

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO.**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Rendimiento de Forraje Verde y Seco de tres Variedades de Triticale
(X *Triticosecale* Wittmack) de Diferente Hábito de Crecimiento bajo
Pastoreo en tres Regímenes de Riego en Cuatrociénegas, Coah.**

Por:

GLORIA LAURA NUNCIO ORTA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México. Febrero del 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Rendimiento de Forraje Verde y Seco de tres Variedades de Triticale
(X *Triticosecale* Wittmack) de Diferente Hábito de Crecimiento bajo
Pastoreo en tres Regímenes de Riego en Cuatrociénegas, Coah.

POR

GLORIA LAURA NUNCIO ORTA

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

APROBADA POR

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río
Presidente del Jurado

M.C. Sofía Comparán Sánchez
Sinodal

M.C. Andrés Rodríguez Gámez
Sinodal

M.C. Leopoldo Arce González
Suplente

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México. Febrero de 2011

DEDICATORIA

A mis papás Roberto Alejandro Nuncio Yáñez y Gloria María Orta Jaques por su gran amor, comprensión, paciencia, tolerancia e inigualable apoyo que siempre me han brindado durante el transcurso de mi vida. Por todo esto y más les doy las GRACIAS y dedico esta tesis con la cual concluyo mis estudios profesionales, teniendo la valiosa oportunidad de superarme como profesionista en el mundo laboral. Los quiero mucho.

A mi hermanito Alejandro Nuncio Orta por su cariño, alegría, y que siempre está pendiente de mí a pesar de su corta edad. Gracias Ale, te quiero mucho.

A mis tíos (as); María de Lourdes Orta Jaques, Rosa Elena Orta Jaques, María del Rosario Orta Jaques, Silvia Orta Jaques, Lucia del Socorro Nuncio Yáñez, María de Jesús Nuncio Yáñez, Ricardo Orta Jaques por haberme ayudado incondicionalmente en todo lo que estuviera a su alcance. Muchísimas gracias, los aprecio mucho.

A mi abuelita María del Socorro Yáñez Santos por su cariño, apoyo y sabios consejos que me ha dado. Te quiero y muchas gracias abuelita.

A mi novio Jesús A. Pérez Morales por demostrarme su cariño, apoyo y comprensión en todo momento. En verdad gracias, te quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque siempre está presente en mi vida iluminando mi camino y me ha permitido crecer con una gran familia.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; por ser una honorable, valiosa y muy grandiosa institución en la cual tuve la oportunidad de adquirir los conocimientos necesarios para concluir una carrera profesional y así poder enfrentarme al mundo laboral.

Al Dr. Alejandro Javier Lozano del Río, por darme la oportunidad de realizar la tesis en uno de sus tantos proyectos, por su amistad, asesoría, paciencia y comprensión que me brindó durante este tiempo.

A la MC. Sofía Comparán Sánchez, por su amistad, apoyo y consejos durante mis estudios en la universidad.

Al MC. Andrés Rodríguez Gámez, por su gran apoyo incondicional durante el tiempo que realicé mi carrera profesional.

Al MC. Leopoldo Arce González, por su apoyo al haberme dado la oportunidad de trabajar y así ayudarme con mis estudios.

A los profesores de la Universidad; entre ellos el Ing. Alberto Moyeda Dávila, Ing. Luis A. Natividad Beltrán del Río y José de Jesús Rodríguez Sahagún de los cuales tuve la oportunidad de haber aprendido de sus conocimientos y experiencia.

A mis compañeros y amigos (as) de la Universidad porque junto con ellos compartí muchos momentos de diversión y alegría; en especial a Juanita, Marely, Valeria, Adriana, Gari y Andrés. Gracias por darme su apoyo y amistad durante mi estancia en la Universidad.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCION	1
Objetivos específicos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Generalidades.....	3
Tipos de triticales.....	3
Triticales Hexaploides y Octaploides.....	4
Tipos de triticales forrajero.....	4
Producción y Calidad de forraje de triticales.....	5
Relación hoja-tallo.....	7
Otras cualidades del cultivo de triticales.....	7
Efecto del déficit de humedad sobre los cultivos.....	8
Generalidades.....	8
Nivel planta y nivel cultivo.....	9
Efectos visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad...	9
Efectos no visibles en las plantas en respuesta a déficits de humedad.	10
MATERIALES Y MÉTODOS	12
Localización del sitio experimental.....	12
Clima.....	13
Características del suelo.....	13
Desarrollo del experimento.....	14
Material genético utilizado.....	14
Preparación del terreno.....	14
Fecha y método de siembra.....	14
Fertilización.....	14
Tratamientos de riego.....	14
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	15
Tamaño de parcela experimental.....	15
Muestreos de forraje.....	15
Superficie de muestreo.....	16
Variables registradas.....	16
Diseño experimental utilizado en campo.....	16
Análisis estadísticos.....	16
Modelo estadístico de los análisis de varianza individuales por muestreo.....	17
Modelo estadístico de los análisis de varianza combinados entre muestreos.....	17
Pruebas de comparación de medias.....	18

RESULTADOS.....	19
Resultados de los análisis de varianza en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	19
Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego para cada una de las variables en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	19
Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades de cada una de las variables en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	20
Resultados de los análisis de varianza en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	21
Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego para cada una de las variables en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	21
Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades de cada una de las variables en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	22
Resultados de los análisis de varianza en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	23
Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego de cada una de las variables en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	24
Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades de cada una de las variables en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	24
Resultados de los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables estudiadas. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	25
Resultados de la prueba de comparación de medias entre muestreos para cada una de las variables en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	26
Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego para cada una de las variables en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	27

Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades de cada una de las variables en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008 - 2009.....	28
Forraje seco acumulado	29
Eficiencia en el uso del agua (EUA)	29
DISCUSIÓN	30
Patrones de producción.....	36
Evaluación pastoreos directos.....	36
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1.	Cuadro 1. Resultados de los análisis de varianza en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	19
2.	Cuadro 2. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	20
3.	Cuadro 3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	20
4.	Cuadro 4. Resultados de los análisis de varianza en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	21
5.	Cuadro 5. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009....	22
6.	Cuadro 6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	22
7.	Cuadro 7. Resultados de los análisis de varianza en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	23
8.	Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009....	24
9.	Cuadro 9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	25
10.	Cuadro 10. Resultados de los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables estudiadas. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	26
11.	Cuadro 11. Resultados de la prueba de comparación de medias entre muestreos en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	27

12. Cuadro 12. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	27
13. Cuadro 13. Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	28
14. Cuadro 14. Eficiencia en el uso del agua de las variedades de triticale utilizadas en este estudio en cada uno de los tres regímenes de riego. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras		Pág.
1.	Figura 1.- Temperaturas máximas y mínimas registradas en la localidad de Cuatrociénegas, Coah., durante el período de crecimiento del experimento. Ciclo 2008-2009.....	13
2.	Figura 2.- Rendimiento de forraje seco total ($t\ ha^{-1}$) de cada una de las variedades de triticale utilizadas en este estudio a través de los tres pastoreos en cada uno de los tratamientos de riego. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	33
3.	Figura 3.- Rendimiento de forraje seco foliar ($t\ ha^{-1}$) de cada una de las variedades de triticale utilizadas en este estudio a través de los tres pastoreos en cada uno de los tratamientos de riego. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	35
4.	Figura 4.- Porcentaje de hoja (%) de cada una de las variedades de triticale utilizadas en este estudio a través de los tres pastoreos en cada uno de los tratamientos de riego. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.....	36

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Rancho “9 de Octubre”, ubicado en el municipio de Cuatrociénegas, Coah., durante el ciclo otoño-invierno 2008-2009, con el objetivo de determinar el comportamiento de producción de forraje verde y seco de tres genotipos de triticale de diferente hábito de crecimiento en tres regímenes de riego (100, 80 y 60% de lámina) bajo el sistema de pastoreo directo. El diseño utilizado en campo fue bloques completos al azar, con un arreglo en parcelas divididas donde la parcela grande fueron los tratamientos de riego y la parcela chica fueron las variedades. Se realizaron tres pastoreos con vaquillas Holstein. Previo a cada pastoreo se realizaron 8 submuestras de forraje en cada unidad experimental. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de forraje verde, rendimiento de forraje seco de hojas, rendimiento de forraje seco de tallos, rendimiento de forraje seco total, porcentaje de hoja, forraje seco acumulado y eficiencia en el uso del agua.

Se realizaron análisis de varianza por muestreo y un análisis combinado entre muestreos. Se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey) entre tratamientos de riego, variedades y muestreos. Los resultados de los análisis de varianza por muestreo y las pruebas de comparación de medias correspondientes, demostraron que tanto para rendimiento de forraje verde como para forraje seco, se registraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; esto se debió a la diferente constitución genética de los materiales utilizados, expresada principalmente por su hábito de crecimiento (primaverales, intermedios e intermedios-invernales); que resulta en una mayor o menor capacidad de rebrote, la cual se manifestó con mayor intensidad en los materiales de hábito intermedio e intermedio-invernal, además de registrar una mayor producción de hojas y relación hoja-tallo. Con respecto a los muestreos o pastoreos, en los parámetros que miden la productividad del forraje (FV, FS Total, FS Hoja y FS Tallo), se registraron diferencias altamente significativas, siendo el muestreo 2 el que registró los mayores valores promedio en las

variables mencionadas. El porcentaje de hoja disminuyó en forma lineal a través de los sucesivos muestreos.

Con respecto a los tratamientos de riego, el rendimiento de forraje verde (FV) disminuyó en promedio en un 1 y 5% en las láminas de riego al 80 y 60%, respectivamente. El rendimiento de forraje seco total disminuyó en promedio un 3 y 8% en las láminas de riego al 80 y 60%. El rendimiento de forraje seco de hoja (FS Hoja), disminuyó en un 3 y 6% al pasar a una lámina de riego de 80 y 60%, respectivamente. Con respecto a las variedades, el genotipo de hábito intermedio-invernal AN-31P, registró rendimientos de FV, FS Total, FS Hoja y % de Hoja significativamente superiores a las variedades AN-105 y AN-125 de hábito intermedio y primaveral, respectivamente. A este respecto, la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P registró rendimientos 13 y 19% superiores de forraje verde (FV); 6 y 12% superiores de forraje seco total (FS Total); 17 y 30% superiores de forraje seco de hoja (FS Hoja), y porcentajes de hoja (% Hoja) 8 y 15% superiores en comparación con las variedades de hábito intermedio y hábito primaveral AN-105 y AN-125, respectivamente. Con respecto a la eficiencia en el uso del agua de las variedades, la cual estima la cantidad de materia seca producida por m³ totales de agua aplicada (kg MS/m³ agua/ha), la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P registró los mayores valores en los tres tratamientos de riego.

