

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**VARIABILIDAD GENÉTICA EN ZACATE BUFFEL PARA PRODUCCIÓN DE
FORRAJE, SEMILLA Y CAPTURA DE CO₂**

TESIS

Que presenta **DIANA LÓPEZ MÁRQUEZ**

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

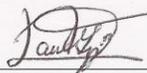
Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2015

VARIABILIDAD GENÉTICA EN ZACATE BUFFEL PARA
PRODUCCIÓN DE FORRAJE, SEMILLA Y CAPTURA DE CO₂

Tesis

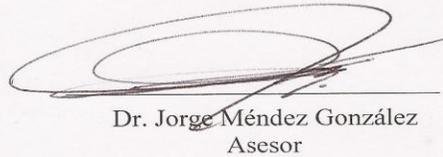
Elaborada por DIANA LÓPEZ MÁRQUEZ como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Jorge Raúl González Domínguez
Asesor Principal



Dra. Susana Gómez Martínez
Asesor



Dr. Jorge Méndez González
Asesor



Dr. Juan Manuel Martínez Reyna
Asesor



Dr. Teodoro Herrera Pérez
Asesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Posgrado

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de existir, por darme la fé necesaria para poder sobrellevar lo bueno y lo malo, por guiarme en las decisiones que tengo que tomar en mi vida, por la salud y el bienestar que tengo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de formar parte de ella y por darme el espacio necesario para adquirir los conocimientos que hoy tengo y que de ahora en adelante voy a poner en práctica en el ámbito laboral.

Al Dr. Jorge R. González Domínguez por ser más que un asesor, un amigo, porque siempre estuvo al pendiente de mis inquietudes, por la orientación y aportación de todo el conocimiento necesario para que este trabajo culminara, por ser una de las personas que siempre tuvo tiempo para escucharme y aconsejarme para que pudiera desempeñarme académica y profesionalmente, por poner en mi la confianza, paciencia y fe en los momentos de desesperación y por darme ánimos siempre que lo necesité. Por siempre gracias.

A la Dra. Susana Gómez Martínez por todo su apoyo y disponibilidad que siempre mostró para contribuir en mi formación durante el tiempo de realización de mis estudios, por todas las contribuciones realizadas para que este trabajo saliera lo mejor posible. Por la amistad brindada gracias.

Al Dr. Jorge Méndez González por la paciencia y el tiempo que dedicó para que este trabajo de investigación se enriqueciera, aportando los conocimientos necesarios para que el trabajo saliera lo más completo posible. Por su confianza y paciencia gracias.

Al Dr. Juan M. Martínez Reyna por toda la dedicación que me brindó para ayudar a que este trabajo se terminara y por aclarar mis dudas e inquietudes que se tuvieron no solo para la elaboración del trabajo, sino también en sus cursos. Muchas gracias.

Al Dr. Teodoro Pérez Herrera por la colaboración y el tiempo que dedicó para la revisión del trabajo y por todas sus aportaciones y comentarios que ayudaron a su estructura.

A mis Compañeros y amigos: Pilar, Gaby, Agustín, Toño, Javier, Rosendo y Alondra, que siempre estuvieron dispuestos a apoyarme en todo momento, por su compañía y por compartir su conocimiento, tiempo y experiencias que ayudaron a mi formación. Por su apoyo, amistad y motivación gracias.

A todas y cada una de las personas que de algún modo estuvieron apoyando para que el trabajo de investigación se llevara a cabo como son: el Sr. Hipólito Medrano Coronado, varios compañeros (as) de licenciatura y los trabajadores de campo. Muchas gracias por su colaboración.

DEDICATORIA

A mi esposo **Efrén Carmona Peinado**, que siempre ha estado a mi lado apoyándome día a día, con su amor, paciencia y confianza para que esta etapa de mi vida se llevara a cabo. Gracias amor por toda la comprensión y motivación que me brindaste durante mi estancia en la maestría.

A mi Princesa **Diana Fernanda** y Príncipe **César Joel** por ser las personas más importantes en mi vida, ustedes son mi fortaleza y todo lo que hago es por su bienestar, les dedico este trabajo con mucho amor y cariño y a la vez les doy gracias por tenerme paciencia y por entender que en ocasiones era necesario que me prestaran tiempo que era para ustedes, pero ya ven todo ha valido la pena. Los amo mis pequeños.

A mis padres **Zoila Márquez Gómez y Fernando López Hernández**, porque gracias a su amor y trabajo siempre han estado a mi lado para enseñarme lo bueno y lo malo de toda decisión y que gracias a todo eso, hoy he cumplido un logro más de mi vida. Les dedico parte de mi trabajo y esfuerzo con mucho cariño y amor.

A mi único y querido hermano **Edgar López Márquez**, por estar siempre a mi lado apoyándome y echándome porras, por tranquilizar mis momentos de desesperación dándome ánimos y por cuidar de tu sobrina cuando era necesario, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Cambio Climático	4
Calentamiento Global y el Efecto Invernadero	4
Captura de Carbono y Fotosíntesis	6
Familia Poaceae	8
Generalidades del Zacate Buffel	10
Origen y Dispersión del Zacate Buffel	10
Valor Nutricional	11
Morfología	11
Condiciones Agroecológicas	12
Reproducción	13
Importancia de la Biomasa	14
Biomasa Vegetal: Aérea y Radicular	15
Estimación de Biomasa y los Modelos Alométricos	16
MATERIALES Y MÉTODOS	18
Localidades Experimentales	18
Saltillo, Coahuila	18
Zaragoza, Coahuila	18
Material Genético	18
Experimento I	19
Experimento II	19
Experimento III	19
Experimento IV	19
Metodología Experimento I	20
Pruebas de Germinación	20
Metodología Experimento II	22

Siembra en Invernadero	22
Trasplante en Macetas	23
Diseño Experimental	23
VARIABLES EVALUADAS	24
Análisis Estadístico	25
Metodología Experimento III	27
Variables Evaluadas	28
Análisis Estadístico	28
Metodología Experimento IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
Experimento I	29
Viabilidad	29
Índice de Velocidad de Germinación (IVG)	42
Experimento II	46
Altura de Planta.....	46
Tallos por Planta	50
Panículas por Planta	53
Biomasa Aérea Fresca	56
Biomasa Radicular Fresca	59
Biomasa Total Fresca	62
Biomasa Aérea Seca.....	65
Biomasa Radicular Seca	68
Biomasa Total Seca	71
Proporción Biomasa Aérea Seca / Biomasa Radicular Seca.....	75
Grupos de Genotipos Generados Mediante el Análisis de Componentes Principales	77
Modelos alométricos para Estimar Biomasa, Carbono, Dióxido de Carbono.....	79
Producción de Oxígeno por Grupos de Genotipos	84
Experimento III.....	85
Biomasa Fresca	85
Biomasa Seca.....	85
Experimento IV.....	88
CONCLUSIONES	90
REFERENCIAS.....	91
APÉNDICE	100

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Análisis de varianza de la viabilidad de semilla de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila 2011.....	29
2	Comparación de medias del porcentaje de germinación de semillas de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila 2011.....	30
3	Análisis de varianza para viabilidad de semilla de 26 genotipos de zacate buffel en dos pruebas de germinación. Saltillo, Coahuila.....	31
4	Porcentaje de germinación de semilla de 26 genotipos de zacate buffel en la prueba del mes de noviembre. Saltillo, Coahuila 2011.....	32
5	Comparación de medias de germinación de semilla de 26 genotipos de zacate buffel de la prueba del mes de diciembre y pérdida de viabilidad con respecto a noviembre. Saltillo, Coahuila 2011.....	33
6	Análisis de varianza del porcentaje de semilla que produjeron plántulas normales de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.....	35
7	Comparación de medias del porcentaje de semilla que produjeron plántulas normales de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.....	36
8	Análisis de varianza del porcentaje de semilla que produjeron plántulas normales en el mes de noviembre y diciembre de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.....	37
9	Comparación de medias para plántulas normales producidas en las pruebas de noviembre y diciembre de semilla del GEI de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.....	38
10	Análisis de varianza del porcentaje de semilla que produjeron plántulas anormales en 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.....	39
11	Comparación de medias de bloques y medias de pruebas del porcentaje de semilla que produjeron plántulas anormales de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.....	40

12	Análisis de varianza del porcentaje de semilla que produjeron plántulas anormales de 26 genotipos de zacate buffel en las pruebas de noviembre y diciembre. Saltillo, Coahuila, 2011.....	40
13	Comparación de medias para plántulas anormales producidas en las pruebas de noviembre y diciembre de semilla del GEI de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.....	41
14	Comparación de medias para plántulas anormales producidas en las pruebas de noviembre y diciembre de semilla del GEI de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.....	42
15	Comparación de medias para plántulas anormales producidas en las pruebas de noviembre y diciembre de semilla del GEI de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.....	43
16	Comparación de medias para los bloques y pruebas del índice de velocidad de germinación de semilla de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.....	44
17	Análisis de varianza del índice de velocidad de germinación de los meses de noviembre y diciembre de semilla de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.....	44
18	Comparación de medias del IVG de 26 genotipos de zacate buffel en pruebas de noviembre y diciembre después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila. 2011.....	45
19	Comparación de medias de altura de planta en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	48
20	Comparación de medias de altura de planta promedio de cuatro evaluaciones en 26 genotipos de zacate buffel y de la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	49
21	Comparación de medias de número de tallos por planta en cuatro evaluaciones para 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	51
22	Comparación de medias de número de tallos por planta promedio de cuatro evaluaciones en 26 genotipos de zacate buffel y de la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	52

23	Comparación de medias de número de panículas por planta en la 2 ^a , 3 ^a y 4 ^a evaluación de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	54
24	Comparación de medias de número de panículas por planta promedio de cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y de la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	55
25	Comparación de medias de biomasa aérea fresca por planta en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	57
26	Comparación de medias de biomasa aérea fresca promedio de tres evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	58
27	Comparación de medias de biomasa radicular fresca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	60
28	Comparación de medias de biomasa radicular fresca promedio de tres evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	61
29	Comparación de medias de biomasa total fresca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	63
30	Comparación de medias de biomasa total fresca promedio de tres evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	64
31	Comparación de medias de biomasa aérea seca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	66
32	Comparación de medias de biomasa aérea seca promedio de cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass, Saltillo Coahuila, 2012.....	67
33	Comparación de medias de biomasa radicular seca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	69
34	Comparación de medias de biomasa radicular seca promedio de cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	71

35	Comparación de medias de biomasa total seca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	73
36	Comparación de medias de biomasa total seca promedio de cuatro evaluaciones de 26 Genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	74
37	Comparación de medias de proporción biomasa aérea seca / biomasa radicular seca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	76
38	Comparación de medias de proporción biomasa aérea seca / biomasa radicular seca promedio de cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.....	77
39	Parámetros y estadísticos de ajuste del modelo alométrico (en unidades logarítmicas) a biomasa aérea y subterránea de grupos de genotipos buffel y de switchgrass	81
40	Comparación de medias de biomasa fresca por planta en tres evaluaciones para 30 genotipos de zacate buffel. Zaragoza, Coahuila, 2012.....	86
41	Comparación de medias de biomasa seca por planta en tres evaluaciones para 30 genotipos de zacate buffel. Zaragoza Coahuila, 2012.....	87
42	Análisis de varianza de producción de forraje seco de un corte en 26 genotipos de zacate buffel. Zaragoza, Coahuila, 2013.....	88
43	Producción de forraje seco en kg/parcela (3.2 m ²) de un corte en 26 genotipos de zacate buffel. Zaragoza, Coahuila, 2013.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Agrupación de genotipos de buffel y switchgrass mediante análisis de componentes principales.....	79
2	Relación de altura total de la planta con biomasa, Carbono y Dióxido de Carbono de la parte aérea, radicular y total de grupos de genotipos de buffel y switchgrass.....	83
3	Producción de Oxígeno y producción acumulada de Oxígeno por unidad de superficie, de dos grupos representativos (G1 y G3) y zacate Buffel común (G5).....	84

RESUMEN

Variabilidad Genética en Zacate Buffel para Producción de Forraje, Semilla y Captura de CO₂

Diana López Márquez

Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Asesor: Jorge Raúl González Domínguez

Los pastizales representan un componente importante del ciclo del Carbono y son utilizados como fuente de alimento para ganado; la cuantificación de su biomasa es una forma de conocer la productividad del ecosistema. El zacate buffel ocupa más de 50 millones de ha en el mundo, en esta investigación se estudiaron dos grupos Elite de híbridos F1 apomícticos de este zacate para caracterizar la conservación de la viabilidad del germoplasma, la producción de forraje y panículas así como la captura de CO₂ y producción de oxígeno. Para ello se realizaron pruebas de germinación en el Grupo Elite I y un experimento de campo en Saltillo, Coahuila; y un experimento de campo con cada grupo en Zaragoza, Coahuila. Se realizaron cuatro cortes en el Grupo Elite I y tres en el Grupo Elite II, 16 variables fueron medidas y se realizaron los análisis de varianza así como un análisis de componentes principales al Grupo Elite I para formar grupos y posteriormente generar la ecuación alométrica. Se formaron siete grupos diferentes algunos por sus características estructurales y otros por su estimación de biomasa; se encontró diferencias estadísticas entre los genotipos para todas las variables evaluadas. En conclusión este estudio demuestra que algunos genotipos de buffel producen el doble de biomasa que Común, que hay un amplio rango de variación en la viabilidad de la semilla, que el CO₂ es capturado en cantidades diferentes y que hay híbridos que pueden producir más oxígeno que una plantación de pino.

Palabras Clave: Zacate buffel, biomasa, viabilidad, CO₂, alométrico.

ABSTRACT

Genetic Variability in buffelgrass for forage, seed and CO₂ sequestration

Diana López Márquez

Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Advisor: Jorge Raúl González Domínguez

Grasslands are an important component for global CO₂ cycle besides of its utilization as feed for livestock; quantification of its biomass allows to realize the ecosystem's productivity. Buffelgrass covets above 50 million ha in the world, the present investigation assessed two Elite groups of F1 apomictic buffelgrass hybrids to learn about seed viability of the germplasm, forage and panicles production as well as CO₂ sequestration and oxygen production. Germination trials and a field experiment were conducted on Elite Group I in Saltillo, Coahuila; and two field experiments, one for each group, were done in Zaragoza, Coahuila. Plants in Group I were clipped four different times and three harvests were done on Group II, ANOVAS were done for a total of 16 variables, and a main component analysis was used on Elite Group I to identify clusters and generate an allometric equation. Seven different groups were detected, some because of structural traits and others by biomass production; significant differences were found among hybrids for all variables. A conclusion is that some buffelgrass hybrids biomass production is twice that of Common, significant genetic variability is available for seed viability conservation, CO₂ is sequestration varies with hybrids and oxygen production of some hybrids higher as compared to a pine plantation.

Keywords: Buffelgrass , biomass, viability , CO₂, allometric.

INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los problemas graves que sufre el ambiente es el cambio climático, derivado del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero, mismos que provocan un incremento en la temperatura global atmosférica. La principal causa de este fenómeno es la concentración desmedida de gases de efecto invernadero en la atmósfera, derivada de la quema excesiva de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas) y de la deforestación. Este cambio en la temperatura global trae como resultado eventos extremos: sequías, tormentas y huracanes que presentan mayor intensidad, aumento de los niveles del mar, etcétera. A su vez, estos eventos provocan una gran variedad de problemas, como la pérdida de bienes, el quebranto económico, problemas de salud y males que pueden llegar hasta la muerte (Díaz y Curiel, 2012).

El principal contaminante atmosférico es el CO₂, cuya concentración ha aumentado considerablemente a partir de la era industrial. En Mauna Loa, Hawaii han monitoreado las concentraciones de este gas desde 1958 y resultados obtenidos en la década 2000-2010, indican que hubo un incremento por año de 1.9 ppm y que en el 2010 el incremento en la concentración de CO₂ correspondió a 2.36 ppm. Actualmente la concentración de este gas se calcula en 394 ppm dato reportado por National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA); por lo que es necesario buscar alternativas que contribuyan a contrarrestar este fenómeno ambiental.

Probablemente este fenómeno se intensificará en el futuro mediano, por lo que una de las principales recomendaciones para la agricultura mexicana es desarrollar estrategias de adaptación a escenarios de temperaturas más elevadas y de menos precipitación. Una de las opciones de adaptación más aceptadas y buscadas en la actualidad es la generación de variedades adaptadas a ambientes que imponen estrés por calor y sequía. Se estima que existe una reserva de genes para desarrollar estas variedades en los recursos fitogenéticos que constituyen los parientes silvestres de las especies cultivadas (Ruiz, 2012).

Una ventaja que tiene el aumento de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera es que este gas es indispensable para el proceso fotosintético en las plantas, teniendo a su vez efectos fisiológicos benéficos en numerosos cultivos (FAO, 2008; Newton, 2007) ya que transforman la energía luminosa a energía química, produciendo carbohidratos, convirtiéndolo así en biomasa vegetal. Por otra parte, las plantas toman el CO₂ de la atmósfera, liberan oxígeno y el carbono que capturan pasa a formar parte del carbono orgánico (CO) del suelo. Por lo anterior la biomasa vegetal es parte importante como sumidero de CO₂. A partir de la estimación de biomasa se puede calcular el contenido de carbono almacenado, pero para que esto no afecte debe haber un equilibrio entre el CO₂ y las plantas.

En México se han realizados trabajos sobre la contribución de los ecosistemas para reducir el CO₂ del ambiente. Los bosques cubren el 29% de las tierras y contienen el 60% del carbono de la vegetación terrestre. El carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36% del total del carbono del suelo a un metro de profundidad (Zambrano *et al.*, 2004). Por otro lado, estudios previos muestran que los pastizales tienen un gran potencial de asimilación de CO₂ (Flanagan *et al.*, 2002; Miranda *et al.*, 1997). Estimaciones de la FAO (2009) indican que los pastizales tienen la capacidad de capturar una mayor cantidad de carbono (C) que los ecosistemas forestales y que los pastizales de todo el mundo pueden almacenar entre 100 y 800 millones de toneladas de CO₂ por año.

Los pastos pueden ser una buena alternativa para contribuir a la disminución del efecto invernadero, principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país donde es imposible el desarrollo de especies forestales debido a las condiciones ambientales de estrés que prevalecen en estas regiones.

El zacate buffel es una gramínea forrajera C4 lo que representa una ventaja, ya que este tipo de plantas tienen una mayor capacidad de fijar el CO₂ (Parry, 1993). Su principal utilidad es como alimento para el ganado doméstico y de la fauna silvestre, también contribuye a la reducción de la erosión hídrica y eólica y restauración de suelos

degradados. Se considera al zacate buffel como la especie forrajera más importante para la ganadería extensiva del norte de México y sur de Texas principalmente por sus características agronómicas de: fácil establecimiento, potencial de producción, tolerancia a la sequía, y su relativa tolerancia a la salinidad.

El presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

Objetivo General

Evaluar de manera integral genotipos de zacate buffel y seleccionar con potencial para mayor captura de CO₂ en su biomasa aérea y radicular.

Objetivos Específicos

1. Evaluar el Grupo Élite I (22 híbridos F₁ experimentales) y cuatro variedades de zacate buffel para la determinación de los tiempos óptimos para renovación de semilla de recursos genéticos de zacate buffel seleccionados para producción de forraje.
2. Evaluar agronómicamente en campo el Grupo Élite I de zacate buffel para estimación de la producción de biomasa e identificación de genotipos superiores con valor ecológico y ambiental y producción de semilla.
3. Evaluar agronómicamente en campo el grupo Elite II de zacate buffel formado por selección para mayor producción de semilla con el propósito de identificar genotipos superiores.
4. Desarrollar modelos alométricos para estimar biomasa aérea, biomasa radicular y biomasa total del Grupo Élite I de zacate buffel.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cambio Climático

Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) el término “cambio climático” denota un cambio en el estado del clima identificable a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Es todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana (IPCC, 2007).

El cambio climático que en la actualidad experimenta el planeta consiste básicamente en un calentamiento global derivado del incremento de gases efecto invernadero (principalmente CO₂) en la atmósfera, producto de las actividades del ser humano. Ruiz (2012) menciona que el cambio climático altera el suministro de los insumos ambientales para los cultivos, incrementando los niveles de vulnerabilidad de los sistemas de producción, representando una amenaza para la producción de alimentos.

Calentamiento Global y el Efecto Invernadero

Los gases de efecto invernadero alteran el equilibrio energético del sistema climático lo que provoca un calentamiento global neto del planeta. Unas de las afirmaciones más interesantes del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC es que “la mayor parte del calentamiento global observado durante el siglo XX se debe muy probablemente al aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero causado por las sociedades humanas”.

El concepto de calentamiento global se refiere al aumento progresivo y gradual de la temperatura media de la superficie terrestre, responsable de los cambios en los patrones climáticos mundiales; registrados desde el siglo XX y relacionado con el

incremento de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (Staines, 2008 citado por Terrazas, 2011).

Los gases de efecto invernadero desempeñan en la atmósfera el mismo papel que el cristal de un coche en un día de sol o la cobertura de un invernadero. Estos gases están formados por moléculas polares que absorben los rayos infrarrojos termalizados en la superficie de la Tierra y en la propia atmósfera. Los tipos de GEI que existen son: el metano (CH_4), el gas de la risa (N_2O), los gases industriales sintéticos fluorados (clorofluorocarbonos (CFC), hidrocarbonos fluorados (HFC), hidrocarbonos perfluorados (PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6) y el propio ozono (O_3) (Greenpeace, 2010).

Los cambios experimentados por las concentraciones de los gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera, por la cubierta terrestre y por la radiación solar alteran el balance de energía del sistema climático y son factores causantes del cambio climático. Las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero por efecto de actividades humanas han aumentado desde la era preindustrial en un 70 por ciento. El dióxido de carbono (CO_2) es el gas de efecto invernadero antropógeno más importante. Sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80 por ciento entre 1970 y 2004, pasando de 21 a 38 gigatoneladas (Gt), y en 2004 representaban un 77 por ciento de las emisiones totales de gases de efecto invernadero antropógenos. La disminución a largo plazo de las emisiones de CO_2 por unidad de energía suministrada invirtió su tendencia a partir del año 2000. Las concentraciones atmosféricas de CO_2 (379 ppm) y CH_4 (1774 ppm) en 2005 exceden con mucho el intervalo natural de valores de los últimos 650,000 años. Los aumentos de la concentración mundial de CO_2 y CH_4 se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso de la tierra. El aumento de metano ha sido menos rápido desde comienzos de los años 90, en concordancia con las emisiones totales (como suma de fuentes antropógenas y naturales), que han sido casi constantes durante ese período. El aumento de la concentración de N_2O procede principalmente de la agricultura (IPCC, 2007).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) menciona que la agricultura representa una fuente de cambio climático pero, también una solución si se adoptan medidas sostenibles para la producción que incluyan un potencial de mitigación y contribuyan a la adaptación de la agricultura y a los sistemas de producción a eventos extremos, altas temperaturas e incremento de concentración de CO₂. El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera estimula la fotosíntesis, teniendo a su vez efectos fisiológicos benéficos en numerosos cultivos (FAO, 2008; Newton, 2007).

