES OF FORAGE TRITICALE PRODUCTION UNDER MOIST CONDITIONS OPTIMAL AND RESTRICTED

BY

TANIA SHERENIE ALATRISTE JIMÉNEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ZOOTECNIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO 2015

DR. JOSÉ ÁNGEL VILLARREAL QUINTANILLA – ADVISOR –

Palabras clave: Forage Triticale, irrigation levels, production patterns, biomass production.

Scarcity of water (from irrigation and rainfall) in northern Mexico has become the major limiting factor for forage production by the dairy industry, with farmers being required to produce more forage with less water to maintain the demand of production and the financial viability. Selecting species, cultivars or growth habits of annual forages best suited to the prevailing seasonal environmental conditions should lead to greater efficiency of water resource. This study was undertaken to analyse the pattern of biomass accumulation and water use efficiency of cultivars of triticale, oat and wheat, with and without cuttings, under both optimal (100%) and sub-optimal (83%) irrigation regimes, at

two locations of northern Mexico during the fall-winter cycle 2013-2014. Genotypes were grouped by their growth habit. Plants were sampled four times in Matamoros location and cutting three times in F.I. Madero location; crop dry weight (CDW), dry matter accumulation rate (R), and water use efficiency (WUE) were recorded in each event. The ANOVA for CDW do not demonstrated differences among irrigation regimes in both locations; however, group effects were significant for all four experiments ($P < 0.01$). The ANOVA for Las Vegas location showed differences among irrigation regimes only for WUE ($P < 0.05$). The sub-optimal irrigation regime has no significant negative effects on CDW yields, mainly in spring and facultative triticales and spring oat.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Objetivos	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	5
3. Hipótesis.....	5
4. Revisión de literatura.....	6
Generalidades.....	6
El triticale como opción forrajera.....	7
Tipos de triticale.....	9
Momento óptimo del corte.....	10
Uso eficiente del agua.....	11
Efecto del déficit de humedad sobre los cultivos.....	12
Efecto del déficit de humedad a nivel planta y nivel cultivo.....	13
Efectos visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad.....	13
Efectos no visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad...	14
Acumulación de biomasa.....	15
5. Materiales y métodos.....	17
Localización de los sitios experimentales.....	17
Rancho El Campanario.....	17
Clima.....	17
Características del suelo.....	18
Rancho Las Vegas.....	18
Clima.....	18
Características del suelo.....	18
Desarrollo del experimento.....	19
Material genético utilizado.....	19
Preparación del terreno.....	21
Fechas de siembra.....	21
Fertilización.....	21

Riegos.....	21
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	22
Muestreos.....	22
Cortes.....	23
Tamaño de parcela experimental.....	23
Obtención de muestras de suelo.....	23
Tasa de acumulación de materia seca.....	24
Eficiencia en el uso del agua.....	24
Variables registradas.....	25
Análisis estadísticos.....	25
Modelo estadístico por muestreo para las variables en estudio.....	26
Pruebas de comparación de medias.....	27
6. Resultados.....	28
Evaluación a través de muestreos sucesivos: El Campanario.....	28
Muestreos.....	28
Tasa de asimilación y eficiencia en el uso del agua.....	33
Resultados de la evaluación a través de cortes: Las Vegas.....	39
Cortes.....	39
Tasa de acumulación de materia seca y eficiencia en el uso del agua....	48
Cortes.....	48
Forraje acumulado.....	52
7. Discusión.....	55
El Campanario.....	55
Las Vegas.....	70
8. Conclusiones.....	76
9. Literatura citada.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

1. Lista de genotipos utilizados en Rancho El Campanario y Las Vegas....	20
2. Resultados de los análisis de varianza por muestreo.....	30
3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes de las variedades evaluadas en los cuatro muestreos.....	31
4. Resultados de la prueba de comparación de medias entre los grupos de las variedades evaluadas en los cuatro muestreos.....	32
5. Resultados de los análisis de varianza de la tasa de acumulación de materia seca y la eficiencia en el uso del agua. El Campanario.....	36
6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes para TFSS, TFST, EUAFSS y EUAFST. El Campanario.....	37
7. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para TFSS, TFST, EUAFSS y EUAFST. El Campanario.....	38
8. Resultados de los análisis de varianza a través de cortes. Las Vegas....	41
9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes en los tres cortes. Las Vegas.....	42
10. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos en los tres cortes. Las Vegas.....	43
11. Resultados de los análisis de varianza para TFSS, TFST, EUAFSS y EUAFST. Las Vegas.....	49
12. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes para TFSS, TFST, EUAFSS y EUAFST. Las Vegas.....	50
13. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para TFSS, TFST, EUAFSS y EUAFST. Las Vegas.....	51
14. Resultados de los análisis de varianza acumulado global. Las Vegas	53
15. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes para EUAFSS, EUAFST, FSFACUM y FSTACUM. Las Vegas.....	53
16. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para EUAFSS, EUAFST, FSFACUM y FSTACUM. Las Vegas.....	54

17. Tasa de acumulación diaria de materia seca foliar y total por hábito de crecimiento en cada uno de los regímenes de riego estudiados..... 67

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen normal.....	45
2. Producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen restringido.....	45
3. Producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen normal.....	47
4. Producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen restringido.....	47
5. Contenido de humedad del suelo (%) por régimen de riego en cada uno de los muestreos de biomasa. El Campanario 2013-2014.....	56
6. Altura promedio de los grupos en los dos regímenes. El Campanario...	57
7. Etapa promedio de los grupos en los dos regímenes. El Campanario...	59
8. Producción de forraje verde promedio de los grupos en los dos regímenes. El Campanario.....	60
9. Producción de forraje seco foliar promedio de los grupos en los dos regímenes.....	60
10. Producción de forraje seco total promedio de los grupos en los dos regímenes.....	61
11. Forraje seco foliar acumulado por grupo en cada muestreo en el régimen uno.....	62
12. Forraje seco foliar acumulado por grupo en cada muestreo en el régimen dos.....	63
13. Forraje seco total acumulado por grupo en cada muestreo en el régimen uno.....	64
14. Forraje seco total acumulado por grupo en cada muestreo en el régimen dos.....	65
15. Forraje seco final observado entre regímenes de riego y grupos en El Campanario.....	66
16. Tasa de acumulación de material seca entre regímenes de riego y grupos en El Campanario.....	68

17. Eficiencia del uso del agua para forraje seco foliar.....	69
18. Eficiencia en el uso del agua entre regímenes de riego y grupos....	70
19. Forraje seco total acumulado observado entre regímenes de riego y grupos en Las Vegas.....	71
20. Tasa global de acumulación de material seca entre regímenes de riego y grupos en Las Vegas.....	72
21. Eficiencia en el uso del agua (EUA) a través de los cortes entre regímenes de riego y grupos en Las Vegas.....	72
22. Patrones estimados de cambio en el peso seco del cultivo de riego óptimo.....	74
23. Patrones estimados de cambio en el peso seco del cultivo de riego sub-óptimo.	75

1. INTRODUCCIÓN

Para el 2020 y 2050 en México, se señala una disminución en la precipitación del 10% al 20% y aumentos en la temperatura de 1°C y 4°C, la evapotranspiración habrá aumentado 34%, disminución en los escurrimientos del 10% y la infiltración reducida a un 58%. Estas alteraciones en el clima y la regulación hídrica conllevarían a un decremento de la aptitud para la producción agrícola (Monterroso *et al.*, 2009). En la región Noroeste de México, los escenarios de cambio climático pronostican un aumento en la temperatura en los meses de invierno de los próximos 20 años, sin cambios notables en los meses de verano. Es necesario generar estrategias a corto y a largo plazo para conservar el recurso hidráulico y además propiciar la recarga acuífera, tales como la conservación de bosques y humedales, regulación de las tecnologías para controlar el uso del agua, mejoramiento de la operación de las instituciones que gestionan el agua y la utilización de cultivos que maximicen su producción con bajos niveles hídricos (Magaña *et al.*, 2004).

Alrededor de 113.7 millones de hectáreas son ocupadas por la ganadería en México, lo que equivalente al 58% de la superficie del país, donde se siembran más de 556 mil hectáreas con forrajes de riego, siendo la alfalfa en 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, tal es el caso de 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, ya que la alimentación del ganado se basa en el uso de forrajes de corte: verdeado, henificado o ensilado; comúnmente se realiza un ciclo de invierno con cereales y dos ciclos de maíz, además de la alfalfa, la cual es un cultivo perenne que disminuye su productividad durante los meses invernales. 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 que con mejoras tecnológicas relativas a estrategias de riego para lograr un mejor aprovechamiento del recurso escaso: el agua (Reta *et al.*, 2010).

A nivel mundial, nacional y regional, específicamente en la Región Lagunera, sitio de este estudio, el agua es un recurso escaso que limita la actividad económica. Desde hace muchos años la extracción de agua subterránea ha sido mayor a la recarga, lo cual ha generado una

sobreexplotación de los acuíferos. Éste problema de escasez se ha agudizado en años recientes debido a la baja eficiencia en el uso del recurso, pues el volumen de agua aplicado por cultivo excede a los requerimientos (Guzmán-Soria *et al.*, 2006; García-Salazar *et al.*, 2006). La competencia por el agua se debe a la existencia de varios sectores consumidores, principalmente la agricultura, que ocupa el 83% del agua extraída a actividades agrícolas y pecuarias, fundamentalmente para la producción de alfalfa y otros forrajes de riego, ya sea por bombeo y/o gravedad, seguido por el uso doméstico e industrial (Montemayor *et al.*, 2010; Holguín *et al.*, 2003).

El diagnóstico del uso del agua en la agricultura de riego en la región es alarmante, ya que se desperdicia más de la mitad del líquido en el riego por deficiencias en la conducción, por lo que la eficiencia de operación es muy baja. Un aspecto importante documentado en la Comarca Lagunera es el hecho de que los volúmenes de agua aplicados a los cultivos exceden a sus requerimientos. Entre los cultivos de más baja eficiencia de uso del agua destaca la alfalfa, ya que el volumen anual de agua aplicado al cultivo es de 2919 mm, cuando sólo se necesitan 1850 mm para completar un ciclo anual de producción. Esta situación también se presenta en nogal, en el cual el uso de agua excede a los requerimientos en 33% (Levine *et al.*, 1998; Fortis-Hernández *et al.*, 2002).

Para cubrir las demandas de agua agrícola y mantener la producción regional, se ha recurrido a la extracción de aguas subterráneas; esta práctica atenta contra la conservación del recurso, pues de acuerdo con un estudio

hecho para la Comisión Nacional del Agua por el Instituto Técnico de Estudios y Servicios, S.A., el acuífero principal de la Comarca Lagunera reporta un déficit de 414.95 millones de metros cúbicos (ITEPSA, 1999).

Existe mayor interés en la producción de forraje durante el invierno, pues hay menor evaporación, pero con el riesgo de heladas (Núñez *et al.*, 1997). Se requiere así de alternativas de producción que incluyan nuevas especies forrajeras principalmente de producción invernal, así como el conocimiento de sus tecnologías de producción, que lleven a una mayor disponibilidad de forraje de alta calidad, entre los cuales está el triticale, debido a su tolerancia a bajas temperaturas, suelos pobres, suelos ácidos, alcalinos y salinos, además de su resistencia a plagas y enfermedades, alto potencial de producción de biomasa y valor nutritivo superior al de los cultivos tradicionales, y particularmente a su mayor eficiencia en el uso del agua en la producción de biomasa (Ye *et al.*, 2001).

2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar el efecto de la disminución de la lámina total de riego sobre la producción de biomasa de triticales de diferente hábito de crecimiento, además de avena y trigo.
- Identificar el o los hábitos de crecimiento de triticale con mayor tolerancia al déficit de humedad en comparación con su comportamiento en condiciones de riego normal.

Objetivos Específicos

a) Conocer el efecto del régimen de humedad en los diferentes hábitos de crecimiento de triticale a través de muestreos sucesivos a través del ciclo además de su evaluación bajo cortes sucesivos bajo las condiciones arriba mencionadas.

b) Documentar el comportamiento de los tipos de triticales en comparación de los testigos avena y trigo.

c) Estimar la tasa de acumulación de materia seca de cada tipo de triticale.

d) Estimar la eficiencia en el uso del agua (EUA) de los diferentes hábitos de crecimiento y sus testigos avena y trigo.

3. HIPÓTESIS

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

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

c) No existe diferencia en la tasa de acumulación de materia seca entre los tipos evaluados.

d) No existen diferencias en la eficiencia en el uso del agua entre los tipos evaluados.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades

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

Para que las granjas lecheras sigan siendo viables, es necesario crear estrategias para mejorar la eficiencia del uso del agua del riego y de lluvia (Neal *et al.*, 2010). El aumento en el costo y la escasez del agua de riego está poniendo presión en las explotaciones ganaderas para que utilicen el agua con más eficacia; es por esta razón que el uso eficiente del agua en los forrajes está comenzando a ser un criterio para la selección de la especie o variedad a cultivar y que de esta manera brinde sustentabilidad en la producción. La elección correcta de los forrajes debe ser considerada en toda explotación lechera ó pecuaria, e incluir el rendimiento, valor nutritivo, costo y riesgos de producción (Neal *et al.*, 2010).

Debido a las condiciones climáticas tan diversas en el Norte de México, que varían desde bajas temperaturas en el invierno hasta heladas ocasionales en la primavera, así como el déficit en la disponibilidad de agua para la agricultura, han llevado a los productores a elegir variedades de rápido crecimiento, que toman la mejor ventaja de la baja tasa de transpiración durante el invierno donde la radiación y evaporación son bajas (Santiveri *et al.*, 2004). Los forrajes invernales tienen la ventaja de crecer durante el periodo de baja demanda de evaporación, lo que permite un ajuste gradual al déficit de agua y así mantener el uso eficiente de la misma. Algunos autores sugieren que el déficit de irrigación puede ser una estrategia útil en forrajes anuales de estación fría para maximizar el uso eficiente del agua cuando este recurso es limitado, pero el resultado dependerá de las especies forrajeras, patrones de lluvia y la humedad del suelo (Neal *et al.*, 2010).

El triticale como opción forrajera

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

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

Es un cultivo relativamente nuevo en México, del cual se estima que se cultivan alrededor de 8,000 hectáreas, en su mayoría para producción de grano, principalmente en los estados de Michoacán, Nuevo León, Puebla, Jalisco, México, Tlaxcala y Sonora, y más recientemente, y para uso forrajero, en los estados de Chihuahua, Coahuila y la Región Lagunera, donde se reportan superficies mayores a las 5000 has sólo en esta última región, ya que ha demostrado ser una especie que compite efectivamente con la avena, ballico, trigo, centeno y cebada en la producción de forraje durante la época invernal (Ye *et al.*, 2001).

Tipos de triticale

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

Existen varios hábitos de crecimiento en este cultivo, generalmente agrupados en primaverales, invernales y facultativos (Lozano del Río, 2002), Anónimo, 1989). Los triticales de hábito primaveral se caracterizan por su rápido crecimiento y diferenciación, sin requerimientos de vernalización, con crecimiento inicial erecto que favorece la cosecha mecánica, con amacollamiento reducido y baja capacidad de recuperación después del corte siendo adecuados para un solo corte. Los tipos invernales son convenientes para cortes o pastoreos múltiples. Los tipos facultativos son de rápido crecimiento y diferenciación, presentan crecimiento inicial semipostrado, amacollamiento intermedio y buena capacidad de recuperación después del corte o pastoreo, por lo que son adecuados para dos cortes o pastoreos. Un cuarto tipo, intermedios- invernales, mencionado por Ye *et al.*, (2001), presentan crecimiento y diferenciación medios, semipostrados, con buen ahijamiento y alta capacidad de rebrote que permite dar cortes múltiples, sin ser tan tardíos como los tipos invernales (Lozano *et al.*, 2009; Royo *et al.*, 1995; Ye

et al., 2001). Estos últimos son excelentes en la producción de forraje para cortes o pastoreos múltiples debido a su capacidad de rebrote, alta calidad nutritiva, adecuado rendimiento de forraje seco y una mayor relación hoja-tallo, en comparación con los triticales facultativos, avena y trigo.

Momento óptimo del corte

El manejo de triticales para los diferentes tipos de explotación (un solo corte y cortes o pastoreos múltiples) requiere del conocimiento del hábito de crecimiento de la variedad y de la etapa fenológica en la época del corte, además de la longitud del período de crecimiento después del corte y su capacidad de rebrote, ya que existe diversidad genética para estas características (Sharrow, 1990; García del Moral, 1992).

Aplicar tres cortes a los cereales de invierno es poco común en la Región Lagunera, dado que se requiere preparar el terreno para la siembra de maíz para ensilaje, de tal forma que si solamente se aplican dos cortes, los tipos intermedios invernales son una excelente opción y si se requiere dar un único corte los tipos facultativos y los primaverales representan una alternativa para substituir a la avena, sobre todo en regiones donde existe alta frecuencia de heladas o enfermedades foliares (Zamora-Villa *et al.*, 2002).

Los clasificados como primaverales dan un primer corte de alto rendimiento, lo que confirma la existencia de materiales de triticales que son una buena opción para disponer de una adecuada cantidad de forraje al inicio del invierno, problema que se tiene actualmente con el uso comercial de ballico y

avena. Los genotipos de hábito invernal dan un primer corte de baja producción, pero en el segundo y tercer corte son el grupo de mayor rendimiento, ya que presentan la mayor capacidad de rebrote en comparación con las variedades tradicionales de cebada y avena, ya que éstas, por su rápido crecimiento inicial elevan sus puntos de crecimiento basales sobre la superficie del suelo, de manera que una mayor proporción de hijuelos pierden éstos por el efecto de los cortes o el pastoreo (Ye *et al.*, 2001).

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 sobre los cultivos

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

Es necesario mejorar la eficiencia en el uso del agua en la producción de cultivos, tanto bajo condiciones de riego como de temporal (Hamdy *et al.*, 2003). Se requerirán distintas estrategias para mejorar la productividad en el uso del agua bajo las mencionadas condiciones; entre ellas, está el desarrollo de nuevas variedades que sean más eficientes en el uso de este insumo, así como otras estrategias, que incluyan un mejor manejo del recurso hídrico y también cambios en el manejo de los cultivos, tomando en cuenta que ninguna de ellas debe de implementarse en forma aislada (Wang *et al.*, 2002).

Efecto del déficit de humedad a nivel planta y nivel cultivo

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

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).

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).