Se concluye que la disminución de la lámina de riego no afectó significativamente el comportamiento productivo de las variedades utilizadas, pudiéndose sugerir la utilización de una lámina de riego al 80% de la lámina normal, con el consiguiente mejor uso del recurso agua y la disminución en los costos de producción del forraje. De los genotipos evaluados, la variedad AN-31P mostró el mejor comportamiento productivo a través de los pastoreos, incluyendo una mayor proporción de hoja y una mayor eficiencia en el uso del agua (EUA), en comparación con las variedades de hábito intermedio y primaveral.

Palabras clave: triticale, forraje, tratamientos de riego.

INTRODUCCIÓN

En el Norte y Centro de México es muy importante la actividad ganadera bajo sistemas extensivos é intensivos. En ciertas áreas de las regiones mencionadas (Centro y Norte de Coahuila, región de Cuatrociénegas, sur de Nuevo León, todo el estado de Chihuahua), la producción de forraje presenta su punto crítico en el periodo de invierno, ya que disminuye en forma importante por efecto de las bajas temperaturas. Esta situación se presenta también en otras áreas como la Región Lagunera y el Bajío, pero en forma más benigna. Bajo manejo intensivo en estas regiones, cuando menos el 50% de la alimentación del ganado, tanto de carne como lechero, se basa en el uso de forrajes de corte, ya sea verdeado, henificado o ensilado ó bajo pastoreo directo. Existen opciones importantes para aumentar la producción durante la época mencionada, entre ellas el triticale (X *Triticosecale* Wittmack), ya que se ha confirmado, en base a información relevante que se ha generado de los diversos estudios realizados con este cultivo por el Programa de Cereales de la UAAAN en las regiones mencionadas, que representa una buena alternativa en la producción de forraje de invierno, debido a que es un cultivo de rápido crecimiento, considerable capacidad de adaptación, con mayor tolerancia al frío, buena calidad forrajera, excelente palatabilidad y mayor eficiencia de transformación de agua a materia seca en comparación con las especies tradicionalmente utilizadas, como la avena y el ballico anual.

Tomando en cuenta el potencial de las nuevas variedades forrajeras de este cultivo y las condiciones actuales para la producción agrícola en gran parte del Norte y Centro de México, donde debido al abatimiento de los acuíferos y el crecimiento urbano e industrial ya existen restricciones para cultivar especies altamente demandantes de agua como la alfalfa y el ballico anual, y que se requiere de especies alternativas con mayor eficiencia en la producción de forraje de calidad con un menor gasto de agua (Laurialt y Kirksey, 2004; Colín- Rico *et al.*, 2007; Colín-Rico *et al.*, 2009), se planteó la presente investigación con el objetivo general de determinar el comportamiento productivo de forraje bajo el sistema de pastoreo directo de

tres variedades de triticale forrajero de diferentes hábitos de crecimiento bajo tres regímenes de riego en una localidad del municipio de Cuatrociénegas, en el Estado de Coahuila, México, con los siguientes:

Objetivos específicos:

1.- Determinar el comportamiento de producción de forraje verde y seco de tres genotipos de triticale de diferente hábito de crecimiento en tres regímenes de riego en una localidad del Norte de México bajo el sistema de pastoreo directo.

2.- Determinar la eficiencia en el uso del agua de los genotipos, bajo las siguientes:

Hipótesis:

1.- Cuando menos una de las variedades de triticale produce significativamente más forraje verde y seco que las demás.

2.- Cuando menos una de las variedades presenta una mayor eficiencia en el uso del agua que las demás.

REVISIÓN DE LITERATURA

GENERALIDADES

En 1857 en Escocia, Stephen Wilson informó de la primera cruce conocida de trigo por centeno, la cual produjo una planta estéril. Años más tarde, en 1888, en Alemania, se logró producir el primer híbrido fértil de trigo por centeno, logrado por W. Rimpau (Royo, 1992).

Hasta el momento el triticales es el único cereal cultivado creado por el hombre, por eso se considera un material vegetal sintético, debido a que no es resultado de la evolución natural como los demás cereales (Royo, 1992). El triticales se obtiene del cruzamiento entre el trigo y el centeno. Para su obtención pueden utilizarse como progenitores tanto el trigo harinero (que cruzado con el centeno dará lugar a un triticales octaploide), como el trigo duro (que generará triticales hexaploides). Su nombre proviene de la primera parte de la palabra *Triticum* (género al que pertenece el trigo) y la terminación *Secale* (género al que pertenece el centeno). Se utilizó por primera vez en 1935, propuesto por el fitomejorador Austriaco Erich Tschmarck-Seysenegg, uno de los redescubridores de los trabajos de Mendel. En 1971 Baun sugirió el nombre latino genérico *Triticosecale* Wittmack, el cual es aceptado hasta ahora.

Tipos de triticales

Los híbridos obtenidos directamente de la cruce entre el trigo y el centeno se denominan “primarios” y por ser bastante pobres desde el punto de vista agronómico, hoy en día no se cultivan; es por tal razón que solo son utilizados como elementos para la obtención de otros tipos y de esta manera ampliar la diversidad genética de la especie. También existen los triticales “secundarios” los cuales se han obtenido de la cruce de triticales primarios con trigo o con otros triticales, todo esto se ha realizado con el único propósito de mejorar sus características, por tal razón la mayoría de los triticales cultivados en la actualidad son aquellos que pertenecen al grupo de los “secundarios” (Royo, 1992).

Triticales Hexaploides y Octaploides

Cuando el triticales se obtiene a partir del cruzamiento entre el trigo duro (especie tetraploide, con 28 cromosomas y fórmula genómica AABB) y el centeno (especie diploide con 14 cromosomas y fórmula genómica RR), el híbrido resultante posee un juego de cada par de genomas, A, B y R. Estos triticales casi nunca producen granos capaces de germinar, ya que el embrión suele abortar. Por eso es preciso recurrir a la técnica de poner a disposición del embrión todos aquellos nutrientes que requiera para su desarrollo; al cabo de varios días se desarrolla una planta haploide y por lo tanto estéril, a la cual se le trata con colchicina, transformándose en una planta fértil. Este es el método para la generación de los triticales hexaploides, llamados así por poseer seis veces el número básico de cromosomas de la especie (42).

Esto no ocurre cuando en el cruzamiento se utiliza trigo harinero (especie hexaploide de fórmula genómica AABBDD), no suele ser necesario el cultivo de embriones; sin embargo, dicha técnica aumenta la eficiencia del proceso. Así, de esta manera se obtienen los triticales octaploides, que poseen 56 cromosomas, ocho veces el número de la especie (Royo, 1992).

Es de esta manera como el triticales logra heredar las características más deseables del trigo harinero como: alto potencial productivo, elevado ahijamiento, altura de planta, gran número de granos por espiga, alto valor energético del grano, etc., y del centeno logra obtener características favorables tales como: rendimiento estable, gran cantidad de biomasa, tolerancia al frío y a la sequía, grano con alto contenido de lisina, etc., características que lo hacen resaltar sobre sus progenitores.

Tipos de triticales forrajero

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

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

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

Producción y calidad de forraje de triticales

Leana (2000) evaluó en dos localidades del Norte de México 35 líneas de triticales con diferentes hábitos de crecimiento, además de los testigos AN-31, AN-34 y avena Cuauhtémoc; una vez determinada la producción de forraje verde y seco a través de los dos cortes, se encontraron valores de producción de 33.14 t/ha de forraje verde para el tratamiento más rendidor superando a los tres testigos; la producción de forraje seco máxima fue de 7.12 t/ha superando a la avena en un 66.35 %.

Lozano (1990) menciona que en el período comprendido entre 1986-1989 se evaluaron diferentes líneas y/o variedades de triticales con hábito de crecimiento primaveral, intermedio y de tipo invernal en cuanto a su producción de forraje y valor nutricional. Los triticales evaluados produjeron entre 30-70 % más forraje verde y seco que el testigo comercial Eronga 83, de hábito primaveral, y entre 24-40 % más forraje total que la avena y ryegrass. Por otro lado, los análisis de valor nutricional revelaron un alto contenido de PC (>20%), así como también valores adecuados de fibra cruda y digestibilidad, concluyendo que el triticales es una alternativa real para la producción de forraje en la estación invernal en el Norte de México.

Hinojosa *et al* (2002) en el verano del 2001, realizaron una investigación en el estado de Chihuahua en donde evaluaron bajo

condiciones de temporal 8 líneas de triticale de hábito primaveral, el triticale fue comparado con el cultivo de avena Cuauhtémoc; el material fue cortado para forraje en el inicio de la etapa de llenado del grano. El triticale fue significativamente superior con respecto a la avena en producción de materia seca y presentó también una mejor calidad que el testigo. El genotipo más rendidor produjo 7.40 ton/ha de materia seca y 20.1% de proteína cruda (PC), mientras el testigo produjo 3.42 t/ha (MS) con un contenido de PC de 16.0 %.

Lozano *et al* (1998) al conducir un experimento en dos localidades del norte de México, (Matamoros y Zaragoza, Coahuila), durante el invierno de 1996-1997, evaluaron la producción de materia seca y valor nutritivo de líneas avanzadas y variedades de triticale de tipo intermedio e invernal, además de avena y ryegrass. Los resultados mostraron que en general, los genotipos de triticale de hábito intermedio-invernal e invernal fueron superiores a la avena en cuanto a producción de forraje verde, con valores entre 66.5 y 117.8 t / ha⁻¹ en la localidad de la Laguna; en Zaragoza se registraron rendimientos de forraje verde entre 46.4 y 63.4 t / ha⁻¹. La producción de forraje seco varió entre 15.2 a 25.0 t / ha⁻¹ y 8.3 a 15.0 t / ha⁻¹ en la Laguna y Zaragoza, respectivamente. Los valores de PC registrados por algunos genotipos del hábito intermedio-invernal presentaron valores superiores al 20%.

Gayosso (1989) en el ciclo agrícola comprendido entre los años de 1987-1988 evaluó cuatro líneas de triticale de hábito intermedio, además utilizó el testigo comercial Eronga 83 el cual es una variedad de hábito de crecimiento primaveral. La evaluación se realizó en tres localidades del estado de Coahuila, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre cortes y entre localidades, además de diferencias estadísticas entre genotipos, siendo las líneas de hábito intermedio superiores en producción de forraje verde y seco al testigo, encontrando valores máximos de 46.05 t/ha de forraje verde para el tratamiento más rendidor, mientras los valores más altos para producción de forraje seco fueron de 7.56 t/ha. Los valores para contenido promedio de proteína cruda fueron de 22.7 %.