Captura de Carbono y Fotosíntesis

El carbono es el elemento principal de la vida del planeta y su ciclo es fundamental para el desarrollo de todos los organismos (Casanova *et al.*, 2011). Las plantas toman el CO₂ de la atmósfera liberan oxígeno y el carbono que capturan pasa a formar parte del carbono orgánico (CO) del suelo a través del material que desprenden. Los insumos ambientales básicos para el crecimiento y desarrollo de las plantas son CO₂, agua, luz y temperatura. El dióxido de carbono y la luz (radiación fotosintéticamente activa) son la materia prima para realizar la fotosíntesis, mediante la cual la planta transforma la energía luminosa en energía química, produciendo carbohidratos (Ruiz, 2012).

La fotosíntesis se define como el proceso biológico fundamental para la vida mediante el cual se produce la conversión de energía luminosa en energía química (Medrano, 2000). El proceso fotosintético comprende dos grandes fases: la captación de la energía solar - compuesta por paquetes energéticos indivisibles llamados fotones - para dar lugar a la síntesis de energía química en forma de ATP y poder reductor (NADPH), y la utilización de estos productos altamente energéticos para reducir los elementos constitutivos de la materia orgánica (C, H, O, N y S) tomados de fuentes inorgánicas - agua, CO₂ atmosférico, nitratos, sulfatos etc. para incorporarlos a la materia orgánica (Nobel, 1991).

Los principales componentes de almacenamiento de carbono en el uso de la tierra son el carbono orgánico del suelo y la biomasa aérea. La vegetación es la encargada de incorporar el carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis; de igual manera, el suelo participa en el reciclaje y almacén de carbono en estos sistemas (Andrade e Ibrahim, 2004; FAO, 2002; Ibrahim *et al.*, 2007).

Con base en numerosos estudios, existe un consenso general de que las plantas presentan una respuesta positiva al incremento del CO₂, que se manifiesta a través de un aumento en la fotosíntesis, la biomasa y el rendimiento económico de los cultivos (Tubiello *et al.*, 2007). Parry (1993) reporta que cultivos con ruta fotosintética C3 (trigo y arroz) requieren mayores concentraciones de CO₂ para iniciar la síntesis de materia orgánica, se puede esperar una respuesta positiva promedio de 30 por ciento en caso de duplicación de CO₂ en la atmósfera. Mientras que para cultivos con mecanismo fotosintético C4 (maíz y caña de azúcar), que son los más eficientes en la fijación del CO₂, se estima un efecto positivo promedio de 5 por ciento.

De acuerdo a datos actuales sobre la importancia de los ecosistemas para contribuir a la disminución del dióxido de carbono (CO₂) del ambiente, se reporta que, los bosques cubren el 29 por ciento de las tierras y contienen el 60 por ciento del carbono de la vegetación terrestre. El carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36 por ciento del total del carbono del suelo. Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro uso de la tierra y sus suelos (que contienen cerca del 40 por ciento del total del carbono) son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques (Zambrano *et al.*, 2004).

En adición al CO₂ capturado por los bosques, las tierras de pastoreo, según la FAO, ocupan 3.2 millones de ha y almacenan entre 200 y 420 Pg en el ecosistema total, una gran parte del mismo debajo de la superficie y por tanto, en un estado relativamente estable. El carbono del suelo en las tierras de pastoreo es estimado en 70 t/ha, cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales (Trumbmore y Druffel, 1995).

Sin embargo, es importante resaltar que los pastizales en las zonas tropicales, áridas y semiáridas están totalmente degradados, debidos al mal manejo al que han estado sujetos por cientos de años, por lo tanto, ofrecen variadas posibilidades de secuestro de carbono.

INEGI (2007) reporta que México cuenta con más de 300,000 km² de pastizales que corresponden a cerca del 16 por ciento de la superficie total del país. Algunos autores mencionan la importancia de los pastizales para contribuir a la mitigación del cambio climático a través de la captura de CO₂ atmosférico por medio del proceso fotosintético (almacenamiento de CO₂ en la biomasa) y en el suelo por medio del ciclo del carbono (Conant *et al.*, 2005).

Estudios previos muestran que los pastizales tienen un gran potencial de asimilación de CO₂ (Flanagan *et al.*, 2002; Miranda *et al.*, 1997). Estimaciones de la FAO (2009) indican que los pastizales tienen la capacidad de capturar una mayor cantidad de carbono (C) que los ecosistemas forestales y mencionan que los pastizales de todo el mundo pueden almacenar entre 100 y 800 millones de toneladas de CO₂ por año.

Familia Poaceae

La familia *Poaceae* es la familia de los zacates, incluye aproximadamente 700 géneros y 11,000 especies. Barkworth *et al.* (2007) hacen la siguiente descripción: constituyen la cuarta familia de plantas más grande en número de especies; además, es la familia de plantas más importante en términos de importancia económica, geográfica y ecológica. Los zacates crecen en casi todos los ambientes terrestres, incluyendo selvas, desiertos, y corrientes de aguas y lagos. No hay verdaderos zacates marinos, pero algunas especies crecen al alcance de las mareas altas.

Además de estar ampliamente distribuidos, los zacates frecuentemente son dominantes o codominantes en extensas áreas, lo que se refleja en las formas tan variadas de nombrar a los pastizales: “meadow”, “palouse”, “pampas”, “prairie”, “savannah”, “steppey veldt”, por lo que no sorprende, que los zacates sean de gran importancia ecológica como estabilizadores de suelos y como proveedores de refugio y alimento a muchos animales de la fauna silvestre.

La importancia económica de las gramíneas es casi imposible de subestimarse. La riqueza de los individuos y países dependen de la disponibilidad de fuentes de grano de trigo, arroz, maíz, cebada, avena, centeno y arroz silvestre. La mayoría de los países invierten en programas de investigación diseñados para desarrollar mejores variedades de estos cereales, así como variedades de zacates que son usados para alimentación del ganado, conservación del suelo, y revegetación. El desarrollo de zacates mejorados para áreas de recreación, campos de golf, campos de juego y parques, es también una industria importante, existe un creciente reconocimiento del valor estético de los zacates que se ve reflejado fuertemente en catálogos hortícolas.

La producción de alimentos está amenazada por la vulnerabilidad de los sistemas de producción; una de las regiones más vulnerables ante el cambio climático es el desierto Chihuahuense (Towonsend *et al.*, 2012). La generación de variedades capaces de adaptarse a las nuevas condiciones ambientales (sequía y altas temperaturas) es una alternativa para enfrentar el cambio climático (Ruiz, 2012).

El zacate buffel por sus características agronómicas deseables como: facilidad de establecimiento, tolerancia a la sequía, resistencia al pastoreo, alta producción forrajera, lo convierten en una buena alternativa para enfrentar el cambio climático como lo demuestran los estudios realizados por Medina *et al.* (2012) en el estado de Zacatecas. Ellos reportan que las condiciones de incremento de temperatura, debidos al cambio climático, favorecerán un mejor desarrollo y un incremento en la producción forrajera del zacate buffel, por lo que se especula que la superficie con esta especie se incrementará en el estado de Zacatecas.

Generalidades del Zacate Buffel

El zacate buffel es una gramínea forrajera perenne, C4 perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Panicoideae. Es una especie forrajera subtropical ampliamente utilizada en las regiones áridas, semiáridas e inclusive desérticas a nivel mundial (Mansoor *et al.*, 2002).

Origen y Dispersión del Zacate Buffel

Ayerza (1981) reporta este zacate como nativo de África Ecuatorial, África del Sur, de las regiones cálidas de India e Indonesia. Bashaw (1985) consideró, debido a la gran variabilidad encontrada, que esta especie se originó en Sudáfrica, de donde se dispersó hacia el norte a través de las regiones más secas de África y hacia los pastizales áridos del oeste de la India.

El zacate buffel se introdujo al estado de Texas en 1917, 1928 y 1932, pero no se publicaron resultados favorables de estas introducciones. Sin embargo, colectas posteriores en 1946 en el centro norte de Kenia y evaluadas en el sur de Texas permitieron la liberación en 1949 de un material identificado como T-4464, conocido más tarde como buffel Común (Holt, 1985). En México el buffel se introdujo en 1954, primero al estado de Nuevo León y posteriormente a otros estados (González, 1991). Su introducción aumentó la productividad forrajera al incrementar la carga de 12 a 4 ha por unidad animal (García *et al.*, 2003).

Se estima que en México existe una superficie de 2 000 000 ha establecidas con buffel; principalmente, en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sinaloa y Yucatán (Saldívar, 1991). El uso tradicional del zacate buffel ha sido como planta forrajera; sin embargo, la disponibilidad de híbridos con mejor potencial de producción de biomasa lo hacen un candidato para su utilización como una especie útil para captura

de CO₂, control de la erosión del suelo y mejorador del contenido de materia orgánica de los suelos del semidesierto (González y Gómez, 2004).

Valor Nutricional

La calidad nutricional del zacate buffel es mayor que otras especies forrajeras, pero esta varía y depende en gran medida de su madurez, del genotipo, del estado fisiológico, de las prácticas de manejo y del clima de donde se cultive (García *et al.*, 2003).

Osuna (1986) reportó valores de proteína cruda de 7.26 a 9.82 por ciento y la digestibilidad de 51.93 a 64.32 por ciento, mencionando que estos valores varían con la etapa fenológica. Gutiérrez (2011) reportó la digestibilidad *in vitro* de nueve variedades de zacate buffel en siete tiempos de incubación. El encontró diferencias significativas entre tiempos, pero no diferencias significativas entre variedades, ni en la interacción. El rango en el coeficiente de digestibilidad fue de 49.24 a 54.19 por ciento para B-1S y Biloela respectivamente. En cuanto a los tiempos de incubación, el coeficiente de digestibilidad fue de 32.2 a 79.9 por ciento para 6 y 48 hr de incubación respectivamente. La digestibilidad promedio de siete tiempos de incubación y nueve variedades fue de 52 por ciento.

Morfología

El zacate buffel tiene tallos erectos, ramificados, lisos, glabros y geniculados (Paull y Lee, 1978); la base de los tallos está engrosada, esto contribuye a que se almacenen más hidratos de carbono que en otras especies, lo que les permite rebrotar después de heladas y sequías prolongadas (Ibarra *et al.*, 2012). Su sistema radicular es profundo, los brotes nuevos se originan de la corona que está debajo de la superficie del suelo. Algunas variedades son cespitosas, otras poseen rizomas, que son uno de los mecanismos de dispersión de la especie, ya que en cada nudo de los rizomas se generan nuevos vástagos vigorosos (Bogdan, 1997).

La inflorescencia del zacate buffel es una panícula densa, cilíndrica, de 2 a 12 cm de longitud y 1.3 a 1.6 cm de ancho. El color cambia con la madurez puede ser marrón, rojizo, morado o crema (Alcalá-Galván, 1995). Las flores individuales están encerradas en involucros soldados en la base, éstos se localizan en un raquis corto, angular y sin ramificaciones, que al madurar se desprenden fácilmente. Los involucros contienen de una a cuatro espiguillas de 2 a 5.5 mm de longitud. Las espiguillas tienen dos florecillas, la inferior es estéril o estaminada, y la superior es hermafrodita. La lema de la florecilla superior mide de 2.2 a 5.4 mm de longitud (Bogdan, 1997). El fruto del zacate buffel es un cariósido ovoide y mide de 1.4 a 1.9 mm de largo y aproximadamente 1 mm de diámetro (Rodríguez, 1998).

Las variedades de zacate buffel se adaptan a diferentes condiciones ambientales, y por altura de las plantas se clasifican en: bajas, medianas y altas (Ayerza, 1981). Las variedades de menor altura se adaptan mejor a las condiciones de mayor aridez y son tolerantes a altas temperaturas (Whiteman *et al.*, 1974).

Condiciones Agroecológicas

Las condiciones ambientales en las cuales el zacate buffel se desarrolla son a una altitud entre los 200 a los 1,500 msnm, aunque su altitud óptima o recomendada para persistencia y dispersión es a 900 msnm (Ibarra *et al.*, 1991). Cox *et al.* (1988) mencionan que el zacate no persiste en localidades donde la media de temperatura mínima en el mes más frío es menor de 5 °C. El zacate buffel responde rápidamente a las lluvias de primavera cuando las temperaturas del suelo son superiores a 24 °C.

El zacate buffel es productivo en suelos con condición de humedad limitada. Con humedad puede crecer desde marzo hasta las primeras heladas de septiembre a octubre; inicia el rebrote después de acumular de 10 a 20 mm de precipitación en el verano. Presenta un buen desarrollo en sitios con 280-400 mm de precipitación (Arizona Interagency Range Technical Sub-Committee, 1973). Esta especie se ha caracterizado por

presentar una gran tolerancia a la sequía, adaptarse a un amplio rango de suelos y persistir bajo pastoreo pesado. Cox *et al.* (1988) reportan que los suelos de textura migajón-arenoso son los más adecuados para un buen desarrollo del zacate buffel. En cuanto al pH este zacate se adapta bien en suelos con un pH de 7 a 8 pero puede crecer en suelos con pH de 5.5 (Skerman y Riveros, 1990).

Reproducción

De acuerdo a estudios citogenéticos, realizados en especies de *Pennisetum ciliare* y *Cenchrus setigerus*, se reportó que el zacate buffel se reproduce por apomixis (Fisher *et al.*, 1954). Las 20 progenies de los materiales analizados, fueron idénticas al progenitor femenino y como evidencia principal de apomixis, el embrión se formó de gametofitos nucelares. Debido a que los materiales analizados no mostraron evidencia de sexualidad, se reportó a la especie como un apomíctico obligado (Snyder *et al.*, 1955). Posteriormente Sherwood *et al.* (1980) demostraron, con base en pruebas de progenie y estudios citológicos, la apomixis facultativa en la especie.

La reproducción apomíctica del zacate buffel implica que los eventos de la meiosis y fertilización son omitidos en el desarrollo del embrión, por lo tanto la semilla se produce sin la fusión de los gametos, y como consecuencia la progenie es una réplica exacta del progenitor materno.

Bashaw (1962) reportó en Texas una planta de zacate buffel capaz de reproducirse sexualmente denominada TAM-CRD B-1s. Ésta planta produjo progenie totalmente variable, resultado de sacos embrionarios reducidos normales del tipo *polygonum* (ocho núcleos). Este descubrimiento fue un parteaguas en el mejoramiento genético de la especie ya que permitió la generación de nuevas combinaciones de genes a través del cruzamiento de la planta de reproducción sexual (B1-s) y materiales apomícticos utilizados como machos (Gómez, 2009).

Importancia de la Biomasa

Biomasa se define como la masa biológica y se entiende como la cantidad total de materia orgánica en el ecosistema en un momento dado. En el caso de la biomasa vegetal, es la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras en forma de biomasa que tiene como fuente original el sol, y suele expresarse en unidades de energía (joules m^{-2}) o de materia orgánica muerta ($t\ ha^{-1}$) (Salas e Infante, 2006).

La biomasa juega un papel importante en el ciclo global de carbono por lo que se ha convertido en un importante elemento de estudio debido a que existen intereses industriales, energéticos y ambientales (Merino *et al.*, 2003). A partir de la biomasa se puede calcular la concentración de carbono en la vegetación (aproximadamente el 50 por ciento de la biomasa está formada por carbono) y por consiguiente se pueden hacer estimaciones sobre la cantidad de dióxido de carbono que ingresa a la atmósfera cada vez que se desmonta o se quema un ecosistema. La biomasa es una variable que sirve también para comparar las características estructurales y funcionales de un ecosistema en un amplio abanico de condiciones (Vidal *et al.*, 2003).

Los promedios de producción de biomasa pueden variar de 465 a 3,045 kg MS/ha de acuerdo a Martin *et al.* (1995) en el desierto de Sonora, la capacidad de carga varía de 27- 40 hectáreas por unidad animal (ha/UA) con pastos nativos, de 9 a 15 ha/UA en pastizales de zacate buffel y de 3 - 4 ha/UA en mezclas de forrajes nativos y buffel.

El incremento de la biomasa considera tanto la biomasa aérea como la radicular. Se podrían hacer considerables avances sobre todo, en lo que se refiere a las tierras de pastoreo seleccionando especies y variedades con raíces profundas, lo que al mismo tiempo, mejoraría la estructura del suelo, agrandando los espacios porosos del suelo y los agregados del mismo, y con ello incrementar la capacidad de retención de humedad,

especialmente en los suelos de zonas áridas y semiáridas. Otro componente de la biomasa que contribuye a la formación y estabilidad de los agregados, caracterizado por el incremento de la materia orgánica, es la población de microorganismos (biomasa microbiana) y macrofauna (organismos con tamaño > 1 cm); estos últimos colaboradores de la formación de estructura y porosidad. Su número se incrementa paralelamente al aumento de la materia orgánica con una disminución de la labranza cero (Zambrano *et al.*, 2004). La biomasa entonces representa la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las porciones aéreas y subterráneas del ecosistema. Por lo anterior se considera actualmente a la biomasa vegetal un factor importante, ya que en varios proyectos se utilizan modelos matemáticos de biomasa como un factor para estimar la contribución para mitigar el cambio climático (IPCC, 2003; Segura *et al.*, 2006).

Biomasa Vegetal: Aérea y Radicular

El término biomasa vegetal es la suma total de materia orgánica viva de las plantas fotosintéticamente activas en una unidad de área dada, tanto en la parte aérea como abajo del nivel del suelo. En bosques, la producción de biomasa vegetal está influenciada por diversos factores como: clima, especie, edad, calidad de sitio, fertilización, posición sobre la pendiente, elevación, exposición, densidad del rodal, sistema silvícola aplicado, región geográfica, variación genética, año de muestreo, contaminación atmosférica y cambios estacionales, entre otros (Garcidueñas, 1987).

Generalmente se hace distinción entre la biomasa aérea y la biomasa radicular, tanto en aspectos conceptuales como en los metodológicos. La biomasa aérea se define como la cantidad total de materia orgánica presente en las plantas, incluyendo follaje, ramas, fuste y corteza (Garzuglia y Sackett, 2003). Gasparri y Manghi (2004) definen la biomasa aérea como toda la masa viva incluyendo troncos, tocones, ramas, corteza, semillas y follaje; como biomasa subterránea a la biomasa de raíces. La biomasa aérea es la que genera un mayor aporte a la biomasa total del bosque, aunque la biomasa del suelo y raíces pueden representar hasta un 40 por ciento de la biomasa total. Se realizan estudios de medición de biomasa aérea por su medición fácil y a menor costo (Agudelo,

2009). El uso de diferentes técnicas que pueden ser usadas para la estimación de la biomasa en ecología, agricultura o recursos forestales, depende del presupuesto disponible, precisión requerida, estructura y composición de la vegetación, ya sea por especie y componente de la biomasa que se requiera (Catchpole y Wheeler, 1992).

Estimación de Biomasa y los Modelos Alométricos

El cálculo de la biomasa es el primer paso para evaluar la productividad de los ecosistemas y estimar la contribución de estos en el ciclo global del carbono. Se pueden utilizar métodos diferentes para la estimación de biomasa, depende del presupuesto disponible, precisión requerida, estructura y composición del ecosistema, ya sea por especie y componente de la biomasa que se requiera (Ayala-López *et al.*, 2001).

La biomasa se puede estimar de manera directa, en un muestreo destructivo, donde la planta es cortada y pesada obteniendo así la biomasa directamente, para posteriormente determinar su peso seco; o en forma indirecta; este método es a través del uso de ecuaciones alométricas obtenidas a partir de modelos matemáticos por medio de análisis de regresión de las variables obtenidas en campo (Vallejo *et al.*, 2008).

Los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas desarrolladas para describir el comportamiento de una variable dependiente como el volumen, biomasa o carbono en árboles individuales (Sit y Poulin-Costello, 1994). La forma de obtener el volumen o biomasa de un individuo mediante modelos matemáticos se conoce como cálculo indirecto. Segura y Kanninen (2005) indican que los modelos son específicos para cada tipo de ecosistema, zona de vida, especie o grupo de especies. Para el desarrollo de un modelo es necesario seguir una serie de pasos los cuales son: definición del ecosistema, selección de especies de interés, determinación de tamaño de muestra, selección de individuos a muestrear, medición, corte, estimación de biomasa y selección del mejor modelo alométrico (Brown y Lugo, 1989; Ramírez *et al.*, 1997; Segura y Andrade, 2008).

La estimación de biomasa mediante el muestreo destructivo, tiene una precisión alta, pero los costos económicos y de tiempo son muy altos para su elaboración, en cambio con el muestreo indirecto es mucho más rápido y de un costo bajo para su elaboración. Ares *et al.* (2002) mencionan que las ecuaciones alométricas predicen la producción de biomasa en una forma que no afecta a la planta y a partir de este dato permiten determinar las fases de crecimiento del cultivo, los componentes de la biomasa y los nutrimentos asociados a cada componente, así como el rendimiento económico que se espera de una plantación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades Experimentales

La presente investigación se desarrolló en dos localidades, la primera en el Campus de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Saltillo, Coahuila y la segunda en el campo experimental de Zaragoza, Coahuila, perteneciente a la UAAAN.

Saltillo, Coahuila

El Campus Universitario se localiza entre las coordenadas geográficas de 25°22' de latitud norte y 101°02' de longitud oeste, a una altitud de 1743 msnm. El clima de la región es seco, semiárido, con invierno fresco, extremoso y con lluvias de verano (García, 1987).