5. MATERIALES Y METODOS

Localización de los Sitios Experimentales

La presente investigación se realizó en dos localidades del Estado de Coahuila: 1.- Rancho El Campanario, ubicado en el municipio de Matamoros, y 2.- Rancho Las Vegas, ubicado en el municipio de Francisco I. Madero. Ambos sitios forman parte de la Comarca Lagunera. En cada una de las localidades mencionadas se sembraron dos juegos del experimento, con el objetivo de someter uno de los experimentos bajo condiciones de riego normal (60 cm de lámina total) y el segundo juego bajo condiciones de riego restringido (48 cm de lámina total).

Rancho El Campanario

Esta localidad está ubicada en el Municipio de Matamoros, que se localiza al suroeste del Estado de Coahuila, entre las coordenadas 103° 13' 41"O y 25° 31' 40" N, a una altura de 1100 m.

Clima

El tipo de clima es BWhW (e') que es de los subtipos desértico-semicálidos, la temperatura media anual oscila entre los 22-24°C; la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 200 a 300 mm, con regímenes de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, noviembre, diciembre y enero.

Características del suelo

Este es de tipo xerosol, suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, es calcárico. Los terrenos son planos, ligeramente ondulados, con pendientes menores al 8%, de textura media.

Rancho Las Vegas

Esta localidad se ubica en el municipio de Francisco I. Madero, que se localiza al suroeste del estado de Coahuila entre las coordenadas 103 ° 16' 23" O y 25° 46' 31" N con una altura de 1100 m.

Clima

El tipo de clima es BWhW (e') que es de los subtipos desértico semicálido, la temperatura media anual es de 18 °C; la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 200 a 300 mm, con regímenes de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, noviembre, diciembre y enero.

Características del suelo

Este es de tipo xerosol, suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, es calcárico. Los terrenos son planos, ligeramente ondulados, con pendientes menores al 8%, de textura media.

Desarrollo del Experimento

Material genético utilizado

En el Cuadro 1 se presenta la lista de los 53 genotipos utilizados en los experimentos, de los cuales 14 fueron líneas experimentales de triticale con hábito de crecimiento primaveral, 24 del tipo facultativo, 7 del tipo intermedio-invernal y 6 de hábito invernal, que fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, además de la variedad de avena “Cuauhtemoc”, de hábito primaveral y la variedad de trigo “Coahuila”, de hábito facultativo, utilizados como testigos.

Cuadro 1. Lista de genotipos utilizados en Rancho El Campanario y Las Vegas.

Tratamiento	Variiedad	Grupo	Origen
1	AN-7-2010	Primaverales	Elite
2	AN-11-2010	Primaverales	Elite
3	AN-48-2010	Primaverales	Elite
4	AN-67-2010	Primaverales	Elite
5	AN-70-2010	Primaverales	Elite
6	AN-103-2010	Primaverales	Elite
7	AN-123	Primaverales	TCL1
8	AN-125	Primaverales	TCL1
9	AN-137	Primaverales	TCL1
10	Eronga 83	Primaverales	TCL1
11	AN-8-2010	Primaverales	TCL1
12	AN-49-2010	Primaverales	TCL1
13	AN-61-2010	Primaverales	TCL1
14	AN-107-2010	Primaverales	TCL1
15	AN-2-2010	Facultativos	TCL1
16	AN-3-2010	Facultativos	TCL1
17	AN-12-2010	Facultativos	TCL1
18	AN-13-2010	Facultativos	TCL1
19	AN-24-210	Facultativos	TCL1
20	AN-28-2010	Facultativos	TCL1
21	AN-31-2010	Facultativos	TCL1
22	AN-33-2010	Facultativos	TCL1
23	AN-34-2010	Facultativos	TCL1
24	AN-39-2010	Facultativos	TCL1
25	AN-42-2010	Facultativos	TCL1
26	AN-50-2010	Facultativos	TCL1
27	AN-55-2010	Facultativos	TCL1
28	AN-60-2010	Facultativos	TCL1
29	AN-65-2010	Facultativos	TCL1
30	AN-80-2010	Facultativos	TCL1
31	AN-82-2010	Facultativos	TCL1
32	AN-83-2010	Facultativos	TCL1
33	AN-90-2010	Facultativos	TCL1
34	AN-101-2010	Facultativos	TCL1
35	AN-102-2010	Facultativos	TCL1
36	AN-123-2010	Facultativos	TCL1
37	AN-38	Facultativos	TCL1
38	AN-105	Facultativos	TCL1
39	TCLF-65-05	Intermedios-Invernales	Elite
40	TCLF-66-05	Intermedios-Invernales	Elite
41	TCLF-184-05	Intermedios-Invernales	Elite
42	TCLF-185-05	Intermedios-Invernales	Elite
43	TCLF-203-05	Intermedios-Invernales	Elite
44	TCLF-204-05	Intermedios-Invernales	Elite
45	TCLF-70-05	Intermedios-Invernales	Elite
46	TCLF-24-05	Invernales	Elite
47	AN-31P	Invernales	Elite
48	AN-34	Invernales	Elite
49	AN-31	Invernales	Elite
50	AN-45-2010	Invernales	Elite
51	ABT	Invernales	Elite
52	AVENA	Avena	Elite
53	Trigo Coahuila	Trigo	TCL1

Preparación del terreno

En ambas localidades se realizaron las labores que tradicionalmente se utilizan para la siembra de cereales en la región, esto es, barbecho, rastreo y doble nivelación.

Fechas de siembra

En el rancho El Campanario, la siembra se realizó en seco el 09 de octubre de 2013 mientras que la siembra en el rancho Las Vegas se realizó el 10 de octubre del 2013, ambas durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014. En ambas localidades la siembra se realizó manualmente, a chorrillo, depositando la semilla en el fondo del surco y tapando posteriormente con el pie.

Fertilización

En El Campanario fueron aplicados 300 kg de sulfato de amonio (SA) a la siembra; se aplicaron además 100 kg de SA ultrasoluble después del segundo y tercer muestreo. En Las Vegas sólo se aplicaron 150 kg de SA más 50 kg de fosfato monoamónico (MAP) al primer riego de auxilio.

Riegos

En ambas localidades se aplicó el riego inmediatamente después de la siembra, posteriormente, en el caso del experimento con riego normal, se aplicaron dos riegos de auxilio, antes del primer muestreo y el primer corte, en El Campanario y Las Vegas, respectivamente. En el Rancho El Campanario se

aplicaron dos riegos después del segundo y tercer muestreo de forraje, y en Las Vegas un riego después del primero y segundo corte, dando un total de 5 riegos aplicados al régimen normal en ambas localidades. En el caso del régimen de riego restringido en ambas localidades, se aplicó sólo un riego de auxilio después del riego de siembra, dando en ambas localidades un total de 4 riegos al experimento con riego restringido. En ambas localidades el riego se aplicó por gravedad, con una lámina de 12 cm por riego.

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

En la localidad de El Campanario, el primer muestreo se realizó el día 23 de diciembre de 2013 a los 67 días después de la siembra (dds); el segundo muestreo se realizó el 18 de enero de 2014 a los 93 dds, el tercero muestreo se llevó a cabo el día 21 de febrero 2014 a los 127 dds y finalmente el cuarto muestreo fue realizado el 8 de marzo de 2014 a los 142 dds. En esta localidad, el experimento tuvo una duración total de 142 días. 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

Cortes

En la localidad Las Vegas, el primer corte se realizó el día 29 de diciembre de 2013, a los 81 dds; el segundo corte se realizó el día 10 de febrero de 2014, 43 días después del primero; el tercero y último corte se llevó a cabo el día 15 de marzo de 2014, 33 días después del segundo. En esta localidad, el experimento tuvo una duración total de 157 días. Los cortes 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. Posterior a cada corte, ambos experimentos (riego normal y restringido) fueron cortados en su totalidad con una cortadora de forraje comercial y el forraje eliminado del lote para permitir el rebrote de los materiales.

Tamaño de parcela experimental

El tamaño total de cada unidad experimental en ambas localidades fue de 5 surcos, cada uno con longitud de 5 m con una separación entre surcos de 0.30 m, dando una superficie total de 7.5 m².

Obtención de muestras de suelo

Previo a cada corte o muestreo, en cada régimen de riego de cada localidad, se tomaron cinco muestras de suelo de 40 cm de profundidad con una barrena, en zigzag. Se pesaron en campo las muestras de suelo húmedo, posteriormente se secaron en estufa de aire forzado a 100°C durante 24 horas,

después se volvió a pesar la muestra del suelo ya seco y en base a la siguiente fórmula se obtuvo el contenido de humedad del suelo:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Suelo humedo} - \text{Suelo seco}}{\text{Suelo seco}} \times 100$$

Tasa de acumulación de materia seca

En El Campanario, en ambos regímenes de humedad, se estimó la tasa de acumulación de materia seca por día (promedio de cada hábito de crecimiento o tipo) en cada período (0-67, 68-93, 94-127 y 128-142), dividiendo el rendimiento de materia seca foliar y total medido al final de cada período, entre el número de días del mismo, y se calculó en kg de MS (foliar o total) por hectárea por día.

Eficiencia en el Uso del Agua (EUA)

En El Campanario, este parámetro fue estimado tomando en cuenta el rendimiento final de forraje seco (foliar o total) dividido entre los m³ totales de agua aplicados en cada régimen de riego más la precipitación registrada.

Variables registradas

- Altura de planta (ALT): se midió en cm, en cada unidad experimental por cada muestreo o corte.
- Etapa fenológica (ETAPA): se registró en cada unidad en cada muestreo o corte, utilizando la escala de Zadoks *et al.*, (1974).
- Producción de forraje verde (FV): se determinó en cada unidad experimental y en cada muestreo o corte en la parcela útil, en g/parcela, el valor obtenido se transformó posteriormente a $t\ ha^{-1}$.
- Producción de forraje seco foliar (FSF): se determinó en cada unidad experimental y en cada muestreo o corte en la parcela útil, separando las hojas de cada muestra, secándolas y pesándolas en g/parcela, el valor obtenido se transformó posteriormente a $t\ ha^{-1}$.
- Producción de forraje seco total (FST) se determinó al sumar los pesos de hojas, tallos y en su caso, espigas de cada muestreo o corte de forraje; posteriormente se transformó a forraje seco total $t\ ha^{-1}$.

Análisis estadísticos

En El Campanario, los análisis estadísticos efectuados fueron: análisis de varianza por muestreo. En Las Vegas, se realizaron análisis estadísticos por corte y acumulado a través de cortes.

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

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

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.

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

E_{ijk} = Error experimental.

Adicionalmente, en la localidad de El Campanario se realizó la comparación de los patrones de acumulación de biomasa observados en cada uno de los diferentes grupos ajustando los datos a la curva logística propuesta por Darroch and Baker (1990), utilizando el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS/STAT (SAS Institute Inc., 1987). La curva logística fue calculada por:

$$Y = W / (1 + e^{B-Cx}),$$

donde Y es la biomasa final estimada, x es el tiempo desde emergencia calculado en grados-día acumulados (GDA), W es el máximo peso seco del cultivo y B y C son coeficientes empíricos derivados del ajuste. El peso final del

cultivo (W) fue expresado como kg ha^{-1} . Los grados-día acumulados (GDA) fueron calculados como: $\text{GDA} = \sum [(T_{\text{max}} + T_{\text{min}})/2] - T_b$, donde T_{max} y T_{min} son las temperaturas diarias máximas y mínimas, respectivamente, y T_b es la temperatura base. Se utilizó una temperatura base 0°C (Gallagher, 1979). Los límites superior e inferior de las temperaturas máximas y mínimas fueron 37°C y T_b , respectivamente.

Pruebas de comparación de medias

Se realizaron pruebas de comparación de medias para cada una de las variables estudiadas, 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 cada una de 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 los paquetes estadísticos SAS 8.1.

6. RESULTADOS

Evaluación a través de Muestreos Sucesivos: El Campanario

Muestreos

Los resultados de los análisis de varianza correspondientes al primer muestreo en El Campanario (Cuadro 2) indicaron que la fuente de variación Régimen presentó diferencias significativas en las variables ETAPA y FSF, (Cuadro 3). Sin embargo para las variables Altura, Forraje Verde (FV), y Forraje Seco Total (FST), no se encontró diferencia estadísticamente significativa. Para la fuente Grupo (Cuadro 4) se encontró diferencia altamente significativa para todas las variables estudiadas exceptuando el FST donde solo hubo diferencia significativa. En la interacción Régimen*Grupo se encontró diferencia altamente significativa para Etapa, FSF y FST; por el contrario no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre Altura y FV.

Con respecto al segundo muestreo en El Campanario (Cuadro 2), los análisis de varianza mostraron que para la fuente de variación Régimen (Cuadro 3), no se encontró diferencia significativa entre las variables. Con respecto a los grupos (Cuadro 4), se encontró diferencia altamente significativa en todas las variables excepto FSF, donde no se registró diferencia significativa. En la interacción Régimen* Grupo se encontró diferencia altamente significativa

en FST; diferencia significativa en la variable FSF; finalmente, no se encontró diferencia estadística en ALT, ETAPA y FV. Para el tercer muestreo en El Campanario (Cuadro 2), los resultados del análisis de varianza mostraron que para la fuente de variación Régimen (Cuadro 3), no existió diferencia significativa en ETAP, FSF y FST; por el contrario, para ALT y FV se encontró diferencia altamente significativa. La fuente Grupo (Cuadro 4), mostró diferencias altamente significativas en todas las variables registradas. En la interacción Régimen*Grupo, se encontró diferencia altamente significativa en las variables ALT y FV; diferencia significativa en ETAPA.

Los resultados del análisis de varianza correspondientes al cuarto muestreo (Cuadro 2) registraron que la fuente de variación Régimen (Cuadro 3), presentó diferencias altamente significativas en las variables ALT, ETAPA y FV; por el contrario, FSF y FST no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Para la fuente de variación Grupo (Cuadro 4), todas las variables registradas presentaron diferencias altamente significativas. En la interacción Régimen*Grupo de igual manera se encontró diferencia altamente significativa entre todas las variables evaluadas con excepción de FST, donde no se encontró diferencia estadística significativa.

Cuadro 2. Resultados de los análisis de varianza por muestreo.

Muestreo 1						
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios				
		ALT	ETAPA	FV	FSF	FST
Régimen	1	141.272 NS	0.921 *	36.398 NS	2.626 *	3.442 *
Rep(Régimen)	4	70.624	0.123	52.777	0.436	1.192
Grupo	5	3797.28 **	0.239 **	503.59 **	1.054 **	5.814 *
Régimen*Grupo	5	108.75 NS	3.836 **	30.699 NS	1.594 **	1.867 **
Error	302	59.941	0.417	31.231	0.325	0.715
CV (%)		13.2	6.7	17.7	15.8	15.7
Media		58.3	4.1	31.4	3.6	5.3
Muestreo 2						
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios				
		ALT	ETAPA	FV	FSF	FST
Régimen	1	6.396 NS	0.032 NS	12.306 NS	0.559 NS	0.128 NS
Rep(Régimen)	4	163.664	0.211	40.887	0.639	2.099
Grupo	5	10684 **	22.733 **	1022.758 **	0.716 NS	45.515 **
Régimen*Grupo	5	121.43 NS	0.324 NS	34.610 NS	0.944 *	5.052 **
Error	302	133.608	0.242	28.365	0.373	1.543
CV (%)		15.3	10.4	15.8	15	17.4
Media		75.5	4.7	33.6	4.0	7.1
Muestreo 3						
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios				
		ALT	ETAPA	FV	FSF	FST
Régimen	1	10218 **	0.960 NS	2146.845 **	5.327 *	8.604 NS
Rep(Régimen)	4	333.202	0.338	169.318	1.715	7.616
Grupo	5	2502.413 **	14.368 **	1015.833 **	9.479 **	87.223 **
Régimen*Grupo	5	843.001 **	0.701 *	369.718 **	2.550 NS	6.208 NS
Error	302	105.527	0.281	90.106	1.177	3.755
CV (%)		8.6	8.6	18.4	22.3	15.2
Media		119.3	6.1	51.4	4.8	12.6
Muestreo 4						
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios				
		ALT	ETAPA	FV	FSF	FST
Régimen	1	15840 **	4.917 **	11375 **	0.197 *	10.162 *
Rep(Régimen)	4	123.36	0.254	46.641	0.685	5.565
Grupo	5	2015.371 **	12.335 **	458.393 **	4.167 **	204.674 **
Régimen*Grupo	5	739.814 **	0.941 **	376.802 **	2.287 **	11.693 NS
Error	302	67.702	0.183	35.961	0.631	5.523
CV (%)		6.5	6	14.6	19.5	16.6
Media		125.5	7.12	40.9	4.0	14.1

NS, *, **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente.

Cuadro 3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes de las variedades evaluadas en los cuatro muestreos. El Campanario.

Muestreo 1					
Régimen	ALT (cm)	ETAPA (Zadoks)	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	58.29 a	4.20 a	31.08 a	3.86 a	5.07 b
2	58.46 a	4.05 a	31.79 a	3.34 b	5.65 a
DMS	3.08	0.15	3.23	0.26	0.48
Muestreo 2					
Régimen	ALT (cm)	ETAPA (Zadoks)	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	73.64 a	4.70 a	33.34 a	3.93 a	6.89 a
2	77.38 a	4.76 a	34.01 a	4.20 a	7.34 a
DMS	4.83	0.11	2.66	0.35	0.58
Muestreo 3					
Régimen	ALT (cm)	ETAPA (Zadoks)	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	129.81 a	6.23 a	54.68 a	4.52 b	12.24 a
2	108.89 b	6.06 a	48.17 b	5.20 a	13.08 a
DMS	9.43	0.21	6.01	0.54	1.3
Muestreo 4					
Régimen	ALT (cm)	ETAPA (Zadoks)	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	136.46 a	6.95 b	49.84 a	3.87 b	13.66 b
2	114.55 b	7.29 a	32.08 b	4.26 a	14.58 a
DMS	5.08	0.2	2.67	0.28	0.74

Columnas con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey p<0.05)

Cuadro 4. Resultados de la prueba de comparación de medias entre los grupos de las variedades evaluadas en los cuatro muestreos.