Hinojosa *et al* (2002) en el periodo comprendido entre 1997-2001 llevaron a cabo una serie de experimentos en el Estado de Chihuahua, México, en donde evaluaron el potencial forrajero de líneas de triticales de hábito de crecimiento de tipo primaveral, intermedio e invernal; estas líneas fueron comparadas con avena, ryegrass, cebada, trigo y centeno, la evaluación se realizó en varias condiciones agroecológicas. Los resultados demostraron la ventaja del triticales sobre los demás cultivos forrajeros, principalmente los de hábito intermedio e intermedio-invernal, tanto en producción como en varios parámetros de calidad de forraje.

Relación hoja-tallo

Bruckner y Hanna (1990), al realizar un experimento donde evaluaron centeno, trigo rojo invernal, avena y triticales, reportan que la selección para proporción de hoja en las diferentes especies es efectiva para el mejoramiento de la calidad del forraje.

Juskiw *et al* (2000) al realizar tres estudios en campo para evaluar la productividad de cebada, avena triticales y centeno, encontraron que al avanzar la etapa fenológica de las especies estudiadas la cantidad o proporción de hojas declina y la espigas se incrementa; a través de la prueba se realizaron tres muestreos en los que se encontraron los siguientes valores: 18 % hoja, 50 % tallos, y 31 % espiga en cebada; 18 % hoja, 44 % tallo y 37 % espiga, en avena; y 22 % hoja, 43 % tallo y 35 % espigas en triticales. Concluyen que la cantidad total de biomasa y la distribución entre tallos y espigas es afectada por el genotipo; por otra parte, las prácticas de producción y la época de cosecha tienen menores efectos.

Otras cualidades del cultivo de triticales

Gibson (2002), reporta que los programas de mejoramiento iniciados en los años 50's y 60's en México, Polonia y Estados Unidos han sido exitosos en la producción de variedades modernas de triticales y que el cultivo de este trae beneficios, como el hecho de que el triticales puede incrementar la producción de otros cultivos con la rotación de estos, reduce costos, mejora la distribución de labores y uso del equipo pero sobre todo

reduce el gasto de agua; adicionalmente proporciona beneficios ambientales como el control de la erosión, mejorando el ciclo de nutrientes; también es una alternativa para prácticas de agricultura sustentable y técnicas de producción en granjas orgánicas.

Efecto del déficit de humedad sobre los cultivos

Generalidades

Los estrés abióticos reducen frecuentemente el crecimiento y la productividad de la mayoría de las especies cultivadas, entre ellas los cereales. El mayor factor que limita el rendimiento 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 productividad. 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; Slafer y Araus, 2007; Araus *et al*, 2008). Este hecho es especialmente relevante si se considera que no se espera que se incremente la superficie cultivada bajo riego, y que el deterioro del suelo que está asociado a la agricultura intensiva amenace aquellas áreas que actualmente ya tienen sistemas de riego (Araus, 2004). Por lo anterior, es imperativo 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; Condon *et al*, 2004). Se requerirán distintas estrategias para mejorar la productividad del 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). A este respecto, Chaves y Oliveira (2004), mencionan que actualmente se requiere afinar los métodos de irrigación para mejorar la eficiencia en el uso del agua, permitiendo una

mejor utilización del recurso y al mismo tiempo impactar positivamente la calidad de los productos agrícolas.

Efecto del déficit de humedad sobre los cultivos

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 fásico, crecimiento, asimilación de carbono, partición de asimilados y reproducción. Estos efectos mayores son determinantes en las variaciones del rendimiento de los cultivos causadas por el estrés de sequía. El crecimiento depende de la división y expansión celular. De estos, la expansión celular es probablemente la más sensible a los déficits de humedad, ya que depende del mantenimiento de la turgencia de las células, así como de la extensibilidad de la pared celular y otros factores. Esta menor expansión celular como respuesta al déficit de agua sirve para disminuir el uso del agua por la planta, pero al mismo tiempo lleva a una menor productividad de la misma. Si la reducción en el uso del agua por la planta no es suficiente para mantener la turgencia, disminuye además la transpiración debido al cierre de los estomas. Inicialmente, el cierre de los estomas 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 (enrollamiento de las hojas), ya que esta detiene el crecimiento o alargamiento de las células, y por lo tanto disminuye el crecimiento total de la planta (Hsiao y Acevedo, 1974; Wright *et al*, 1983; Grzesiak *et al*, 2007); induce una disminución de la altura de planta (Boyer,

1982; Thompson y Chase, 1992; Passioura *et al*, 1993); y un menor número y área de hojas, y por lo tanto del peso de las mismas (Musick y Dusek, 1980; Yegappan *et al*, 1982; Richards y Townley-Smith, 1987; Ludlow y Muchow, 1990; Taiz y Zeiger, 1991). De acuerdo a los mencionados autores, 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. Estos mismos autores mencionan que los genotipos que tienen una mayor tasa de expansión foliar deben tener una mayor probabilidad de sobrevivir bajo condiciones de sequía. Por otra parte, 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. Se ha observado por diversos autores una disminución en el número de macollos o hijuelos al someter variedades de trigo a estrés de humedad (Musick y Dusek, 1980; 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; Martiniello y Lorenzoni, 1985; Palta, 1990; Grzesiak, 2003). A este respecto, otros autores mencionan que los cambios en el estado hídrico de los tejidos de la planta ocurren pocas horas después de comenzar el déficit de humedad; sin embargo, señalan que 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 (Conroy *et al*, 1988; Day y Vogelmann, 1995; Chaves *et al*, 2002; Grzesiak, 2004; Grzesiak *et al*, 2006). Estos cambios dependen de la

especie de planta, nivel y duración del déficit de humedad, etapa de crecimiento y edad de la planta.

Por otra parte, numerosos reportes muestran la existencia de diferencias entre especies en respuesta a la sequía; sin embargo, existe relativamente poca información con respecto a diferencias entre genotipos o variedades. También, no está suficientemente explicada la variabilidad en la tolerancia a la sequía dentro de plantas que pertenecen a la misma especie. Se ha reportado que existen diferencias entre genotipos de la misma especie con respecto a su susceptibilidad al estrés de sequía en maíz (Trapani y Gentinetta, 1984; Martiniello y Lorenzoni, 1985; Grzesiak, 2001); trigo (Lorens *et al*, 1987; Winter *et al*, 1988) y triticale (Grzesiak *et al*, 2003).

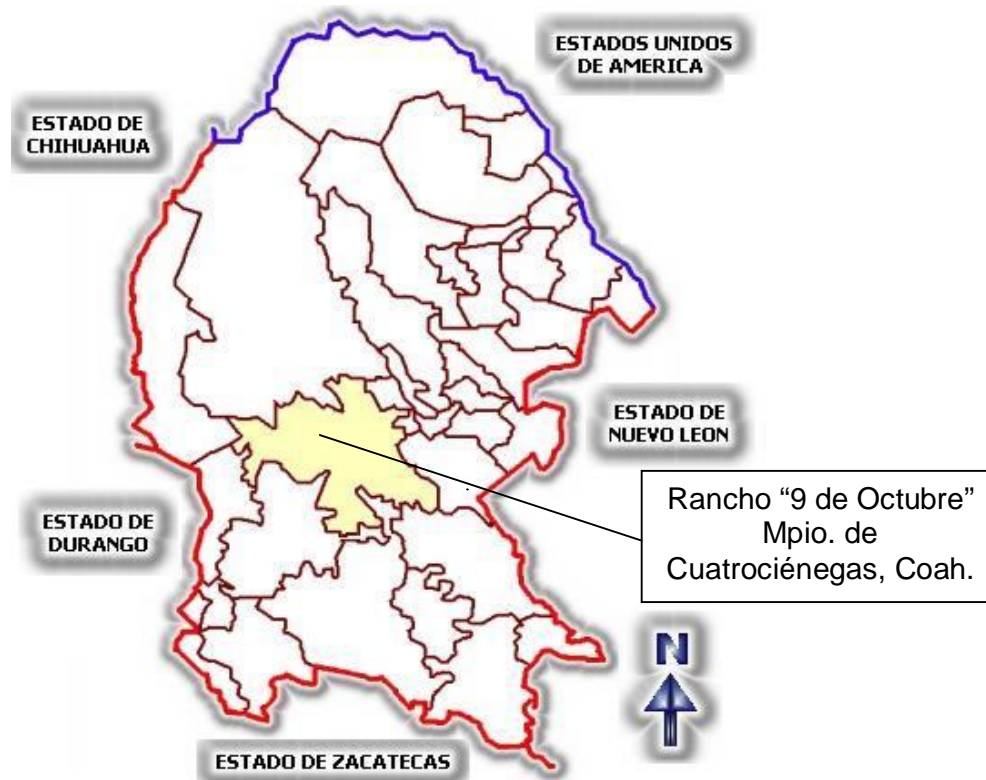
MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

La presente investigación se realizó en el Rancho “9 de Octubre”, propiedad de la empresa “Ampuero”, S.P.R. de C.L., ubicado en el municipio de Cuatrociénegas, Coah., con las siguientes características:

Rancho “9 de Octubre”

El rancho está localizado en el municipio de Cuatrociénegas, en el centro del Estado, entre las coordenadas 102° 06´ 40” longitud oeste y 27° 01´ 04” latitud norte, a una altura de 813 metros sobre el nivel del mar.



Clima

El clima en esta localidad es de subtipo seco semicálido; la temperatura media anual es de 18 a 22°C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 100 a 200 milímetros, con régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, noviembre, diciembre y enero. La frecuencia anual de heladas es de 20 a 40 días y granizadas de uno a dos días. En la Figura 1 se presentan las temperaturas máximas y mínimas registradas en esta localidad durante todo el ciclo del experimento.

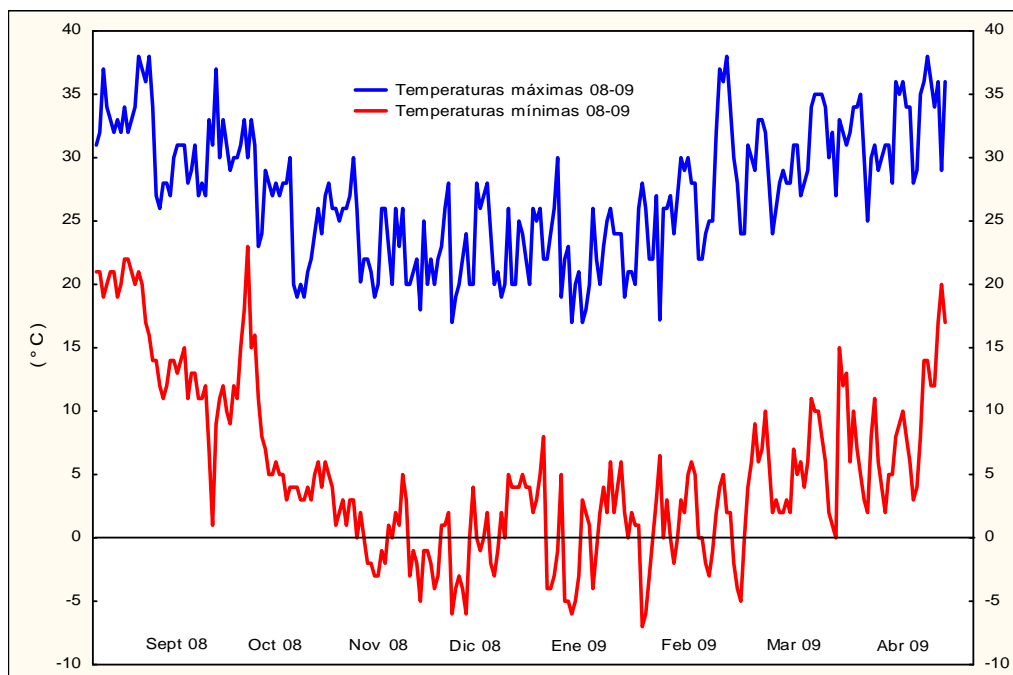


Figura 1.- Temperaturas máximas y mínimas registradas en la localidad de Cuatrociénegas, Coah., durante el período de crecimiento del experimento. 2008-2009.