Zaragoza, Coahuila

El Campo Experimental se ubica a 12 km al norte de la ciudad de Zaragoza, Coahuila, a una latitud norte de 28° 33' y una longitud oeste de 100° 55', a una altura sobre nivel del mar de 350 m. La fórmula climática de la región es BSohx'(e), que indica que es un clima seco, semicálido, extremoso con lluvias intermedias entre el verano y el invierno. La temperatura promedio es de 22 a 24°C y una precipitación promedio anual de 300-400 mm (García, 1987).

Material Genético

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron dos grupos élite de híbridos F₁ apomícticos de zacate buffel generados en el Programa de Pastos del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, resultado de los

cruzamientos realizados entre el clon sexual TAM CRD B1s como progenitor hembra y Zaragoza 115 (Z-115) como progenitor macho.

Experimento I

En el experimento I se utilizó el Grupo Elite I (GEI) que estuvo conformado por 22 genotipos experimentales de zacate buffel y como testigos cuatro variedades Común (C), Común II (CII), Zaragoza 115 (Z) y Pecos (P). Se utilizó semilla cosechada en 2003 de un lote experimental de Reynosa, Tamaulipas. La semilla estuvo almacenada en la bodega de Pastos de la UAAAN, en bolsas de papel estraza a temperatura ambiente durante ocho años. Se realizó una prueba de germinación previa a la siembra de este material, para determinar la viabilidad de la semilla.

Experimento II

En este experimento fue utilizado el GEI, las cuatro variedades comerciales y se agregó una especie más como referencia, que fue la variedad Álamo de *Panicum virgatum* (switchgrass).

Experimento III

El Grupo Elite II (GEII) estuvo integrado por 26 híbridos apomícticos y como testigos se incluyeron cuatro variedades Pecos, Biloela, Común y Nueces. Se utilizó semilla cosechada en 2011 en un lote experimental de Zaragoza, Coahuila.

Experimento IV

Experimento establecido con el material genético del Grupo Elite I y las cuatro variedades antes mencionadas.

Metodología Experimento I

Pruebas de Germinación

Se sabe que la capacidad germinativa de la semilla de zacate buffel es de aproximadamente cinco años. Por lo que se realizaron dos pruebas de germinación a la semilla del GEI, para evaluar la viabilidad de la semilla almacenada por ocho años (2003 – 2011). La semilla estuvo almacenada bajo condiciones ambientales, con todas sus envolturas (involucros), en bolsas de papel y depositadas en botes de aluminio. La temperatura promedio de la región durante el periodo de almacenamiento fue de 21.5 °c (CONAGUA, 2015).

Preparación de la Semilla

Se consideró como semilla al fruto (cariópside) de la especie. Para obtenerlos, se trillaron los involucros y se eliminaron sus envolturas, los cariósides se trataron con captan®, distribuyéndolo de manera uniforme, en todas las semillas.

Las cajas Petri se lavaron y esterilizaron junto con el papel filtro en una autoclave, la germinadora se lavó y desinfectó con alcohol al 96 por ciento para prevenir contaminación por patógenos y saprofito.

Siembra

El experimento se realizó en dos fechas: la primera siembra el 15 de noviembre de 2011 y la segunda el 2 de diciembre del mismo año en la bodega del Programa de Pastos de la UAAAN. Las cajas Petri se rotularon con número de tratamiento, repetición y fecha. Se utilizó doble papel filtro como sustrato, éste fue humedecido con agua destilada y se colocaron 100 semillas de cada genotipo en cada caja petri, distribuidos uniformemente utilizando una aguja de disección.

Las cajas Petri fueron las unidades experimentales, se distribuyeron en charolas y estas se colocaron en una germinadora Seedburo®, la temperatura se programó a 27 ± 1 °C con una alternancia de luz:oscuridad de 8:16 hr respectivamente. Se regó agua destilada a todas las cajas Petri de acuerdo a los requerimientos, para evitar que el proceso de germinación se interrumpiera por falta de humedad.

Diseño Experimental

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar con 26 tratamientos y dos repeticiones en cada prueba de germinación con 52 unidades experimentales por prueba y 104 en total.

Toma de Datos

Para determinar la viabilidad y el índice de velocidad de germinación de los genotipos, se tomaron datos diarios a las 1 pm por 28 días de las siguientes variables

Viabilidad. Es el porcentaje de germinación final después de 28 días, se consideró como semilla germinada cuando se alcanzó una longitud de 0.5 cm de plúmula y 1 cm de radícula. Las semillas que fueron germinando se fueron descartando.

Plántulas Normales. Se clasificaron como plántulas normales aquellas que desarrollaron las estructuras esenciales: plúmula y radícula.

Plántulas Anormales. Se consideraron plántulas anormales aquellas que carecían de plúmula, de radícula o que la plúmula estuviera delgada o pálida (plántulas albinas).

Semilla Muerta. Se consideraron como inviábiles a las semillas que no germinaron y tomaron un color café oscuro y condición acuosa.

Índice de Velocidad de Germinación (IVG). Es el número promedio de semillas germinadas por día, para ello, se cuantificó cada 24 hr (13:00 hr) el número de semillas germinadas. El cálculo del IVG se realizó con base en la fórmula propuesta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gt}{Nt} + \dots + \frac{Gn}{Nn} = \sum_{i=1}^n \frac{Gi}{Ni}$$

Donde:

IVG. Índice de Velocidad de germinación

Gi. Representa el número de semillas germinadas en el día *i*-ésimo.

Ni. Número de días desde el inicio de la prueba de germinación.

Análisis Estadísticos

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA). En los casos en que los análisis mostraron diferencias significativas entre los tratamientos se realizaron comparaciones de medias utilizando la prueba de Duncan a un nivel de significancia de $\alpha \leq 0.05$.

Metodología Experimento II

El experimento II se realizó con el GEI en un espacio entre la Bodega de Pastos y el invernadero ocho en el Campus Universitario.

Siembra en Invernadero

Semilla de los 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass (*Panicum virgatum*) se sembraron el 30 de marzo de 2012 en charolas de nieve seca con 200 cavidades, con peat-moss como sustrato. Se sembraron dos genotipos por charola, utilizando 90 cavidades por genotipo y 20 cavidades como separación entre genotipos. Se depositaron dos semillas por cavidad para asegurar la germinación de al menos uno de estos. Las cajas de nieve seca se llevaron al invernadero N° 8, donde se les

proporcionó la atención adecuada de riegos y fertilización, a los 30 días después de la siembra, se realizó el aclareo dejando una plántula por cavidad. Durante el desarrollo de las plantas en invernadero, se observó la presencia de mosca del mantillo (*Bradysia paupera*); este insecto en fase larvaria se alimenta de las raíces de las plántulas, causando debilitamiento y muerte de éstas. Para su control se aplicó un insecticida granulado, Imidacloprid®, el 16 y 31 de mayo, a una dosis de 2 gr por charola en seco. El producto fue efectivo, ya que el insecto no causó daño en las plantas.

Trasplante en Macetas

El trasplante se realizó el 7 de Junio del 2012, cuando las plantas produjeron los primeros macollos, se utilizaron macetas de plástico negras de cuatro litros. Como sustrato se utilizó un litro de grava y 3 litros de peat-moss, las macetas se identificaron con abatelenguas con el número de parcela y tratamiento. Se trasplantaron ocho plantas por genotipo considerando cada maceta una unidad experimental (Ue), con un total de 216 macetas. El riego se realizó diariamente aplicando un litro de agua por maceta. Se fertilizaron dos veces por semana durante todo el ciclo vegetativo, utilizando tres tipos de fórmulas: la primera (9-45-15) inició el 18 de abril del 2012, la segunda (20-30-10) el 10 de julio del 2012 y la última (20-20-20) el 31 de julio, se aplicó una dosis de 2 gr/l de agua en todos los casos.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo de parcelas divididas, donde las parcelas grandes fueron fechas de corte (Factor A) con cuatro niveles y las parcelas chicas fueron los genotipos (Factor B) con 27 niveles con un total de 108 tratamientos con dos repeticiones. En este experimento se realizaron cuatro evaluaciones, con una diferencia de 20 días entre evaluaciones, utilizando un método destructivo, ya que la planta se sacaba completa de la maceta para su evaluación, en cada fecha se muestrearon dos plantas de cada genotipo. Las fechas de corte fueron el 7 y 26 de julio, el 17 de agosto y el 7 de septiembre de 2012.

Variables Evaluadas

Altura de Planta

En la primera evaluación la altura de planta se midió desde la base de la planta, hasta el ápice de la hoja bandera del tallo más alto; en las evaluaciones posteriores la altura se midió, desde la base de la planta hasta el ápice de la panícula del tallo más alto.

Número de Tallos por Planta

El número de macollos por planta se contabilizó directamente en la maceta, se contaron macollos con 5 cm o más de crecimiento.

Panículas por Planta

El número de panículas se determinó directamente en las macetas, se contabilizaron todas aquellas panículas que hubieran emergido completamente de la hoja bandera.

Biomasa Fresca Aérea

Se cortó la biomasa de la planta al nivel del sustrato y se metió en bolsas de papel previamente identificadas con la fecha y el número de tratamiento y se pesaron en una balanza digital.

Biomasa Fresca Radicular

Dos días antes de cada evaluación se dejó de regar las macetas, para evitar que el sustrato se pegara a la raíz y reducir la pérdida de biomasa. Primeramente se extrajo el contenido de cada maceta y se retiró la grava, en seguida utilizando una malla de alambre, se sacudió la raíz para retirar el sustrato, se lavó la raíz, con suficiente agua, hasta que quedara lo más limpia posible. Se eliminó el exceso de agua y se secó a temperatura ambiente evitando la exposición directa al sol. Se pesó en una balanza digital y se pusieron en bolsas de papel previamente identificadas.

Biomasa Seca Aérea y Radicular

Para determinar estas variables, se secaron las muestras del material a temperatura ambiente durante 10 días, estas fueron pesadas varias veces hasta que las muestras alcanzaron un peso constante.

Biomasa Fresca y Seca Total

La biomasa fresca total se obtuvo sumando los pesos frescos de raíz y peso aéreo de la planta. Este mismo procedimiento se utilizó para obtener el valor del peso seco de la biomasa total de la planta, sumando la biomasa seca aérea y radicular.

Proporción Biomasa Aérea y Radicular

Esta variable se obtuvo de manera indirecta dividiendo el peso seco de la parte aérea y el peso seco de la raíz de cada planta.

Análisis Estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANVA) individuales para cada fecha de evaluación y un análisis global de parcelas divididas para cada una de las variables y cuando los ANVAS indicaron diferencias significativas se realizó la comparación de medias con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) a un nivel de significancia de $\alpha \leq 0.05$ para las parcelas grandes (fechas), para las parcelas chicas (genotipos) se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia de $\alpha \leq 0.05$.

Generación de la Ecuación Alométrica

Previo a la generación de la ecuación se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para agrupar los genotipos en función de sus características dimensionales (altura de planta, número de panículas y de tallos) y de su biomasa

acumulada en sus compartimentos (*biomasa aérea seca, radicular seca y total seca*), para ello se usó la matriz estandarizada de sus promedios por genotipo, empleando las primeras como variables de clasificación y se usaron modelos de regresión para estimar biomasa por grupo/componente.

El modelo alométrico usado (sugerido por Nafus *et al.*, 2009 para pastos) fue de la forma

$$\text{Ln}y_{ij} = a + b\text{Ln}(x_{ij}) + \varepsilon_{ij}, \text{ re-transformado a: } y = e^ax^b,$$

El cual es una variación del modelo de potencia ($y = ax^b$) (Northup *et al.*, 2005), donde:

y = biomasa de compartimento (g)

x = altura total de la planta (cm)

a y b = parámetros del modelo

Ln = Logaritmo natural

e = exponencial

ε es el error

La transformación logarítmica (asegura linealidad y varianza constante) ha sido ampliamente recomendada en modelos alométricos (Andariese y Covington, 1986; Guevara *et al.*, 2002; Oliveras *et al.*, 2014) incluso mejora la estimación de biomasa y ajuste del modelo; sin embargo, al retransformar las variables a sus unidades originales se genera un sesgo, para corregir esto, Sprugel (1983) propuso la aplicación de un factor de corrección ponderado y es multiplicativo a la biomasa estimada (antes de regresarse a sus unidades originales), el cual se obtiene con: $FC = \exp^{(SEE^2/2)}$, donde FC es el factor de corrección y SEE es el error estándar de la estimación, en unidades transformadas.

Obtención de Carbono, Dióxido de Carbono y Oxígeno

El contenido de Carbono se obtuvo a través del producto de la biomasa por la fracción de Carbono, 0.50 para este caso (IPCC, 1994). La conversión de Carbono a Dióxido de Carbono, es basado en relación de pesos moleculares de CO_2 y C (44/12) propuesto por el IPCC (2006). La cantidad de Oxígeno producido se estimó a partir de la captura de Carbono en base a los pesos atómicos: Producción neta de O_2 ($\text{g}\cdot\text{día}^{-1}$) = Carbono secuestrado en la biomasa ($\text{g}\cdot\text{día}^{-1}$) $\cdot(32/12)$ (Nowak *et al.*, 2007).

El Carbono total secuestrado en los compartimentos de cada planta y grupos de genotipos, se obtuvo ajustando el modelo de Scumacher: $y = \exp\left[\frac{a}{b} \left(1 - e^{-bx}\right)\right]$, empleado para tal fin por Méndez *et al.* (2011) y Méndez *et al.* (2014), donde: y = Carbono (kg), x = edad (días), \exp = exponencial, a y b = parámetros del modelo.

Metodología Experimento III

Para las estimaciones de producción de forraje en campo, se utilizó un lote experimental establecido anteriormente en Zaragoza, Coahuila, donde se estudió la producción de los 26 genotipos que integran el grupo Elite II y de las cuatro variedades. Los tratamientos estuvieron repetidos dos veces distribuidos en bloques completos al azar. Cada parcela experimental consistió de tres surcos, con una distancia entre surcos de 0.80 m y 10 plantas por surco a una distancia de 0.50 m entre plantas. El rendimiento de cualquier cultivo está dado por la capacidad para acumular biomasa en los órganos que constituyen a la cosecha y el incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento (Peil *et al.*, 2005), por lo que en esta parte del trabajo se llevó a cabo la realización de cortes para estimar la biomasa fresca y seca que produjeron los materiales.

Variables Evaluadas

Peso de Biomasa Fresca

Para determinar la biomasa fresca, se cortó y pesó el forraje de ocho plantas de la parcela útil. Se realizaron tres cortes de forraje el 27 de junio y 16 de octubre de 2012 y el 28 de junio de 2013.

Peso de Biomasa Seca

Para obtener el peso seco se tomó una muestra de 500 g de forraje verde de cada parcela. Las muestras se pusieron en bolsas de papel previamente identificadas y se enviaron a un asoleadero, una vez secas se pesaron y se realizó una regla de tres simple para determinar la biomasa seca por parcela.

Análisis Estadístico

Se realizaron análisis de varianza para cada uno de los cortes y un análisis global de todos los cortes con un arreglo de parcelas divididas en el tiempo, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia de $\alpha \leq 0.05$.

Metodología Experimento IV

El lote se estableció en el campo experimental de Zaragoza, Coahuila, con material genético del Grupo Elite I en un diseño de bloques completos al azar en dos repeticiones. A las plantas henificadas en pie de los 26 genotipos de zacate buffel se cortó el 1 de marzo de 2013 y la producción de forraje fue determinada como materia seca. Se realizó un análisis de varianza al corte realizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento I

Viabilidad

La viabilidad de las semillas se presenta como porcentajes de germinación en el Cuadro A1 del Apéndice. Los resultados indicaron que es posible la renovación de semilla de todos los genotipos y asegurar la conservación del germoplasma del Grupo Elite I de zacate buffel. El análisis de varianza para viabilidad se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la viabilidad de semilla de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila 2011.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	3	3101.27	1033.76	41.40**	2.73	4.06
Genotipos	25	3295.96	131.84	5.28**	1.66	2.05
Error Exp.	75	1872.73	24.97			
Total	103	8269.96				
					CV=	6.21%

El valor de F para los genotipos indica diferencias altamente significativas entre estos para la viabilidad de las semillas después de ocho años de almacenamiento de los involucros a temperatura ambiente. La comparación de medias mediante la prueba de rango múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1960), se presenta en el Cuadro 2. Los rangos mínimos significativos se presentan en el Cuadro A2 del Apéndice.

Cuadro 2. Comparación de medias del porcentaje de germinación de semillas de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila 2011.

Genotipo	Germinación %
Común	95.50 a
9	88.50 b
Común II	88.00 b
19	87.50 b
13	84.75 bc
7	83.75 bcd
10 y 20	83.25 bcde
5 y 22	82.75 bcdef
21	82.25 bcdefg
24	81.75 bcdefg
16	80.75 bcdefgh
Z115	80.25 bcdefgh
1 y 12	79.00 cdefgh
17	78.75 cdefgh
Pecos	77.50 cdefgh
18	77.00 cdefgh
14	76.00 cdefghi
23	75.75 defghi
2	75.25 efghi
8	74.25 fghi
4	74.00 ghi
6	73.25 hi
3	68.75 i
\bar{X}	79.75

El genotipo 3 mostró una germinación de 68.75 % que fue la más baja y tuvo una diferencia de 26.75 puntos porcentuales con respecto a la media de Común que mostró la más alta germinación con 95.5%.

Una diferencia entre 7.0 y 8.5 % de germinación resultó suficiente para ser significativa dependiendo de la posición de las medias comparadas en la lista de medias en orden decreciente (Cuadro A2). Los resultados indican que las semillas de zacate buffel almacenadas con sus envolturas (involucros) a temperatura ambiente mantienen alta viabilidad por un tiempo considerable. La variabilidad observada en el grupo estudiado indica que es posible seleccionar para mayor tiempo de conservación de la

viabilidad de la semilla bajo almacén. Bajo condiciones de campo se ha reportado que la semilla (involucro) del zacate buffel mantiene su viabilidad de 2 a 4 años, la mayor pérdida de viabilidad ocurre en los primeros 2 años, pero hasta 10% puede sobrevivir cuatro años después de la siembra (Jiménez *et al.*, 2005).

La comparación de las medias para los bloques se realizó mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS). El resultado fue la formación de dos grupos de medias; el primero con las medias de los bloques I y II y el segundo grupo con las medias de los bloques III y IV. Esto correspondió con las pruebas de noviembre y diciembre respectivamente por lo que se realizó un análisis por separado para cada prueba. Los análisis de varianza para ambas pruebas se presentan en el Cuadro 3; diferencias significativas entre genotipos resultaron en la prueba de diciembre solamente.

Cuadro 3. Análisis de varianza para viabilidad de semilla de 26 genotipos de zacate buffel en dos pruebas de germinación. Saltillo, Coahuila, 2011.

Mes de Prueba	FV	GL	SC	CM	FC	F α	
						0.05	0.01
Noviembre	Bloques	1	26.33	26.33	1.03 ^{NS}	4.24	7.77
	Genotipos	25	1201.56	48.06	1.88 ^{NS}	1.95	2.61
	Error Exp.	25	640.12	25.61			
	Total	51					
						CV=	5.89%
Diciembre	Bloques	1	102.48	102.48	3.74 ^{NS}	4.24	7.77
	Genotipos	25	2641.94	105.68	3.96 ^{**}	1.95	2.61
	Error Exp.	25	685.02	27.40			
	Total	51					
						CV=	6.96%

En el Cuadro 4 se presentan los porcentajes de germinación de la prueba del mes de noviembre, obtenidos con los diferentes genotipos. La diferencia entre los genotipos 3 y 26 (que fueron los de menor y mayor germinación), fue de 20 puntos porcentuales y de acuerdo a la prueba de F no existen diferencias significativas al 5%.

La viabilidad promedio del GEI en noviembre fue de 85.87 % indicando que bajo las condiciones de almacenamiento utilizadas, este germoplasma puede ser mantenido por lo menos durante 10 años sin mayor riesgo de perder alguna línea en particular como la número 3 que fue la que mostró menor viabilidad con 75.5 % de germinación.

Cuadro 4. Porcentaje de germinación de semilla de 26 genotipos de zacate buffel en la prueba del mes de noviembre. Saltillo, Coahuila 2011.

Genotipo (s)	Germinación %
Común	95.50
Común II	94.00
7 y 22	91.50
9, 19 y 20	90.00
10	89.50
13 y 16	88.00
24	87.00
17, 18 y 21	86.00
5	85.00
1 y Z115	84.50
14	84.00
23	82.50
12 y Pecos	82.00
4	81.00
6	80.50
2 y 8	79.00
3	75.50
\bar{X}	85.87

En la prueba de diciembre la viabilidad de los genotipos fue menor a la de noviembre siendo la media de 75.17 % (Cuadro 5) lo que equivale a 88 % de la

viabilidad observada en la primera prueba. La diferencia entre los valores extremos fue de 33.5 puntos porcentuales resultando ocho grupos de la comparación de medias realizada mediante la prueba de Duncan (Steel y Torrie, 1960).

Cuadro 5. Comparación de medias de germinación de semilla de 26 genotipos de zacate buffel de la prueba del mes de diciembre y pérdida de viabilidad con respecto a noviembre. Saltillo, Coahuila 2011.

Genotipo (s)	Germinación %	Reducción de Viabilidad %
Común	95.5 a	0.00
9	87.0 ab	3.33
19	85.0 abc	5.55
Común II	82.0 bcd	12.76
13	81.5 bcde	7.38
5	80.5 bcdef	5.29
21	78.5 bcdefg	8.72
10	77.0 bcdefg	13.96
20 y 24	76.5 bcdefg	15.00 y 12.06
7, Z115 y 12	76.0 bcdefg	16.93, 10.05 y 7.31
22	74.0 cdefgh	19.12
1 y 16	73.5 cdefgh	13.01 y 16.47
Pecos	73.0 cdefgh	10.97
2 y 17	71.5 defgh	9.49 y 16.86
8	69.5 defgh	12.02
23	69.0 efgh	16.36
14 y 18	68.0 fgh	19.04 y 20.93
4	67.0 gh	17.28
6	66.0 gh	18.01
3	62.0 h	17.88
\bar{X}	75.17	12.53

El genotipo 18 mostró la mayor reducción con 20.9 %; con excepción de Común, todos los genotipos mostraron viabilidad reducida promediando el GEI 12.53 % de pérdida. De 24 genotipos, diez tuvieron una pérdida de viabilidad por debajo de la media siendo la más baja de 3.3 % (genotipo 9).