Muestreo 1					
Grupo	ALT (cm)	ETAPA (Zadoks)	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	67.09 b	4.40 a	34.39 b	3.40 a	5.62 b
2	56.57 c	4.16 ab	31.35 bc	3.71 a	5.39 b
3	50.97 c	3.74 c	28.70 bc	3.56 a	4.99 b
4	48.83 c	3.72 c	27.25 c	3.62 a	4.91 b
5	91.33 a	4.40 a	41.88 a	3.70 a	6.66 a
6	55.83 c	3.98 b c	25.90 c	3.61 a	5.21 b
DMS	8.14	0.29	5.88	0.6	0.89
Muestreo 2					
Grupo	ALT (cm)	ETAPA (Zadoks)	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	91.66 b	5.63 a	36.84 b	4.02 a	8.32 a
2	75.05 c	4.62 b	31.93 bcd	4.01 a	6.97 b
3	56.90 d	3.96 c	33.65 bc	4.24 a	6.14 b
4	57.77 d	4.03 c	30.59 cd	4.25 a	5.94 b
5	105.00 a	4.58 b	56.75 a	3.98 a	8.39 a
6	67.50 cd	4.36 bc	26.70 d	3.81 a	6.44 b
DMS	12.16	0.51	5.6	0.64	1.3
Muestreo 3					
Grupo	ALT (cm)	ETAPA (Zadoks)	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	124.22 b	6.56 a	51.31 b	4.33 b	13.43 a
2	120.93 b	6.34 a	51.36 b	4.85 ab	13.22 ab
3	114.16 bc	5.22 b	55.31 b	5.45 ab	11.21 bc
4	109.02 c	5.54 b	47.08 b	5.25 ab	10.25 c
5	95.00 d	5.50 b	70.16 a	5.63 a	14.88 a
6	135.83 a	6.25 a	34.81 c	4.99 ab	11.10 c
DMS	10.8	0.55	9.98	1.14	2.03
Muestreo 4					
Grupo	ALT (cm)	ETAPA (Zadoks)	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	125.35 c	7.56 b	41.05 b	3.76 b	15.70 a
2	123.24 c	7.16 b	39.86 b	4.02 ab	14.79 ab
3	134.16 b	6.64 c	44.58 b	4.47 ab	11.63 c
4	124.16 c	6.26 c	40.14 b	4.32 ab	10.59 c
5	150.00 a	8.33 a	54.91 a	4.73 a	15.96 a
6	105.00 d	7.30 b	31.74 c	4.45 ab	12.47 bc
DMS	8.65	0.45	6.3	0.83	2.47

Columnas con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey p<0.05)

Tasa de Asimilación y Eficiencia en el Uso del Agua

Muestreos

Los resultados del análisis de varianza de la tasa de asimilación de materia seca de forraje foliar (TFSF) y forraje seco total (TFST) en El Campanario correspondiente al muestreo 1 (Cuadro 5) muestran que para TFSF existió diferencia significativa mientras que para TFST no se registró diferencia entre los regímenes de humedad (Cuadro 6). Para ambas variables se registraron diferencias altamente significativas entre los seis grupos (Cuadro 7). Finalmente en la interacción régimen * grupo, la TFSF registró diferencia altamente significativa mientras que TFST únicamente registró diferencia significativa. Los resultados del análisis de varianza que corresponden a la eficiencia en el uso del agua (EUA) en El Campanario correspondiente al muestreo (Cuadro 5) mostraron que para los EUAFSF y EUAFST existió diferencia altamente significativa entre los regímenes de humedad, los grupos y la interacción régimen * grupo.

El análisis de varianza de la tasa de asimilación de materia seca de forraje foliar y forraje total (TFSF y TFST) para la localidad de El Campanario en el muestreo 2 (Cuadro 5) indicó que no hubo diferencia entre los regímenes de humedad (Cuadro 6) para estas variables. Entre los grupos solamente se registró diferencia altamente significativa en la TFST (Cuadro 7). Para la interacción entre régimen * grupo, se encontró diferencia significativa en la TFSF y altamente significativa en la TFST.

El análisis de varianza de la tasa de asimilación de materia seca de forraje foliar (TFSF) y forraje seco total (TFST) para la localidad El Campanario del muestreo 3 (Cuadro 5) muestra que no hubo diferencia significativa para ninguna variable entre ambos regímenes de humedad (Cuadro 6). Sin embargo, en ambas variables se registró diferencia altamente significativa entre los grupos (Cuadro 7). Finalmente en la interacción régimen * grupo, no se registró diferencia significativa en ninguna de las dos variables. Los resultados del análisis de varianza que corresponden a la eficiencia en el uso del agua (EUA) en el rancho El Campanario correspondiente al muestreo 3 (Cuadro 5) mostraron que entre ambos regímenes de humedad hubo diferencia estadística altamente significativa para las dos variables (EUAFSF y EUAFST). Entre los grupos (Cuadro 7) y la interacción régimen * grupo, no se registró diferencia para estas dos variables.

El análisis de varianza de la tasa de asimilación de materia seca de forraje foliar y forraje total (TFSF y TFST) para la localidad de El Campanario en el muestreo 4 (Cuadro 5) indicó que no hubo diferencia significativa entre los dos regímenes de humedad para estas variables (Cuadro 6). Sin embargo, se registró diferencia altamente significativa entre los grupos para ambas variables (Cuadro 7). Finalmente, para la interacción régimen * grupo, únicamente se presentó diferencia altamente significativa en la TFSF pues en la TFST no hubo diferencia. Los resultados del análisis de varianza que corresponden a la eficiencia en el uso del agua (EUA) en el rancho El Campanario correspondiente al muestro 4 (Cuadro 5) mostraron que para ambas variables

existió diferencia altamente significativa entre los regímenes de humedad y los grupos (Cuadros 6 y 7) y únicamente para EUAFSF se presentó diferencia altamente significativa en la interacción régimen * grupo.

Cuadro 5. Resultados de los análisis de varianza de la tasa de acumulación de materia seca y la eficiencia en el uso del agua. El Campanario.

Muestreo 1					
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios			
		TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFAST
Régimen	1	595.855 *	778.471 NS	3.262 **	6.657 **
Rep(Régimen)	4	98.002	261.604	0.027	0.071
Grupo	5	236.821 **	1278.777 **	0.087 **	0.434 **
Régimen*Grupo	5	358.190 **	413.014 *	0.123 **	0.1680 **
Error	302	73.261	157.281	0.023	0.05
CV (%)		15.83	15.59	16.07	15.81
Media		54.05	80.4	0.95	1.42
Muestreo 2					
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios			
		TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFAST
Régimen	1	837.755 NS	189.834 NS	2.268 **	5.688 **
Rep(Régimen)	4	947.858	3104.909	0.0306	0.111
Grupo	5	1053.361 NS	67338 **	0.035 NS	2.698 **
Régimen*Grupo	5	1401.685 *	7517.681 **	0.048 NS	0.365 **
Error	302	551.657	2283.853	0.021	0.091
CV (%)		14.99	17.44	14.87	17.4
Media		156.59	273.95	0.99	1.73
Muestreo 3					
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios			
		TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFAST
Régimen	1	4662.759 NS	7434.165 NS	1.977 **	8.511 **
Rep(Régimen)	4	1482.355	6578.157	0.06	0.251
Grupo	5	8146.449 **	75459 **	0.345 **	2.892 **
Régimen*Grupo	5	2201.513 NS	5379.692 NS	0.110 *	0.145 NS
Error	302	1019.664	3247.333	0.04	0.128
CV (%)		22.32	15.29	22.2	15..18
Media		143.01	372.66	0.9	2.35
Muestreo 4					
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios			
		TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFAST
Régimen	1	903.716 NS	45154 NS	0.384 **	4.944 **
Rep(Régimen)	4	3041.083	24716	0.015	0.123
Grupo	4	18500 **	908876 **	0.089 **	4.599 **
Régimen*Grupo	5	10167 **	51934 NS	0.047 **	0.222 NS
Error	302	2805.144	24540	0.015	0.122
CV (%)		19.53	16.63	19.95	16.29
Media		271.13	941.6	0.61	2.14

NS, *, **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente.

Cuadro 6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes para TFSF, TFST, EUAFSF y EUAFST. El Campanario.

Muestreo 1				
Régimen	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	50.925 b	76.075 b	0.744 b	1.129 b
2	57.925 a	84.742 a	1.172 a	1.717 a
DMS	3.95	7.16	0.06	0.1
Muestreo 2				
Régimen	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	151.484 a	265.277 a	0.819 b	1.434 b
2	161.704 a	282.629 a	1.165 a	2.036 a
DMS	13.803	22.481	0.08	0.12
Muestreo 3				
Régimen	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	133.063 b	360.29 a	0.746 b	2.020 b
2	152.969 a	385.04 a	1.069 a	2.692 a
DMS	16.09	38.299	0.1	0.23
Muestreo 4				
Régimen	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	258.189 b	910.92 b	0.746 b	2.020 b
2	284.088 a	972.28 a	1.069 a	2.692 a
DMS	18.804	49.4	0.1	0.23

Columnas con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $p < 0.05$)

7. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para TFSF, TFST, EUAFSF y EUAFST. El Campanario.

Muestreo 1				
Grupo	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	51.131 a	84.131 b	0.906 a	1.493 b
2	55.785 a	80.868 b	0.994 a	1.435 b
3	53.405 a	74.833 b	0.935 a	1.310 b
4	54.417 a	73.583 b	0.960 a	1.300 b
5	55.500 a	99.500 a	0.966 a	1.751 a
6	54.167 a	78.167 b	0.969 a	1.385 b
DMS	9	13.19	0.162	0.24
Muestreo 2				
Grupo	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	154.631 a	320.31 a	0.981 a	2.026 a
2	154.563 a	268.23 b	0.981 a	1.706 bc
3	163.357 a	236.52 b	1.025 a	1.480 c
4	163.611 a	228.56 b	1.038 a	1.450 c
5	153.333 a	322.83 a	0.960 a	2.009 ab
6	146.667 a	247.83 b	0.933 a	1.578 c
DMS	24.71	50.28	0.15	0.31
Muestreo 3				
Grupo	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	127.62 b	395.18 a	0.805 b	2.493 a
2	142.90 ab	388.93 ab	0.910 ab	2.458 ab
3	160.43 ab	330.02 bc	1.021 a	2.100 bc
4	154.64 ab	301.56 c	0.978 ab	1.913 c
5	165.83 a	438.00 a	1.048 a	2.765 a
6	147.00 ab	326.83 c	0.927 ab	2.044 c
DMS	33.59	59.961	0.21	0.37
Muestreo 4				
Grupo	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	250.77 b	1047.31 a	0.805 b	2.493 a
2	268.05 ab	986.64 ab	0.910 ab	2.458 ab
3	297.95 ab	775.55 c	1.021 a	2.100 bc
4	288.03 ab	706.33 c	0.978 ab	1.913 c
5	315.50 a	1064.50 a	1.048 a	2.765 a
6	297.00 ab	831.83 bc	0.927 ab	2.044 c
DMS	55.72	164.83	0.21	0.37

Columnas con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $p < 0.05$)

Resultados de a Evaluación a Través de Cortes: Las Vegas

Cortes

Los resultados de los análisis de varianza correspondientes al primer corte en Las Vegas (Cuadro 8) indicaron que la fuente de variación Régimen registró diferencias estadísticas altamente significativas en la variable ETAPA; para ALT y FST se registró diferencia estadística significativa. Para FV y FSF no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 9). Para la fuente de variación Grupo se registraron diferencias altamente significativas para todas las variables estudiadas (Cuadro 10). En la interacción Régimen * Grupo se encontró diferencia altamente significativa para ALT, ETAPA y FV. Para FSF y FST no se registraron diferencias estadísticamente significativas.

Con respecto al segundo corte (Cuadro 8), los análisis de varianza mostraron que para la fuente de variación Régimen existió diferencia significativa para ALT; para el resto de las variables no se encontró diferencia estadística significativa (Cuadro 9). Entre los grupos, se encontraron diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas (Cuadro 10). En la interacción Régimen * Grupo no se encontró diferencia significativa en las variables antes mencionadas.

Los resultados de los análisis de varianza correspondientes al tercer corte (Cuadro 8) mostraron que para la fuente de variación Régimen no existieron diferencias estadísticas significativas, exceptuando únicamente ALT (Cuadro 9). Para la fuente de variación Grupo todas las variables evaluadas presentaron

diferencias altamente significativas (Cuadro 10). Para la interacción Régimen * Grupo se encontró diferencia altamente significativa para ALT y ETAPA mientras que en las variables FV, FSF y FST no se reportaron diferencias significativas.

8. Resultados de los análisis de varianza a través de cortes. Las Vegas.

Corte 1						
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios				
		Altura	Etapa	FV	FS Hoja	FSTOT
Régimen	1	672.842 *	3.067 **	190.864 *	1.647 NS	5.440 *
Rep(Régimen)	4	172.037	0.268	46.455	0.46	0.802
Grupo	5	6078.206 **	10.98 **	418.711 **	1.533 **	7.335 **
Régimen*Grupo	5	5109.906 **	4.300 **	980.462 **	0.548 NS	0.791 NS
Error	314	219.3	0.329	55.054	0.278	0.538
CV (%)		25.2	13.9	30.9	19.2	19
Media		58.6	4.1	23.9	2.7	3.8
Corte 2						
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios				
		Altura	Etapa	FV	FS Hoja	FSTOT
Régimen	1	196.794 *	0.047 NS	54.759 NS	0.042 NS	0.700 NS
Rep(Régimen)	4	45.848	0.126	32.23	0.153	2.181
Grupo	5	1084.399 **	1.840 **	470.503 **	3.556 **	28.082 **
Régimen*Grupo	5	111.082 NS	0.222 NS	35.861 NS	0.082 NS	0.351 NS
Error	314	55.89	0.164	22.563	0.131	2.384
CV (%)		14.8	10.4	47.7	42.9	57.2
Media		50.4	3.8	9.94	0.8	2.69
Corte 3						
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios				
		Altura	Etapa	FV	FS Hoja	FSTOT
Régimen	1	385.505 **	0.011 NS	0.497 NS	0.010 NS	1.306 NS
Rep(Régimen)	4	36.97	0.08	9.987	0.147	0.821
Grupo	5	173.726 **	0.565 **	62.176 **	0.875 **	3.054 **
Régimen*Grupo	5	130.157 **	0.442 **	1.030 NS	0.008 NS	0.107 NS
Error	314	40.792	0.102	5.64	0.092	0.722
CV (%)		14.7	7.4	40.1	53.1	55
Media		43.3	4.3	5.9	0.5	1.5

NS, *, **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente.

9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes en los tres cortes. Las Vegas.

Corte 1					
Régimen	Altura (cm)	Etapas	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	49.27 b	3.73 b	20.32 b	2.90 a	4.11 a
2	68.09 a	4.47 a	27.57 a	2.58 b	3.58 b
DMS	2.04	0.099	1.47	0.29	0.37
Corte 2					
Régimen	Altura (cm)	Etapas	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	49.67 b	3.87 a	9.63 a	0.84 a	2.61 a
2	51.24 a	3.89 a	10.25 a	0.83 a	2.77 a
DMS	1.32	0.04	2.33	0.14	0.39
Corte 3					
Régimen	Altura (cm)	Etapas	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	46.09 a	4.38 a	5.92 a	0.54 a	1.44 a
2	40.51 b	4.23 b	5.89 a	0.59 a	1.63 a
DMS	1.57	0.04	1.42	0.16	0.31

Columnas con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey p<0.05)

10. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos en los tres cortes. Las Vegas

Corte 1					
Grupo	Altura (cm)	Etapa	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	70.92 ab	4.64 a	25.16 a	2.66 b	4.11 b
2	58.46 bc	4.12 ab	24.06 b	2.67 b	3.62 b
3	44.97 c	3.48 c	23.18 b	2.94 b	4.00 b
4	44.63 c	3.48 c	19.67 b	2.77 b	3.48 b
5	79.16 a	3.96 bc	38.17 a	3.55 a	5.69 a
6	52.50 c	4.13ab	20.50 b	3.12 ab	4.18 b
DMS	15.56	0.6	7.8	0.55	0.77
Corte 2					
Grupo	Altura (cm)	Etapa	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	47.02 a	3.79 a	7.74 b	0.66 b	2.07 ab
2	53.14 a	3.99 a	9.48 b	0.77 b	2.77 abc
3	52.50 a	3.95 a	15.52 a	1.24 a	3.84 a
4	49.86 a	3.73 ab	11.72 ab	1.21 a	3.10 ab
5	34.50 b	3.33 bc	11.87 ab	0.49 bc	1.18 cd
6	34.16 b	3.10 c	1.13 c	0.27 c	0.41 d
DMS	7.85	0.42	4.99	0.38	1.62
Corte 3					
Grupo	Altura (cm)	Etapa	FV (t ha ⁻¹)	FSF (t ha ⁻¹)	FST (t ha ⁻¹)
1	44.34 a	4.44 a	5.56 ab	0.55 ab	1.55 ab
2	43.87 a	4.30 a	5.32 ab	0.49 b	1.42 ab
3	41.31 a	4.20 a	7.40 a	0.66 ab	1.57 ab
4	42.08 a	4.16 a	7.81 a	0.85 a	2.11 a
5	34.16 b	4.18 a	6.00 ab	0.65 ab	1.32 ab
6	44.16 a	4.21 a	3.93 b	0.48 b	1.16 b
DMS	6.17	0.33	2.49	0.31	0.89

Columnas con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey p<0.05)

Forraje acumulado

La Figura 1 muestra el comportamiento de los grupos en la producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen normal. Se puede observar que en el primer corte el promedio de producción fue de 3.09 t ha⁻¹ sobresaliendo la avena con 3.4 t ha⁻¹. En el segundo corte la media

general disminuyó a 0.75 t ha^{-1} , 75.8% menos que en el corte anterior. El genotipo con la mejor producción fue el grupo del triticale invernal con 1.27 ha^{-1} . Finalmente en el corte tres la media fue de 0.60 t ha^{-1} , 20% menos que el corte dos. Para este corte el grupo del triticale invernal presentó la mejor producción.

Con respecto al comportamiento de los grupos en la producción de forraje seco foliar en el régimen restringido, la Figura 2 muestra el comportamiento a través de los tres cortes. En el primer corte la media general fue de 2.39 t ha^{-1} donde la avena registró la mayor producción de forraje foliar con 7.71 t ha^{-1} . En el corte dos, la media de todos los grupos fue de 0.80 t ha^{-1} , la producción disminuyó 66.52% con respecto al corte uno; Sin embargo, fue 6.62% mayor que el régimen normal para este corte. El triticale intermedio-invernal fue el más destacado con 1.26 t ha^{-1} . En el corte tres el promedio de producción fue de 0.62 t ha^{-1} , 22.5% menos que en el corte anterior y 3.22% mayor que en el régimen uno. El grupo del triticale invernal tuvo la producción más alta con $.85 \text{ t ha}^{-1}$.