Características del suelo

Los suelos del sitio experimental son de tipo Xerosol, los cuales son de color claro y pobres en materia orgánica. El subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.

DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Material genético utilizado

Se utilizaron tres variedades de triticale forrajero desarrolladas por el Programa de Cereales de la UAAAN: AN-31P, de hábito intermedio-invernal (V1); AN-105, de hábito intermedio (V2) y AN-125, de hábito primaveral (V3).

Preparación del terreno

Esta etapa consistió en la realización de labores que tradicionalmente se utilizan para la siembra de este y otros cereales en la región, esto es, barbecho, rastreo doble y nivelación.

Fecha y método de siembra

La siembra se realizó en seco el 14 de Octubre de 2008, y se regó el día siguiente. La siembra se realizó con máquina sembradora comercial, con hileras separadas a 0.18 m, a una densidad de 150 kg de semilla por ha⁻¹.

Fertilización

Esta se realizó aplicando 300 kgs. de sulfato de amonio (SA, 00-20.5-00) y 150 kgs. de fosfato monoamónico (MAP, 11-52-00), al momento de la siembra. Después de cada pastoreo se aplicaron 50 unidades de nitrógeno como SA. La dosis total de fertilización (NPK) en todo el ciclo fue 179 -78 -00.

Tratamientos de Riego

Se evaluó el rendimiento de forraje verde y seco de cada una de las tres variedades de triticale bajo tres tratamientos de riego. Estos fueron: Triego 1: lámina normal (60 cms totales, 100%); Triego 2: (48 cms totales, 80%); Triego 3: (36 cms totales, 60%). Estos se aplicaron con un sistema de

aspersión. Al inicio del establecimiento del cultivo se aplicó el riego de siembra y un sobrerriego (4.5 cms), para aflojar la costra de suelo en la totalidad del experimento; a partir del inicio del tercer riego (22/11/2008), se iniciaron los tratamientos de riego (100, 80 y 60% de la lámina normal). Se aplicó un cuarto riego con estos tratamientos previo al primer pastoreo (17/12/2008). Después del primer pastoreo, se aplicó un quinto riego con los mismos tratamientos (09/01/2009), previo al segundo pastoreo. Después del segundo pastoreo, se aplicó un sexto riego con los mismos tratamientos (100, 80 y 60% de la lámina normal), previo al tercer y último pastoreo. Los riegos con lámina (100, 80 y 60%), tuvieron una duración de 12, 9 y 6 horas, respectivamente.

Control de plagas, enfermedades y malezas.

Debido a que no se presentó incidencia de plagas y enfermedades no se realizó control de ningún tipo.

Tamaño de parcela experimental

El tamaño de cada unidad experimental fue de 8 x 75 m, dando un área de 600 m².

Muestreos de forraje

El primer muestreo previo al primer pastoreo se realizó el día 30 de Diciembre de 2008, a los 77 días después del riego de siembra (dds); el segundo muestreo previo al segundo pastoreo se realizó el día 10 de Febrero de 2009, 42 días después del primero, y el tercero y último muestreo previo al tercer pastoreo se llevó a cabo el día 20 de Marzo de 2009, 39 días después del segundo. El experimento tuvo una duración total de 158 días. Los muestreos se realizaron manualmente, con rozadera, cortando el forraje aproximadamente a 2 cm sobre la superficie del suelo. Posterior a cada muestreo, el resto del forraje fue pastoreado directamente por vaquillas Holstein.

Superficie de muestreo

Previo a cada pastoreo, en cada variedad y tratamiento de riego, se realizaron 8 submuestreos (repeticiones), cortando 1 m lineal en dos surcos internos de cada parcela, dando un área de 0.36 m²; el forraje cosechado se pesó y se empleó posteriormente para la determinación del rendimiento de forraje verde, forraje seco y de la relación hoja-tallo.

VARIABLES REGISTRADAS

- Producción de forraje verde: se determinó en cada unidad experimental y en cada muestreo, en g/parcela; el valor obtenido se transformó posteriormente a toneladas por hectárea.
- Porcentaje de hoja, porcentaje de tallo y relación hoja-tallo: se determinó separando las hojas de los tallos manualmente, secando las muestras en una estufa a 65° C por 72 horas. Se procedió a pesar por separado hojas y tallos en una balanza de precisión y se calculó su porcentaje.
- Producción de forraje seco: se determinó al sumar los pesos de hojas y tallos para cada muestra de forraje, posteriormente se transformó a producción de forraje seco en toneladas/hectárea.

Diseño experimental utilizado en campo

El diseño experimental utilizado en campo fue un bloques completos al azar bajo un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fueron los tratamientos de riego y las parcelas chicas las variedades.

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos efectuados fueron: análisis de varianza individuales por muestreo y análisis de varianza combinado entre muestreos.

Modelo estadístico de los análisis de varianza individuales por muestreo.

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + TR_j + V_k + TRV_{jk} + E_{ijk}.$$

Donde:

i = repeticiones

j = tratamientos de riego

k = variedades

Donde:

Y_{ijk} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i-ésima repetición.

TR_j = Efecto del j-ésimo tratamiento de riego.

V_k = Efecto de la k-ésima variedad.

TRV_{jk} = Interacción del j-ésimo tratamiento de riego con la k-ésima variedad

E_{ijk} = Error experimental.

Modelo estadístico de los análisis de varianza combinados entre muestreos.

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + M_j + TR_k + V_l + MTR_{jk} + MV_{jl} + TRV_{kl} + MTRV_{jkl} + E_{ijkl}.$$

Donde:

i = repeticiones

j = muestreos

k = tratamientos de riego

l = variedades

Donde:

Y_{ijkl} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i-ésima repetición.

M_j = Efecto del j-ésimo muestreo

TR_k = Efecto del j-ésimo tratamiento de riego.

V_l = Efecto de la l-ésima variedad.

MTR_{jk} = Interacción del j-ésimo muestreo con el k-ésimo tratamiento de riego.

MV_{jl} = Interacción del j-ésimo muestreo con la l-ésima variedad.

TRV_{kl} = Interacción del j-ésimo tratamiento de riego con la k-ésima variedad

$MTRV_{jkl}$ = Interacción del j-ésimo muestreo con el j-ésimo tratamiento de riego con la l-ésima variedad.

E_{ijk} = Error experimental.

Pruebas de comparación de medias

Se realizaron pruebas de comparación de medias para cada una de las variables estudiadas entre tratamientos de riego y variedades en cada muestreo, y entre muestreos, tratamientos de riego y variedades en el análisis combinado, 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 exactitud 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 y Statistica 6.1

RESULTADOS

Resultados de los análisis de varianza en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

El Cuadro 1 presenta los resultados de los análisis de varianza del primer muestreo donde las fuentes de variación Triego y Rep*Triego no presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas; sin embargo, en la fuente de variación Variedades (Var), se registraron diferencias altamente significativas en las variables Forraje Seco de Tallo (FSTallo) y % de Hoja. Se registró interacción significativa Triego * Var sólo en la variable FS Hoja. Los coeficientes de variación en este muestreo oscilaron entre 7.8 y 47.8%.

Cuadro 1. Resultados de los análisis de varianza en el primer muestreo.
Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Fuente de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
Triego	2	34.04 ns	0.795 ns	0.102 ns	0.069 ns	8.05 ns
Rep * Triego	21	24.03 ns	0.409 ns	0.304 ns	0.057 ns	38.34 ns
Var	2	57.86 ns	1.63 ns	0.286 ns	1.059 **	1031.77 **
TRiego * Var	4	62.86 ns	1.30 ns	0.997 *	0.128 ns	51.12 ns
Error	42	29.58	0.527	0.364	0.054	40.33
CV %		29.6	25.5	30.1	47.8	7.8
Media		18.327	2.837	2.005	0.487	81.1

ns,* , **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente. CV=coeficiente de variación.

Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego para cada una de las variables en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

El Cuadro 2 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre Tratamientos de Riego, donde se observa que no se registraron diferencias estadísticas en ninguna de las variables. Sin embargo, en todas las variables, excepto en % Hoja, los valores registraron

una disminución gradual al reducirse la lámina de riego (100% > 80% >60%), indicando así el efecto detrimental del déficit de humedad sobre el rendimiento de forraje de las variedades.

Cuadro 2. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Tratamientos de riego	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1 (100%)	19.317 a	3.016 a	2.080 a	0.547 a	81.1 a
2 (80%)	18.661 a	2.844 a	1.974 a	0.474 a	80.5 a
3 (60%)	17.006 a	2.652 a	1.961 a	0.441 a	81.6 a
DMS	3.814	0.509	0.423	0.163	

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

Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades de cada una de las variables en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Los resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en este muestreo (Cuadro 3), indicaron que independientemente de la no significancia encontrada en las variables FV y FS Total, la variedad 3 (AN-125) de hábito primaveral registró valores biológicamente superiores al de las variedades de hábito intermedio (AN-105) e intermedio-invernal (AN-31P). Esta misma variedad rindió significativamente más FS Tallo y registró menor % Hoja que las otras variedades.

Cuadro 3. Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en el primer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Variedades	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1 AN-31P	18.458 a	2.752 a	2.105 a	0.336 b	86.5 a
2 AN-105	16.714 a	2.630 a	1.888 a	0.400 b	83.0 a
3 AN-125	19.811 a	3.130 a	2.022 a	0.727 a	73.8 b
DMS	3.814	0.509	0.423	0.163	4.454

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

**Resultados de los análisis de varianza en el segundo muestreo.
Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.**

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los análisis de varianza del segundo muestreo donde se observa que las fuentes de variación Triego, Rep * Triego y la interacción Triego * Var no registraron diferencias significativas para ninguna de las variables estudiadas. Se registraron diferencias altamente significativas entre variedades (Var) para todas las variables estudiadas, excepto en FS Total, que solo fue significativa. Los coeficientes de variación en este muestreo oscilaron entre 11.2 y 44.1%.