Los resultados indican que hay variabilidad genética suficiente para seleccionar materiales con mayor capacidad de retención de la viabilidad de las semillas cuando el

desglumado no es seguido de una utilización rápida de los mismos. En otra investigación reciente, semillas almacenadas durante cuatro meses, mostraron una reducción en la germinación, promedio de trece genotipos, superior a 60 % en referencia a la germinación mostrada por los mismos genotipos con semillas recién desglumados (Vázquez, 2013). Ella también observó diferencias entre genotipos siendo los extremos en pérdida de germinación un material con 33.1 % y otro con 99.2 % (pérdida casi total).

Los resultados de la presente investigación en cuanto a rápida pérdida de viabilidad cuando las semillas son desglumadas así como variabilidad genética para esta característica, muestran consistencia con los resultados obtenidos por Vázquez (2013).

Plántulas Normales

Las pruebas de germinación tienen como objetivo medir la capacidad de las semillas para producir plántulas normales bajo condiciones favorables en el medio (Hewett y Rennie, 1986). Una semilla germinada no necesariamente produce una plántula normal ya que pueden ocurrir semillas germinadas sin plúmula o sin radícula o plántulas albinas; este tipo de plántulas se registraron aparte como plántulas anormales.

Los resultados obtenidos para plántulas normales se pueden observar en el Cuadro A3 que muestra que todos los genotipos de zacate buffel tuvieron germinación y produjeron plántulas normales a temperatura ambiente después de ocho años de almacenamiento. El Cuadro 6 muestra los resultados del análisis de varianza para plántulas normales.

Cuadro 6. Análisis de varianza del porcentaje de semilla que produjeron plántulas normales de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	3	12047.3	4015.78	46.04**	2.73	4.06
Genotipos	25	6604.01	264.16	3.03**	1.66	2.05
Error Exp.	75	6541.41	87.22			
Total	103	25192.8				
					CV=	20.21 %

El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre los genotipos y para los bloques; en el Cuadro 7 se presenta la comparación de medias para los tratamientos (genotipos) de las cuales se formaron tres grupos, de acuerdo a la prueba de Duncan (Steel y Torrie, 1960). Se presentan 24 medias porque dos genotipos tuvieron el mismo valor de 50.5 % y otros dos tuvieron 41.5 % de plántulas normales. El primer grupo se formó con los genotipos 9, Común (26), 7, 20, 10, 13, 1, Común II (25), 19 y 5 que obtuvieron 69.50, 59.75, 54, 53.75, 53.50, 52.25, 50.50, 50.25 y 49.50 de plántulas normales respectivamente. El genotipo 3 obtuvo el valor más bajo con 32.25 % de plántulas normales, resultando un rango de 32.25 a 69.50 establecido por los genotipos 3 y 9. Las variedades Común y Z115 resultaron estadísticamente iguales con 59.75 y 42.75 % de plántulas normales. Pecos resultó prácticamente igual a su progenitor masculino Z115.

Cuadro 7. Comparación de medias del porcentaje de semilla que produjeron plántulas normales de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.

Genotipos	Plántulas Normales %
9	69.50 a
Común	59.75 ab
7	54.00 abc
20	53.75 abc
10	53.50 abc
13	52.25 abc
1 y Común II	50.50 abc
19	50.25 abc
5	49.50 abc
16	46.25 bc
22	46.00 bc
17	44.75 bc
18	44.25 bc
6	43.75 bc
Pecos	43.50 bc
Z115	42.75 bc
21	41.75 bc
2 y 8	41.50 bc
12	40.00 bc
14	39.50 bc
23	38.75 bc
24	36.00 bc
4	35.25 bc
3	32.25 c
\bar{X}	46.12

Diez genotipos experimentales superaron la media de 46.12 % de plántulas normales. El análisis de varianza indicó también diferencias entre bloques. La prueba de DMS determinó la igualdad de las medias de los bloques I y II en la prueba de noviembre y la diferencia altamente significativa entre las medias de los bloques III y IV que correspondieron a la prueba de diciembre (Cuadro 8); con respecto a los genotipos se encontraron diferencias significativas en noviembre y altamente significativas en diciembre. Las comparaciones de medias para ambas pruebas se presentan en el Cuadro 9, donde se observa que el rango entre valores extremos fue similar en noviembre y diciembre pero al igual que para viabilidad los porcentajes de plántulas normales

menores en diciembre; la producción promedio de plántulas normales fue de 56.71 y 35.69 % para las pruebas de noviembre y diciembre respectivamente. La reducción en la producción de plántulas normales fue ampliamente variable alcanzando una pérdida hasta de 60 % observada en el genotipo 24. Los resultados indican que también sería factible la selección en este grupo para la producción de plántulas normales después de almacenaje breve de la semilla.

Cuadro 8. Análisis de varianza del porcentaje de semilla que produjeron plántulas normales en el mes de noviembre y diciembre de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.

Mes de Prueba	FV	GL	SC	CM	FC	F α	
						0.05	0.01
Noviembre	Bloques	1	549.25	549.25	5.13*	4.74	7.77
	Genotipos	25	5325.17	213.01	1.99*	1.96	2.62
	Error Exp.	25	2678.25	107.13			
	Total	51					
						CV=	18.25%
Diciembre	Bloques	1	11.08	11.08	0.22 ^{NS}	4.74	7.77
	Genotipos	25	3891.08	155.64	3.11**	1.96	2.62
	Error Exp.	25	1250.92	50.04			
	Total	51					
						CV=	19.82%

Varios genotipos experimentales pueden sustituir a la variedad Común con base en la producción de plántulas normales y además tienen la ventaja de ser resistentes al tizón del zacate buffel y mayor resistencia a heladas.

Cuadro 9. Comparación de medias para plántulas normales producidas en las pruebas de noviembre y diciembre de semilla del GEI de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.

Genotipo	Plántulas Normales %			
	Noviembre	Genotipo	Diciembre	Reducción %
9	77.50 a	9	61.50 a	20.64
20	70.50 ab	Común	50.50 ab	26.81
Común	69.00 abc	1	49.50 abc	3.88
13	68.50 abc	17	42.00 abc	11.57
7 y 10	68.00 abc	16	40.50 abc	22.11
5	65.00 abcd	7	40.00 abc	41.17
22 y 18	63.00 abcd	10	39.00 abc	46.64
19 y Común II	62.50 abcde	2 y Común II	38.50 abc	13.48 y 38.40
Pecos	57.00 abcde	19 y 21	38.00 abc	39.20 y 16.48
Z115	55.50 abcde	6	37.50 abc	25.00
8	54.50 abcde	20	37.00 abc	46.80
12	52.50 abcd	13	36.00 abc	47.44
16	52.00 bcde	5	34.00 abc	47.69
1 y 24	51.50 bcde	4	30.50 bc	23.75
6	50.00 bcde	14, Z115 y P	30.00 bc	38.17, 45.94 y 47.36
14	49.00 bcde	22 y 23	29.00 bc	53.96 y 40.20
23	48.50 bcde	8	28.50 bc	47.70
17	47.50 bcde	12	27.50 bc	47.61
21	45.50 bcde	3	27.00 bc	28.00
2	44.50 cde	18	25.50 bc	59.52
4	40.00 de	24	20.50 c	60.19
3	37.50 e	---	---	---
\bar{X}	56.71	\bar{X}	35.69	37.06

La media general de la prueba de diciembre fue de 35.69 % donde los genotipos 5, 4, 14, 11, 15, 22, 23, 8, 12, 3, 18 y 24 estuvieron por debajo de la media (Cuadro 9). En ambas pruebas el genotipo 9 fue el que tuvo mayor germinación, produciendo plántulas normales, teniendo una baja de 16 puntos porcentuales de noviembre a diciembre. Para el caso del genotipo 3 que fue el que tuvo menor producción en la prueba de noviembre hubo una diferencia de 10.5 puntos porcentuales con respecto al mes de diciembre, pero en este mes el genotipo 3 no ocupó el último lugar, ya que fue el genotipo 24 el que tuvo menor producción de plántulas normales. La diferencia en reducción de viabilidad para la producción de plántulas normales de un mes a otro fue de 21.02 % en promedio.

Plántulas Anormales

En el Cuadro A4 se puede observar que todos los materiales produjeron plántulas anormales presentándose un rango de 19 a 45.75 %, establecido por los genotipos 9 y 24. El análisis de varianza (Cuadro 10) indicó diferencias altamente significativas para bloques pero no entre genotipos. La media general de plántulas anormales fue de 34.31%.

Cuadro 10. Análisis de varianza del porcentaje de semilla que produjeron plántulas anormales en 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	3	3635.03	1211.68	14.65**	2.73	4.06
Genotipos	25	2522.28	100.89	1.22 ^{NS}	1.66	2.05
Error Exp.	75	6203.22	82.71			
Total	103	12360.5				
					CV=	26.50%

En el Cuadro 11 se muestra la comparación de medias entre los bloques mediante la prueba de DMS al 0.05 %, en este Cuadro se observa que los bloques 3 y 4 correspondientes a la prueba de diciembre tuvieron valores más altos de plántulas anormales. Una prueba de t indicó que la diferencia entre las medias de noviembre y diciembre fue significativa. Por lo anterior se analizaron los datos de noviembre y diciembre por separado. Los análisis de varianza se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 11. Comparación de medias de bloques y medias de pruebas del porcentaje de semilla que produjeron plántulas anormales de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.

Mes de prueba	Bloques	Plántulas Anormales %	Pruebas de Medias
Noviembre	I	25.19 a	\bar{X} = 29.15 b
	II	33.12 b	
Diciembre	III	38.54 b	\bar{X} = 39.48 a
	IV	40.42 c	

Cuadro 12. Análisis de varianza del porcentaje de semilla que produjeron plántulas anormales de 26 genotipos de zacate buffel en las pruebas de noviembre y diciembre. Saltillo, Coahuila, 2011.

Mes de prueba	FV	GL	SC	CM	FC	F α	
						0.05	0.01
Noviembre	Bloques	1	816.07	816.07	10.26**	4.74	7.77
	Genotipos	25	2710.77	108.43	1.36 ^{NS}	1.96	2.62
	Error Exp.	25	1987.92	79.52			
	Total	51	5514.77				
						CV=	30.59%
Diciembre	Bloques	1	46.17	46.17	0.98 ^{NS}	4.74	7.77
	Genotipos	25	2851.48	114.06	2.43*	1.96	2.62
	Error Exp.	25	1175.33	47.01			
	Total	51	4072.98				
						CV=	17.37%

Solamente en la prueba de diciembre se encontraron diferencias significativas entre genotipos. Las medias para los genotipos en ambas pruebas se presentan en el Cuadro 13. En noviembre los valores máximo y mínimo de plántulas anormales fue de 41.0 y 12.5 % para los genotipos 4 y 9 respectivamente, siendo la media del GEI 29.15 %. En diciembre el genotipo 24 fue el que produjo mayor número de plántulas anormales con un valor de 56 %, en cambio el genotipo 1 fue el que produjo menos plántulas anormales, con una diferencia de 32 % con respecto al genotipo 24. Común y Z115 tuvieron un comportamiento similar al genotipo 24, ya que las dos medias son

estadísticamente iguales. El promedio general de plántulas anormales en el mes de diciembre fue de 39.48 %, por lo que hubo 10.33 % más plántulas anormales con respecto a la prueba del mes de noviembre, ya que en esta prueba la producción de plántulas anormales fue de 29.15 %. Hubo 18 genotipos que tuvieron más plántulas anormales en diciembre que en noviembre. Un genotipo (21) tuvo el mismo porcentaje en ambas pruebas y en siete genotipos (1, 2, 3, 4, 6, 16, 17) las plántulas anormales fueron menos en diciembre que en noviembre (marcados con asterisco).

Cuadro 13. Comparación de medias para plántulas anormales producidas en las pruebas de noviembre y diciembre de semilla del GEI de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.

Genotipo	Plántulas Anormales %			
	Noviembre	Genotipo	Diciembre	Incremento o Reducción*
4	41.00	24	56.00 a	57.75
21	40.50	12	48.50ab	64.41
17	38.50	19	47.00 ab	70.91
3	38.00	5	46.50 ab	132.50
16	36.00	Z115	46.00 abc	58.62
24	35.50	13	45.50 abc	133.33
14	35.00	Común y 22	45.00 abcd	69.81 y 57.89
2	34.50	Común II	43.50 abcd	38.10
23	34.00	Pecos	43.00 abcd	72.00
1	33.00	18	42.50 abcd	84.78
Común II	31.50	8	41.00 abcd	67.35
6	30.50	21	40.50 abcdf	0.00
12	29.50	23	40.00 abcdf	17.65
Z115	29.00	20	39.50 abcdf	102.56
22	28.50	14 y 10	38.00 bcdf	8.57 y 76.74
19	27.50	4	36.50 bcdf	10.98*
Común	26.50	7	36.00 bcdf	53.19
Pecos	25.00	3	35.00 bcdf	7.89*
8	24.50	2 y 16	33.00 bcdf	4.35* y 8.33*
7	23.50	17	29.50 cdf	23.38*
18	23.00	6	28.50 df	6.56*
10	21.50	9	25.50 df	104.00
5	20.00	1	24.00 f	27.27*
13 y 20	19.50	---	---	---
9	12.50	---	---	---
\bar{X}	29.15	\bar{X}	39.48	45.44

Índice de Velocidad de Germinación (IVG)

Este índice expresa el número de semillas germinadas por día. Por lo tanto, cuanto mayor es el valor mayor es la velocidad de germinación e indirectamente mayor el vigor. El análisis de la varianza de todas las observaciones (Cuadro 14) indicó diferencias altamente significativas para bloques y genotipos.

Cuadro 14. Comparación de medias para plántulas normales producidas en las pruebas de noviembre y diciembre de semilla del GEI de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	3	1081.70	360.57	88.47**	2.73	4.06
Genotipos	25	506.94	20.28	4.98**	1.66	2.05
Error Exp.	75	305.68	4.08			
Total	103	1894.32				
					CV=	21.20%

En la comparación de medias de los genotipos (Cuadro 15) resultaron siete grupos. El genotipo 9 tuvo un valor de 16.72 semillas germinadas por día teniendo el valor más alto en comparación al resto de los genotipos. Considerando las variables evaluadas se deduce que el genotipo 9 además de tener el mejor IVG es el mejor genotipo por producir mayor número de plantas normales después de tener los involucros almacenados por ocho años a temperatura ambiente. Común resultó estadísticamente diferente al genotipo 9 así como todos los otros genotipos. El genotipo 9 germinó 10.1 semillas más por día que el genotipo 4 que fue el de menor vigor. El promedio de semillas germinadas por día fue de 9.53.

Cuadro 15. Comparación de medias para plántulas normales producidas en las pruebas de noviembre y diciembre de semilla del GEI de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.

Genotipo	IVG
9	16.72 a
Común	13.57 b
10	11.25 bc
20	11.18 bc
1	11.05 bcd
13	10.94 bcde
5	10.83 bcde
19	10.62 bcdef
7	10.60 bcdef
22	9.95 cdefg
16	9.67 cdefg
18	9.61 cdefg
6	9.52 cdefg
2	9.39 cdefg
Común II	9.10 cdefg
Pecos	8.55 cdefg
17	8.43 cdefg
Z115	8.08 cdefg
8	7.71 defg
21	7.67 defg
24	7.64 defg
23	7.52 efg
12	7.47 efg
14	7.31 fg
3	6.70 g
4	6.59 g
\bar{X}	9.53

En el Cuadro 16 se muestra la comparación de medias de los bloques y de las pruebas, donde se observa que el bloque I tuvo un IVG de 13.93 y el bloque que tuvo menor IVG fue el IV con un valor de 6.35. La prueba de “t” mostró que hubo diferencias significativas entre las medias de las pruebas de noviembre y diciembre. En el Cuadro 17 se observa que hubo diferencias altamente significativas entre genotipos dentro de cada prueba.

Cuadro 16. Comparación de medias para los bloques y pruebas del índice de velocidad de germinación de semilla de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.

Mes de prueba	Bloques	IVG	IVG
		bloques	pruebas
Noviembre	I	13.93 a	\bar{X} = 12.61 a
	II	11.30 a	
Diciembre	III	6.52 b	\bar{X} = 6.44 b
	IV	6.35 b	

Cuadro 17. Análisis de varianza del índice de velocidad de germinación de los meses de noviembre y diciembre de semilla de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.

Mes de prueba	FV	GL	SC	CM	FC	F α	
						0.05	0.01
Noviembre	Bloques	1	90.24	90.24	17.22**	4.74	7.77
	Genotipos	25	456.26	18.25	3.48**	1.96	2.62
	Error Exp.	25	130.99	5.24			
	Total	51	677.49				
						CV=	18.15%
Diciembre	Bloques	1	0.38	0.38	0.23 ^{NS}	4.74	7.77
	Genotipos	25	184.61	7.38	4.53**	1.96	2.62
	Error Exp.	25	40.76	1.63			
	Total	51	225.76				
						CV=	19.83%

En la comparación de medias de genotipos dentro de pruebas (Cuadro 18) para el mes de noviembre se puede observar que el genotipo que tuvo mayor velocidad de germinación fue el 9 con un valor de 20.76, teniendo este una diferencia de 12.41 con

respecto al genotipo 4 que fue el que germinó más lento. La variedad Común y el genotipo 5 resultaron estadísticamente iguales que el 9. Las variedades Pecos y Z115 estuvieron por debajo de la media que fue de 12.61. Para la prueba de diciembre nuevamente el genotipo 9 tuvo un valor mayor, pero hubo una reducción de 8.07 con respecto a la evaluación de noviembre. Las variedades comerciales Pecos y Z115 resultaron ser estadísticamente iguales entre ellas y ambas estuvieron por debajo de la media general.

Cuadro 18. Comparación de medias del IVG de 26 genotipos de zacate buffel en pruebas de noviembre y diciembre después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila. 2011.

Semillas Germinadas por día (IVG)			
Genotipo	Noviembre	Genotipo	Diciembre
9	20.76 a	9	12.67 a
Común	18.00 ab	1	9.95 b
5	15.91 abc	Común	9.13 bc
20	15.88 bc	16	7.70 dcd
10	15.43 bcd	19	7.50 dcd
13	15.33 bcd	2	7.40 dcd
18	14.37 bcde	7	7.14 dcd
22	14.20 bcdef	10	7.06 dcd
7	14.07 bcdef	6	6.97 dcd
19	13.74 bcdefg	17	6.61 cde
Común II	12.19 cdefg	13	6.55 cde
1	12.14 cdefg	21	6.54 cde
6	12.07 cdefg	20	6.49 cde
Pecos	11.79 cdefg	Común II	6.00 de
16	11.64 cdefg	5	5.75 de
24	11.50 cdefg	22	5.70 de
2	11.39 cdefg	Z115	5.38 de
8	10.84 cdefg	Pecos	5.32 de
Z115	10.77 cdefg	23	5.13 de
17	10.25 defg	12	4.93 de
12	10.00 defg	4	4.84 de
23	9.92 defg	18	4.84 de
14	9.90 defg	3	4.74 de
21	8.81 efg	14	4.73 de
3	8.67 fg	8	4.57 de
4	8.35 g	24	3.78 e
\bar{X}	12.61	\bar{X}	6.44

La variedad Común, al igual que el genotipo 9 son materiales sobresalientes; ambos materiales mostraron mayor vigor y sobresalieron en ambas pruebas. Otros tres genotipos (7, 10 y 13) tuvieron valores por arriba de la media tanto en noviembre como en diciembre.

Semillas Muertas

Con respecto a las semillas muertas se encontró que Común fue el que obtuvo el valor más bajo, resultado que concuerda con la mayor germinación (viabilidad) que mostró esta variedad, en el genotipo 3 sucedió lo contrario. La inviabilidad fue evidente por la presencia de patógenos que dieron una apariencia café oscuro y una condición acuosa a las semillas que no germinaron.

Experimento II

En el experimento II se realizaron análisis de varianza para cada fecha de evaluación y un análisis global de varianza de parcelas divididas para cada una de las 10 variables de respuesta.

Altura de Planta

Los resultados obtenidos de las cuatro evaluaciones se pueden observar en el Cuadro A5 donde se muestra que los genotipos en su mayoría continuaron creciendo hasta la última evaluación promediando 46.51, 70.96, 89.28 y 91.52 cm, respectivamente. El zacate nativo switchgrass variedad Álamo alcanzó la mayor altura en las primeras tres evaluaciones con 61.3, 92.5 y 111.5 cm respectivamente y fue el segundo más alto con 105 cm en la cuarta y última evaluación. Esto concuerda con la altura de 90–150 cm que alcanza esta especie en las partes centrales y sur de los pastizales altos de las Grandes Llanuras de E.U. donde es abundante e importante como zacate forrajero y de pradera (Pawnee Buttes Seed Inc., 2008; Hoover *et al.*, 1948). En el Cuadro 19 se presentan las comparaciones de medias para todas las evaluaciones.

Los resultados muestran que switchgrass es más alto que buffel, ya que la altura reportada para el sur de Texas es de 90 a 180 cm de altura (Pogue Seed Co. Inc.) y para buffel es de 70 a 150 cm aproximadamente, esto depende también de las condiciones ambientales, el desarrollo de sus rizomas y la variedad o genotipo que se utilice (Namur, 1989). Sin embargo, tomando en cuenta los datos de la cuarta evaluación, el genotipo 19 de buffel con 105.5 cm fue tan alto como las plantas de switchgrass, además 11 genotipos de zacate buffel fueron estadísticamente iguales al genotipo 19. Namur (1989) reportó que el zacate buffel crece de 70 a 150 cm dependiendo de la variedad y el ambiente en que se desarrolle.

Común y Común II fueron los genotipos de zacate buffel de menor altura sin diferencia estadística entre ellos en las cuatro evaluaciones alcanzando Común una altura máxima de 84 cm en la cuarta evaluación y Común II 72.5 cm en la tercera evaluación. Considerando todas las observaciones, switchgrass fue estadísticamente diferente a todos los genotipos de zacate buffel; la altura promedio de este pasto nativo fue de 92.56 cm como se observa en el Cuadro 20. Buffel Común fue superado estadísticamente por 20 genotipos experimentales los cuales resultaron estadísticamente iguales entre si con un rango de 72.38 cm para el genotipo 1 y 79 cm para los genotipos 17 y 21.