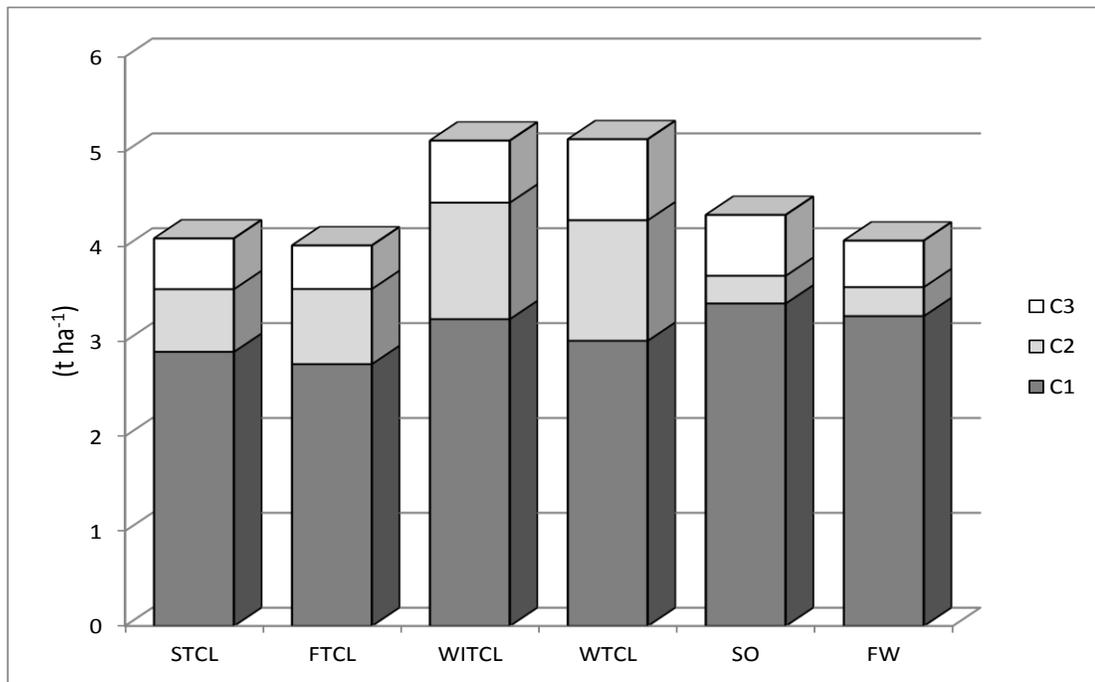


Figura 1. Producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen normal.

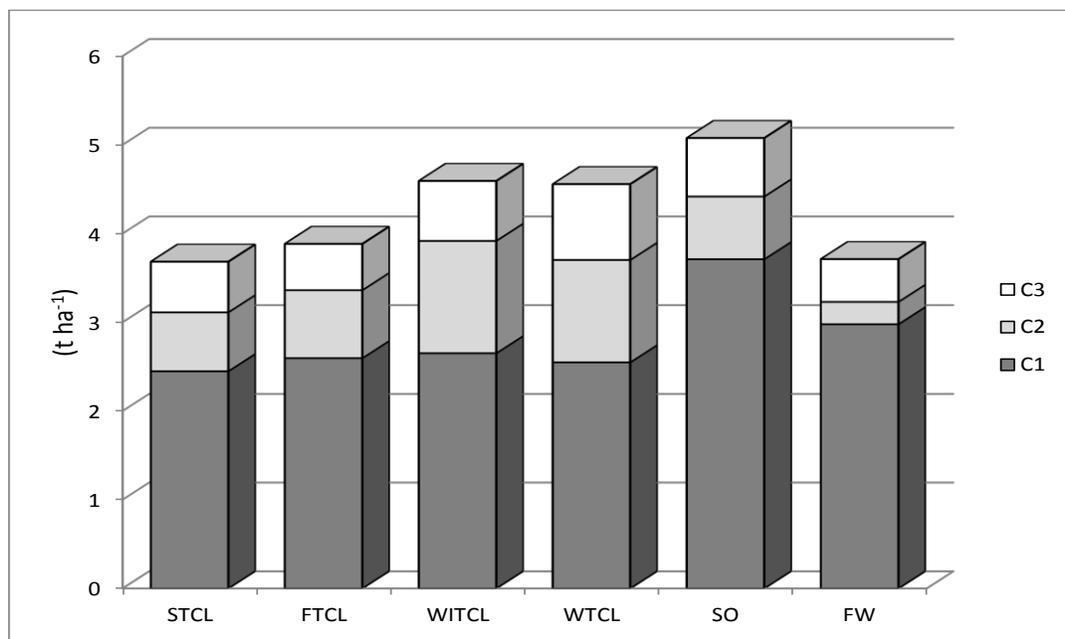


Figura 2. Producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen restringido.

La Figura 3 muestra el comportamiento de los grupos en la producción y acumulación de forraje seco total a través de los tres cortes en el riego normal. Se puede observar que en el primer corte en promedio la producción de los grupos fue de 4.43 t ha^{-1} destacando la avena con 5.6 t ha^{-1} . En el segundo corte la media general disminuyó 50.6% con 2.14 t ha^{-1} . El genotipo con la mejor producción fue el grupo del triticale intermedio-invernal con 3.85 t ha^{-1} . Finalmente en el corte tres la media fue de 1.39 t ha^{-1} , 35.0% menos que el corte anterior. Para este corte el grupo del triticale invernal presentó la mejor producción.

El comportamiento de los grupos en la producción y acumulación de forraje seco total en el riego restringido, la Figura 4 muestra la conducta a través de los tres cortes. En el primero la media general fue de 3.95 t ha^{-1} donde la avena registró la mayor producción con 5.78 t ha^{-1} . En el corte dos, la media de todos los grupos fue de 2.31 t ha^{-1} , la producción disminuyó 41.5% con respecto al corte uno; Sin embargo, fue 7.35% mayor que el régimen normal para este corte. El triticale intermedio-invernal fue el más destacado con 3.84 t ha^{-1} . En el corte tres el promedio de producción fue de 1.64 t ha^{-1} , 29.0% menos que en el corte dos y 15.2% mayor que en el régimen uno. El grupo del triticale invernal tuvo la producción más alta con 2.30 t ha^{-1} .

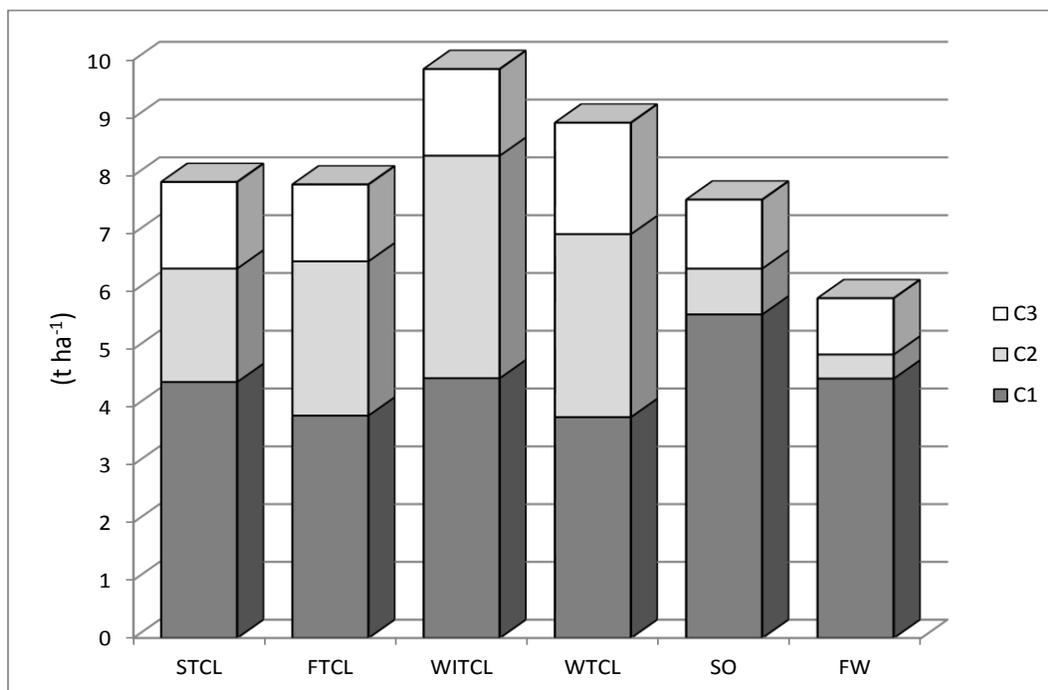


Figura 3. Producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen normal.

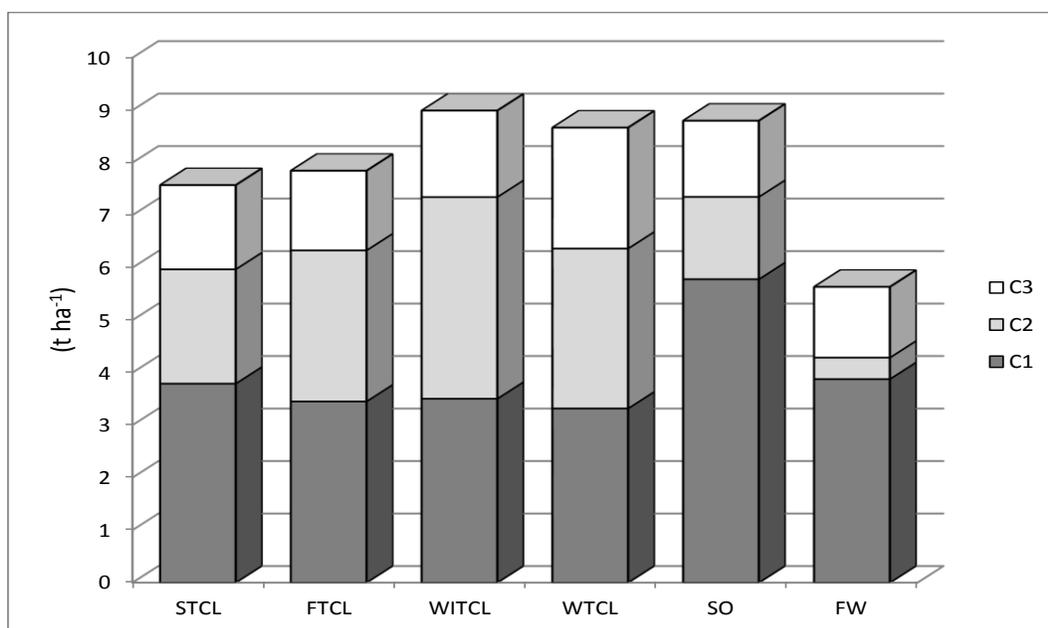


Figura 4. Producción y acumulación de forraje foliar a través de los tres cortes en el régimen restringido.

Tasa de Acumulación de Materia Seca y Eficiencia en el Uso del Agua por Cortes

Cortes

Los resultados del análisis de varianza que corresponden a las variables antes mencionadas en Las Vegas en el corte 1 (Cuadro 11) mostraron que para la fuente de variación régimen (Cuadro 12) se reportaron diferencias estadísticas para TFST, EUAFSF y EUAFST; entre grupos existieron diferencias altamente significativas para todas las variables (Cuadro 13), mientras que las interacciones régimen * grupo no fueron significativas en ninguna de las variables.

Los resultados del análisis de varianza para el corte 2 (Cuadro 11) indicaron que entre los regímenes de humedad no se presentó diferencia significativa en ninguna de las variables (Cuadro 12). Entre grupos, se encontró diferencia altamente significativa para todas las variables (Cuadro 13). No se encontraron diferencias significativas en la interacción régimen * grupo en ninguna variable.

Los resultados del análisis de varianza para el corte 3 (Cuadro 11) muestran que ni entre regímenes (Cuadro 12), ni en la interacción existieron diferencias significativas para ninguna variable. Se registraron diferencias altamente significativas entre grupos para todas las variables (Cuadro 13).

11. Resultados de los análisis de varianza para TFSF, TFST, EUAFSF y EUAFST. Las Vegas

Corte 1					
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios			
		TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
Régimen	1	323.132 NS	1058.021 *	0.511 **	0.788 **
Rep(Régimen)	4	90.714	159.984	0.033	0.056
Grupo	5	306.701 **	1447.004 **	0.0977 **	0.461 **
Régimen*Grupo	5	112.664 NS	156.238 NS	0.036 NS	0.056 NS
Error	314	55.384	107.147	0.017	0.034
CV (%)		19.25	19.08	19.47	19.41
Media		38.64	54.24	0.684	0.958
Corte 2					
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios			
		TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
Régimen	1	21.88 NS	381.32 NS	0.026 NS	0.435 NS
Rep(Régimen)	4	83.21	1181.66	0.095	1.356
Grupo	5	1928.85 **	15233 **	2.211 **	17.463 **
Régimen*Grupo	5	44.65 NS	186.41 NS	0.051 NS	0.218 NS
Error	314	70.92	1288.57	0.081	1.482
CV (%)		42.96	57.27	42.97	57.27
Media		19.6	62.67	0.66	2.12
Corte 3					
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios			
		TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
Régimen	1	9.352 NS	1213.717 NS	0.006 NS	0.810 NS
Rep(Régimen)	4	136.464	753.583	0.091	0.511
Grupo	5	809.815 **	2815.055 **	0.544 **	1.899 **
Régimen*Grupo	5	9.920 NS	99.452 NS	0.005 NS	0.066 NS
Error	314	85.182	665.094	0.057	0.449
CV (%)		53.25	55.14	53.19	55.07
Media		17.33	46.76	0.45	1.21

NS, *, **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente.

12. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes para TFSF, TFST, EUAFSF y EUAFST. Las Vegas

Corte 1				
Régimen	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	40.855 a	58.030 a	0.622 b	0.883 b
2	36.442 b	50.467 b	0.747 a	1.034 a
DMS	4.16	5.31	0.08	0.103
Corte 2				
Régimen	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	19.436 a	60.867 a	0.669 a	2.065 a
2	19.764 a	64.479 a	0.659 a	2.186 a
DMS	3.29	9.13	0.11	0.3
Corte 3				
Régimen	TFSF	TFST	EUAFSF	EUAFST
1	16.678 a	43.958 a	0.433 a	1.143 a
2	17.982 a	49.576 a	0.466 a	1.291 a
DMS	5.066	9.62	0.13	0.25

Columnas con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $p < 0.05$)

13. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para TFSF, TFST, EUAFSF y EUAFST. Las Vegas

Corte 1				
Grupo	Tasa FSF	Tasa FST	EUAFSF	EUAFST
1	37.583 b	57.929 b	0.663 b	1.022 b
2	37.705 b	51.423 b	0.670 b	0.911 b
3	41.476 b	56.405 b	0.729 b	0.988 b
4	39.111 b	50.333 b	0.690 b	0.889 b
5	50.000 a	80.000 a	0.900 a	1.435 a
6	44.167 ab	58.833 b	0.780 ab	1.041 b
DMS	7.82	10.88	0.14	0.19
Corte 2				
Grupo	Tasa FSF	Tasa FST	EUAFSF	EUAFST
1	15.440 b	48.18 bc	0.522 b	1.633 bc
2	18.135 b	64.46 abc	0.614 b	2.187 abc
3	29.024 a	89.52 a	0.983 a	3.033 a
4	28.222 a	72.17 ab	0.956 a	2.449 ab
5	11.500 bc	27.50 cd	0.393 bc	0.931 cd
6	6.333 c	9.33 d	0.220 c	0.325 d
DMS	8.85	37.73	0.3	1.28
Corte 3				
Grupo	Tasa FSF	Tasa FST	EUAFSF	EUAFST
1	16.774 ab	46.917 ab	0.436 ab	1.222 ab
2	14.878 b	43.135 ab	0.386 b	1.233 ab
3	20.190 ab	47.667 ab	0.524 ab	1.241 ab
4	25.944 a	64.167 a	0.673 a	1.668 a
5	19.667 ab	40.000 ab	0.436 ab	1.042 ab
6	14.833 b	35.167 b	0.383 b	0.915 b
DMS	9.7	27.11	0.25	0.7

Columnas con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $p < 0.05$)

Forraje acumulado Las Vegas

Los resultados de los análisis de varianza para forraje acumulado en Las Vegas (Cuadro 14) muestran que para el Forraje Seco Foliar Acumulado (FSFA) y Forraje Seco Total Acumulado (FSTA) no hubo diferencia entre los regímenes (Cuadro 15), mientras que entre los grupos para estas tres variables antes mencionadas se encontraron diferencias altamente significativas (Cuadro 16). Para la interacción régimen * grupo solamente FSFACUM mostró diferencias altamente significativas; el FSTACUM no presentó diferencias. Los resultados del análisis de varianza que corresponden a la eficiencia en el uso del agua acumulado (EUAFSF y EUAFST) en Las Vegas (Cuadro 14), mostraron que entre regímenes no se reportaron diferencias significativas (Cuadro 15). Ambas variables reportaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los grupos (Cuadro 16). Finalmente, en la interacción régimen * grupo se encontró diferencia significativa solo para EUAFSF.

14. Resultados de los análisis de varianza acumulado global. Las Vegas

Global					
Fuentes de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios			
		FSFACUM	FSTACUM	EUAFSF	EUAFAST
Régimen	1	0.0720 *	0.3958 **	0.3839 NS	0.05017 NS
Rep(Régimen)	4	0.00568	0.002882	0.2231	0.1364
Grupo	5	0.03446 **	0.2172 **	1.4620 **	9.3575 **
Régimen*Grupo	5	0.00902 **	0.01714 NS	0.3613 *	0.7183 NS
Error	20	0.002192	0.009286	0.0961	0.4234
CV (%)		7.0	7.9	7.1	8.1
Media		0.663	1.215	4.353	7.957

NS, *, **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente.

15. Resultados de la prueba de comparación de medias entre regímenes para EUAFSF, EUAFAST, FSFACUM y FSTACUM. Las Vegas

Global				
Régimen	EUA FSF	EUAFAST	FSFACUM	FSTACUM
1	0.619 b	1.110 b	4.457 a	7.994 a
2	0.708 a	1.320 a	4.250 a	7.919 a
DMS	0.0698	0.0497	0.437	0.341

16. Resultados de la prueba de comparación de medias entre grupos para EUAFSF, EUAFST, FSFACUM y FSTACUM. Las Vegas

Global				
Grupo	EUA FSF	EUAFST	FSFACUM	FSTACUM
1	0.591 b	1.179 b	3.884 b	7.732 b
2	0.602 b	1.199 b	3.947 b	7.847 b
3	0.738 a	1.433 a	4.854 a	9.420 a
4	0.736 a	1.342 ab	4.844 a	8.792 ab
5	0.724 a	1.260 ab	4.705 a	8.192 b
6	0.591 b	0.878 c	3.884 b	5.757 c
DMS	0.085	0.174	0.562	1.180

6. DISCUSIÓN

El Camapanario

De manera general, en la localidad de El Campanario, los resultados de los análisis de varianza de las diferentes variables de estudio registraron diferencias altamente significativas entre los diferentes grupos a lo largo de los cuatro muestreos, sin embargo, las diferencias estadísticas entre los dos regímenes de humedad comenzaron a ser más notorias a partir del tercer muestreo; esto a pesar de que las diferencias de irrigación se realizaron en las primeras etapas de desarrollo. Por esta razón se rechazan ambas hipótesis planteadas para esta investigación.