**Cuadro 4. Resultados de los análisis de varianza en el segundo muestreo.
Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.**

Fuente de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
Triego	2	6.63 ns	0.550 ns	0.665 ns	0.029 ns	28.23 ns
Rep * Triego	21	15.15 ns	0.608 ns	0.476 ns	0.097 ns	46.38 ns
Var	2	192.45 **	4.116 *	4.345 **	0.897 **	797.66 **
Triego * Var	4	26.71 ns	1.330 ns	1.475 ns	0.103 ns	112.61 ns
Error	42	30.70	1.014	0.819	0.126	73.03
CV %		34.6	28.0	34.7	44.1	11.2
Media		16.005	3.595	2.602	0.804	75.8

ns, *, **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente. CV=coeficiente de variación.

**Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego para cada una de las variables en el segundo muestreo.
Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.**

El Cuadro 5 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias entre Tratamientos de Riego, donde se observa que no se registraron diferencias estadísticas en ninguna de las variables. Sin embargo, en las variables FS Total y FS Hoja, y en forma similar a lo observado en el primer muestreo, sus valores registraron una disminución

gradual al reducirse la lámina de riego (100% > 80% >60%), indicando así el efecto detrimental del déficit de humedad sobre el rendimiento de forraje de las variedades. Por otra parte, en las variables FV, FS Tallo y % Hoja, no se observaron tendencias definidas al disminuir la lámina de riego.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Tratamientos de riego	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1 (100%)	16.456 a	3.769 a	2.786 a	0.766 a	76.9 a
2 (80%)	15.428 a	3.522 a	2.561 a	0.836 a	74.8 a
3 (60%)	16.133 a	3.494 a	2.461 a	0.811 a	75.7 a
DMS	3.885	0.706	0.635	0.249	5.9

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

Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades de cada una de las variables en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades. Los genotipos de hábito intermedio e intermedio-invernal (V1 y V2), registraron rendimientos de FV, FS Total y FS Hoja significativamente superiores a la variedad de hábito primaveral AN-125. Las variedades 2 y 3 (AN-105 y AN-125), registraron un mayor rendimiento de FS Tallo que la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P.

Cuadro 6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en el segundo muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Variedades	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1 AN-31P	17.514 a	3.772 ab	2.975 a	0.594 b	82.4 a
2 AN-105	17.764 a	3.891 a	2.694 ab	0.975 a	73.4 b
3 AN-125	12.739 b	3.122 b	2.138 b	0.844 a	71.6 b
DMS	3.885	0.706	0.635	0.249	5.9

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

**Resultados de los análisis de varianza en el tercer muestreo.
Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.**

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de los análisis de varianza en el tercer muestreo para las variables estudiadas, donde se observa que no se registraron diferencias estadísticas en las fuentes de variación Triego, Rep * Triego y la interacción Triego * Var para ninguna de las variables, indicando que las diferencias en la lámina de riego aplicada (Triego), no afectaron en forma significativa el comportamiento productivo de las variedades utilizadas en este estudio. Por otra parte, la no significancia encontrada en la interacción Triego * Var indicó que las variedades no se comportaron de forma diferente al ser cultivadas en distintos regímenes de riego. Entre las variedades (Var), se registraron diferencias altamente significativas en las variables FV, FS Total y FS Hoja, indicando la diferencia en productividad de las mismas en este muestreo. Los coeficientes de variación oscilaron entre 17.2 y 43.6%.

Cuadro 7. Resultados de los análisis de varianza en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Fuente de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
Triego	2	11.66 ns	0.282 ns	0.277 ns	0.192 ns	137.6 ns
Rep * Triego	21	8.78 ns	0.487 ns	0.274 ns	0.086 ns	112.2 ns
Var	2	142.84 **	3.727 **	3.205 **	0.006 ns	418.6 ns
TRiego * Var	4	2.12 ns	0.161 ns	0.325 ns	0.028 ns	104.4 ns
Error	42	5.72	0.251	0.222	0.079	144.8
CV %		27.6	23.3	30.8	43.6	17.2
Media		8.658	2.143	1.529	0.645	69.7

ns, *, **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente. CV=coeficiente de variación.

Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego de cada una de las variables en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

El Cuadro 8 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias de las variables estudiadas entre los Tratamientos de Riego, observándose que no se registraron diferencias estadísticas en las variables de productividad en las diferentes láminas de riego; sin embargo, aunque no fue estadísticamente diferente, el tratamiento de riego al 80% de la lámina normal (2), registró los mayores valores biológicos de productividad en FV, FS Total, FS Hoja y FS Tallo, indicando en forma preliminar que la disminución de la lámina de riego en un 20% no afectó en forma significativa la productividad de las variedades en estudio en comparación con la lámina de riego normal (100%).

Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Tratamientos de riego	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1 (100%)	8.097 a	2.102 a	1.405 a	0.658 a	67.9 a
2 (80%)	9.438 a	2.266 a	1.594 a	0.727 a	68.8 a
3 (60%)	8.438 a	2.060 a	1.588 a	0.550 a	72.4 a
DMS	1.678	0.351	0.330	0.197	8.4

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

Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades de cada una de las variables en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

El Cuadro 9 presenta los resultados de la prueba de comparación de medias entre las variedades, observándose que la variedad 1, de hábito intermedio-invernal (AN-31P) registró superioridad estadística sobre las otras dos variedades en las variables de productividad FV, FS Total y FS Hoja. Por otra parte, esta misma variedad registró valores mayores al resto de las

variedades en las variables FS Tallo y % Hoja, aunque no fueron estadísticamente significativos.

Cuadro 9. Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en el tercer muestreo. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Variedades	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1 AN-31P	11.469 a	2.584 a	1.938 a	0.663 a	74.3 a
2 AN-105	7.411 b	2.018 b	1.413 b	0.633 a	68.5 a
3 AN-125	7.094 b	1.826 b	1.236 b	0.638 a	66.2 a
DMS	1.678	0.351	0.330	0.197	8.4

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

Resultados de los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables estudiadas. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

El Cuadro 10 presenta los resultados de los análisis de varianza combinados para cada una de las variables estudiadas, observándose diferencias altamente significativas para todas las variables en la fuente de variación Muestreos, indicando que se registraron diferencias importantes en la productividad de los genotipos en general al pasar de un muestreo (pastoreo) a otro. Otro aspecto importante registrado en este análisis es que no se registraron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos de riego (Triego) en ninguna de las variables de productividad, indicando en forma preliminar que la disminución en la lámina de riego no afectó en forma significativa el comportamiento productivo de los genotipos. Por otra parte, se registraron diferencias altamente significativas entre las variedades en todas las variables, excepto FS Total, que fue solo significativa, indicando que existen diferencias entre las mismas con respecto al potencial de productividad bajo el sistema de pastoreos múltiples. Asimismo, las variedades mostraron un comportamiento diferencial al pasar de un muestreo o pastoreo a otro, indicado por la interacción significativa muestreo * variedad (M * Var). La triple interacción M * Triego * Var, resultó

significativa sólo para las variables FS Total y FS Hoja. Los coeficientes de variación oscilaron entre 12.2 y 46.1%.

Cuadro 10. Resultados de los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables estudiadas. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Fuente de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
Muestreos	2	1834.4 **	37.9 **	20.8 **	1.80 **	2337.3 **
Rep * Muest	21	18.4 ns	0.622 ns	0.395 ns	0.50 ns	24.7 ns
Triego	2	12.2 ns	0.946 ns	0.136 ns	0.118 ns	68.4 ns
Var	2	128.8 **	2.13 *	5.38 **	0.790 **	2010.1 **
M * Triego	4	20.0 ns	0.341 ns	0.454 ns	0.086 ns	52.7 ns
M * Var	4	132.1 **	3.671 **	1.22 *	0.586 **	118.9 ns
Triego * Var	4	22.6 ns	0.558 ns	0.656 ns	0.095 ns	90.4 ns
M * Triego * Var	8	34.5 ns	1.118 *	1.07 *	0.082 ns	88.8 ns
Error	168	20.1	0.558	0.434	0.088	86.0
CV %		31.3	26.1	32.2	46.1	12.2
Media		14.330	2.858	2.045	0.645	75.5

ns, *, **: no significativo y significativo al 5 y 1% de probabilidad respectivamente. CV=coeficiente de variación

Resultados de la prueba de comparación de medias entre muestreos para cada una de las variables en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

En el Cuadro 11 se presentan los resultados de las pruebas de comparación de medias entre los muestreos. En los parámetros que miden la productividad del forraje (FV, FS Total, FS Hoja y FS Tallo), se registraron diferencias altamente significativas, siendo el muestreo 2 el que registró los mayores valores promedio en las variables mencionadas. El porcentaje de hoja disminuyó en forma lineal a través de los sucesivos muestreos.

Cuadro 11. Resultados de la prueba de comparación de medias entre muestreos en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Muestreos	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1	18.327 a	2.838 b	2.005 b	0.487 c	81.1 a
2	16.005 b	3.595 a	2.602 a	0.804 a	75.8 b
3	8.658 c	2.143 c	1.529 c	0.645 b	69.7 c
DMS	1.771	0.294	0.259	0.117	3.6

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

Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego para cada una de las variables en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

En el Cuadro 12 se observan los resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego del análisis combinado. Independientemente de no registrarse diferencias estadísticas entre los mismos en ninguna de las variables en estudio, se observó una tendencia de disminución de los valores de FV, FS Total y FS Hoja al disminuir la lámina de riego aplicada. Así, el rendimiento de forraje verde (FV) disminuyó en promedio en un 1 y 5% en las láminas de riego al 80 y 60%, respectivamente. El rendimiento de forraje seco total disminuyó en promedio un 3 y 8% en las láminas de riego al 80 y 60%. El rendimiento de forraje seco de hoja (FS Hoja), disminuyó en un 3 y 6% al pasar a una lámina de riego de 80 y 60%, respectivamente.