Cuadro 19. Comparación de medias de altura de planta en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Altura de Planta (cm)							
Genotipo	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
S	61.3 a	S	92.5 a	S	111.5 a	19	105.5
13	53.3 ab	21	78.5 b	9	99.5 ab	S	105.0
17	52.5 ab	P	75.0 bc	19	96.0 bc	7 y 16	101.0
8	51.8 ab	2	74.5 bcd	22	95.5 bc	17	98.5
7	49.5 b	18	74.0 bcde	6	95.0 bcd	21	97.0
3, 16 y 21	49.0 b	14 y 19	73.0 bcde	7 y 17	94.5 bcd	P y 24	96.0
4	47.8 b	24	72.5 bcde	2 y 4	92.5 bcd	10 y 12	94.5
2	47.5 b	22	72.0 bcde	10	92.0 bcd	4	93.5
5	47.0 b	9, Z y 13	71.5 bcdef	Z y 21	91.5 bcd	Z	92.5
6 y 22	46.8 b	8	71.0 bcdef	12	91.0 bcd	2	92.0
P	45.5 b	17 y 20	70.5 bcdef	23	90.0 bcde	20	91.5
20 y 23	45.3 b	7 y 16	70.0 bcdef	16	89.5 bcde	13 y 22	89.0
1	45.0 b	4	69.5 cdef	13 y 20	89.0 bcde	1	88.5
14	44.3 b	1	68.5 cdef	14	88.5 bcde	14	88.0
9, 10 y 18	44.0 b	5	68.0 cdef	1	87.5 cdef	9 y 23	87.5
Z y 24	43.5 b	6, 10 y 23	67.5 cdef	3	86.5 cdef	6 y 8	86.5
C	42.8 b	3	65.0 def	8	84.0 defg	3 y 5	85.5
12	42.5 b	12 y CII	64.5 ef	P	82.5 cdefg	18	84.5
19	38.8 b	C	62.0 f	5 y 24	81.5 defg	C	84.0
CII	36.5 b			18	77.0 efg	CII	70.5
				C	74.0 fg		
				CII	72.5 g		
\bar{X}	46.5 c		70.96 b		89.2 a		91.5 a

S = Switchgrass, Z = Z-115, C = Común, CII = Común II, P= Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$).

La altura del genotipo más alto estuvo lejos del límite superior quizá debido a limitaciones impuestas por el desarrollo de las plantas en macetas, esto se observó también para switchgrass que crece de 90 hasta 180 cm (Pogue Seed Co. Inc.). Común II, tanto en los promedios generales como en los valores de la cuarta evaluación fue superado estadísticamente por cinco genotipos (7, 16, 17, 19 y 21). La altura de planta está correlacionada directamente con la producción de forraje o biomasa y los datos muestran que en la localidad de estudio algunos genotipos de zacate buffel metabolizaron tanto CO₂ como la variedad Álamo de switchgrass.

Cuadro 20. Comparación de medias de altura de planta promedio de cuatro evaluaciones en 26 genotipos de zacate buffel y de la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Altura de Planta (cm)
Switchgrass	92.56 a
17 y 21	79.00 b
7	78.75 b
19	78.31 b
16	77.38 b
2	76.63 bc
22 y 4	75.81 bc
13	75.69 bc
9	75.63 bc
Pecos y Z115	74.75 bc
10	74.50 bc
20	74.06 bc
6	73.94 bc
14	73.44 bc
24	73.38 bc
8	73.31 bc
12	73.13 bc
23	72.56 bc
1	72.38 bc
3	71.50 bcd
5	70.50 bcd
18	69.88 bcd
Común II	65.94 cd
Común	60.75 d
\bar{X}	74.56

S = Switchgrass, Z = Z-115, C = Común, CII = Común II.

Tallos por Planta

El número de tallos que produce una planta de buffel es importante porque contribuye a la producción de biomasa aérea y por otra parte a la producción de panículas lo cual aumenta la producción de semilla (Gómez y González, 1992).

El zacate nativo switchgrass produjo: 7.5, 19.0, 38, y 42 tallos por planta siendo el menos productor de tallos en las cuatro evaluaciones (Cuadro 21). Para Común la producción de tallos fue de 28.5, 65.5, 90.5 y 86 para las cuatro fechas de evaluación. El promedio de las ocho plantas de Común fue de 67.63 contra 26.63 de switchgrass (Cuadro 22). Por otra parte el promedio por evaluación para los otros 25 genotipos fue de 35.8, 69.9, 72.8 y 106.5 (Cuadro 21); el número promedio de tallos por planta de las líneas fue superior al de Común en las evaluaciones 1, 2 y 4 y muy superior al de switchgrass en las cuatro.

El análisis global de varianza (Cuadro A10) indicó diferencias altamente significativas entre fechas y entre genotipos. En el Cuadro 22 se pueden observar los valores de la producción de tallos para cada genotipo, observando así que varios genotipos igualan o superan a Común numéricamente para esta característica. Switchgrass fue estadísticamente diferente a todos los genotipos de zacate buffel.

Cuadro 21. Comparación de medias de número de tallos por planta en cuatro evaluaciones para 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012

Tallos por Planta							
Genotipo	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
17	54.0 a	16	81.0 a	C	90.5	9	130.0 a
14	48.5 ab	24	78.5 ab	18	87.5	3	121.5 ab
2	44.5 abc	20	77.5 abc	16	87.0	18	117.5 abc
3 y 21	42.5 abcd	3	76.0 abc	20	83.0	24	116.5 abc
18	41.0 abcd	23	75.0 abc	23	81.5	23	115.0 abc
1	40.0 abcd	Z	74.0 abc	13	79.5	13	113.0 abc
20	39.5 abcde	8 y 13	73.5 abc	3 y 17	78.5	5	112.0 abc
6, P y 19	37.0 bcdef	22	73.0 abc	CII	77.0	4	111.5 abc
23	36.5 bcdef	7	72.5 abcd	Z y 24	74.5	6, 16 y 20	110.0 abc
8	34.5 bcdef	2 y 21	72.0 abcd	2 y 7	72.0	10	109.0 abcd
4	34.0 bcdef	10	71.5 abcde	21	71.5	1	107.5 abcd
12	33.5 cdef	6, 17 y 18	70.0 abcde	12	70.0	CII	107.0 abcd
5	33.0 cdef	CII	67.0 abcde	14	69.5	Z	105.5 abcd
CII	32.0 cdef	9 y 12	66.5 abcde	10	69.0	8	101.0 abcd
9 y 16	31.0 cdef	C	65.5 abcde	1	68.5	14	100.5 abcd
13	30.0 cdef	4 y 14	64.5 abcde	4, 5, 6 y P	68.0	12 y 22	100.0 abcd
10	29.5 def	19	63.0 bcde	19	64.5	7 y 17	99.5 abcd
7 y C	28.5 def	1	60.5 cde	22	64.0	19	99.0 abcd
Z	25.0 ef	5	55.0 de	8 y 9	62.5	21	98.5 abcd
22 y 24	24.5 f	P	54.0 e	S	38.0	P	92.5 bcd
S	7.5 g	S	19.0 f			C	86.0 cd
						2	76.0 d
						S	42.0 e
\bar{X}	35.8		69.9		72.8		106.5

S = Switchgrass, Z = Z-115, C = Común, CII = Común II, P= Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 22. Comparación de medias de número de tallos por planta promedio de cuatro evaluaciones en 26 genotipos de zacate buffel y de la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Tallos por Planta
3	79.63 a
18	79.00 a
20	77.50 a
16	77.25 a
23	77.00 a
17	75.50 a
13	74.00 a
24	73.50 a
9	72.50 a
6	71.25 a
21	70.13 a
14 y Común II	70.75 a
10 y Z115	69.75 a
4	69.50 a
1	69.13 a
7	68.13 a
8	67.88 a
C	67.63 a
12	67.50 a
5	67.00 a
2	66.13 a
19	65.88 a
22	65.38 a
Pecos	62.88 a
Switchgrass	26.63 b
\bar{X}	69.33

Panículas por Planta

En el zacate buffel la unidad semilla es el involucro o fascículo, los cuales son muy ligeros y a la madurez se desprenden completos del raquis de la panícula. Lo anterior y el hábito indeterminado de las plantas provocan que la producción *per se* de semilla sea muy difícil de medir con precisión, cuando se comparan varios genotipos. Por otra parte, la producción de panículas por planta es el componente principal de la producción de semilla y su medición es un mejor estimador de la capacidad de producción de semilla de un genotipo o variedad.

En la primera evaluación realizada 30 días después del trasplante, las plantas todavía no habían desarrollado inflorescencias, cuando las plantas tuvieron 20 días más para crecer y desarrollarse (2ª evaluación), todos los genotipo de buffel habían iniciado la producción de panículas la cual aumentó en las dos evaluaciones siguientes siendo algunos genotipo diferentes a otros en la capacidad de producción de panícula y por lo tanto en producción de semilla. En el Cuadro A11 del Apéndice se presenta la concentración de datos de esta variable.

En el Cuadro 23 se observa que el testigo switchgrass (variedad Álamo) empezó a desarrollar las primeras panículas hasta la tercera evaluación teniendo un promedio de 0.5 panículas, para la última evaluación alcanzó un promedio de 10.5 panículas por planta ocupando este testigo el último lugar de todos los materiales evaluados. Común en la segunda evaluación alcanzó la mayor producción con 22 panículas habiendo nueve genotipos estadísticamente iguales; en la tercera y cuarta evaluación quedó dentro de los genotipos que ocuparon lugares medios con promedios de 52.5 y 108 panículas respectivamente (Cuadro 23). Además de significancia para los genotipos, el ANVA global (Cuadro A13) indicó diferencias altamente significativas entre las fechas de evaluación que tuvieron promedios de 10.9, 44.3 y 100.4 panículas por planta. El incremento de panículas de la tercera a la cuarta evaluación realizadas, a mediados del mes de agosto y primeros días de septiembre sugiere que la mayor conversión de crecimiento vegetativo a reproductivo debe haber ocurrido aproximadamente a los 60 días después del trasplante.

Cuadro 23. Comparación de medias de número de panículas por planta en la 2a, 3a y 4a evaluación de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Panículas por Planta (N°)					
Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
C	22.0 a	CII	84.0 a	18	141.0 a
17	18.5 ab	16	61.0 ab	22 y 23	126.5 ab
8 y CII	18.0 abc	18	60.5 ab	CII	124.5 abc
18	17.5 abc	2	58.5 bc	8	123.5 abc
2 y 16	17.0 abcd	20	56.0 bcd	24	113.5 abcd
21 y 23	13.0 abcde	23	55.5 bcd	1	112.5 abcd
6	12.5 abcdef	17 y 24	54.0 bcde	14	111.5 abcd
19	12.0 bcdef	C	52.5 bcde	19	110.5 abcd
1 y 14	11.5 bcdef	14	52.0 bcdef	C	108.0 bcd
20 y 22	11.0 bcdef	8 y 12	48.5 bcdefg	17	107.0 bcd
24	10.0 bcdef	21	46.0 bcdefg	6	105.0 bcd
3 y P	9.0 cdef	1	45.0 bcdefg	21	103.0 bcde
7	8.5 cdef	7	43.5 bcdefg	10 y 16	100.5 bcde
12	7.5 def	19	41.5 bcdefg	13	97.0 bcdef
4	6.5 ef	3 Y Z	38.5 bcdefg	12	96.0 bcdef
9	5.5 ef	5	38.0 bcdefg	7	92.0 cdef
13	4.5 ef	4	35.5 cdefg	Z	90.5 def
5 y Z	4.0 ef	6	34.5 cdefg	20	89.5 def
10	3.0 f	10	34.0 cdefg	4	86.0 def
S	0.0 g	P	32.5 defg	2	81.0 def
		13	29.5 efg	5	71.0 ef
		9	27.5 fg	3	70.5 ef
		22	26.0 g	P	67.5 f
		S	0.5 h	9	65.0 f
				S	10.5 g
\bar{X}	10.9 c		44.3 b		100.4 a

S = switchgrass, Z = Z-115, C= Común, CII = Común II, P= Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$)

Común II produjo mayor número de panículas con 75.50 panículas por planta (Cuadro 24) sin diferencia estadística del resto de los genotipos incluyendo a las variedades Común y Z115, siendo la excepción el genotipo 9 que logró un promedio de 32.6 panículas por planta. Álamo resultó muy inferior a los materiales de zacate buffel.

Los resultados de la cuarta evaluación, indican que varios genotipos tienen potencial para producir tanta o más semilla que Común, con la ventaja adicional de ser tolerantes al tizón. Otra característica importante es el hábito rizomatoso de las líneas de zacate buffel que les permite mejor comportamiento en suelos salinos y arcillosos como lo han demostrado los resultados de López (2013) con la variedad Pecos en pruebas de campo realizadas en el Ejido Las Norias del Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 24. Comparación de medias de número de panículas por planta promedio de cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y de la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Panículas por Planta
ComúnII	75.50 a
18	73.00 ab
23	65.00 ab
8	63.33 ab
Común	60.83 ab
17	59.83 ab
16	59.50 ab
24	59.17 ab
14	58.33 ab
1	56.33 ab
19	54.67 ab
22	54.50 ab
21	54.00 ab
2 y 20	52.17 ab
6 y 12	50.67 ab
7	48.00 ab
10	45.83 ab
Z115	44.33 abc
13	43.67 abc
4	42.67 abc
3	39.33 abc
5	37.67 abc
Pecos	36.33 abc
9	32.67 bc
Switchgrass	3.67 c
\bar{X}	50.88

Biomasa Aérea Fresca

La biomasa es una variable que sirve para comparar las características estructurales y funcionales de un ecosistema (Vidal *et al.*, 2003); es el peso del material vegetal vivo aéreo de la planta. La biomasa aérea es la que proporciona mayor aporte a la biomasa total de cualquier especie (Brown, 1997), siendo ésta de gran importancia ecológica y ambiental.

En este trabajo de investigación se tuvo como resultado que switchgrass (Cuadro 25) en la primera y segunda evaluación ocupó el último lugar con un peso de 13.5 y 75 gramos por planta respectivamente, para las siguientes evaluaciones su peso incrementó considerablemente ocupando el tercer lugar en la evaluación 3 con una media de 211 gramos siendo este estadísticamente igual al genotipo 13 que ocupó el primer lugar con 219 gramos; para el caso de la cuarta evaluación obtuvo una media de 226.5 gramos resultando estadísticamente diferente a Común. Esta variedad tuvo un comportamiento por debajo de todos los genotipos en estudio, por lo que hay materiales que se pueden seleccionar para mayor producción de forraje para ganado ya que producen una mayor cantidad de biomasa.

La mayor variación observada con la variedad Álamo se explica por su reproducción sexual y polinización cruzada obligada ya que switchgrass es autoincompatible. En el Cuadro 26 se muestra que seis genotipos experimentales superan estadísticamente a los testigos Común y Álamo.

Fuentes (2014) en un estudio realizado con materiales de un grupo élite formado por 26 genotipos de zacate buffel encontró que el mayor desarrollo vegetativo fue entre la primera y la segunda fecha de evaluación ya que su peso casi se triplicó dentro de este rango de tiempo, lo cual coincide con los resultados de esta investigación.

Cuadro 25. Comparación de medias de biomasa aérea fresca por planta en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Biomasa Aérea Fresca (gr/planta)						
	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
17	65.5 a	CII	170.5 a	13	219.0 a	13	316.0 a
3	61.0 ab	24	164.5 ab	18	218.0 a	24	311.5 ab
21	55.0 abc	21	162.5 abc	S	211.0 a	3	290.5 abc
14	54.0 abcd	16	161.5 abc	23	207.0 a	17	278.5 abc
13	52.5 abcd	23	160.5 abc	14	206.0 a	20	275.5 abcd
2	47.0 abcde	14	157.5 abcd	21	205.0 a	CII	267.0 abcd
4	46.0 abcde	13 y 2	157.0 abcd	3	204.0 a	23	264.5 abcd
23 y 1	43.0 abcdef	19	155.0 abcd	24	202.5 a	4	263.5 abcd
CII	42.5 abcdef	3	154.0 abcde	22	200.5 a	21	259.0 abcd
8	42.0 abcdef	22 y 20	153.5 abcde	P	200.0 a	1	254.5 abcd
18	40.5 abcdef	1	152.5 abcde	5	199.0 a	18	253.5 abcd
20	38.5 bcdefg	18	150.0 abcde	1	198.5 a	5	253.0 abcd
7 y 5	33.0 cdefg	P	148.0 abcde	20 y 12	194.5 a	22	247.5 abcd
P	32.5 cdefg	4	146.0 abcde	4 y 17	193.5 a	7	245.0 bcd
22	32.0 cdefg	7	144.0 abcde	7	192.5 a	10	244.0 bcd
16	31.5 cdefg	8	142.5 abcde	Z	191.5 a	19	240.0 cd
6	30.0 cdefg	17	138.5 abcde	16 y CII	189.5 a	14	238.5 cd
12	29.0 defg	Z	136.5 abcde	2	187.5 a	12	234.0 cd
19	28.5 defg	5	134.0 abcde	19	187.0 a	16	232.5 cd
10	26.0 efg	6	128.5 bcde	6	179.0 a	2 y 9	230.5 cd
9	24.5 efg	9	127.0 bcde	10	173.0 ab	S	226.5 cd
Z	19.0 fg	10	124.0 cde	9	170.5 ab	P	225.5 cd
24	18.0 fg	C	119.5 de	C	162.5 ab	Z	225.0 cd
C	17.5 fg	12	116.0 e	8	115.5 b	6	223.0 cd
S	13.5 g	S	75.0 f			8	205.5 d
						C	130.5 e
\bar{X}	36.98 c		144.04 b		188.16		246.87 a

S = switchgrass, Z = Z-115, C= Común, CII = Común II, P= Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$)

Cuadro 26. Comparación de medias de biomasa aérea fresca promedio de tres evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012

Genotipo	Biomasa Aérea Fresca gr/ planta
13	175.2 a
3	168.5 a
24	164.7 a
17	160.8 a
Común II	160.0 a
21	158.8 a
23	156.0 ab
20	155.8 ab
4	151.8 ab
14 y 1	150.0 ab
18	148.0 ab
2	144.8 ab
22	144.3 ab
16	141.8 ab
19	141.2 abc
7	140.7 abc
5	140.0 abc
Pecos	135.3abc
10	131.3 abc
8	130.0 abc
9	127.3 abc
6	127.2 abc
Z115	126.8 abc
12	126.3 abc
S	105.0 bc
Común	89.2 c
\bar{X}	142.62

El ANVA global (Cuadro A 16) indicó que para biomasa fresca también hay diferencias altamente significativas entre las medias de las fechas de evaluación. En el Cuadro 25 se puede observar las medias de las tres evaluaciones incluidas en el análisis, para el caso de la evaluación 1 se obtuvo una media de 36.98 gr, para la segunda fue de 144.04 y la cuarta de 246.87 gr, siendo estadísticamente diferentes. Respecto a las comparaciones de medias entre genotipos a través de evaluaciones, el genotipo 13 produjo mayor biomasa fresca con 175.2 gr siendo estadísticamente igual al testigo Z115, las variedades Álamo y Común fueron estadísticamente iguales con medias de 105 y 89.2 gramos respectivamente (Cuadro 26). Las proyecciones a producción de biomasa por hectárea con los resultados de la última evaluación resultan en valores de 12.64, 9.02 y 5.22 t/ha a una densidad de 40 mil plantas/ha para el genotipo 13, el genotipo 15 (Pecos) y buffel Común respectivamente.

Biomasa Radicular Fresca

Esta variable es de gran importancia debido a que las raíces juegan papeles importantes en las plantas, como el de proporcionar agua y nutrientes además de actuar como ancla y reducir la erosión del suelo.

En el Cuadro A17 se presentan los datos, donde se puede observar la producción de biomasa radicular fresca que desarrolló cada uno de los genotipos en estudio. La media que se obtuvo para cada fecha de evaluación fue de 21.96, 97.87, 119.74 y 183.27 gramos respectivamente como se observa en el Cuadro 27 donde se presentan también las comparaciones de medias de las fechas de evaluación. El ANVA global indicó además diferencias altamente significativas entre genotipos (Cuadro A19), para este análisis se omitió los datos de la tercera evaluación. En el Cuadro 28 se encuentran las comparaciones de medias promedio de todas las evaluaciones para los genotipos. El testigo de switchgrass produjo una media de 61 gr, Común de 33.67 gr, Z115 de 100.17 gr y el resto de los genotipos promediaron 81.71 gr por planta. Solamente siete de los 12 genotipos más productores de biomasa radicular fresca estuvieron entre los 12 genotipos más productores de biomasa radicular fresca. Estos siete genotipos fueron el 1, 21, 24, 14, 18, 4 y 17; de los cuales cinco estuvieron entre los 12 genotipos mas productores de raíz en la evaluación cuatro, estos genotipos fueron el 24, 21, 1, 18 y 17. Las proyecciones a t/ha resultan en 10.9, 9.4, 9.3, 8.9 y 8.1 respectivamente, en tanto que Común produciría solamente 4.4 t/ha.