Existió una diferencia importante en el contenido de humedad del suelo, en la Figura 5 se puede observar que para ambos regímenes el contenido de humedad fue decreciendo a lo largo del ciclo. Sin embargo, en el régimen uno la humedad fue mayor que en el dos a lo largo de todo el ciclo. En el periodo previo al primer muestreo se registró una cantidad importante de precipitación de aproximadamente 97 mm y para el segundo muestreo alrededor de 30 mm de lluvia.

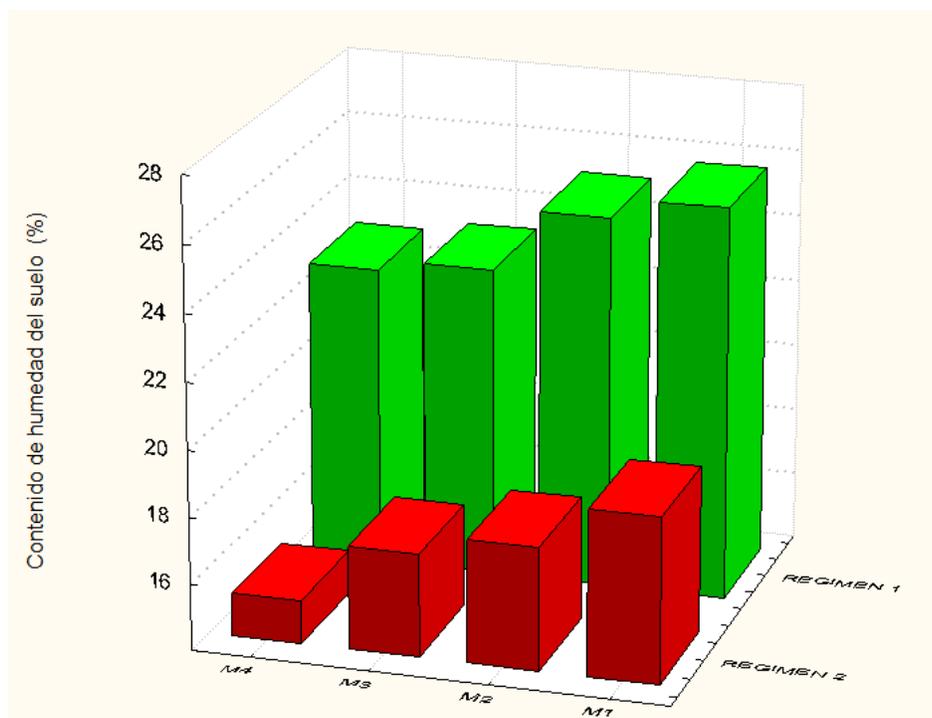


Figura 5. Contenido de humedad del suelo (%) por régimen de riego en cada uno de los muestreos de biomasa. El Campanario 2013-2014.

En la Figura 6, se puede observar el comportamiento de la altura promedio de los grupos a través de los cuatro muestreos. De manera general, la tendencia fue la misma en el primer muestreo, en el segundo la tendencia sigue siendo similar sin embargo, hay un incremento visible del régimen dos en la altura de los genotipos primaverales y facultativos. En el tercer muestreo el trigo presenta la menor altura en ambos regímenes pero esta disminución fue mayor en el restringido; en el régimen uno los cuatro hábitos de crecimiento de triticale tuvieron la misma altura, por el contrario en el régimen dos, el habito primaveral fue superior seguido por los facultativos, intermedios-invernales e invernales. Finalmente en el cuarto muestreo, el grupo cuatro fue el mayor de los genotipos

de triticale para el régimen uno con alrededor de 150 cm, mientras que en el régimen dos todos los grupos excepto la avena se mantuvieron por debajo de los 120 cm.

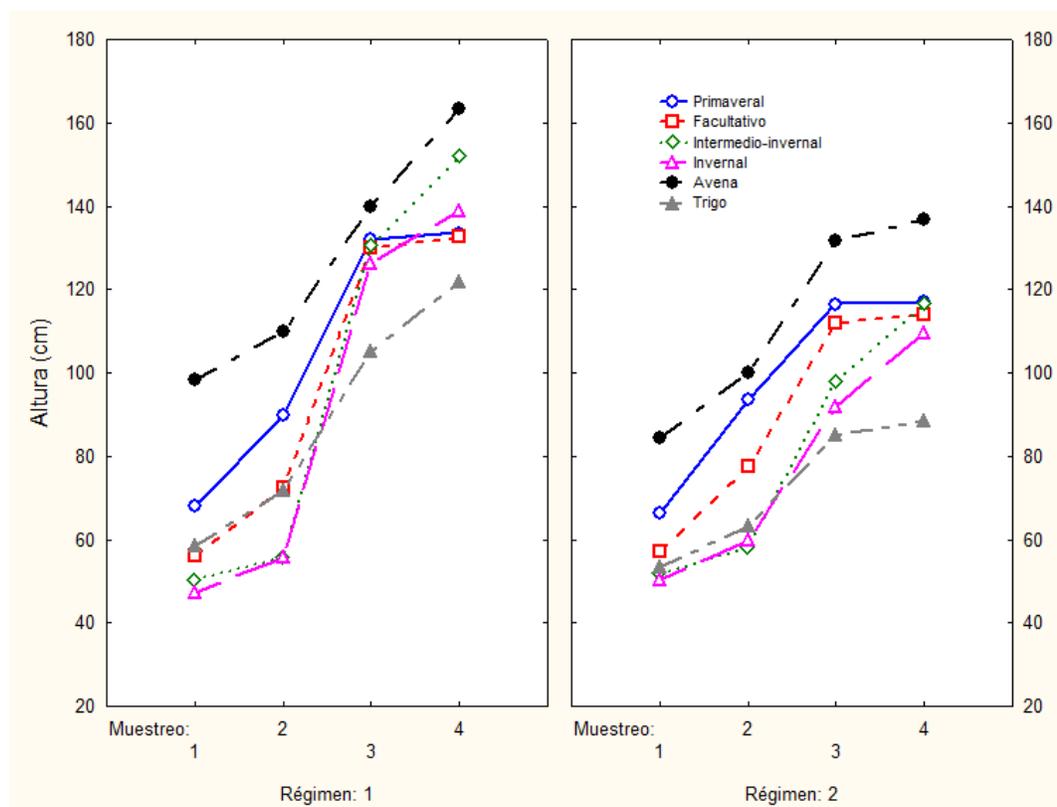


Figura 6. Altura promedio de los grupos en los dos regímenes. El Campanario

En cuanto a la etapa fenológica (Figura 7), en ambos regímenes se presentó una tendencia similar. Sin embargo, únicamente en el régimen dos se alcanzó la madurez fisiológica de alguno de los grupos. En el muestreo uno se tuvo el mismo comportamiento en los dos regímenes, los genotipos con mayor precocidad fueron los triticales primaverales y las avenas, seguido por los facultativos, trigo y al final los triticales intermedios-invernales e invernales. En el muestreo dos en ambos regímenes los genotipos primaverales alcanzaron el espigamiento, al contrario del muestreo uno, los triticales de tipo facultativo

superaron la etapa de la avena alcanzando primero el principio del espigamiento. En el tercer muestreo, para el régimen normal los genotipos primaverales alcanzaron la floración seguidos por el trigo y los genotipos facultativos, los invernales llegaron al principio de la floración dejando atrás a la avena y los intermedios-invernales que apenas lograron el principio del espigamiento. Por el contrario, en el régimen dos los genotipos primaverales y facultativos se comportaron igual que en el uno aunque el trigo alcanzó una menor etapa pero sobre todo los genotipos invernales e intermedios-invernales que apenas lograron el principio de la floración. Finalmente, en el muestreo cuatro la tendencia en ambos regímenes fue similar no obstante, en el régimen dos la madurez fisiológica fue mayor, la avena alcanzó la madurez, los genotipos primaverales llegaron a grano masoso mientras que el trigo y los facultativos comenzaron el llenado de grano, finalmente los intermedios-invernales e invernales concluyeron la floración. En el régimen uno los genotipos fueron de floración a grano acuoso.

Otra variable de interés productivo es el forraje verde (Figura 8) que de forma general se puede observar que la mayor producción de forraje verde la presentó el régimen uno. Esto causado por la pérdida de turgencia de la planta en respuesta al déficit de humedad. En el primer muestreo, la avena presentó una producción más alta en ambos regímenes sin embargo, en el dos fue donde se obtuvo más t de forraje verde. A partir del segundo muestreo las diferencias comienzan a ser más evidentes tal es el caso de la avena que en el dos alcanzó las 60 t de forraje verde mientras que en el dos apenas superó las

55 t. La diferencia está más marcada en el cuarto muestreo donde la producción decae drásticamente en el régimen dos mientras que en el uno la reducción es menor.

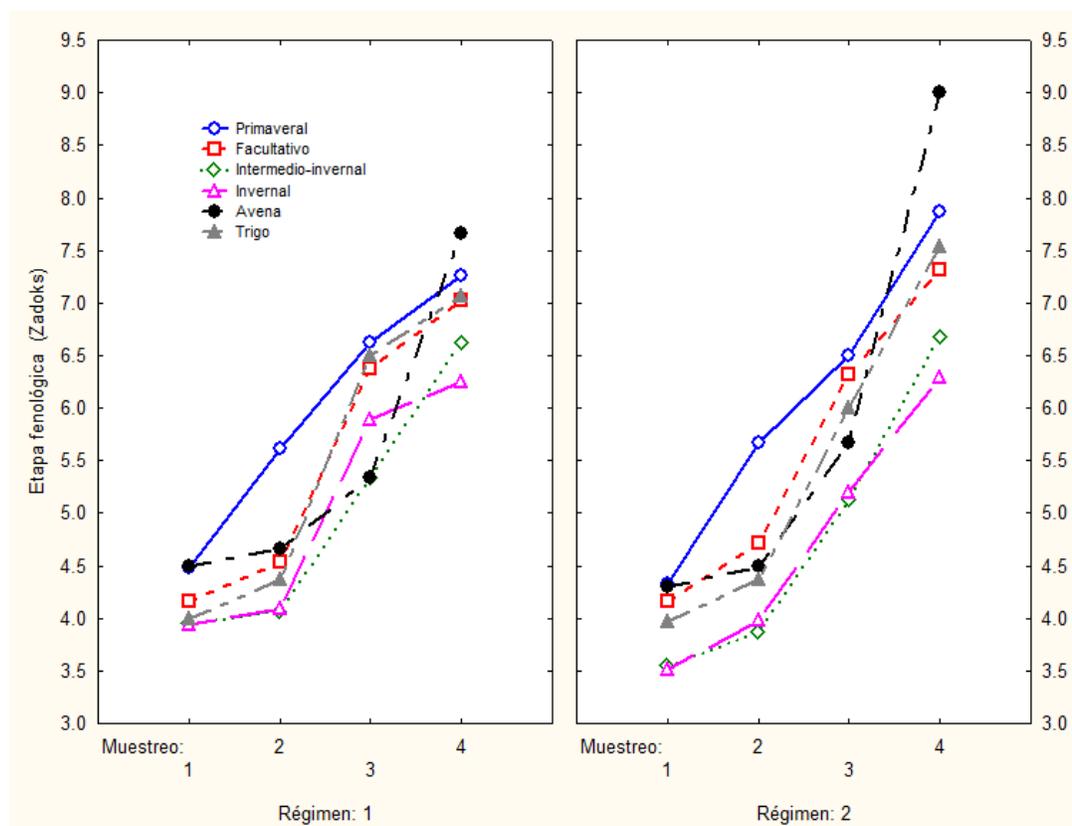


Figura 7. Etapa promedio de los grupos en los dos regímenes. El Campanario.

La producción de forraje seco foliar (Figura 9) es una variable de interés productivo muy importante pues para granjas lecheras tecnificadas es un determinante en el momento de elegir la especie a cultivar ya que entre mayor cantidad de hojas, significa mejor calidad nutritiva del forraje. De manera general, la mayor cantidad de forraje seco foliar se presentó en el régimen dos, con un máximo en el tercer muestreo, lo cual se contrapone a lo dicho por Musick y Dusek (1980).

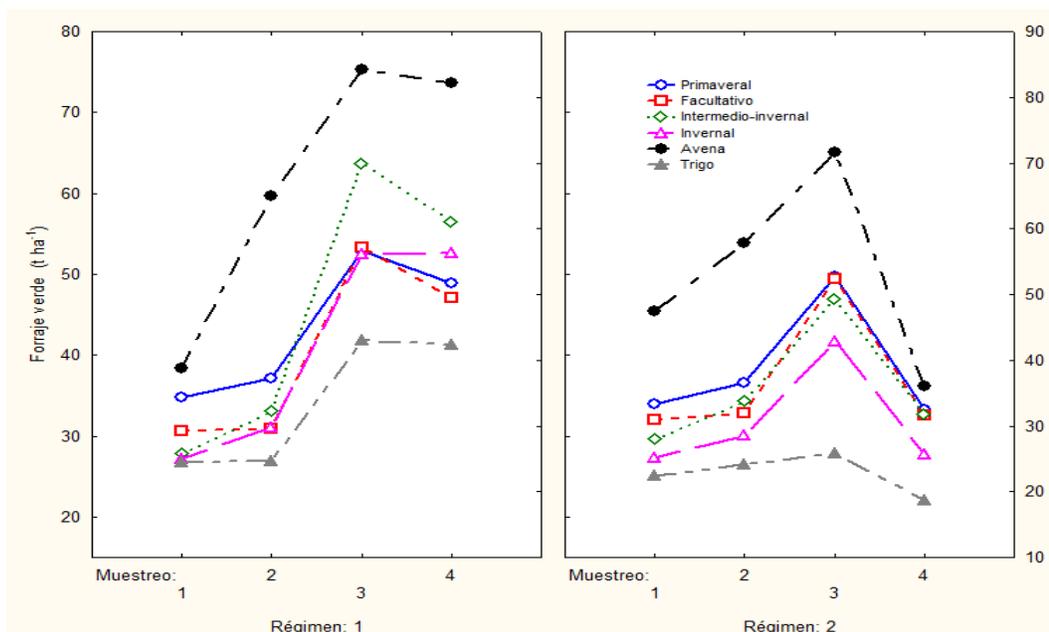


Figura 8. Producción de forraje verde promedio de los grupos en los dos regímenes. El Campanario.

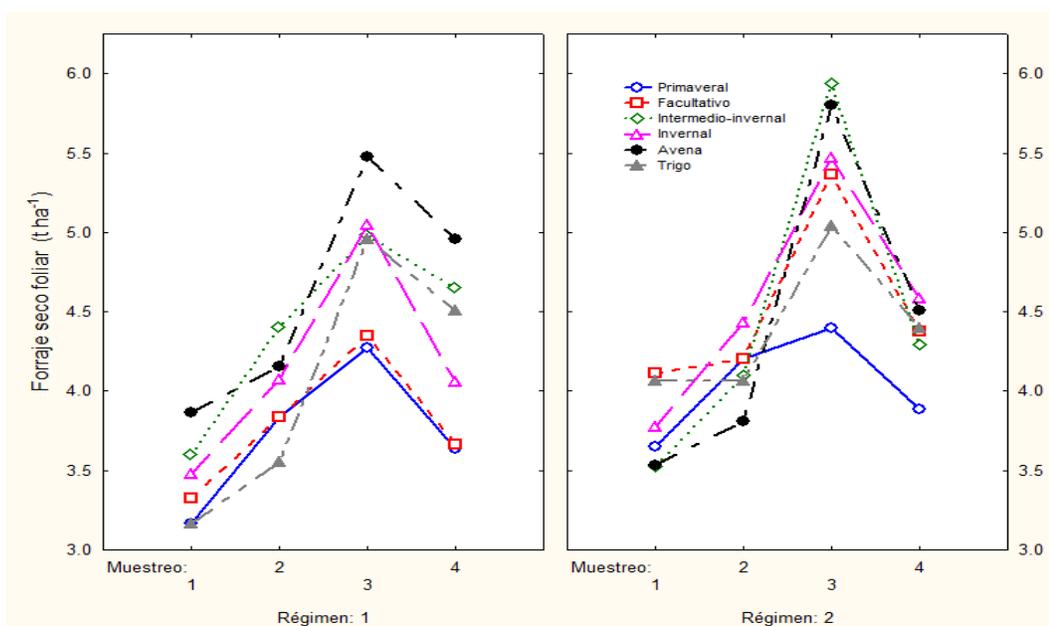


Figura 9. Producción de forraje seco foliar promedio de los grupos en los dos regímenes.

Al igual que la producción de forraje seco foliar, el Forraje Seco Total (Figura 10) fue superior en el régimen dos a pesar de que en ambos siguió la

misma tendencia. Desde el muestreo uno se puede observar que la producción de forraje es superior en el régimen dos, exceptuando a la avena que en ambos regímenes tuvo mayor producción y este patrón se mantiene a lo largo del ciclo. Este resultado apoya lo mencionado por Neal *et al.* (2010), Trethowan *et al.* (2002) y Araus *et al.* (2002) quienes afirman que disminuir el agua aplicada es una importante estrategia de producción pues maximiza el comportamiento productivo de los forrajes.