Cuadro 12. Resultados de la prueba de comparación de medias entre tratamientos de riego en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Tratamientos de riego	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1 (100%)	14.623 a	2.962 a	2.090 a	0.657 a	75.3 a
2 (80%)	14.509 a	2.877 a	2.043 a	0.679 a	74.7 a
3 (60%)	13.859 a	2.736 a	2.003 a	0.600 a	76.6 a
DMS	1.771	0.294	0.259	0.117	3.6

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

Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades de cada una de las variables en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

El Cuadro 13 presenta los resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades del análisis combinado, donde se observa que en promedio de los tres muestreos, la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P, registró rendimientos de FV, FS Total, FS Hoja y % de Hoja significativamente superiores a las variedades AN-105 y AN-125 de hábito intermedio y primaveral, respectivamente. A este respecto, la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P registró rendimientos 13 y 19% superiores de forraje verde (FV); 6 y 12% superiores de forraje seco total (FS Total); 17 y 30% superiores de forraje seco de hoja (FS Hoja), y porcentajes de hoja (% Hoja) 8 y 15% superiores en comparación con las variedades de hábito intermedio y hábito primaveral AN-105 y AN-125, respectivamente. Por otra parte, esta misma variedad registró rendimientos de forraje seco de tallo (FS Tallo) significativamente inferiores (25 y 38%) a los registrados por las variedades de hábito intermedio (AN-105) y primaveral (AN-125), respectivamente.

Cuadro 13. Resultados de la prueba de comparación de medias entre variedades en el análisis combinado. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Variedades	FV (t/ha ⁻¹)	FS Total (t/ha ⁻¹)	FS Hoja (t/ha ⁻¹)	FS Tallo (t/ha ⁻¹)	% Hoja
1 AN-31P	15.813 a	3.036 a	2.339 a	0.531 b	81.1 a
2 AN-105	13.962 b	2.847 ab	1.999 b	0.669 a	75.0 b
3 AN-125	13.214 b	2.693 b	1.799 b	0.737 a	70.5 c
DMS	1.771	0.294	0.259	0.117	3.6

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

Forraje seco acumulado

El rendimiento de forraje seco acumulado a través de los tres pastoreos fue el siguiente: la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P acumuló 9.958, 8.975 y 8.393 t ha⁻¹ en los tratamientos de riego 1 (100%), 2

(80%) y 3 (60%), respectivamente. la variedad de hábito intermedio AN-105 acumuló 8.362, 8.887 y 8.378 t ha⁻¹ en los tratamientos de riego 1 (100%), 2 (80%) y 3 (60%), respectivamente. La variedad de hábito primaveral AN-125 acumuló 8.341, 8.042 y 7.850 t ha⁻¹ en los tratamientos de riego 1 (100%), 2 (80%) y 3 (60%), respectivamente. A este respecto, la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P disminuyó comparativamente su rendimiento a un 90.1 y 84.2%, al pasar del riego normal (100% de lámina de riego) al riego al 80% y 60% de la lámina normal, respectivamente. Por su parte, la variedad de hábito intermedio AN-105 incrementó su rendimiento de forraje seco total (FS Total) a un 106.2 y 100.1% al pasar del riego normal (100% de lámina de riego) al riego al 80% y 60% de la lámina normal, respectivamente. La variedad de hábito primaveral AN-125 disminuyó comparativamente su rendimiento a un 96.4 y 94.1%, al pasar del riego normal (100% de lámina de riego) al riego al 80% y 60% de la lámina normal, respectivamente.

Eficiencia en el uso del agua (EUA).

Con respecto a este parámetro (Cuadro 14), el cual estima la cantidad de materia seca producida por m³ totales de agua aplicada (kg MS/m³ agua/ha), y que de esta forma identifica los genotipos que son fisiológicamente más eficientes en transformar el agua a materia seca, se registraron los siguientes resultados:

Cuadro 14. Eficiencia en el uso del agua de las variedades de triticale utilizadas en este estudio en cada uno de los tres regímenes de riego. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Variedades	Eficiencia en el uso del agua (kg de MS/m ³ / ha ⁻¹)		
	T Riego 100% (5944 m ³ / ha)	Triego 80% (4846 m ³ / ha)	Triego 60% (3749 m ³ / ha)
1 AN-31P	1.675	1.852	2.238
2 AN-105	1.406	1.833	2.234
3 AN-125	1.403	1.659	2.093

DISCUSIÓN

Los resultados registrados en los análisis de varianza combinados entre muestreos para las variables de producción evaluadas en este estudio indicaron diferencias altamente significativas entre los mismos. A este respecto, es importante señalar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento de las plantas y particularmente, sobre los genotipos evaluados. En esta localidad, la alta frecuencia de temperaturas menores a 0° C durante el período previo al primer pastoreo incidieron en una menor tasa de acumulación de materia seca de las variedades. Para el segundo muestreo o pastoreo, el aumento gradual de las temperaturas, además de la capacidad de rebrote de los genotipos, particularmente de las variedades de hábito intermedio-invernal e intermedio (AN-31P y AN-105), propició una mayor acumulación de materia seca de las variedades (Cuadro 11, Figura 2). Para el tercer muestreo, la disminución en la capacidad de rebrote de los genotipos después de dos cosechas sucesivas llevó a un rendimiento promedio de forraje seco significativamente menor que el de los pastoreos previos (Figura 2).

Los resultados de los análisis de varianza combinados entre tratamientos de riego (Cuadro 12, Figura 2), demostraron que en promedio de los muestreos y variedades, las variables de producción de forraje (FV, FS Total y FS Hoja), tendieron a disminuir al aumentar la deficiencia de humedad, sin embargo, estas no fueron estadísticamente significativas. A este respecto, los resultados encontrados en este estudio concuerdan con lo reportado por Trethowan *et al* (2002), Araus *et al* (2002), Slafer y Araus (2007) y Araus *et al* (2008), los cuales mencionan que las deficiencias de humedad durante cualquier etapa del desarrollo de las plantas disminuyen su crecimiento y por lo tanto, su productividad. Sin embargo, en este estudio, la no significancia registrada entre los tratamientos de riego permiten sugerir una disminución en la lámina de riego a aplicar sin detrimento significativo en los rendimientos, concordando por lo señalado por Hamdy *et al* (2003), Condon *et a*, (2004), Wang *et al* (2002) y Chaves y Oliveira (2004), que

mencionan que se requiere afinar los métodos de irrigación para mejorar la eficiencia en el uso del agua, permitiendo una mejor utilización del recurso y al mismo tiempo impactar positivamente la calidad de los productos agrícolas.

Los resultados de los análisis combinados entre variedades (Cuadro 13, Figura 2), demostraron que en promedio de los muestreos y los tratamientos de riego, la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P, rindió significativamente más forraje verde y mayor forraje seco de hoja que las variedades de hábito intermedio (AN-105) y primaveral (AN-125). Con respecto al forraje seco total acumulado, esta misma variedad fue estadísticamente igual a la variedad intermedia AN-105, aunque biológicamente registró un mayor rendimiento. Los resultados de la eficiencia del uso del agua de las variedades en este estudio confirman lo mencionado anteriormente, ya que la variedad de hábito intermedio-invernal AN-31P registró los mayores valores en la capacidad de producir materia seca por volumen de agua aplicada (Cuadro 14), en comparación con las variedades de hábito intermedio y primaveral, en cada uno de los tratamientos de riego. Lo anterior concuerda con lo mencionado por Trapani y Gentinetta (1984), Martiniello y Lorenzoni (1985), Grzesiak (2001), Lorens *et al* (1987), Winter *et al* (1988) y Grzesiak *et al* (2003), que reportan diferencias entre variedades de la misma especie con respecto a su susceptibilidad al estrés de sequía en maíz, trigo y triticale.

Por otra parte, Yegappan *et al* (1982), Ludlow y Muchow (1990), Musick y Dusek (1980), Taiz y Zeiger (1991) y Richards y Townley-Smith (1987), mencionan que 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. Estos mismos autores mencionan que los genotipos que tienen una mayor tasa de expansión foliar (mayor área y peso de hojas), deben tener una mayor probabilidad de sobrevivir bajo condiciones de

sequía. Asimismo, 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. Se ha observado por diversos autores una disminución en el número de macollos o hijuelos al someter variedades de trigo a estrés de humedad (Musick y Dusek, 1980; Keim y Kronstad, 1981; Cabeza *et al*, 1993). A este respecto, la superioridad de producción mostrada por el genotipo AN-31P también se debió a que registró un mayor crecimiento foliar y una mayor capacidad de amacollamiento (dato no medido) en comparación con las dos variedades restantes (Figuras 3 y 4).

Los resultados anteriores se debieron en parte a la diferente constitución genética de los materiales utilizados, expresada principalmente por su hábito de crecimiento (primaverales, intermedios e intermedios-invernales), que resulta en una mayor o menor capacidad de rebrote, la cual se manifestó con mayor intensidad en los materiales de hábito intermedio e intermedio-invernal, además de registrar una mayor producción de hojas y relación hoja-tallo, concordando con lo reportado por Lozano del Río (2002), Morales (2003), Alfaro (2008) y Ruiz Machuca (2010), que al evaluar materiales de triticales de diferentes hábitos de crecimiento encontraron que los tipos intermedios e intermedios-invernales presentan los mayores rendimientos bajo el sistema de cortes o pastoreos múltiples. Por otra parte, para el tercer corte o pastoreo, el tratamiento de tipo intermedio-invernal demostró tener mayor capacidad de rebrote que los de hábito intermedio y primaveral; aunque tanto la cantidad de forraje verde como el seco disminuyeron del segundo al tercer muestreo, se obtuvieron adecuados rendimientos de ambos (Figuras 2 y 3).

Los resultados encontrados también coinciden con lo reportado por Barnett y Stanley (1975) y Brown y Almodares (1976) para producción de forraje seco. Leana (2000) reporta datos similares tanto para la producción de forraje verde como seco al evaluar genotipos de triticales con hábito de crecimiento primaveral, intermedio e intermedio-invernal; dentro de los materiales testigos utilizó la avena Cuauhtémoc, la cual fue superada en

producción global por una línea de triticale de hábito intermedio-invernal en 65.0% para forraje verde y para forraje seco en 66.3%.