Cuadro 27. Comparación de medias de biomasa radicular fresca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Biomasa Radicular Fresca (gr/planta)							
Genotipo	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
17	45.0 a	1	126.0 a	Z	170.5 a	24	272.0 a
21	42.0 ab	16	123.5 ab	22	154.0 ab	3	245.5 ab
4	37.0 abc	7	121.0 ab	1	153.5 ab	21	235.0 abc
1	34.5 abcd	19	117.5 abc	7	143.0 ab	1	233.5 abc
14	28.0 abcde	2 y 24	117.0 abc	14	141.0 ab	18	223.0 abcd
2 y 18	26.5 abcdef	Z	116.0 abc	24 y 16	139.5 ab	Z	221.5 abcde
22	25.5 abcdef	18	115.5 abcd	21	138.5 ab	S	220.5 abcde
13	24.0 bcdef	8	115.0 abcde	19	135.5 ab	10	208.5 abcde
16	23.0 bcdef	21	113.5 abcde	12	135.0 ab	2	207.0 abcde
3	22.5 bcdef	6	112.5 abcde	17 y S	130.0 abc	23	206.0 abcde
19 y 24	21.0 cdef	23	111.0 abcde	20	126.0 abcd	17	203.5 abcde
7	20.5 cdef	3	108.5 abcde	23	124.0 abcd	7	202.5 abcde
P	20.0 cdef	14	104.5 abcde	4	123.5 abcd	22	195.5 abcde
CII	19.5 cdef	22	102.5 abcdef	10	121.0 abcd	20	193.5 abcde
23	19.0 cdef	13	100.5 abcdef	18	120.5 abcd	4	190.0 bcdef
8	18.0 cdef	4	99.5 abcdef	3	120.0 abcde	P	189.0 bcdef
6	17.5 cdef	10	97.0 abcdef	6	117.0 bcde	16	187.5 bcdef
12 y 10	16.0 def	P	88.5 abcdef	P	114.5 bcde	6	180.5 bcdefg
Z y 20	14.0 def	12	86.0 abcdef	2	111.0 bcde	13	179.0 bcdefg
C	13.0 ef	17	84.0 bcdef	13	110.0 bcde	19	174.0 bcdefg
S	12.0 ef	CII	78.0 cdefg	5	81.5 cdef	14	161.5 cdefg
5	11.0 ef	20	75.0 defgh	CII	75.0 def	8	157.0 cdefg
9	6.0 f	9	74.5 efgh	8	69.0 ef	9	146.0 defg
		5	63.0 fgh	9	56.5 f	CII	143.5 defg
		S	41.0 gh	C	53.5 f	12	142.0 efg
		C	34.5 h			C	110.5 fg
						5	103.5 g
\bar{X}	21.96 c		97.87 b		119.74 b		183.27 a

S = switchgrass, Z = Z-115, C = Común, CII = Común II, P = Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$)

Cuadro 28. Comparación de medias de biomasa radicular fresca promedio de tres evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Biomasa Radicular Fresca gr /planta
1	104.67 a
Z115	100.17 ab
21	98.00 ab
16	95.00 ab
7	94.83 ab
22	94.00 abc
24	92.50 abc
19	91.33 abc
14	91.17 abc
18	87.50 abcd
4	86.67 abcd
17	86.33 abcd
2	84.83 abcd
23	84.67 abcd
3	83.67 abcd
6	82.33 abcd
12	79.00 abcd
13	78.17 abcd
10	78.00 abcd
Pecos	74.33 abcde
20	71.67 abcde
8	67.33 abcde
Switchgrass	61.00 bcde
Común II	57.50 bcde
5	51.83 cde
9	45.67 de
Común	33.67e
\bar{X}	79.84

El crecimiento y función de las raíces dependen de la energía que proporciona el proceso fotosintético de las plantas, en los pastos específicamente. Loza (1993) menciona que el cese en el desarrollo de las raíces es proporcional a la intensidad y frecuencia de la defoliación. Una defoliación del 50% del área verde de la planta retarda el crecimiento de raíces de 6 a 18 días, una defoliación de 80 al 90 por ciento detiene por completo el desarrollo radicular de 12 a 17 días.

Biomasa Total Fresca

Uno de los procesos que contribuye al aumento de la biomasa vegetal aérea y radicular, es el ciclo del carbono, mediante la absorción de CO₂ que realizan las plantas a través de la fotosíntesis. En el Cuadro A20 se encuentra la concentración de los datos obtenidos de las cuatro evaluaciones de la biomasa total fresca.

En el Cuadro 29 se muestran las comparaciones de medias de los genotipos, el testigo switchgrass en las primeras dos evaluaciones produjo la menor cantidad de biomasa con valores de 25.5 y 116 gramos por planta de biomasa total. En la tercera evaluación switchgrass produjo 341 gramos resultando estadísticamente igual a Z115 que fue el genotipo que produjo mayor biomasa con 362 gramos. En la cuarta evaluación switchgrass fue superado estadísticamente por el genotipo 24 y Común por todos los materiales excepto el genotipo 5.

Con respecto al análisis global, este indicó también diferencias altamente significativas entre las fechas y los genotipos evaluados (Cuadro A 22). En el Cuadro 29 se aprecia la comparación de medias entre fechas donde se observa que la segunda evaluación es estadísticamente igual a la primera evaluación y la cuarta evaluación (en este análisis fue necesario omitir la evaluación tres para reducir el coeficiente de variación). El mayor incremento en biomasa total fresca de una evaluación a la siguiente ocurrió entre las primeras dos evaluaciones. En la segunda evaluación hubo un incremento de 310 por ciento más biomasa por planta por genotipo. En la tercera evaluación el aumento fue de 28% con respecto a la segunda y en la cuarta 40 % más biomasa con respecto a la tercera.

Cuadro 29. Comparación de medias de biomasa total fresca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Biomasa Total Fresca (gr/planta)						
	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
17	110.5 a	16	285.0 a	Z	362.0 a	24	583.5 a
21	97.0 ab	24	281.5 a	22	354.5 a	3	536.0 ab
3	83.5 abc	1	278.5 a	1	352.0 a	13	495.0 abc
4	83.0 abcd	21	276.0 a	14	347.0 a	21	494.0 abc
14	82.0 abcd	2	274.0 a	21	343.5 a	1	488.0 abc
1	77.5 abcde	19	272.5 a	24	342.0 a	17	482.0 abc
13	76.5 abcde	23	271.5 a	S	341.0 a	18	476.5 abcd
2	73.5 abcdef	18	265.5 ab	18	338.5 a	23	470.5 abcde
18	67.0 bcdefg	7	265.0 ab	7	335.5 a	20	469.0 abcde
23 y C	62.0 bcdefgh	3	262.5 abc	23	331.0 a	4	453.5 bcde
8	60.0 bcdefgh	14	262.0 abc	12	329.5 a	10	452.5 bcde
22	57.5 bcdefgh	8 y 13	257.5 abc	16 y 13	329.0 a	7	447.5 bcde
16	54.5 cdefgh	22	256.0 abc	3	324.0 ab	S	447.0 bcde
7	53.5 cdefgh	Z	252.5 abc	17	323.5 ab	Z	446.5 bcde
20 y P	52.5 cdefgh	C	248.5 abc	19	322.5 ab	22	443.0 bcde
19	49.5 cdefgh	4	245.5 abc	20	320.5 ab	2	437.5 bcde
6	47.5 cdefgh	6	241.0 abc	4	317.0 ab	16	420.0 bcde
12	45.0 cdefgh	P	236.5 abc	P	314.5 abc	P	414.5 cde
5	44.0 cdefgh	20	228.5 abc	2	298.5 abc	19	414.0 cde
10	42.0 defgh	17	222.5 abc	6	296.0 abc	C	410.5 cde
24	39.0 efgh	10	221.0 abcd	10	294.0 abc	6	403.5 cde
Z	33.0 fgh	12	202.0 bcd	5	280.5 abcd	14	400.0 cde
9 y CII	30.5 gh	9	201.5 bcd	C	264.5 abcd	9	376.5 cde
S	25.5 h	5	197.0 cd	9	227.0 bcd	12	376.0 cde
		CII	154.0 de	CII	216.0 cd	8	362.5 de
		S	116.0 e	8	184.5 d	5	356.5 ef
						CII	241.0 f
\bar{X}	58.94 b		241.91 ab		311.75		436.92 a

S = switchgrass, Z = Z-115, C= Común, CII = Común II, P= Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$)

Los datos indican notoria superioridad de los genotipos de buffel sobre switchgrass siendo el caso más notable la segunda evaluación donde todos los genotipos (excepto Común) lo superaron estadísticamente con 70 % más biomasa en el caso del genotipo 5, hasta 145 % mas producción con el genotipo 16. El testigo Común también fue ampliamente superado; en la cuarta evaluación, con excepción del genotipo 5, todos los genotipos restantes lo superaron estadísticamente hasta con 142 % más biomasa siendo el caso el genotipo 24.

Cuadro 30. Comparación de medias de biomasa total fresca promedio de tres evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Biomasa Radicular Fresca
24	301.33 a
3	294.00 ab
21	289.00 abc
1	281.33 abcd
13	276.33 abcd
17	271.67 abcd
18	269.67 abcd
23	268.00 abcd
2	261.67 abcd
4	260.67 abcd
7	255.33 abcd
16	253.17 abcd
22	252.17 abcd
20	250.00 abcd
14	248.00 abcd
19	245.33 abcd
Z115	244.00 abcd
Común II	240.33 abcd
10	238.50 abcd
Pecos	234.50 abcd
6	230.67 abcde
8	226.67 abcde
12	207.67 bcde
9	202.83 cde
5	199.17 de
Switchgrass	196.17 de
Común	141.83 e
\bar{X}	262.38

En el Cuadro 30 se observa la comparación de medias de genotipos donde el testigo switchgrass tuvo una media de 196.17 gramos siendo estadísticamente igual que la variedad

Común con 141.83 gramos por planta, switchgrass también fue estadísticamente igual a los genotipos 6, 8, 12, 9 y 5. El genotipo que tuvo mayor producción de biomasa total fresca fue el 24 que fue estadísticamente igual a Z115 con 301.33 y 244 gramos por planta respectivamente.

Biomasa Aérea Seca

El rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca o seca) en los órganos que constituyen la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo (Peil y Gálvez, 2005). En los Estados Unidos de América switchgrass es una especie ampliamente estudiada, ya que tiene un gran valor ecológico por su gran comportamiento agronómico y ventajas que ofrece en el ambiente. Un atributo importante es su capacidad de producir forraje o biomasa para producción de biocombustible y además secuestro de Carbono.

En los Cuadros A23 y A25 se presenta la concentración de los datos obtenidos y el ANVA. En el Cuadro 31 se presentan las medias de las cuatro evaluaciones que fueron 5.25, 35.43, 68.27 y 120.44 gramos por planta respectivamente entre los cuales hubo diferencias significativas. En las comparaciones de medias de genotipos, en cada evaluación se puede observar que el testigo switchgrass en la primera, segunda evaluación tuvo la más baja producción de biomasa con 2 y 16 gramos; en la tercera y cuarta evaluación ocupó el penúltimo lugar con 52 y 84 gramos. Se observa también que switchgrass fue superada estadísticamente en producción de biomasa aérea seca por 7, 22, 17 y 18 genotipos de zacate buffel en las evaluaciones 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Común fue superado estadísticamente por 6, 6 y 25 (todos) genotipos en los cortes 1, 3 y 4 respectivamente. En la cuarta evaluación, el genotipo 13 fue el mayor productor de biomasa aérea seca con 148.5 gramos por planta superando a buffel Común en 141 % y a la variedad Álamo en 77 %. Los resultados indican la existencia de líneas experimentales con mayor capacidad de producción de materia seca aérea que ambos testigos (Cuadro 32).

Cuadro 31, Comparación de medias de biomasa aérea seca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Biomasa aérea seca (gr/planta)							
Genotipo	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
17	9.5 a	23 y CII	39.0 a	13	80.0 a	13	148.5 a
14, 13 y 3	8.5 ab	21	38.5 a	3	79.5 ab	3 y 24	137.0 ab
2	8.0 abc	2 y 3	38.0 a	21	77.5 ab	4	136.0 ab
21	7.5 abcd	16 y 24	37.0 a	23	77.0 ab	20	133.0 ab
23	6.5 abcde	13 y 19	36.5 ab	P	75.5 ab	21	132.5 ab
20 y 4	6.0 abcdef	14 y 18	36.0 abc	22	73.5 ab	17	130.0 ab
1, 8 y 18	5.5 abcdef	1	35.5 abcd	7 y 14	73.0 abc	18 y CII	127.0 ab
12, P y CII	5.0 bcdef	P y 20	34.0 abcde	2, 17 y 18	72.5 abc	5	126.0 ab
19	4.5 bcdef	7	33.5 abcde	1, Z y 24	71.5 abcd	19	125.0 ab
5, 6, 7, 16 y 22	4.0 cdef	4	33.0 abcde	20	70.0 abcde	7	123.5 ab
10	3.5 def	8	32.0 abcde	12	69.0 abcde	2	123.0 ab
9, Z y 24	3.0 ef	17 y C	31.5 abcde	4	68.0 abcde	23	122.5 ab
C	2.5 ef	6	30.5 abcde	5 y 16	66.0 abcdef	P	122.0 ab
S	2.0 f	Z	29.5 abcde	10	65.5 abcdef	16	121.5 ab
		10	26.5 bcde	19	65.0 abcdef	Z	121.0 ab
		22	26.0 cdef	CII	64.5 abcdef	12	120.0 ab
		9 y 12	25.5 def	6	61.0 bcde	1	118.5 abc
		5	25.0 ef	C	54.5 cdef	22	118.0 abc
		S	16.0 f	9	53.0 def	10	116.0 abc
				S	52.0 ef	14	114.5 abc
				8	48.0 f	9	111.0 bc
						6	109.5 bc
						8	106.5 bc
						S	84.0 cd
						C	61.5 d
\bar{X}	5.25 c		35.43 c		68.27 b		120.44 a

S = switchgrass, Z = Z-115, C= Común, CII = Común II, P= Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$)

Fuentes (2014) encontró que el mayor incremento de biomasa aérea seca del grupo de 30 genotipos que evaluó ocurrió de la primera fecha de evaluación a la segunda, incrementando el peso 3.6 veces. En esta investigación ocurrió lo mismo, el mayor incremento fue de la primera a la segunda evaluación pero 6.26 veces con respecto a la primera evaluación.

Cuadro 32. Comparación de medias de biomasa aérea seca promedio de cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass, Saltillo Coahuila, 2012.

Genotipo	Biomasa Aérea Seca (gr/planta)
13	68.38 a
3	65.75 ab
21	64.00 ab
24	62.13 ab
23	61.25 ab
17	60.88 ab
4 y 20	60.75 ab
2	60.38 ab
18	60.25 ab
Pecos	59.13 ab
Común II	58.88 ab
7	58.50 ab
14	58.00 ab
1 y 19	57.75 ab
16	57.13 abc
Z115	56.25 abcd
22	55.38 abcd
5	55.25 abcd
12	54.88 abcd
10	52.88 abcd
6	51.25 abcd
9	48.13 bcd
8	48.00 bcd
Switchgrass	38.50 cd
Común	37.50 d
\bar{X}	57.34

Biomasa Radicular Seca

Diversos estudios han demostrado la importancia que tienen los pastos, en la reducción de los niveles de CO₂ en la atmósfera, acumulándolo en su sistema radicular (Rees *et al.*, 2005; Frank *et al.*, 2004) y por descomposición depositarlo en el suelo (Nguyen, 2003). En el Cuadro A26 se presentan los datos obtenidos de todas las unidades experimentales. El ANVA global (Cuadro A28) detectó diferencias altamente significativas entre evaluaciones y entre genotipos.

En el Cuadro 33 se muestran las medias de las evaluaciones que fueron 2.61, 14.57, 25.63 y 46.79 gramos por planta. Switchgrass tuvo producciones bajas de biomasa radicular seca en todas las evaluaciones, lo que resulta indicativo de un crecimiento radicular muy lento en este zacate nativo. Una de las razones que switchgrass desarrolla más lento es que esta especie crece mucho mejor en altitudes más bajas que la de Saltillo, Coahuila. Casler y colaboradores (2007) reportaron que la producción potencial de switchgrass generalmente aumenta al disminuir la latitud (con la excepción de la península de Florida) por el incremento asociado en la longitud de la estación de crecimiento y la adaptación de cultivares más productivos. Por otra parte, los materiales fueron transplantedos a macetas lo que puede limitar, en genotipos altos, un mayor desarrollo de las plantas. Las diferencias de switchgrass con la variedad Común siempre fueron no significativas y en todas las evaluaciones hubo genotipos de zacate buffel que superaron la producción de biomasa radicular seca de ambos testigos. La capacidad para mayor producción de biomasa radicular seca de los genotipos de buffel, parece provenir de su progenitor masculino Z115 ya que esta variedad sobresale en las evaluaciones tres y cuatro.

Cuadro 33. Comparación de medias de biomasa radicular seca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Biomasa Radicular Seca (gr/planta)							
Genotipo	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
21	7.40 a	1	20.0 a	Z	36.5 a	24	63.0 a
1 y 17	4.75 ab	3 y 23	19.0 ab	1 y 7	31.5 ab	3	62.5 a
4	4.20 abc	7 y 24	18.5 abc	22	30.5 ab	1	62.0 ab
24	3.60 bc	16 y 19	17.5 abcd	12 y 21	29.5 ab	21	58.0 abc
3	3.60 bc	2, 18 y 21	17.0 abcd	24	29.0 ab	Z	55.5 abcd
18 y 19	3.50 bc	6, 8, Z y 14	16.0 abcde	20 y 23	28.5 ab	18	55.0 abcd
2	3.15 bc	13	15.5 abcdef	4	28.0 ab	2 y 22	54.5 abcd
14	2.80 bc	4	15.0 abcdef	14 y 16	27.5 ab	17	52.0 abcde
16	2.70 bc	10 y P	14.0 abcdef	3 y 17	26.5 abc	4 y 23	51.0 abcde
13	2.65 bc	CII	13.0 abcdef	13	26.0 bc	10	50.0 abcde
22	2.35 bc	12 y 17	12.0 bcdefg	2, 18 y 19	25.5 bcd	P	50.0 abcde
7	2.10 bc	C	11.0 cdefg	10	25.0 bcd	7	49.5 abcde
P	1.95 bc	9 y 20	10.0 defg	P	24.5 bcd	20	49.0 abcde
12 y CII	1.90 bc	22	9.0 efg	6	24.0 bcd	16	48.5 abcde
Z	1.75 bc	5	8.0 fg	S	22.0 bcde	19	46.0 abcde
6	1.70 bc	S	5.0 g	5 y CII	17.0 cde	13	43.5 abcdef
8 y 10	1.45 bc			8	15.5 de	6	42.5 bcdef
23 y C	1.40 c			C	13.0 e	8	39.5 cdef
9	1.35 c			9	12.0 e	14	39.0 cdef
20	1.15 c					S	38.5 cdef
S	1.05 c					9	37.5 def
5	1.00 c					12	34.5 ef
						5	26.0 f
						C	25.5 f
						CII	25.0 f
\bar{X}	2.61 c		14.57 b		25.63		46.79 a

S = switchgrass, Z = Z-115, C = Común, CII = Común II, P = Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$)

En este análisis nuevamente fue necesario omitir la tercera evaluación a causa de la variación que hubo entre las dos plantas de cada genotipo que fueron utilizadas. En las comparaciones de medias entre evaluaciones (Cuadro 33) se observa que hubo incrementos significativos en la producción de materia seca radicular a medida que las plantas tuvieron más días para crecimiento y desarrollo.

Las comparaciones de medias de biomasa radicular promedio de los cuatro cortes (Cuadro 34) indican también la posibilidad de desarrollar variedades de zacate buffel con mayor capacidad de captura de CO₂ en sus raíces mediante la selección y desarrollo de varios genotipos que resultaron superiores. Se ha reportado que cantidades mayores de raíces finas producidas por variedades mejoradas de pastos, predicen mayores cantidades de almacenamiento (stock) de carbono (Ramírez *et al.*, 2009).

Zan y colaboradores (2001) evaluaron la capacidad de secuestrar carbono por maíz sembrado todos los años y switchgrass bajo diferentes sistemas de producción, encontraron que maíz tuvo 1.23 mayor producción de biomasa aérea que switchgrass, pero la producción de raíces de este último fue 4.62 veces mayor que en el maíz. Estos resultados y el de la presente investigación indican que los pastos de agostadero constituyen una mejor opción que cultivos básicos anuales en cuanto a servicios ambientales.

Cuadro 34. Comparación de medias de biomasa radicular seca promedio de cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de swichgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Biomasa Radicular Seca (gr/planta)
1	18.75 a
Z115	18.08 a
21	17.97 a
7	17.37 ab
24	17.03 abcd
3	16.37 abcd
23	16.30 abcde
16	15.90 abcde
4	15.73 abcde
19	15.45 abcde
14	15.43 abcde
18	15.33 abcde
2	15.22 abcde
13	14.72 abcde
12	14.47 abcde
17	14.42 abcde
22	13.95 abcde
6	13.90 abcde
Pecos y 10	13.48 abcde
20	13.22 abcde
8	10.98 abcde
Común II	10.63 abcde
S	9.35 bcde
5	8.67 cde
Común	8.47 de
9	7.78 e
\bar{X}	13.91

Biomasa Total Seca

Las gramíneas C4 son muy eficientes en la producción de materia seca, llegando a valores de 120 kg de materia seca por día en ambientes tropicales, versus los 40 kg de materia seca de una gramínea templada (Carrera, 2010). Para el caso de pastizales de Zonas Áridas no se han hecho reportes sobre la eficiencia que estas tienen. En el Cuadro A29 se muestran los datos obtenidos de las cuatro fechas de evaluación. El ANVA global indicó diferencias altamente significativas entre fechas y genotipos (Cuadros A 31, 35 y 36).

En el Cuadro 35 las comparaciones de medias de los genotipos en todas las evaluaciones indican que la variedad Álamo de switchgrass fue el material que produjo rendimientos de materia seca total más bajos. La variedad Común de zacate buffel tuvo un comportamiento parecido de manera que en todas las fechas de corte hubo genotipos de zacate buffel con producción superior de materia seca total siendo significativa la diferencia en la gran mayoría de los casos. El mayor incremento en producción de una fecha de corte a otra, se tuvo del corte 1 al corte 2 en el cual la producción fue casi seis veces más que en el primer corte.

Las producciones de los genotipos, promedio de las cuatro evaluaciones (Cuadro 36), indican que buffel Común fue superado estadísticamente por el progenitor de los genotipos (Z115) y 17 de los híbridos evaluados. Los resultados indican que para el norte de México se pueden desarrollar materiales mejorados de zacate buffel con mayor potencial para producción de biomasa para biocombustible, mayor producción de biomasa radicular y por lo tanto mayor captura de CO₂, mayor poder de retención de suelo para control de la erosión y mayor aporte de materia orgánica al suelo, constituyendo alternativas mejores que switchgrass y el mismo buffel Común.

Fike y colaboradores (2006) reportaron que la producción promedio de materia seca por año de los cultivares de switchgrass upland y lowland, obtenida fue de 12.6 tn ms ha⁻¹ y 15.8 tn ms ha⁻¹ respectivamente. Fuentes (2014) encontró que con plantas de Común en el primer ciclo de crecimiento se logró un promedio 22.92 gramos de biomasa seca por planta y que la estimación por ha fue de 8387 kilogramos.