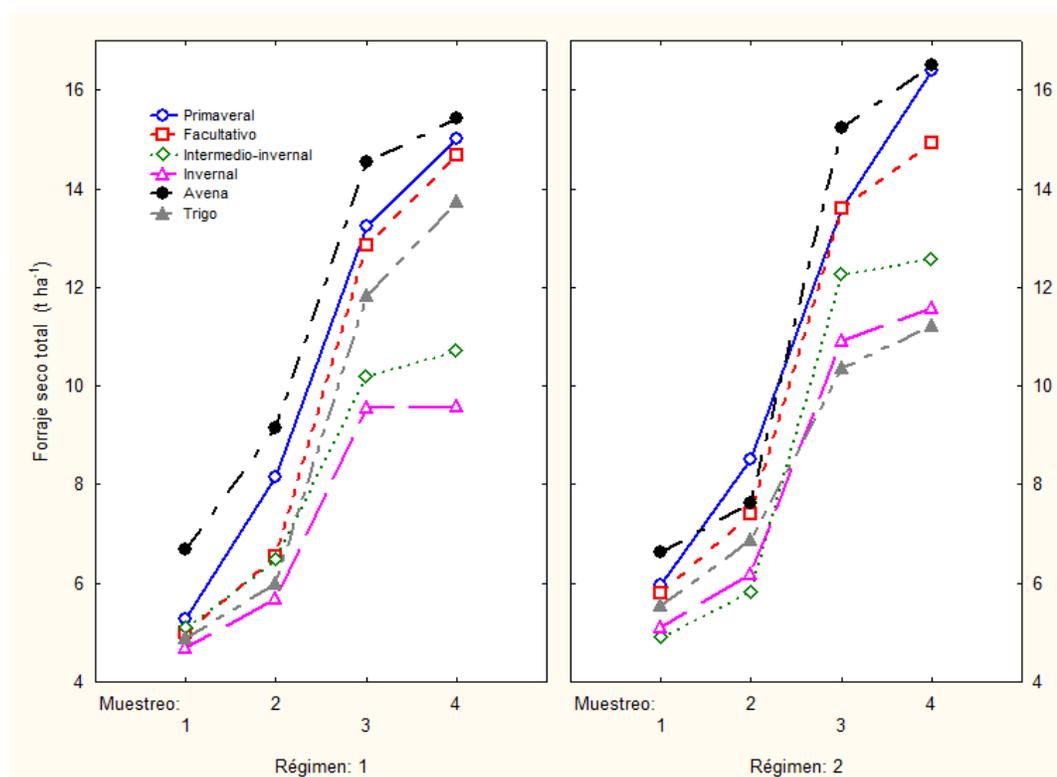


Figura 10. Producción de forraje seco total promedio de los grupos en los dos regímenes.

Para la acumulación de MS foliar en el régimen uno (Figura 11) se puede observar cómo la tendencia se incrementa con el paso del ciclo, a lo largo de

los cuatro muestreos la avena se mantuvo como el genotipo con más acumulación seguido por los intermedios-invernales, el trigo y el triticale invernal finalmente por los genotipos facultativos y primaverales que tuvieron la misma acumulación a lo largo del ciclo.

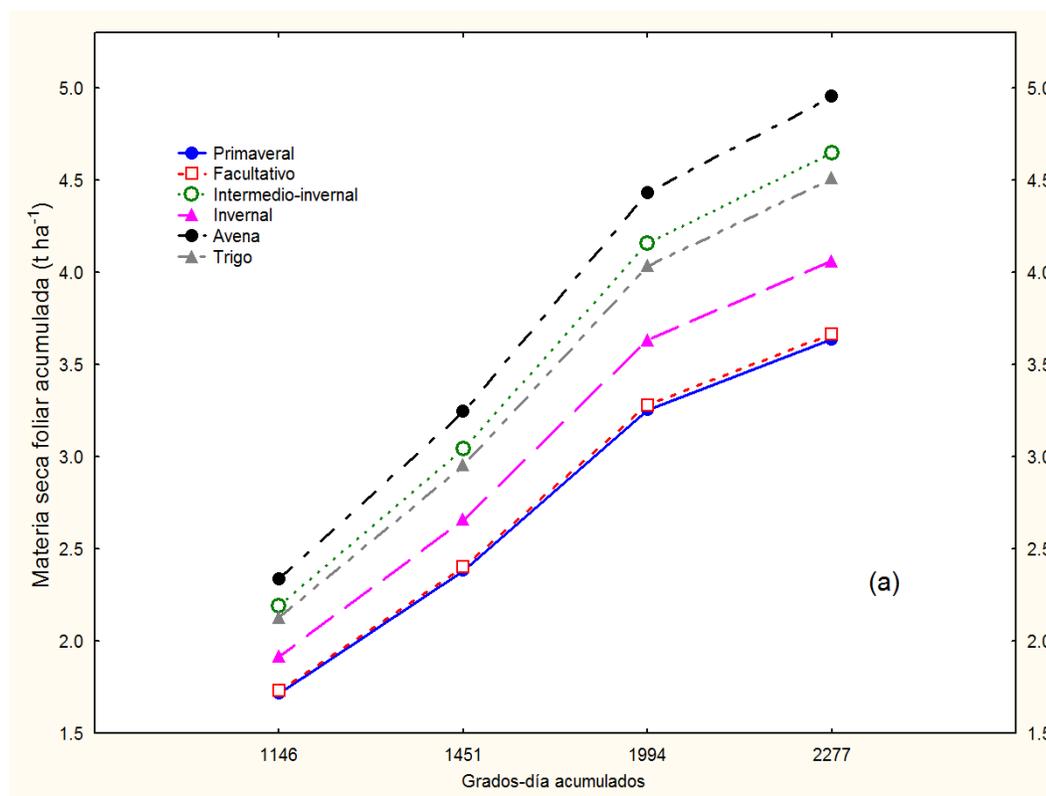


Figura 11. Forraje seco foliar acumulado por grupo en cada muestreo en el régimen uno.

El comportamiento de los grupos fue distinto para el régimen dos (Figura 12) donde se encontró una acumulación similar para el primer muestro de todos los genotipos excepto los triticales primaverales, en el segundo muestreo los genotipos invernales tienen un incremento ligeramente superior al resto de los

grupos seguido por la avena, los triticales facultativos, el trigo y finalmente los primaverales y esto se mantiene hasta el último muestreo.

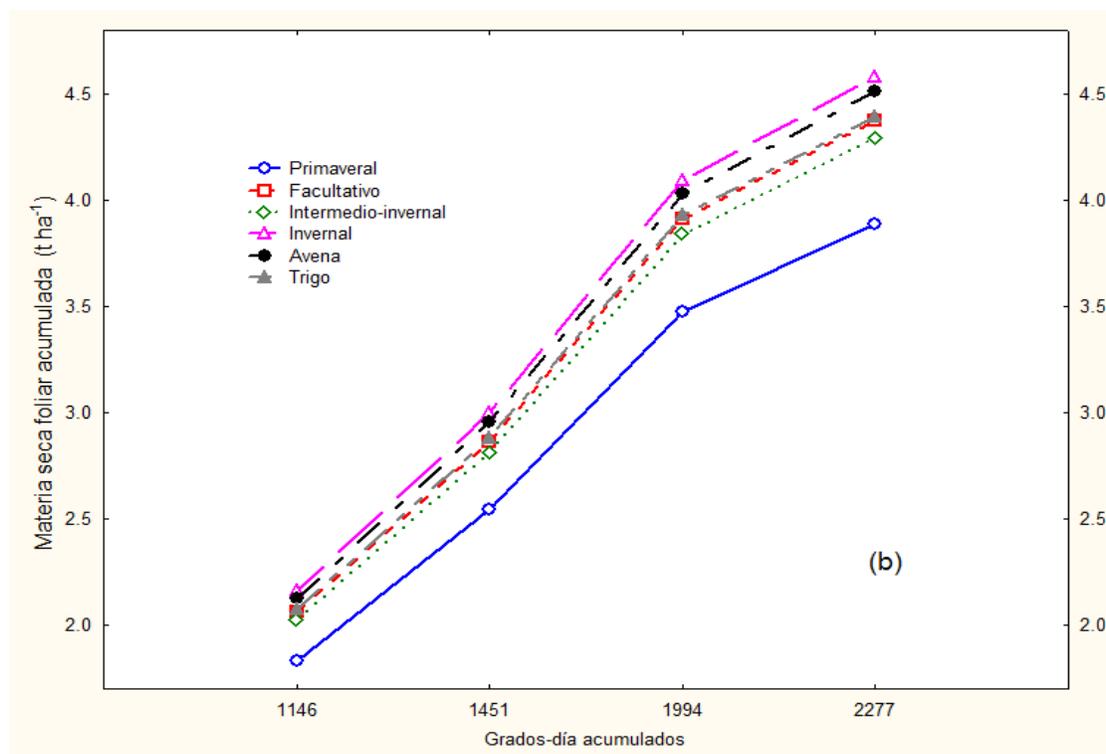


Figura 12. Forraje seco foliar acumulado por grupo en cada muestreo en el régimen dos.

En la Figura 13 se puede observar la acumulación de materia seca total en el régimen uno donde al igual que en la acumulación de forraje foliar, la avena fue superior; seguido por los triticales de hábito primaverales, facultativos, el trigo, los intermedios-invernales y finalmente los de hábito invernal. Esta tendencia se mantuvo a lo largo de los cuatro muestreos.

Para el régimen dos (Figura 14) durante los cuatro muestreos la mayor acumulación fue presentada por los triticales primaverales y la avena, en seguida los facultativos, intermedios-invernales, invernales y finalmente, el trigo.

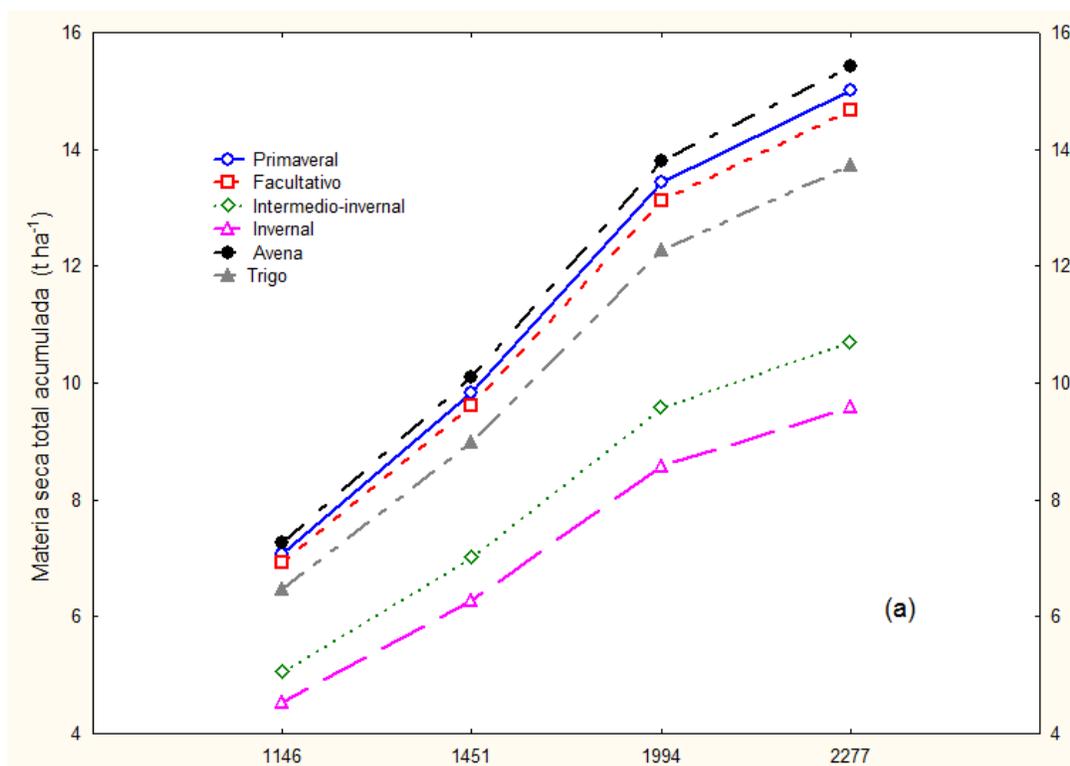


Figura 13. Forraje seco total acumulado por grupo en cada muestreo en el régimen uno.

Para la tasa de acumulación de materia seca foliar y total (Cuadro 58) se puede observar que de manera general, el régimen dos tuvo una mayor tasa de acumulación de materia seca foliar destacando los triticales de hábito invernal, intermedio- invernal, avena y trigo. De igual manera, para la tasa de acumulación de materia seca total el régimen dos presentó valores superiores al uno; en este caso los genotipos más sobresalientes fueron los triticales de hábito primaveral, facultativos y avena.

Es importante destacar que esta mayor tasa de acumulación se logró con la aplicación del 80% del riego que tradicionalmente se brinda a este cultivo lo que

lleva a considerar que además del importante ahorro de agua, también se incrementan los niveles de producción (Figura 15).

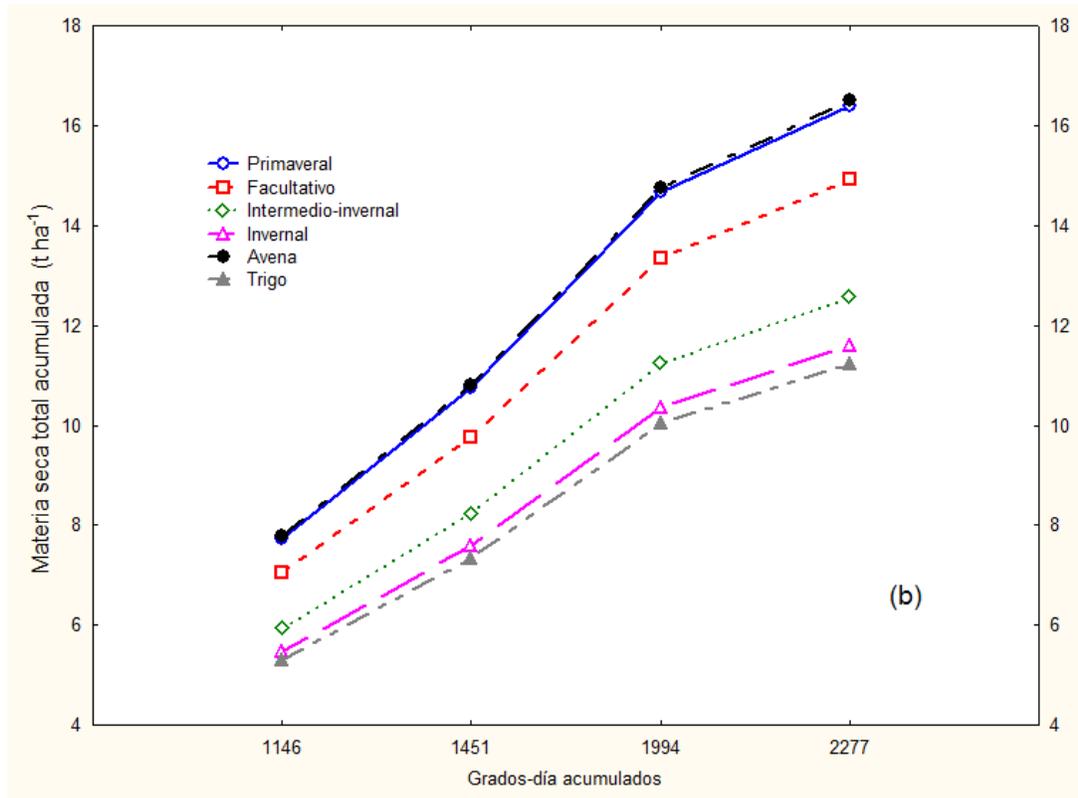


Figura 14. Forraje seco total acumulado por grupo en cada muestreo en el régimen dos.

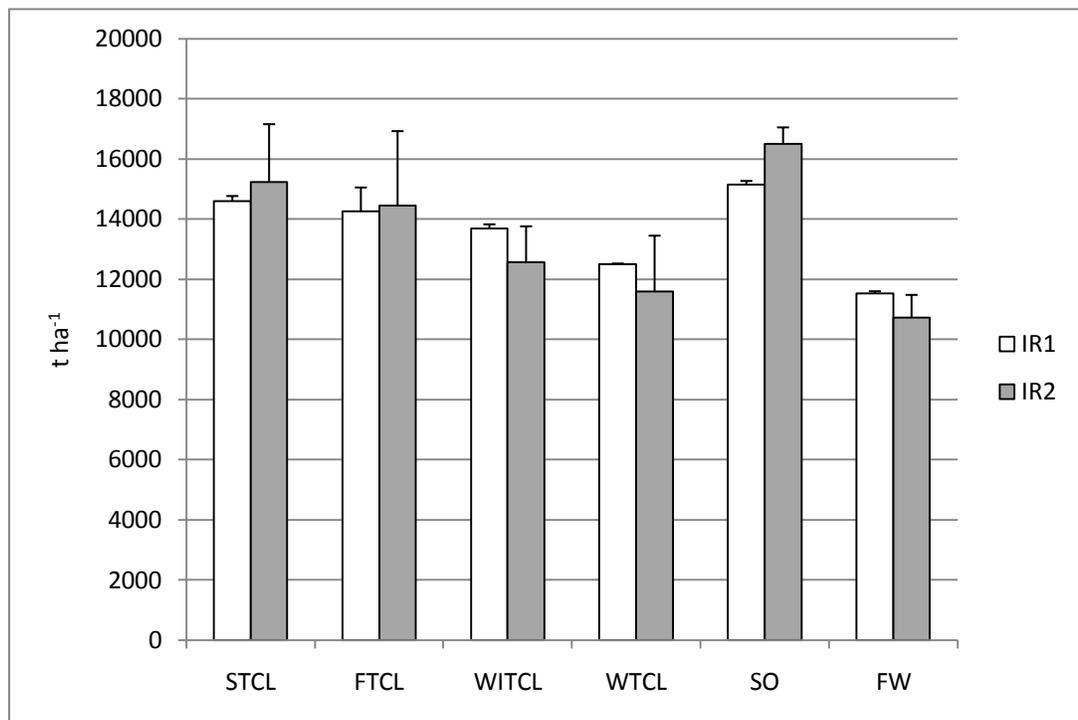


Figura 15. Forraje seco final observado entre regímenes de riego y grupos en El Campanario.

Cuadro 17. Tasa de acumulación diaria de materia seca foliar y total por hábito de crecimiento en cada uno de los regímenes de riego estudiados.