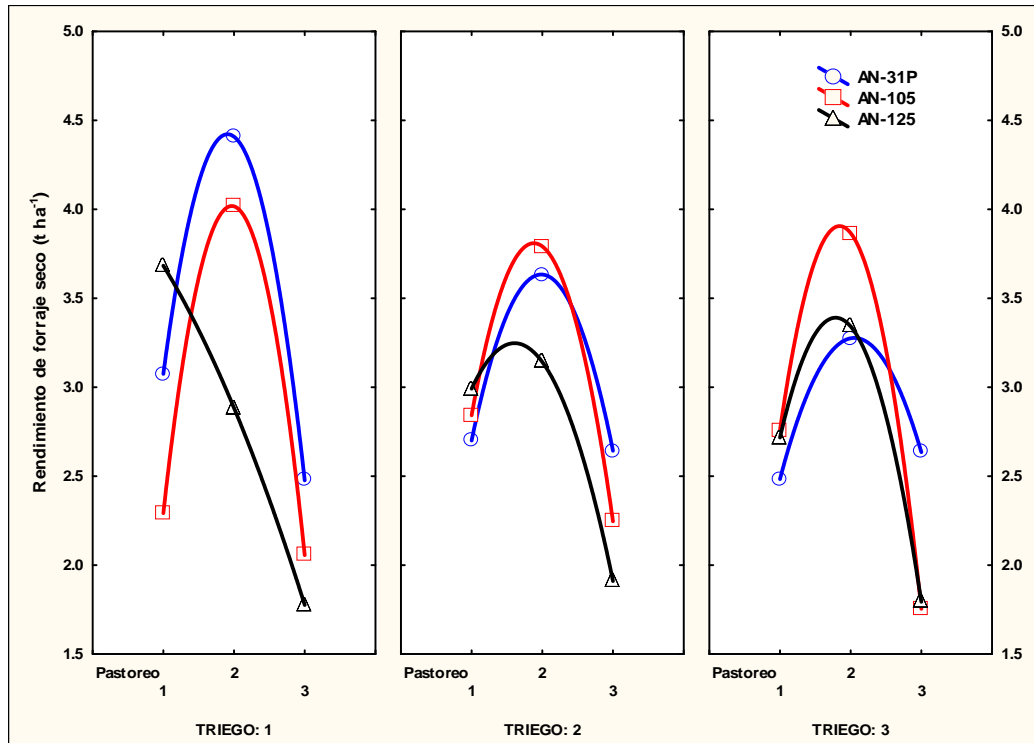


Figura 2.- Rendimiento de forraje seco total ($t\ ha^{-1}$) de cada una de las variedades de triticale utilizadas en este estudio a través de los tres pastoreos en cada uno de los tratamientos de riego. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Lozano *et al* (1998), reportó valores similares a los encontrados en este trabajo para producción de forraje tanto verde como seco, en un estudio realizado en dos localidades del norte de México, (Matamoros y Zaragoza, Coahuila). Por el contrario, Gayosso (1989), evaluó genotipos de hábito intermedio en tres ambientes del norte de México, donde reportó rendimientos muy inferiores de forraje verde y seco en comparación a los obtenidos en este experimento, esto tal vez se debió a factores medioambientales, fertilización y altura del lugar donde se llevó a cabo el experimento. También, los resultados de este estudio difieren de los reportados por Fraustro (1992), que reportó valores de producción inferiores a los encontrados en este trabajo; en su estudio, utilizó líneas y variedades

de triticales de hábito intermedio e invernal diferentes a las de esta investigación.

Con respecto a la variable % de hoja, la cual está directamente relacionada con la relación hoja-tallo, existe poca información referente a este parámetro, al menos para triticales. Juskiw *et al.* (2000) reportaron valores de proporción de hoja en triticales superiores a la avena y valores similares para la cantidad de tallo en ambas especies. Lozano *et al.* (1998), Morales (2003), Alfaro (2008) y Ruiz (2010), reportaron una mayor relación hoja-tallo para los tipos intermedios-invernales e invernales al comparar genotipos de triticales de tres hábitos de crecimiento diferentes. Esta característica es muy importante, ya que de esto depende una buena calidad del forraje, porque en las hojas se encuentra un mayor contenido de proteína cruda en comparación con los tallos; al menos así se confirma para otras especies donde se ha investigado más este parámetro (Bruckner y Hanna, 1990); así pues, los trabajos de mejoramiento se deben enfocar, además de la mejora en características de producción y resistencia a enfermedades, a incrementar la cantidad de hoja en los nuevos genotipos, lo que puede aumentar significativamente el valor nutritivo de los materiales (Figura 4). También, en este estudio, la tendencia de los materiales a disminuir su proporción de hojas y aumentar la de tallos, concuerda con Juskiw (2000), ya que encontró resultados similares a los de esta investigación, donde reportó que la proporción de hojas disminuye durante el desarrollo de la planta, mientras que el porcentaje de tallos y espigas se incrementa (Figura 4).

En cuanto al potencial productivo de las diferentes variedades de triticales utilizadas en este estudio bajo pastoreo directo, los resultados de este experimento coinciden con lo señalado por Lozano (2002), Alfaro (2008) y Ruiz (2010), ya que reportan que los mejores materiales para pastoreo directo son los de hábito intermedio-invernal por su alta capacidad de rebrote, alta calidad nutritiva, con adecuados rendimientos de forraje seco en etapas tempranas en su desarrollo (encañe) y una mayor producción de

hojas en relación a tallos, que los triticales primaverales y facultativos, avenas y trigos, e inclusive que los triticales de hábito netamente invernal, los cuales presentan un desarrollo muy lento al inicio del ciclo de producción, lo cual es un inconveniente en explotaciones comerciales durante el invierno en el Norte de México, donde se requieren fuentes de suficiente forraje durante la época crítica invernal.

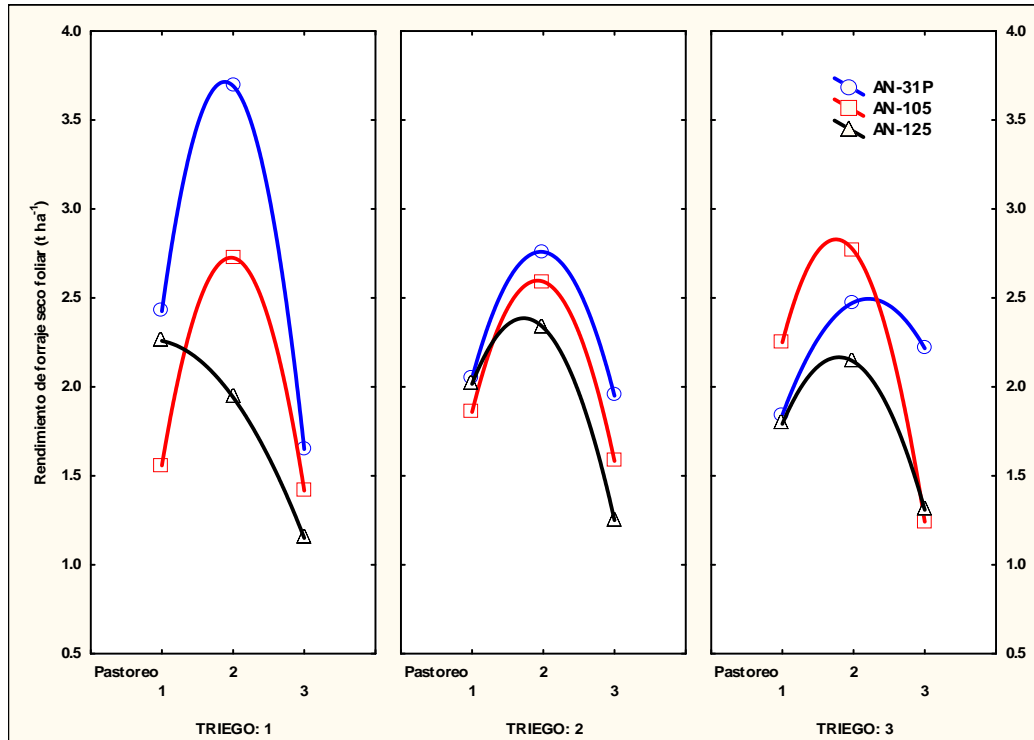


Figura 3.- Rendimiento de forraje seco foliar ($t\ ha^{-1}$) de cada una de las variedades de triticale utilizadas en este estudio a través de los tres pastoreos en cada uno de los tratamientos de riego. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

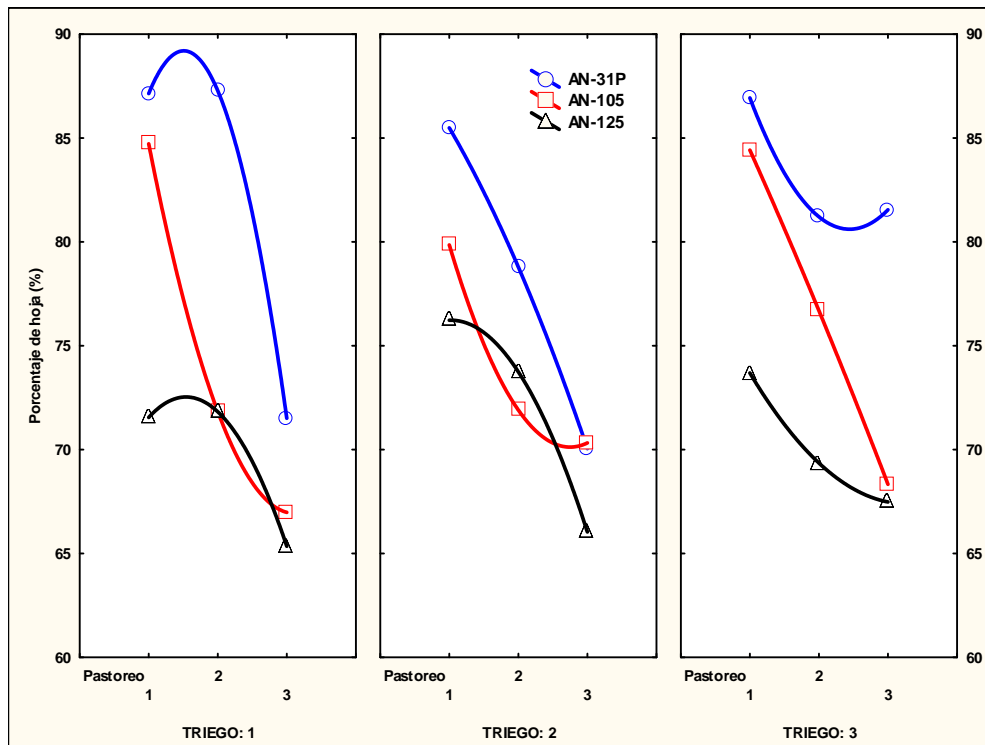


Figura 4.- Porcentaje de hoja (%) de cada una de las variedades de triticale utilizadas en este estudio a través de los tres pastoreos en cada uno de los tratamientos de riego. Cuatrociénegas, Coah. Ciclo 2008-2009.

Patrones de producción

Evaluación por pastoreos directos.

En este estudio, se observaron las siguientes tendencias: al primer pastoreo, el mayor desarrollo y crecimiento lo registró la variedad de hábito primaveral AN-125, otorgándole una pequeña ventaja en producción de FV y FS en comparación con los genotipos de hábito de crecimiento más tardío, (AN-105 y AN-31P), que son de crecimiento más lento al inicio de su ciclo (Figura 1). Con relación al porcentaje de hoja (% Hoja), los valores fueron mayores en el tipo intermedio-invernal > intermedio > primaveral. Después del primer pastoreo y al realizar el muestreo previo al segundo pastoreo, se observó que los tratamientos más tardíos y en especial los tipos intermedios-invernales presentaron mayor capacidad de rebrote en comparación con los tipos intermedios. Esto mismo ocurrió después del segundo pastoreo y en el tercer muestreo previo al tercer pastoreo, ya que se registraron los mismos resultados, demostrando que para pastoreo y/o verdeo, los genotipos

intermedios-invernales tienen mayor capacidad de rebrote y amacollamiento, en comparación con los tipos intermedios, que desde el segundo muestreo disminuyeron su rendimiento y aun más durante el tercero, demostrando que para este tipo de práctica no son los más recomendables; en cuanto a los tipos tardíos, durante el segundo muestreo obtuvieron aún más rendimiento en comparación con el primero, disminuyendo su producción para el tercer pastoreo, pero rindiendo todavía adecuadas cantidades de forraje.