Cuadro 35. Comparación de medias de biomasa total seca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Biomasa Total Seca (gr/planta)						
	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
21	14.90 a	23	58.0 a	Z	108.0	24	200.0 a
17	14.25 ab	3	57.0 a	21	107.0 a	3	199.5 ab
3	12.10 abc	1 y 24	55.5 ab	3 y 13	106.0 a	13	192.0 abc
14	11.30 abcd	21	55.5 ab	23	105.5 a	21	190.5 abc
2 y 13	11.15 abcd	2	55.0 ab	7	104.5 a	4	187.0 abc
1	10.25 abcde	16	54.5 ab	22	104.0 a	17,18 y 20	182.0 abc
4	10.20 abcde	19	54.0 ab	1	103.0 a	1	180.5 abc
18	9.00 abcdef	18	53.0 abc	14 y 24	100.5 ab	2	177.5 abc
23	7.90 bcde	7, 13, 14 y CII	52.0 abc	P	100.0 ab	Z	176.5 abc
19	7.85 cdef	4, 8 y P	48.0 abcd	17	99.0 ab	23	173.5 abc
20	7.15 cdef	6	46.5 abcd	12 y 20	98.5 ab	7	173.0 abc
8 y P	6.95 cdef	Z	45.5 abcd	2 y 18	98.0 ab	22	172.5 abc
12 y CII	6.90 cdef	20	44.0 abcd	4	96.0 ab	P	172.0 abc
16	6.70 cdef	17	43.5 abcd	16	93.5 abc	19	171.0 abc
24	6.60 cdef	C	42.5 abcd	10 y 19	90.5 abcd	16	170.0 abc
22	6.35 cdef	10	40.5 bcd	6	85.0 abcde	10	166.0 abc
7	6.10 cdef	12	37.5 cd	5	83.0 abcde	12	154.5 abcd
6	5.70 def	9	35.5 de	CII	81.5 abcde	14	153.5 abcd
5	5.00 def	22	35.0 de	S	74.0 bcde	5, 6 y CII	152.0 bcd
10	4.95 def	5	33.0 de	C	67.5 cde	9	148.5 cd
Z	4.75 ef	S	21.0 e	9	65.0 e	8	146.0 cd
9	4.35 ef			8	63.5 e	S	122.5 de
C	3.90 ef					C	87.0 e
S	3.05 f						
\bar{X}	7.86 d		47.20 c		93.59 b		167.24 a

S = switchgrass, Z = Z-115, C= Común, CII = Común II, P=Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$)

En la comparación de medias entre genotipos a través de evaluaciones (Cuadro 36) se observa que el genotipo que más produjo fue el genotipo 3 con una media de 93.65 gr que equivale a 86% más materia seca total que el testigo Común. Switchgrass fue superada estadísticamente por 14 genotipos de buffel.

Cuadro 36. Comparación de medias de biomasa total seca promedio de cuatro evaluaciones de 26 Genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Biomasa Total Seca (gr/planta)
3	93.65 a
21	91.98 ab
24	90.65 ab
13	90.29 ab
1	87.31 abc
23	86.23 abc
18	85.50 abc
2	85.41 abc
4	85.30 abc
17	84.69 abc
7	83.90 abc
Z115	83.69 abc
20	82.91 abc
15	81.74 abc
16	81.18 abc
19	80.84 abcd
22	79.46 abcd
14	79.33 abcd
10	75.49 abcde
12	74.35 abcde
Común II	73.10 abcde
6	72.30 abcde
5	68.25 abcde
8	66.11 bcde
9	63.34 cde
S	55.14 de
Común	50.23 e
\bar{X}	78.98

Proporción Biomasa Aérea Seca / Biomasa Radicular Seca

Los promedios para la relación parte aérea: parte radicular, indican que si existen diferencias entre los materiales, apreciándose que la relación es fluctuante durante todo el período de estudio, situación que se le atribuye en algunas evaluaciones a la paralización del crecimiento de las raíces para favorecer el crecimiento aéreo y en otras etapas ocurre lo contrario, es decir, se desfavorece el crecimiento aéreo para dar prioridad al crecimiento radicular. Este proceso se debe, al papel que juega la raíz como órgano sintetizador, ya que, las raíces también producen diversidad de sustancias orgánicas incluyendo alcaloides, tales como nicotina y hormonas como, auxinas, citocininas, giberelinas y posiblemente otras hormonas indispensables para el crecimiento de los tallos o vástagos. A su vez, las raíces dependen de los tallos para obtener carbohidratos, auxinas y ciertas vitaminas (Kramer, 1987).

El Cuadro A32 contiene los datos resultantes para la proporción biomasa aérea seca sobre biomasa radicular seca para todos los genotipos en todas las evaluaciones. El ANVA global (Cuadro A34) indicó diferencias altamente significativas entre genotipos solamente.

La proporción biomasa aérea seca / biomasa radicular seca, promedio de los 27 genotipos en las evaluaciones tuvo valores de 2.49, 2.49, 2.86 y 2.90 para los cortes 1, 2, 3 y 4 respectivamente, mostrando una tendencia al aumento a medida que crecían y maduraban las plantas, pero no hubo diferencia significativa entre medias de evaluación.

En el Cuadro 37 se observan las comparaciones de medias de los genotipos en las cuatro evaluaciones, se puede observar que switchgrass tuvo una proporción inferior a la proporción promedio de los genotipos en distintas fechas de corte con excepción de la segunda. Por el contrario buffel Común tuvo una proporción superior al promedio de los genotipos en todas las fechas de evaluación excepto en la primera.

Cuadro 37. Comparación de medias de proporción biomasa aérea seca / biomasa radicular seca en cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Proporción Biomasa Aérea Seca / Biomasa Radicular Seca							
Genotipo	07-07-12	Genotipo	26-07-12	Genotipo	17-08-12	Genotipo	07-09-12
20	6.0 a	20	5.03 a	9	4.72 a	CII	8.39 a
13	5.1 ab	22	3.82 ab	C	4.27 a	5	5.00 b
23	4.8 abc	C	3.69 ab	CII	3.99 ab	12	3.51 b
8 y 5	4.0 abcd	5	3.27 ab	5	3.88 abc	13	3.42 b
CII	3.7 bcde	S	3.15 ab	8	3.17 bcd	8	3.02 b
14	2.9 bcdef	CII	3.06 ab	P y 13	3.10 bcd	9	2.96 b
2 y 10	2.8 cdef	17	2.78 b	3	3.04 cd	14	2.94 b
12	2.6 cdef	9	2.55 b	18	2.89 de	C	2.82 b
P y 6	2.5 cdef	P	2.42 b	2	2.84 de	19 y 20	2.73 b
9	2.3 def	13	2.40 b	17	2.75 de	16	2.72 b
S,7,18 y 17	2.0 def	21	2.31 b	23	2.71 de	4	2.67 b
16	1.8 def	4	2.27 b	14	2.66 de	6	2.63 b
22	1.6 ef	14	2.26 b	10 y 21	2.64 de	23	2.55 b
19,4 y C	1.5 ef	2	2.25 b	16	2.57 de	7	2.53 b
Z	1.3 f	16 y 18	2.17 b	6	2.56 de	17	2.51 b
1	1.2 f	23	2.14 b	19	2.54 de	S	2.46 b
21	1.1 f	12	2.11 b	24	2.48 de	P	2.44 b
3	1.0 f	19	2.09 b	22	2.44 de	10	2.34 b
24	0.9 f	3	2.02 b	20 y 4	2.43 de	18	2.32 b
		8	2.01 b	12	2.38 de	21 y 22	2.30 b
		24	2.00 b	S	2.37 de	2	2.26 b
		10	1.96 b	7	2.33 de	24	2.25 b
		6	1.90 b	1	2.28 de	3	2.20 b
		Z	1.86 b	Z	2.05 e	Z	2.19 b
		7	1.81 b			1	2.15 b
		1	1.77 b				
\bar{X}	2.49		2.49		2.86		2.90

S = switchgrass, Z = Z-115, C= Común, CII = Común II P= Pecos. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a DMS ($\alpha \leq 0.05$)

En el cuadro 38 se presenta la comparación de medias de la proporción biomasa aérea seca, biomasa radicular seca, promedio de las cuatro evaluaciones.

Cuadro 38. Comparación de medias de proporción biomasa aérea seca / biomasa radicular seca promedio de cuatro evaluaciones de 26 genotipos de zacate buffel y la variedad Álamo de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Genotipo	Proporción Biomasa Aérea Seca / Biomasa Radicular Seca
Común II	4.78 a
5	4.05 ab
Común	3.59 ab
20	3.41 ab
9	3.41 ab
13	1.97 ab
22	2.85 ab
8	2.73 b
17	2.68 b
12	2.66 b
Switchgrass y Pecos	2.65 b
14	2.62 b
16	2.48 b
23	2.46 b
1, 4 y 19	2.45 b
2	2.44 b
3 y 21	2.42 b
6	2.36 b
10	2.31 b
24	2.24 b
7	2.22 b
1	2.07 b
Z115	2.03 b
\bar{X}	2.68

Componentes Principales

Como se demostró en los análisis de varianza los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP) corrobora que existen diferencias de acumulación de biomasa entre los 26 genotipos evaluados y de switchgrass. Entre el CP1 y CP2 explican el 86.4 % de la varianza total (Figura 1A); casi el total de las variables analizadas se

correlacionaron positivamente con el CP1 (Figura 1B); contrario a lo que ocurre entre las variables y el CP2 (Figura 1C). Del ACP se generaron siete grupos (*G*): *G1* incluyó diez genotipos ($n = 80$) agrupados por similitud en acumulación de biomasa aérea y radicular. El *G2*, incluyó cinco genotipos ($n = 40$) estos se asociaron por sus características estructurales: número de tallos y número de panículas; el *G4*, se integró por seis genotipos ($n = 48$) mostrando correlación negativa con la biomasa aérea y radicular; el *G6*, estuvo representado por tres genotipos ($n = 24$) cuya asociación obedeció principalmente a similitud de altura de los genotipos; los grupos *G3* y *G5* (*G5*, zacate buffel Común), fueron discriminados de los primeros grupos, demostrando que durante el periodo de estudio, estos no comparten características (biomasa acumulada) entre sí. El *G7* se formó exclusivamente por switchgrass lo que es de esperarse, dado que es una especie diferente (Figura 1A).

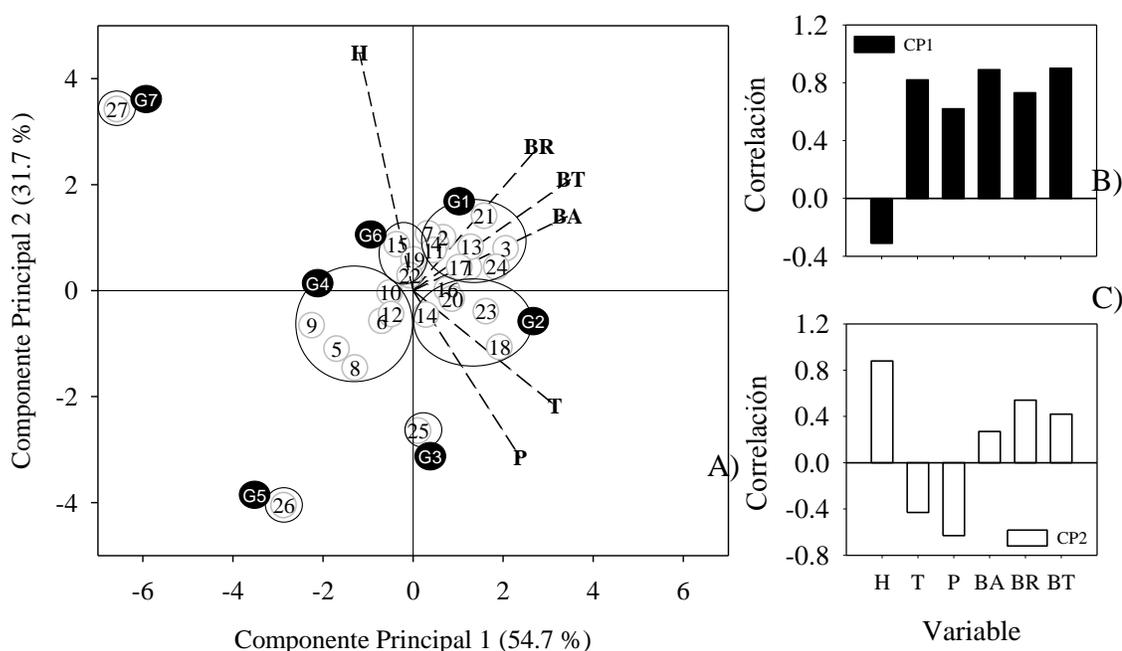


Figura 1. Agrupación de genotipos de buffel y switchgrass mediante análisis de componentes principales (A). Relación entre variables con el componente principal uno (B) y dos (C). *H* = altura total de la planta; *T* = número de tallos; *P* = número de panículas; *BA*, *BR* y *BT* = biomasa (aérea, radicular y total). Dentro de círculo blanco se indica número de genotipo (*Gt*); en círculo obscuro se indica número de grupo (*G*).

Modelos Alométricos para Estimar Biomasa, Carbono, Dióxido de Carbono

La biomasa total es la que mejor se estima (R^2 0.87), esto también ocurre en árboles (Méndez *et al.*, 2011) y arbustos (Northup *et al.*, 2005), por el contrario, la biomasa radicular muestra un ajuste promedio de 0.77 de R^2 (Cuadro 39). La mayor variación de biomasa de genotipos de buffel ocurre en la parte subterránea (CV promedio de 27.29 %), mientras que al integrar la biomasa de la parte aérea y radicular la variación disminuye más de la mitad, al presentar un CV promedio de 12.40 %. Según la prueba de Durbin-Watson, los residuales de los modelos de biomasa de buffel no están autocorrelacionados, son independientes y se distribuyen aleatoriamente (Cuadro 39), demostrando su validez estadística. Usando entre 50 y 100 plantas de *Bouteloua gracilis*, Sorensen *et al.* (2012) estiman biomasa aérea con el área transversal a la altura de 7.5 cm, obteniendo R^2 de 0.91, estos y otros autores (Nafus *et al.*, 2009; Fard y Heshmati, 2014; Oliveras *et al.*, 2014) demuestran que en pastos, el diámetro basal estima mejor la biomasa que la altura de la planta. No obstante, en este estudio la altura total de zacate buffel es buen estimador de biomasa ($R^2 > 0.90$), mejor incluso que los ajuste reportados por Nafus *et al.* (2009) en ocho especies de pastos, usando diámetro (R^2 promedio de 0.85 ± 0.04) y altura (R^2 promedio de 0.63 ± 0.07) como variables independientes. Fard y Heshmati (2014) generaron modelos alométricos para estimar biomasa en tres especies de pasos, cuyos ajustes (R^2) variaron desde 0.82 (*B. tomentellus*) hasta 0.85 (*A. cristatum*).

Al igual que en este estudio, en pastos se han generado modelos alométricos usando desde 50 (Assaeed, 1997; Oliveras *et al.*, 2014); 54 - 87 (Nafus *et al.*, 2009), 100 (Sorensen *et al.*, 2012), hasta 173 plantas individuales (Andariese y Covington, 1986), esto da la pauta para sugerir el uso de los modelos alométricos de este estudio —excepto aquellos con $n = 8$ — sean ampliamente utilizados.

La alometría más alta, observada en biomasa de buffel y switchgrass en función de la altura (determinada por el parámetro b del modelo alométrico), se registra en

biomasa aérea con un valor medio de 4.296; se ha documentado que la pendiente del modelo, b , es similar entre especies de pastos (Flombaum y Sala, 2007), al igual que entre genotipos/especies de este estudio (Cuadro 39), incluso semejante (desde 2.975 hasta 3.954) al obtenido en árboles de *Pinus pseudostrobus* (Méndez *et al.*, 2011) y al parecer mayor que al obtenido en arbustos, los cuales son desde 1.013 (*A. gratissima*) hasta 2.468 (*S. cuneifolia*) obtenidos por Northup *et al.* (2005). El factor de corrección FC, mejora la estimación de biomasa radicular desde 3 hasta 16 %. Excluyendo grupos con ocho observaciones, el FC mínimo ocurre en biomasa aérea (1.017) y el valor máximo en biomasa radicular (1.116), no obstante este valor se incrementó significativamente en la variedad de switchgrass (Cuadro 39). En ocho especies de arbustivas Northup *et al.* (2005) encontraron un valor promedio del FC de 1.075 ± 0.09 .

Cuadro 39. Parámetros y estadísticos de ajuste del modelo alométrico (en unidades logarítmicas) a biomasa aérea y subterránea de grupos de genotipos buffel y de switchgrass.

G	Modelo	N	R	R ²	R ² pred.	S _{xy}	D-W	CV	Valor de p	FC
1	LnBA = -14.663 + 4.257*LnH	80	0.95	0.91	0.90	0.38	1.80	10.58	< 0.0001	1.021
2	LnBA = -13.171 + 3.939*LnH	40	0.95	0.91	0.90	0.36	1.77	10.04	< 0.0001	1.017
3	LnBA = -15.752 + 4.646*LnH	8	0.98	0.96	0.92	0.29	2.12	8.02	< 0.0001	1.007
4	LnBA = -13.457 + 3.957*LnH	48	0.91	0.82	0.80	0.54	1.13	16.02	< 0.0001	1.092
5	LnBA = -16.907 + 4.882*LnH	8	0.98	0.96	0.93	0.33	2.76	11.08	< 0.0001	1.012
6	LnBA = -12.444 + 3.719*LnH	24	0.96	0.92	0.90	0.39	1.62	11.03	< 0.0001	1.022
7	LnBA = -18.102 + 4.675*LnH	8	0.83	0.68	0.53	0.95	3.30	32.44	< 0.0001	2.240
			0.94	0.88	0.84	0.46	2.07	14.17		1.202
1	LnBR = -13.730 + 3.851*LnH	80	0.88	0.78	0.76	0.58	2.09	20.58	< 0.0001	1.116
2	LnBR = -14.555 + 4.036*LnH	40	0.91	0.83	0.81	0.53	1.86	19.99	< 0.0001	1.080
3	LnBR = -13.560 + 3.792*LnH	8	0.89	0.79	0.56	0.59	1.99	26.60	< 0.0001	1.125
4	LnBR = -14.687 + 3.999*LnH	48	0.91	0.82	0.80	0.55	1.51	23.50	< 0.0001	1.096
5	LnBR = -11.969 + 3.452*LnH	8	0.88	0.77	0.69	0.63	1.70	30.32	< 0.0001	1.169
6	LnBR = -11.494 + 3.297*LnH	24	0.91	0.83	0.80	0.51	1.99	19.27	< 0.0001	1.069

7	$\text{LnBR} = -16.913 + 4.215*\text{LnH}$	8	0.77	0.60	0.43	1.04	3.22	50.80	< 0.0001	3.174
			0.88	0.77	0.69	0.63	2.05	27.29		1.404
1	$\text{LnBT} = -13.340 + 4.039*\text{LnH}$	80	0.95	0.89	0.89	0.39	1.84	9.75	< 0.0001	1.023
2	$\text{LnBT} = -12.706 + 3.909*\text{LnH}$	40	0.95	0.90	0.89	0.37	1.70	9.32	< 0.0001	1.018
3	$\text{LnBT} = -14.634 + 4.439*\text{LnH}$	8	0.98	0.97	0.95	0.23	1.49	6.13	< 0.0001	1.003
4	$\text{LnBT} = -13.093 + 3.945*\text{LnH}$	48	0.91	0.83	0.81	0.52	1.17	14.14	< 0.0001	1.078
5	$\text{LnBT} = -14.790 + 4.464*\text{LnH}$	8	0.99	0.97	0.96	0.25	2.29	7.29	< 0.0001	1.004
6	$\text{LnBT} = -11.457 + 3.574*\text{LnH}$	24	0.95	0.90	0.88	0.41	1.73	10.55	< 0.0001	1.028
7	$\text{LnBT} = -17.125 + 4.536*\text{LnH}$	8	0.81	0.66	0.50	0.97	3.28	29.63	< 0.0001	2.421
			0.93	0.87	0.84	0.45	1.93	12.4		1.225

G = grupo de genotipos derivado del *ACP*; Ln = logaritmo natural; BA = biomasa aérea; BR = biomasa de ramas; BT = biomasa total; H = altura total (cm); N = número de observaciones; $|R|$ = coeficiente de correlación absoluto; R^2 = coeficiente de determinación; R^2 pred. = coeficiente de determinación de predicción; S_{xy} = error estándar del modelo; $D-W$ = estadístico de la prueba de Durbin Watson; CV = coeficiente de variación (%); FC = Factor de corrección por transformación logarítmica de la variable dependiente.

Acorde al modelo alométrico, se observa que las diferencias más notables en biomasa entre grupos ocurren en la parte aérea (Figura 2A) y en biomasa total (Figura 2C), no así en biomasa radicular (Figura 2B). Por ejemplo, a una altura base de 80 cm, el G7 (*P. virgatum*) representa casi 10 veces menos biomasa aérea (10.85 g) que el G3 (100.17 g), esto es, 5.42 y 50.09 g de Carbono (primer eje derecho Figura 2) y 19.89 y 183.65 g de CO₂ (segundo eje derecho Figura 2). Algunos grupos (1,2 y 4,6) acumulan cantidades similares de biomasa total (76.45 y 83.37 g) y (66.29 y 66.98 g), equivalente a 40 y 33 g de Carbono y 147 y 121 g de CO₂, respectivamente (Figura 2A).

En varios estudios (Northup *et al.*, 2005; Nafus *et al.*, 2009; Oliveras *et al.*, 2014) se ha demostrado, que los modelos alométricos difieren entre especies; en este estudio se corrobora que incluso dentro de genotipos existente diferencias morfométricas y de acumulación de biomasa.