Período (dds)*	Primaveral	Facultativo	Intermedio-invernal	Invernal	Avena	Trigo
Tasa de acumulación de materia seca foliar (kg MSF ha ⁻¹ día ⁻¹)						
Régimen de riego 1 (100%)						
0-67	47.2	49.6	53.7	51.9	57.7	47.2
68-93	147.6	147.5	169.2	156.6	159.8	136.7
94-127	125.7	127.8	146.4	148.4	161.1	145.7
128-142	242.5	244.8	309.7	270.7	330.3	300.7
Tasa de acumulación de materia seca foliar (kg MSF ha ⁻¹ día ⁻¹)						
Régimen de riego 2 (80%)						
0-67	54.4	61.3	52.6	65.3	52.7	60.6
68-93	161.6	161.6	157.5	170.5	146.5	158.4
94-127	129.4	157.9	174.6	160.8	170.5	148.2
128-142	259.0	291.6	286.2	305.4	300.7	293.1
Tasa de acumulación de materia seca total (kg MST ha ⁻¹ día ⁻¹)						
Régimen de riego 1 (100%)						
0-67	78.6	74.5	76.0	70.2	99.6	72.7
68-93	313.2	251.4	248.8	218.9	352.1	230.7
94-127	389.8	377.9	299.8	281.6	427.6	348.3
128-142	1001.1	978.5	713.3	640.0	1028.3	915.5
Tasa de acumulación de materia seca total (kg MST ha ⁻¹ día ⁻¹)						
Régimen de riego 1 (80%)						
0-67	89.1	86.5	73.0	76.3	99.1	82.9
68-93	327.3	285.9	224.0	238.1	293.4	264.9
94-127	400.3	399.8	360.1	321.3	448.0	305.0
128-142	1093.5	994.7	837.7	772.5	1100.4	747.9

*Días después de la siembra

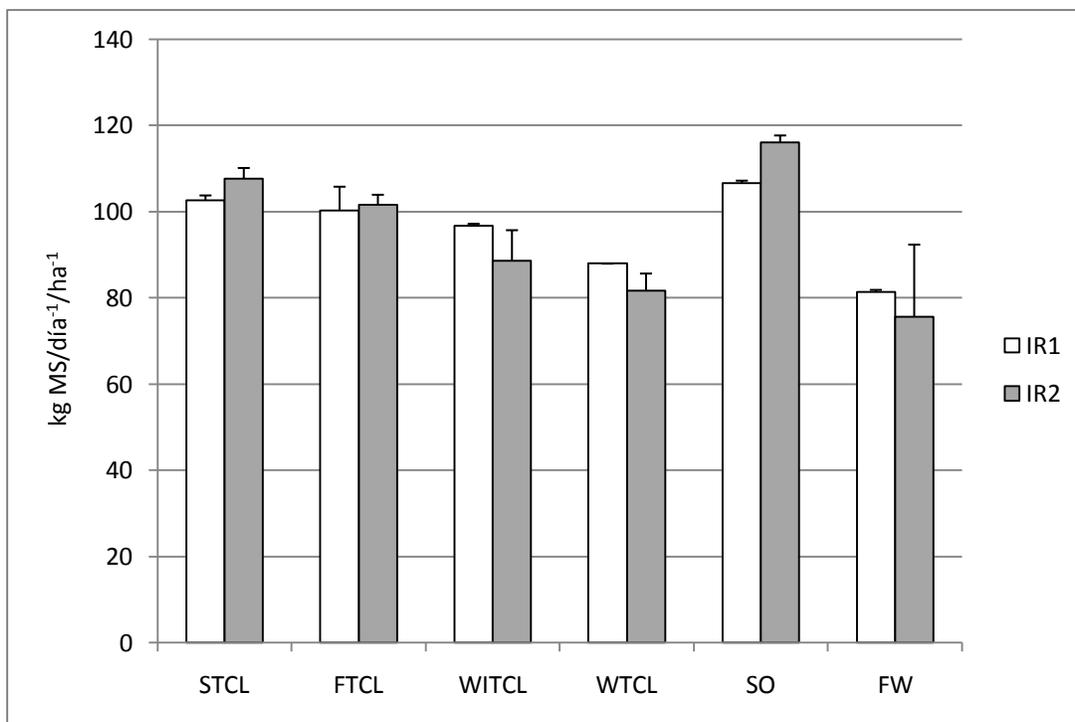


Figura 16. Tasa de acumulación de material seca entre regímenes de riego y grupos en El Campanario.

La Eficiencia del Uso del Agua es un parámetro sobresaliente pues estima la cantidad de materia seca producida por m^3 total de agua aplicada y que de esta forma identifica los genotipos que son fisiológicamente más eficientes en transformar el agua en forraje seco. En las Figuras 17 y 18 se puede observar claramente cómo es que el régimen dos tiene una eficiencia en el uso del agua superior aun a pesar de ser únicamente una del 20% del agua total aplicada. Para el forraje seco foliar, la respuesta es superior en todos los grupos pero sobresale los triticales de tipo invernol, el trigo y la avena. En el forraje seco total la diferencia no es tan marcada, sin embargo sigue siendo superior el régimen restringido sobre todo en la avena y los triticales primaverales.

Los resultados de esta investigación soportan lo declarado por Levine *et al.* (1998) y Fortis-Hernández *et al.* (2002) quienes afirman que de manera general, se está aplicando más agua de la requerida por los cultivos, tal es el caso de la alfalfa y el nogal donde se excede alrededor del 33% del agua. Al igual que lo dicho por Orona *et al.* (2003), si se reduce al menos un riego se amplía la posibilidad de no solo reducir los costos de producción, si no que inclusive la productividad se ve incrementada por la respuesta dada por el cultivo logrando de esta manera una mayor rentabilidad de los sistemas de producción pecuaria.

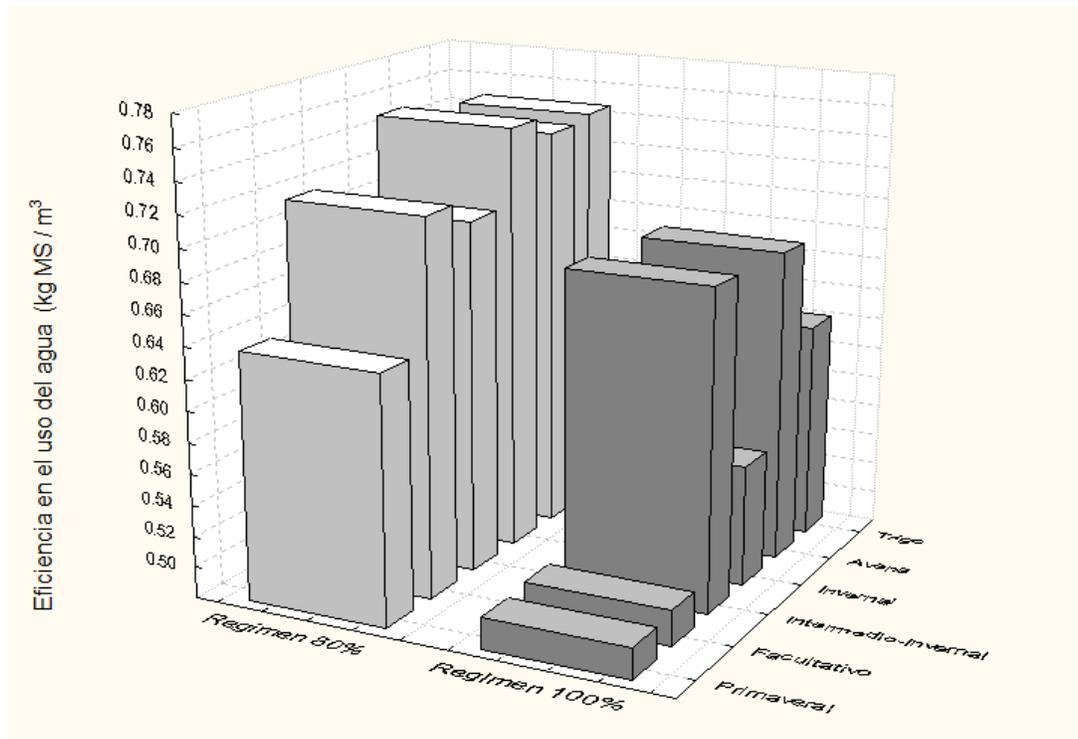


Figura 17. Eficiencia del uso del agua para forraje seco foliar.

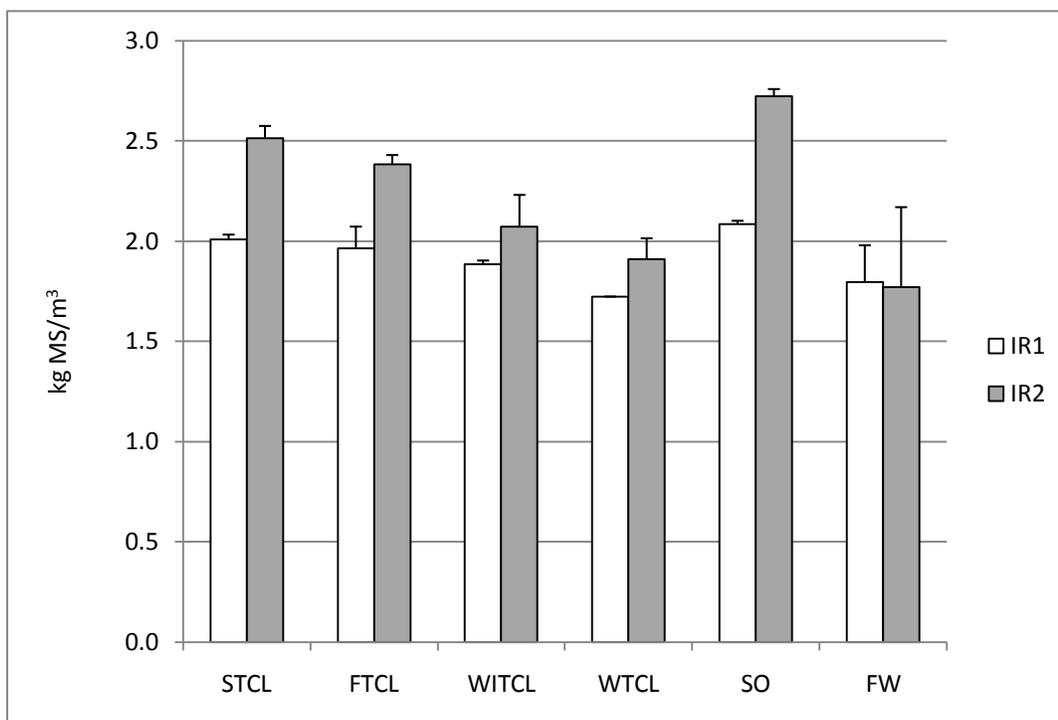


Figura 18. Eficiencia en el uso del agua (EUA) entre regímenes de riego y grupos en El Campanario.

Las Vegas.

La Figura 19 muestra el comportamiento de los grupos en la producción y acumulación de forraje total a través de los tres cortes en ambos regímenes de riego. Los triticales de hábito intermedio-invernal e invernal acumularon significativamente más forraje seco total que el resto de los grupos, particularmente en el régimen óptimo, aunque sin diferencias estadísticas. Por otra parte, los tipos primaverales, facultativos y el trigo no mostraron diferencias en su productividad en ambos regímenes. Las mismas tendencias entre los grupos fueron observadas para la tasa de acumulación de materia seca (Figura 20). Derivado de la menor utilización de agua por el cultivo en el régimen sub-

óptimo, se registró una mayor eficiencia en el uso del agua por los genotipos, sobresaliendo en este aspecto los triticales intermedios-invernales, invernales y la avena (Figura 21).

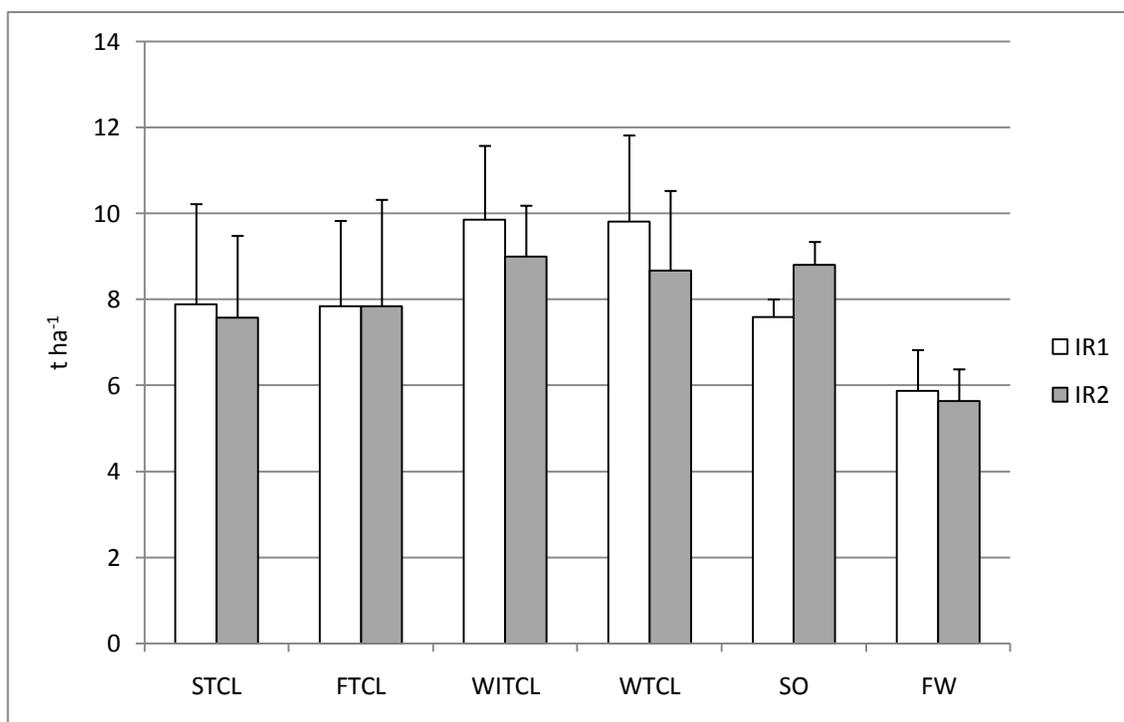


Figura 19. Forraje seco total acumulado observado entre regímenes de riego y grupos en Las Vegas.

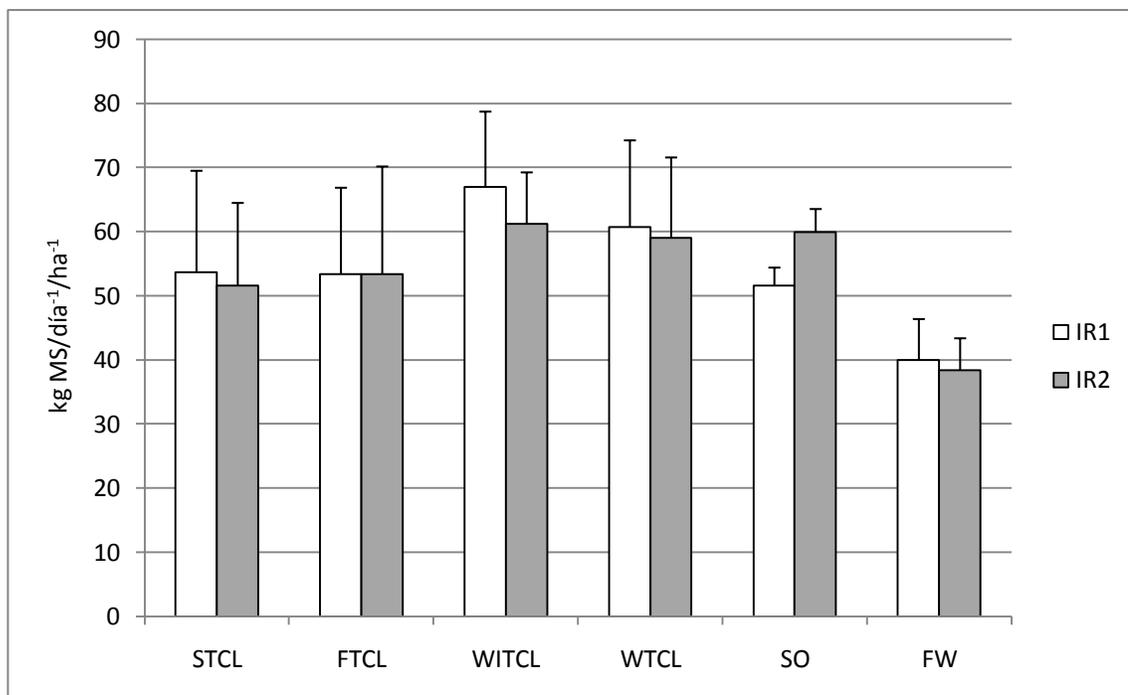


Figura 20. Tasa global de acumulación de material seco entre regímenes de riego y grupos en Las Vegas.

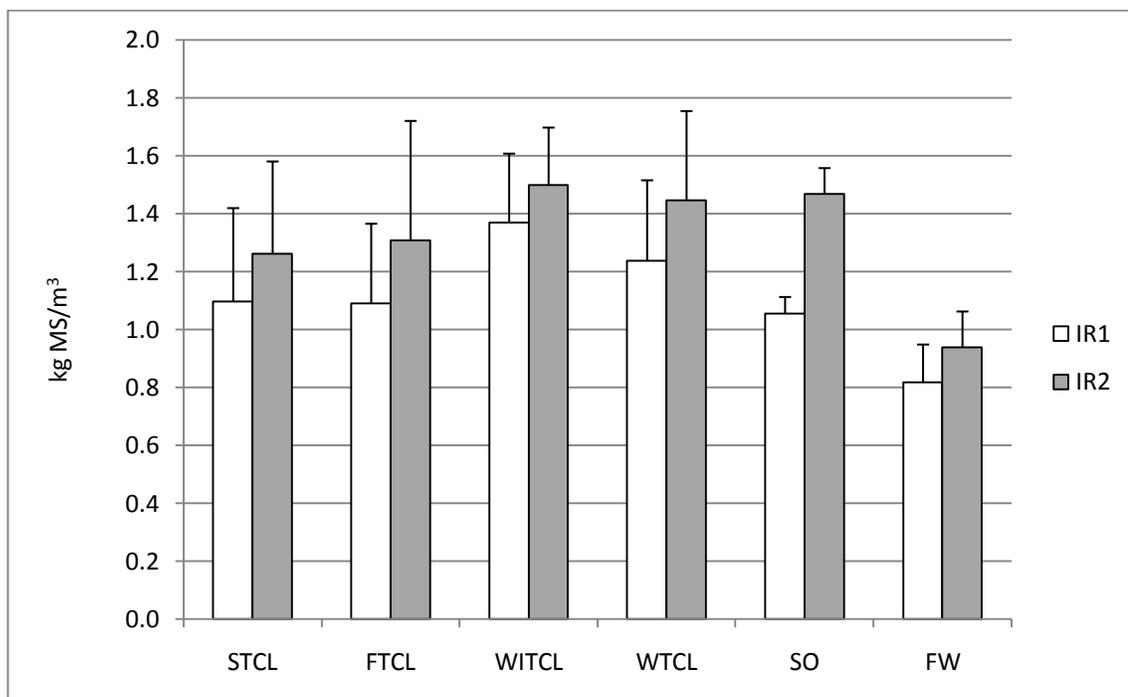


Figura 21. Eficiencia en el uso del agua (EUA) a través de los cortes entre regímenes de riego y grupos en Las Vegas.