Con respecto al patrón de producción de forraje verde y seco de los tres hábitos de crecimiento evaluados y la respuesta de cada uno de ellos después de cada corte o pastoreo, el tipo intermedio-invernal fue el que mejor se adaptó a este tipo de práctica, y estuvo representado a través de la suma de medias de cada muestreo, ya que registró el acumulado más alto de los hábitos de crecimiento evaluados. Por otra parte, presentó una excelente relación hoja-tallo y un hábito de crecimiento de la planta de tipo semiprostrado, lo que le da ventajas sobre hábitos más precoces como el intermedio y el primaveral para tolerar mejor el pisoteo de los animales en pastoreo.

CONCLUSIONES

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

- La disminución en la lámina de riego no afectó significativamente los rendimientos de forraje de las variedades evaluadas, sin embargo, biológicamente fueron menores al disminuir la lámina de riego aplicada.
- La variedad de hábito intermedio-invernal registró la mayor eficiencia de transformación de agua en materia seca en cada uno de los tratamientos de riego, debido probablemente a su mayor proporción de hoja y mayor capacidad de amacollamiento, lo que le permitió presentar un mejor comportamiento que los tipos intermedio y primaveral al aumentar el déficit de humedad.
- De acuerdo al patrón de producción de forraje verde y seco de los diferentes hábitos de crecimiento y la respuesta de cada uno de ellos después de cada corte ó pastoreo, el tipo intermedio-invernal es el que mejor se adapta a este tipo de práctica, y estuvo representado por la suma de medias de rendimiento de cada muestreo, ya que registró el acumulado más alto de los hábitos de crecimiento evaluados. Por otra parte, presentó una excelente relación hoja-tallo y un hábito de crecimiento de la planta de tipo semipostrado, lo que le da ventajas sobre hábitos más precoces como el intermedio y el primaveral para tolerar mejor el pisoteo de los animales en pastoreo y el paso de la maquinaria en los sistemas de corte.
- En base al comportamiento de los materiales evaluados durante este estudio, se confirma que en esta localidad y durante el ciclo de otoño-invierno, es posible disminuir la lámina de riego cuando menos en un 20%, sin mermas significativas en el rendimiento de forraje.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, G. A. 2008. Patrones de Producción de Forraje de Triticale (*X. Triticosecale Wittmack*) de Diferentes Hábitos de Crecimiento Bajo Corte y Pastoreo en dos Localidades del Norte de México. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- 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.
- Araus, J. L. 2004. The problem of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture. *Ann. Appl. Biol.* 144: 229–272.
- Araus, J.L., G.A. Slafer, Royo, C. and Serret, D. 2008. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Science*. 27: 377-412.
- Barnett, R. D. and R. L. Stanley, Jr. 1975. Yield, protein content, and digestibility of several species and cultivars of small grains harvested for hay or silage. *Proceedings*, Volume 35. November 18, 19 and 20. 1995.
- 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.
- Brown, A. R., and A. Almodares. 1976. Quantity and quality of triticale forage compared to other small grains. *Agron. J.* 68: 264-266
- Bruckner, P. L., and W.W. Hanna. 1990. In vitro digestibility of fresh leaves and stems of small-grain species and genotypes. *Crop Science* 30: 196-202.
- 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.
- Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osorio, L.M., Carvalho, I., Faria, T., Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field. *Photosynthesis and growth*. *Ann. Bot.* 89: 907-916.
- Colín-Rico M, V.M. Zamora-Villa, A.J. Lozano-del Río, G. Martínez-Zambrano, M.A. Torres-Tapia. 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada para el norte y centro de México. *Téc Pec Méx.* 45 (3): 249-262.
- Colín-Rico M, V.M. Zamora-Villa, M.A. Torres-Tapia, M.A. Jaramillo-Sánchez. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México. *Téc Pec Méx.* 47 (1): 27-40.

- Condon, A.G., R.A. Richards, G.J. Rebetzke and G.D. Farquhar. 2004. Breeding for high water-use efficiency. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 55, No. 407. Water Saving Agriculture. Special Issue. pp. 2447-2460. November 2004.
- Conroy, J.P., Virgona, J.M., Smillie, R.M., 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, 1988.
- 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.
- Fraustro, S. R. E. 1992. Evaluación de líneas avanzadas forrajeras de triticale (*X Triticosecale* Wittmack) de hábito intermedio e invernol en Buenavista, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Gayosso, G. J. B. E. 1989. Rendimiento y calidad de forraje en triticales de hábito intermedio (*X Triticosecale Wittmack*), en tres ambientes del norte de México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Gibson, L. R. 2002. Triticale: a viable alternative for Iowa grain producers and livestock feeders? Iowa State Univ. Agron. Endowment: Path to the future. Ames, IA, USA.
- Grzesiak, S. 2001. Genotypic variation between maize (*Zea mays* L.) single cross hybrids in response to drought stress. *Acta Physiol. Plant.* 23: 443-456.
- 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.
- Grzesiak, M.T. 2004. Effect of Drought Stress on Photosynthetic Apparatus and Productivity of Triticale and Maize Genotypes Differing in Drought Tolerance. PhD. Thesis. Cracow Agricultural University, Cracow, Polonia.
- Grzesiak, M.T., Grzesiak, S., Skoczowski, A. 2006. Changes of leaf water potential and gas exchange during and after drought in triticale and maize genotypes differing in drought tolerance. *Photosynthetica* 44: 561-568.
- Grzesiak, M.T., A. Rzepka, T. Hura, K. Hura and A. Skoczowski. 2007. Changes in response to drought stress of triticale and maize genotypes differing in drought tolerance. 2007. *Photosynthetica* 45 (2): 280-287.
- Hamdy A, Ragab R, Scarascia-Mugnozza E. 2003. Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity. *Irrigation and Drainage*. 52: 3-20.
- Hinojosa, M. B., A. Hede, S. Rajaram, J. Lozano del Río, A. Valderrábano González. 2002. Triticale: an alternative forage crop under rainfed

- conditions in Chihuahua, México. Proceedings of the 5th International Triticale Symposium Supplement, Plant Breeding and Acclimatization Institute (IHAR), Radzików, Poland, June 30-july 5, 2002.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 519-570.
- Hsiao, T.C. and E. Acevedo. 1974. Plant responses to water deficits, water-use efficiency and drought resistance. *Agric. Meteorol.* 14: 59-84.
- Juskiw, P. E., J. H. Helm, and D. F. Salmon. 2000. Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small cereal grains. *Crop. Sci.* 40:138
- Keim, D.L. and Kronstad, W.E. 1981. Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. *Crop Sci.* 21: 11-15.
- Laurialt, L.M, R.E. Kirksey. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the southern High Plains, USA. *Agron J.* 96: 352-358.
- Leana, L. A. 2000. Evaluación de líneas y variedades forrajeras de triticale (X *Triticosecale* Wittmack), en dos ambientes del norte de México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Lorens, G.F., Bennett, J.M., Loggale, L.B. 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. II. Component analysis and growth rates. *Agron. J.* 79: 808-813.
- Lozano del Río, A. J. 1990. Studies on triticale forage production under semiarid conditions of northern México. Proceedings of the Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, Río Grande do Sul, Brazil. October 1990.
- Lozano, A. J., V. M. Zamora, H. D. Solís, M. Mergoum and W. H. Pfeiffer. 1998. Triticale forage production and nutritional value in the northern region or México. Proceedings, Volumen # 2, Poster Presentations, 4th International Triticale Symposium, July 26-31, 1998. Red Deer, Alberta, Canada.
- Lozano del R.A.J. 2002. Triticales forrajeros para la Región Lagunera. *Revista Agropecuaria Laguna.* Noviembre-Diciembre 2002. No. 29. pp. 4-5.
- Ludlow, M.M. and R.C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Adv. Agron.* 43: 107-153.
- Martiniello, P., Lorenzoni, C. 1985. Response of maize genotypes to drought tolerance tests. *Maydica* 30: 361-370, 1985.
- Morales, L. R. 2003. Evaluación de Líneas Avanzadas de Triticale (X *Triticosecale* Wittmack) y Avena (*Avena sativa*) en tres localidades de la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- 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.
- Palta, J.P. 1990. Stress interactions at the cellular and membrane levels. *HortScience* 25: 1337-1381.
- Passioura, J.B., Condon, A.G., Richards, R.A. 1993. Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: Smith, J.A.C., Griffiths, H. (ed.): *Water Deficits. Plant Responses from Cell to Community*. Pp. 253-264. BIOS Scientific Publ., Oxford.
- Richards, R.A. and T.F. Townley-Smith. 1987. Variation in leaf area development and its effect on water use, yield and harvest index of droughted wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 38: 983-992.
- Royo, C. 1992. *El triticale: bases para el cultivo y aprovechamiento*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Ruiz Machuca, L.M. 2010. Comportamiento forrajero de líneas y variedades de triticale (*X. Triticosecale* Wittmack) de diferente Hábito de Crecimiento Bajo Corte y Pastoreo en tres ambientes del Norte de México. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Slafer, G. A., Araus, J. L. 2007. Physiological traits for improving wheat yield under a wide range of conditions. In: *Scale and Complexity in Plant Systems Research: Gene-Plant-Crop Relations*. pp. 145–154. Spiertz, J. H. J., Struik, P. C., and van Laar, H. H. Springer, Dordrecht.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1993. *Plant Physiology*. 3rd edn. Sunderland Sinauer Associates. 690 pp.
- Thompson, J.A. and D.L. Chase. 1992. Effect of limited irrigation on growth and yield of a semi-dwarf wheat in southern New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 32: 725-730.
- 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 HX, Liu CM, Zhang L. 2002. Water-saving agriculture in China: an overview. *Advances in Agronomy* 75, 135–171.
- Winter, S.R., Musick, J.T., Porter K.B. 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought resistant winter wheat. *Crop Sci.* 28: 512-516, 1988.
- Wright, G.C., R.C.G. Smith and J.M. Morgan. 1983. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. III. Physiological responses. *Australian Journal of Agriculture Research*. 34 (6): 637-651.

Yegapann, T.M., D.M. Paton C.T. Gates and W.J. Muller. 1980. Water stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). 2. Effects on leaf cells and leaf area. *Ann. Bot.* 49: 51-60.