La curva logística asimétrica utilizada en este estudio fue empleada primero por Royo y Tribó, 1997 y Royo y Blanco, 1999 para ajustar datos de crecimiento en triticales primaverales e invernales. En esta investigación la curva se ajustó adecuadamente al patrón de acumulación de material seco (Figuras 22 y 23) observada entre los diferentes grupos de genotipos en los contrastantes ambientes (óptimo y sub-óptimo). En este estudio, se encontró que la variación en las curvas de crecimiento debida a las diferencias genotípicas entre los grupos fué mayor que la variación ambiental causada por los efectos de la irrigación; consecuentemente, la la tasa promedio de crecimiento bajo el régimen sub-óptimo fue ligeramente más alta que en el régimen óptimo, principalmente en los tipos primaverales y facultativos. Por otra parte, la longitud del ciclo de crecimiento fue mayor en los tipos invernales en comparación con los primaverales, concordando con lo mencionado por Ramos et al. (1985), que señala que la acumulación de material seco depende fuertemente de factores tales como la disponibilidad de agua, temperatura y radiación. La variabilidad mostrada por los diferentes grupos en la acumulación de biomasa fue debida a la variabilidad en la longitud del ciclo desde la siembra hasta la máxima acumulación del peso seco de las plantas. El adecuado ajuste de las curvas estimadas sugiere que es una útil herramienta para analizar en forma más precisa el crecimiento de los diferentes tipos de genotipos en regiones áridas y semiáridas como las de este estudio.

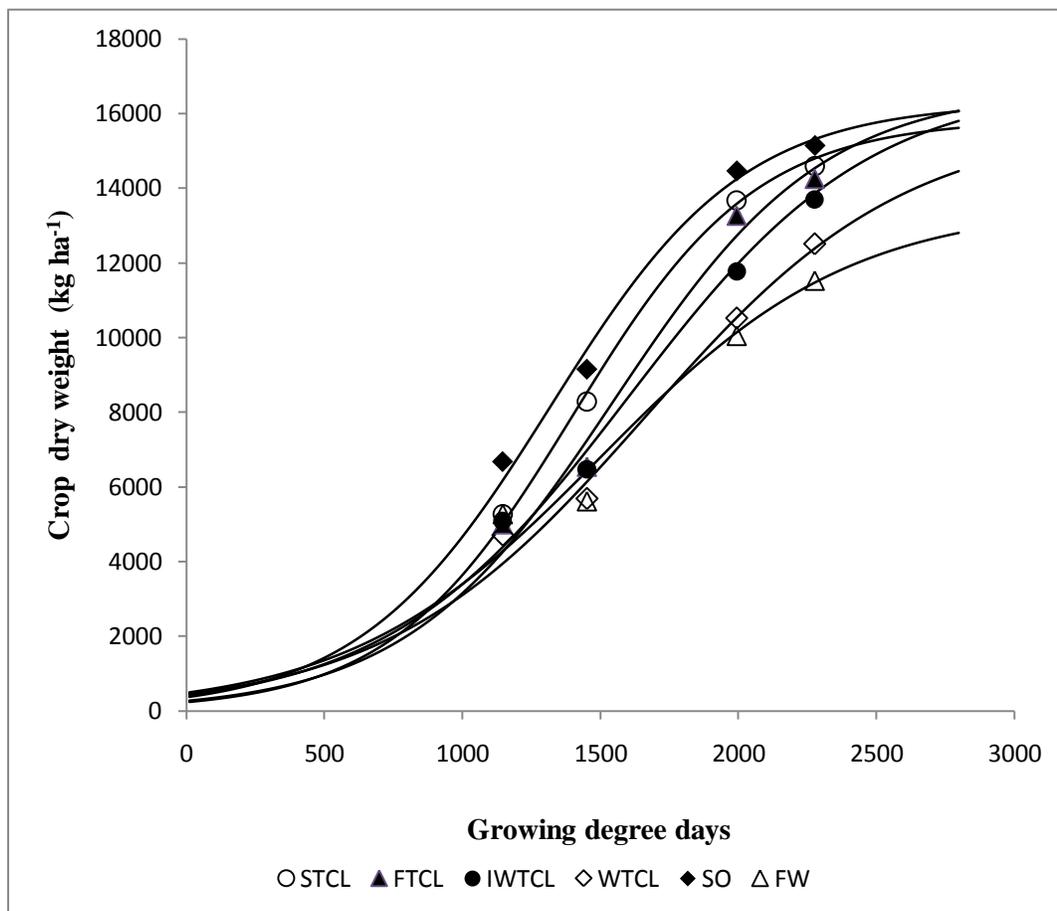


Figura 22. Patrones estimados de cambio en el peso seco del cultivo desde emergencia hasta madurez de cada uno de los seis grupos de genotipos evaluados en El Campanario en el régimen de riego óptimo. Las líneas representan las curvas logísticas asimétricas ajustadas a los valores observados.

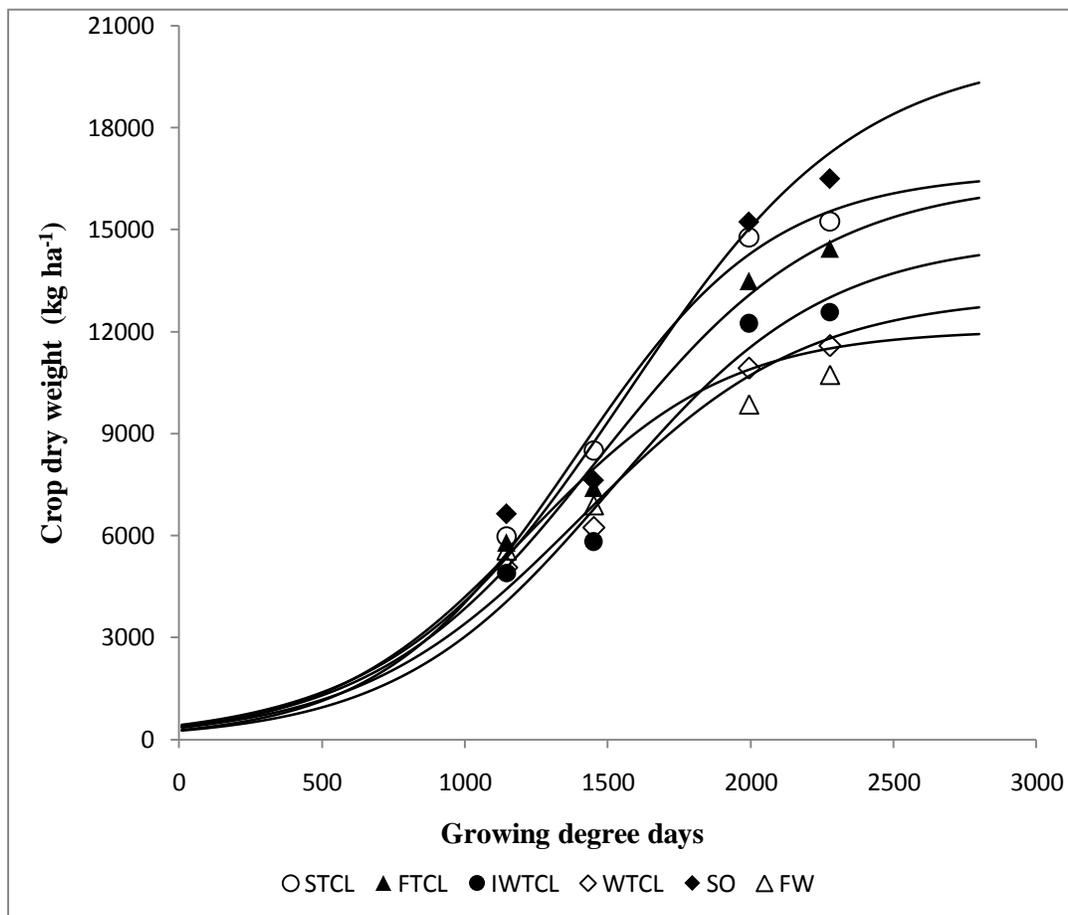


Figura 23. Patrones estimados de cambio en el peso seco del cultivo desde emergencia hasta madurez de cada uno de los seis grupos de genotipos evaluados en El Campanario en el régimen de riego sub-óptimo. Las líneas representan las curvas logísticas asimétricas ajustadas a los valores observados.

7. CONCLUSIONES

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

- El régimen de irrigación sub-óptimo no tuvo efectos negativos y significativos sobre los rendimientos de biomasa (foliar y total) de los diferentes grupos de genotipos estudiados, tanto bajo el sistema de muestreos sucesivos como bajo el manejo de cortes.
- Los triticales de hábito primaveral y facultativo y la avena registraron los mayores rendimientos de forraje seco total, tasa de acumulación de materia seca y eficiencia en el uso del agua en la localidad de El Campanario, 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 e invernales registraron los mayores rendimientos de forraje seco total acumulado, tasa de acumulación de materia seca y eficiencia en el uso del agua en la localidad de Las Vegas, por lo que resultan los tipos más adecuados cuando el objetivo es la producción de forraje bajo el sistema de cortes múltiples o pastoreos.
- Además de la selección de especies y/o hábitos de crecimiento, el déficit de irrigación, definido como la aplicación de agua en un nivel menor al del

- pleno requerimiento del cultivo (riego sub-óptimo=80%), puede ser una buena oportunidad para incrementar la eficiencia en el uso del agua (EUA) de los forrajes anuales en la cuenca lechera de la Comarca Lagunera.
- La curva logística utilizada en este estudio ha probado ser una herramienta útil en la evaluación de los efectos genotípicos y ambientales sobre la producción de biomasa en triticale. La curva integra el crecimiento de las plantas a través de todo el ciclo del cultivo y hace posible cuantificar la influencia de diferentes factores sobre las características de crecimiento en cualquier etapa fenológica. Los resultados en este estudio mostraron que las diferencias en las curvas de crecimiento se debieron principalmente a efectos genotípicos (hábitos de crecimiento).

8. LITERATURA CITADA

National Research Council. 1998. Triticale: A promising addition to the world's cereal grains. National Academy Press, Washington, D.C. 105 pp.

Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P., and Royo, C. 2002. Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot. London* 89:925–940.

Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L. and Taylor, M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yield since 1890 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci.* 94:675-689.

Blum, A., Ebercon, A. 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci.* 21:43-47.

Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Science* 218:443-448.

Cabeza, C., A. Kin and J.F. Ledent. 1993. Effect of water shortage on main shoot development and tillering of common and spelt wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 170 (4):243-250.

Collar, C., and Aksland, G. 2001. Harvest effects on yield and quality of winter forage. *Proc. 31st California Alfalfa and Forage Symposium.* Ca. U.C. Cooperative Extensión. University of California, Davis. Calif: 133-142.

CONAGUA. 2010. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego Año agrícola 2008-2009. Comisión Nacional del Agua. www.conagua.gob.mx

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.

Darroch, B.A., and R.J. Baker. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes: statistical analysis. *Crop Science* 30:525-529.

Dávila, V.R., and Estrella, M.M. 1984. Producción de semilla de zacate ballico anual (*Lolium multiflorum*). Reporte interno de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Avances de investigación 1981-1983. Saltillo, Coahuila, México.

Day, T.A. and Vogelmann, T.C. 1995. Alterations in photosynthesis and pigment distributions in pea leaves following UV-B exposure. *Physiol. Plant.* 94:433-440.

Fortis-Hernández, M., Ahlers, R., Leos-Rodríguez, J.A., y Salazar-Sosa, E. 2002. El mercado de los derechos de agua en la Comarca Lagunera. *Políticas Agrícolas* 12:103-122.

Gallagher, J. N. 1979. Field studies of cereal leaf growth: Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. *Journal of Experimental Botany* 117:625-636.

García del Moral, L.F. 1992. Leaf area, grain yield and yield components following forage removal in triticale. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 168:100-107.

García-Salazar, J., Guzmán-Soria, E., y Fortis, H. M. 2006. Demanda y distribución del agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia.* 40(2):269-276.

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.

Grzesiak, S., Grzesiak, M.T., Filek, W., Stabryła, J. 2003. Evaluation of physiological screening tests for breeding drought resistant triticale (*X Triticosecale wittmack*). *Acta Physiol. Plant.* 25:29-37.

Guzmán-Soria, E., García-Salazar, J., Mora-Flores, J., Fortis, H.M., Valdivia-Alcalá, R. y Portillo-Vázquez, M. 2006. La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia* 40:739-804.

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.

Holguín, E., Cerra, C. M., y Primitivo, G. J. 2003. Cada vez es menos: La extracción anual de agua supera las recarga. Artículo. *El Siglo de Torreón.* 12 de marzo de 2003.

Hsiao, T.C. and E. Acevedo. 1974. Plant responses to water deficits, water-use efficiency and drought resistance. *Agric. Meteorol.* 14:59-84.

INEGI-BIE (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática-Banco de Información Económica). 2005. Producto Interno Bruto: Nacional y por Entidad Federativa. Marzo. <http://www.inegi.gob.mx>.

ITEPSA. 1999. Lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico de la Región Administrativa VII "Cuencas Centrales del Norte". Capítulo 1. Marco de Referencia. Instituto Técnico de Estudios Profesionales y de Servicios. Torreón, Coahuila, México.

Kalen, D.L. and Camp, C.R. 1982. N, P and K accumulation by high-yielding irrigated maize grown on a typical Paleudult in the Southeastern U.S. Ed. Proc. 9th Intl, Plant Nutr. Colloq. Vol. 1. Warwick University, UK. Pp. 262-267

Keim, D.L. and Kronstad, W.E. 1981. Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. *Crop Sci.* 21:11-15.

Levine, G., Cruz-Galván, A., García, D., Garcés-Restrepo, C., y Johnson, S. 1998. Performance of two transferred modules in the Lagunera Region: water relations. Research Report 23. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka.

Lowe, K. F., and Bowdler, T. M. 1995. Growth, persistence, and rust sensitive of irrigated, perennial temperate grasses in the Queensland subtropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 35:517-578.

Lozano del Río, A, J. 2002. Triticales forrajeros para la Región Lagunera. *Revista Agropecuaria Laguna.* 29(6):4-5.

Lozano-del Río, A. J., Zamora-Villa, V. M., Ibarra-Jiménez, L., Rodríguez-Herrera. S. A., de la Cruz-Lázaro, E., y de la Rosa-Ibarra, M. 2009. Análisis de la interacción Genotipo-ambiente mediante el modelo AMMI y Potencial de producción de triticales forrajeros (*X Triticosecale wittm.*). *Universidad y Ciencia.* 25(31):81-92.

Lozano-del Río, A.J., Colín-Rico, M., Mergoum, M., Pfeiffer, W.H., Hede, A., and Reyes-Valdés, M.H. 2002. Registration of "TCLF-AN-31". *Triticale. Crop Sci.* 42:2215-2216.

Malhi, S.S., Johnston, A.M., Schoenau, J.J., Wang, Z.H., and Vera, C.L. 2006. Seasonal biomass accumulation and nutrient uptake of wheat, barley and oat on a Black Chernozem soil in Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.* 86:1005-1014.

Montemayor, T. J., Aguirre, A.H., Olague, R.J., López, J.R., Rivera, G. M., Preciado, R.P., Montemayor, T. I., Segura, C.M., Orozco, V.J., y Yescas, C. P. 2010. Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 1(2):145-156.

Magaña, V., Pérez, J., Vázquez, J., Carrisoza, E., y Pérez, J. 2004. Impactos del Niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Autónoma de México. Secretaría de Gobernación. 39-42 p.

Monterroso, R.A. y J.D., Gómez. 2009. Caracterización del índice de aridez en México usando dos alternativas de estimación de la evapotranspiración potencial y escenarios de cambio climático. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. 105- 108 p.

Moore, E. L. 2005. Alternative forage crops when irrigation water is limited. Drought Management Factsheet. British Columbia, Canadá. 6:1-6.

Musick, J.T. and D.A. Dusek. 1980. Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. *Agron. J.* 72:45-52.

Neal, J.S., Fulkerson, W.J., and Campbell, L.C. 2010. Differences in yield among annual forages used by the dairy industry under optimal and deficit irrigation. *Crop and Pasture Sci.* 61:625-638.

Neal, J.S., Fulkerson, W.J., and Hacker, R.B. 2010. Differences in water use efficiency among annual forages used by the dairy industry under optimum and deficit irrigation. *Agricultural Water Management.* 98:759-774.

NRC. 1989. Triticale: a promising addition o the world's cereal grains. National Research Council. Washington, DC, USA: National Academy Press.

Núñez, H.G., Contreras, F.E., Quiroga, M.H., y Faz, R. 1997. Cultivos forrajeros de invierno. En: Tercer ciclo de conferencias internacionales sobre nutrición y manejo. Grupo LALA. México.

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.

Purcell, L.C., y Currey, A. 2003. Gaining acceptance of water use efficiency framework, terms and deffinitions. *Land Water Australia, Canberra.*

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.

Royo, C. and Parés, D. 1996. Yield and quality of winter and spring triticales for forage and grain. *Grass and Forage Science.* 51:449-455.

Santivieri, F., Royo, C., and Romagosa, I. 2004. Growth and yield responses of spring and winter triticale cultivated under Mediterranean conditions. *Europ. J. Agronomy*. 20:281-292.

Sharrow, S.H. 1990. Defoliation effects on biomass yield components of winter wheat. *Canadian Journal of Plant Science*. 70:1191-1194.

Shpiler, L., and Blum, A. 1986. Differential reaction of wheat *Triticum aestivum* cultivars to hot environments. *Euphytica* 35:483-492.

Trapani, N., Gentinetta, E. 1984. Screening of maize genotypes using drought tolerance tests. *Maydica* 29:89-100.

Trethowan, R. M., van Ginkel, M., and Rajaram, S. 2002. Progress in breeding for yield and adaptation in global drought affected environments. *Crop Sci.* 42:1441–1446.

Wang, H.X., Liu, C.M., and Zhang, L. 2002. Water-saving agriculture in China: an overview. *Advances in Agronomy* 75:135–171.

Ye, C.W., Díaz, S.H., Lozano-del Río, A.J., Zamora-Villa, V.M., Ayala, O.M. 2001. Agrupamiento de germoplasma de triticale por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Téc. Pecu.* 39(1):15-29.

Zamora-Villa, V.M., Lozano-del Río, A.J., López, B. A., Reyes, V. M., Díaz, S.H., Martínez, R.J., y Fuentes, R.J. 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Téc. Pecu.* 40(3):229-242.