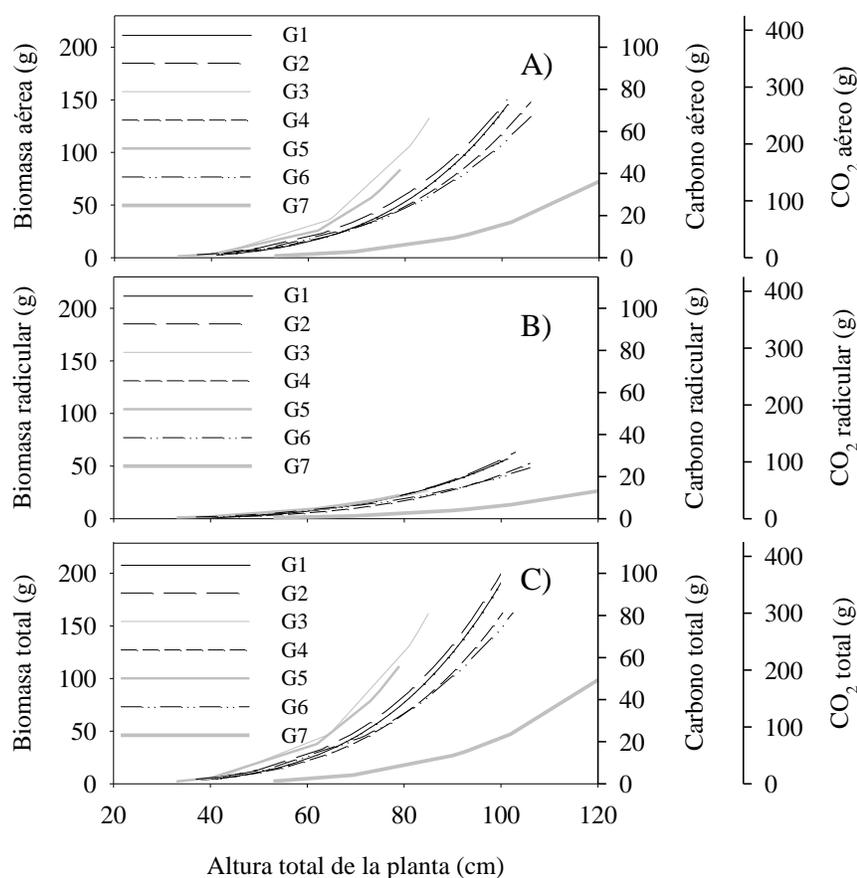


Figura 2. Relación de altura total de la planta con biomasa (izquierda), Carbono (primer eje derecho) y Dióxido de Carbono (segundo eje derecho) de la parte aérea (A), radicular (B) y total (C) de grupos de genotipos de buffel y switchgrass.

Producción de Oxígeno por Grupos de Genotipos

Integrando el área bajo la curva de dos grupos de genotipos representativos de buffel (G1 y G3) y zacate buffel Común (G5) se demuestra que la producción de Oxígeno, considerando 40,000 plantas ha^{-1} es muy diferente entre grupos. En este sentido, a la edad base, se observa que se producen 251.3, 191.2 y 85.0 $\text{kg O}_2 \text{ha}^{-1}$, en G1, G3 y G5 (Figura 3A); acumulativamente (desde 1 hasta 160 días), esto representa una producción de 9.9, 8.0 y 4.9 $\text{ton O}_2 \text{ha}^{-1}$ (Figura 3B) respectivamente. La producción de Oxígeno por *P. ciliare* es incomparable con lo que produce una plantación de *Pinus cembroides* (3,988 árboles ha^{-1}), ya que éste produce solo 2.47 $\text{ton O}_2 \text{ha}^{-1}$ a la edad de 20 años (Méndez *et al.*, 2014). Nowak *et al.* (2007), reportan que la producción de Oxígeno varía en función del tamaño de árbol, variando desde 2.9 hasta 110.3 $\text{kg O}_2 \text{año}^{-1}$ en árboles de diámetros de 2.5 y 75 cm respectivamente.

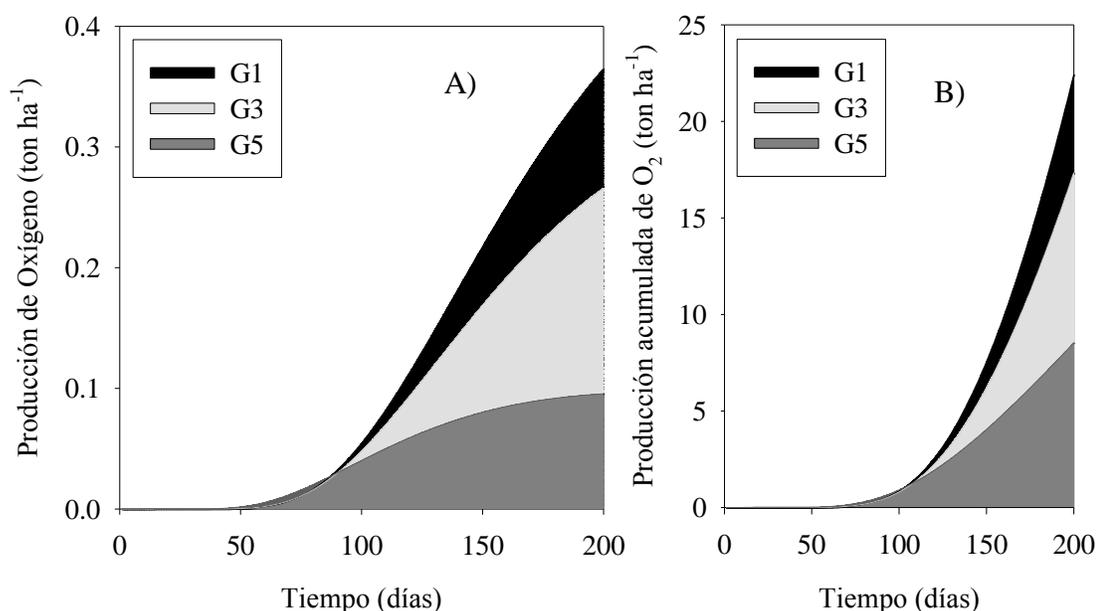


Figura 3. Producción de Oxígeno (A) y producción acumulada de Oxígeno (B) por unidad de superficie, de dos grupos representativos (G1 y G3) y zacate Buffel común (G5).

Experimento III

Biomasa Fresca

En el Cuadro A35 se presenta los datos obtenidos en las tres evaluaciones que se llevaron a cabo; el genotipo experimental 28 fue el genotipo que produjo mayor biomasa fresca con un valor de 4.16 kg. Varios genotipos son superiores en producción de biomasa a las variedades comerciales. En los análisis de varianza por evaluación (Cuadro A36) se observó que en los dos primeros cortes correspondientes al año 2012 no hubo diferencias entre los genotipos, pero si las hubo en el tercero. En el Cuadro 40 se observa que el genotipo 28 fue el material más productor con 5.60 kg de biomasa. La diferencia que hubo entre el que produjo mayor biomasa y el de menor valor fue de 3.52 kg por planta, en el corte 3. En el primer y segundo corte el genotipo 28 y la variedad Nueces fueron los que tuvieron mayor producción con 3.10 y 3.80 kg por planta respectivamente. La producción promedio en la evaluación 1 fue de 2.29 kg por planta, para las evaluaciones 2 y 3 la media general fue de 2.81 kg por planta. En el análisis de varianza como parcelas divididas en el tiempo se encontró que entre los bloques y entre fechas hubo diferencias altamente significativas, entre las interacciones no hubo diferencias (Cuadro A37).

Biomasa Seca

Los datos se presentan en el Cuadro A38 donde se observa que el genotipo que produjo mayor biomasa seca fue el 22 con 1.695 kg por planta y el menos productor fue el genotipo 15 con 0.822 kg por planta, superando nuevamente varios genotipos a las variedades comerciales. En los análisis de varianza para fechas de evaluación se encontró que solo hubo diferencias significativas entre genotipos en la evaluación 3. En el Cuadro 41 se observa que el promedio de la evaluación tres fue de 1.58 kg por planta, teniendo así una diferencia de 0.59 kg por planta más que en la primera evaluación. El análisis de varianza de toda la información analizada como parcelas divididas en el

tiempo, indicó diferencias significativas entre bloques, no diferencias significativas entre genotipos, diferencias significativas entre evaluaciones y altamente significativas para la interacción genotipo por fecha de evaluación (Cuadro A40).

Cuadro 40 Comparación de medias de biomasa fresca por planta en tres evaluaciones para 30 genotipos de zacate buffel. Zaragoza, Coahuila, 2012.

Biomasa Fresca (kg/parcela)					
Genotipo	1	Genotipo	2	Genotipo	3
28	3.10	N	3.80	28	5.60 a
21	3.05	28	3.78	N	3.98 ab
2	2.98	5	3.53	21	3.90 ab
22	2.95	22 y 21	3.45	22	3.85 ab
7 y N	2.90	11	3.25	7	3.68 ab
30	2.70	C	3.23	12	3.45 ab
19	2.55	B	3.13	8	3.43 ab
11	2.45	7	3.10	2	3.40 ab
6 y B	2.38	14 y 16	3.00	11	3.38 ab
5	2.33	4	2.88	10	3.35 ab
10 y P	2.30	19 y 30	2.83	P	3.25 ab
1 y C	2.23	2 y P	2.80	13	3.23 b
4 y 9	2.20	8	2.75	6	3.15 b
8	2.15	13	2.73	5	3.08 b
14	2.08	6 y 9	2.65	C	3.05 b
3 y 29	2.05	10	2.63	14	2.95 b
12	2.03	29	2.60	16	2.83 b
18	1.93	1 y 12	2.58	4	2.75 b
13	1.88	18	2.40	9 y 18	2.73 b
16	1.85	17	2.25	B y 20	2.70 b
20	1.75	3	2.18	1	2.63 b
17 y 27	1.70	27	2.00	19	2.60 b
15	1.53	20	1.93	17	2.58 b
		15	1.65	27	2.55 b
				3	2.43 b
				29	2.35 b
				30	2.18 b
				15	2.08 b
\bar{X}	2.29		2.81		2.81

N= Nueces; P= Pecos; B= Biloela; C= Común. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 41 Comparación de medias de biomasa seca por planta en tres evaluaciones para 30 genotipos de zacate buffel. Zaragoza Coahuila, 2012.

Biomasa seca (kg/parcela)					
Genotipo	1	Genotipo	2	Genotipo	3
21 y 22	1.34	21	1.88	28	2.83 a
28	1.29	22	1.72	22 y 7	2.02 ab
7	1.26	N	1.71	21	1.97 ab
2	1.21	28	1.70	N	1.95 ab
30 y 19	1.20	B	1.64	11	1.87 ab
N	1.16	5	1.60	8	1.79 ab
11	1.13	7 y 11	1.58	2	1.78 ab
6	1.03	C	1.46	10 y 13	1.77 ab
P	1.02	19	1.45	P	1.74 ab
4 y 10	0.99	4	1.43	12	1.73 ab
B y 5	0.98	30	1.42	6	1.66 ab
29	0.97	13 y 16	1.35	5	1.64 ab
9	0.96	14	1.35	C	1.50 ab
C	0.94	8	1.31	14	1.46 ab
1 y 8	0.93	P, 6 y 9	1.30	9	1.45 ab
3	0.92	2	1.27	4	1.42 ab
14	0.91	10	1.22	18	1.39 ab
12	0.85	29	1.17	16, 20 y B	1.35 ab
18	0.80	1	1.14	19	1.34 b
20 y 13	0.76	18	1.10	17	1.31 b
16	0.74	12	1.09	27	1.28 b
27	0.71	17	1.02	1	1.26 b
15 y 17	0.67	3	0.99	3	1.23 b
	0.99	20	0.97	12	1.20 b
		27	0.86	15	1.06 b
		15	0.73	30	1.05 b
\bar{X}	0.99		1.33		1.58

N= Nueces; P= Pecos; B= Biloela; C= Común. Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo

Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Experimento IV

El análisis de varianza no indicó diferencias significativas entre bloques (Cuadro 42). En el Cuadro 43 se presenta la producción por parcela (3.2 m²) y se puede observar que 10 de los genotipos tuvieron producciones superiores a la media general que fue de 1.393 kg/parcela. El progenitor masculino de los genotipos (Z115) también superó la media. Con respecto al testigo Común, 13 genotipos tuvieron producciones mayores de los cuales tres produjeron 78, 71 y 52 % más forraje seco que esta variedad.

Cuadro 42. Análisis de varianza de producción de forraje seco de un corte en 26 genotipos de zacate buffel. Zaragoza, Coahuila, 2013

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	0.343	0.343	1.088 ^{NS}	4.24	7.77
Genotipos	25	8.453	0.338	1.071 ^{NS}	1.95	2.61
Error Exp.	25	7.890	0.316			
Total	51	16.686				
					CV=	40.31%

Cuadro 43. Producción de forraje seco en kg/parcela de un corte en 26 genotipos de zacate buffel. Zaragoza, Coahuila, 2013.

Genotipo	I	II	Σ	\bar{X}
3	1.100	3.550	4.650	2.325
22	2.150	2.300	4.450	2.225
21	1.900	2.050	3.950	1.975
10	0.900	2.850	3.750	1.875
Pecos	2.150	1.600	3.750	1.875
Z115	1.200	2.300	3.500	1.750
14	1.850	1.350	3.200	1.600
12	1.000	2.150	3.150	1.575
1	2.150	0.900	3.050	1.525
2	1.200	1.850	3.050	1.525
4	1.400	1.500	2.900	1.450
7	1.350	1.350	2.700	1.350
8	1.600	1.050	2.650	1.325
24	1.500	1.150	2.650	1.325
Común	1.300	1.300	2.600	1.300
20	1.200	1.100	2.300	1.150
Común II	1.200	1.050	2.250	1.125
19	1.050	1.150	2.200	1.100
13	0.825	1.350	2.175	1.088
6	1.150	1.000	2.150	1.075
16	0.750	1.250	2.000	1.000
17	1.150	0.850	2.000	1.000
23	1.000	0.950	1.950	0.975
9	0.900	0.950	1.850	0.925
18	0.950	0.900	1.850	0.925
5	1.200	0.550	1.750	0.875
Total	34.125	38.350	72.475	1.393

CONCLUSIONES

El Grupo Elite I produce involucros que mantienen la viabilidad de las semillas mucho más tiempo que lo reportado para condiciones de campo cuando los involucros se almacenan a temperatura ambiente bajo las condiciones de Saltillo Coahuila.

Por la viabilidad diferenciada que mostraron las semillas del Grupo Elite I, este grupo contiene variabilidad genética suficiente que garantiza selección eficiente para esta característica y así prolongar la vida de almacenamiento.

Los genotipos experimentales del Grupo Elite I y II producen más forraje que buffel Común, por lo que se pueden desarrollar los mejores híbridos F1 en variedades comerciales.

El Grupo Elite I contiene genotipos con mayor potencial de producción de biomasa total que el testigo regional principal variedad Común.

El Grupo Elite II contiene genotipos para desarrollar variedades comerciales con menor, igual o mayor producción de panículas que buffel Común y por lo tanto la capacidad colonizadora de la especie es manejable a través del uso de la variedad indicada según se desee.

Al interior del Grupo Elite I es factible seleccionar híbridos F1 con mayor capacidad de captura de CO², control de la erosión del suelo y aporte de materia orgánica por su mayor producción de biomasa radicular.

Los híbridos acumulan hasta el doble de biomasa que el zacate buffel Común, llegando a producir desde 6 a 12 veces más Oxígeno que una plantación de *Pinus cembroides* (20 años).

Los pastizales son importantes en el ciclo del Carbono, por lo que se recomienda su manejo e inclusión en estrategias de mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS

- Agudelo G.,M.I. 2009. Biomasa aérea y contenido de carbono en bosque de *Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa*: corredor de conservación de robles Guantiva –La Rusia – Iguaque. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Occidente Facultad de Ciencias Básicas Programa de Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Santiago de Cali. 110p.
- Alcalá-Galván, C.H. 1995. Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Capítulo 1: Origen geográfico y características biológicas. Sonora, México. <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/pastizales/P95009.html>.
- Andariese, S. W. and W. Covington W. 1986. Biomass estimation for four common grass species in northern Arizona ponderosa pine. J. Rang. Man. 39(5): 472-473.
- Andrade, H. y Ibrahim, M. 2004. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? Agroforestería en las Américas 10 (39-40): 109-116.
- Ares, A., J. Boniche., J.P. Quesada., R. Yosi., E. Molina., T.J. Smyth. 2002. Estimación de biomasa por métodos alométricos, nutrimentos y carbono en plantaciones de palmito en Costa Rica. Agronomía Costaricense 26 (2) : 19 – 30.
http://www.mag.go.cr/rev_agr/v26n02_019.pdf
- Arizona Interagency Range Technical Sub-committee. 1973. Guide to Improvement of Arizona Rangeland. The University of Arizona. Cooperative Extension Service and Agricultural Experiment Station.
- Assaeed, A. M. 1997. Estimation of biomass and utilization of three perennial range grasses in Saudi Arabia. J. Arid Environ. 36(1): 103-111.
- Ayala L., R.S., de Jong B.B.H.J. y Ramírez M.H. 2001. Ecuaciones para estimar biomasa en la meseta central de Chiapas. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 7(2):153-157.
- Ayerza, R. 1981. El buffelgrass: Utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Editorial Hemisferio Sur. S.A. Buenos Aires, Argentina. 139 p.
- Barkworth, M.E., Anderton L.K., Capels K.M., Long S. and M.B. Piep. 2007. Manual of grasses for North America. Utah State University Press. 627 p.
- Bashaw, E.C. 1962. Apomixis and sexuality in buffelgrass. Crop Sci. 2:412-415.
- Bashaw, E.C. 1985. Buffelgrass origins. In: E.C.A. Runge and J.L. Schuster (eds). Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. The Texas Agr. Exp. Sta. in cooperation with the Texas Agric. Ext. Service; U. S. Department of Agriculture-Soil Conservation Service. College Station, Texas. MP-1575. pp. 6-8.

- Bogdan, A.V. 1997. Pastos tropicales y plantas forrajeras. AGT Editor, S.A. México, D.F. 461p.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. In FAO Forestry Papers 134, 55 pp. Rome, Italy., FAO. (available at http://www.fao.org/icalog/search/dett.asp?aries_id=7736.)
- Brown, S. G. and Lugo A. A. 1989. Biomass estimation for tropical forest with applications to forest inventory data. Forest Science 35(4): 881-902.
- Carrera J., P. 2010. Evaluación de la producción de biomasa de dos cultivares de *Panicum virgatum* (L.) durante el periodo de implantación y el primer año de producción. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. Ingeniería en Producción Agropecuaria. 102p.
- Casanova L., F., J. Petit A. y J. Solorio S. 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17 (1):133-143.
- Casler, M., K.Vogel, C. Taliaferro, N. Ehlke, J. Berdahl, E. Brummer, R. Kallenbach, C. West, and R. Mitchell. 2007. Latitudinal and longitudinal adaptation of switchgrass populations. Crop Sci. 47:2249-2260.
- Catchpole, W. C. and C.J. Wheeler. 1992. Estimating plant biomass: A review of techniques. Australian Journal of Ecology 17: 121-131.
- CONAGUA. 2015. Servicio Meteorológico Nacional. Consulta: 01 diciembre 2015. Disponible en:
http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=112
- Conant, R. T., K. Paustian, S. J. Del Grosso and W. J. Parton. 2005. Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. Nutr. Cycling Agroecosyst. 71:239-248.
- Cox, J. R., M. H. Martin R., F. A. Ibarra F., J. H. Fourie, N. F. G. Rethman and D.G. Wilcox. 1988. The influence of climate and soils on the distribution of four African grasses. J. Range Manage. 41:127-139.
- Díaz, J. y Curiel. A. 2012. Bosques Urbanos para Enfriar las Ciudades. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias 63 (4): 36-41.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma 76 p.

- FAO. 2008. Climate change adaptation and mitigation: Challenges and opportunities for food security. In: High-level conference on world food security: The challenges of climate change and bioenergy. Rome, Italy.
- FAO. 2009. Review of evidence on dry lands pastoral systems and climate change implications and opportunities for mitigation and adaptation. Rome, Italy. 50 p.
- Fard, M. E., and G. Heshmati A. 2014. Predication of biomass of three perennial range grasses using dimensional analysis. Middle-East J. Sci. Res. 21(9): 1520-1525.
- Fike, J. H., D. J. Parrish, D. D. Wolf, J. A. Balasko, J. T. Green, M. Rasnake and J. H. Reynolds. 2006. Long-term yield potential of switchgrass for- biofuel system. Biomass and bioenergy 30 (3): 198 – 206.
- Fisher, W.D., E.C. Bashaw and E.C. Holt. 1954. Evidence for apomixis in *Pennisetum ciliare* and *Cenchrus setigerus*. Agron. J. 46:401-404.
- Flanagan, L.B., L.A. Wever and P.J. Carlson. 2002. Seasonal and interannual variation in carbon dioxide exchange and carbon balance in a northern temperate grassland. Global Change Biology 8:599-615.
- Flombaum, P. and O. Sala E. 2007. A non-destructive and rapid method to estimate biomass and aboveground net primary production in arid environments. J. Arid Environ. 69(2): 352-358.
- Frank, A., J. Berdahl, J. Hanson, M. Liebigh and A. Johnson. 2004. Biomass and carbon partitioning in Switchgrass. Crop Sci. 44:1391–1396.
- Fuentes G., L.T. 2014. Evaluación de genotipos experimentales de Zacate Buffel (*Pennisetum ciliare* L) para rendimiento de biomasa y captura de CO₂. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 104p.
- García D.G., L.R. Ramírez, R. Foroughbakhch, R.R. Morales y D.G. García. 2003. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomícticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Téc. Pecuaria Méx. 41:209-218.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4° Edición. México, D. F. 217p.
- Garcidueñas M., A.R. 1987. Producción de biomasa y acumulación de nutrientes en un rodal de *Pinus montezumae* Lamb. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Programa Forestal. Montecillos, México. 242 p.
- Garzuglia M. and M. Saket. 2003. Volumen and woody biomass, food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma. 30p.

- Gasparri I. y Manghi E. 2004. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales Argentina. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Dirección de Bosques, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 26p.
- Gómez M., S. 2009. Desarrollo de híbridos simples de reproducción sexual y determinación de su compatibilidad en cruza con variedades apomícticas de zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. Tesis de Doctorado. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 125 p.
- Gómez M., S. y J.R. González D. 1992. Rendimiento y componentes del rendimiento de semilla de líneas y variedades de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* L. Memorias XIV Congreso Nacional de Fitogenética. 4 de oct. SOMEFI. Tuxtla, Gutiérrez Chiapas. p468.
- González D., J. R y S. Gómez M. 2004. Zacate Buffel AN17PS. Folleto de Divulgación. Expo Narro 2004. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- González D., J. R. 1991. Aprovechamiento integral del zacate buffel. In: Memoria VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Manejo Pastizales. Ciudad. Victoria, Tamaulipas, México. p. 1-2.
- Greenpeace, 2010. México ante el Cambio Climático, Evidencias, Impactos, Vulnerabilidad y Adaptaciones. <http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2010/6/vulnerabilidad-mexico.pdf>
- Guevara, J. C., J. Gonnet M. and O. Estevez R. 2002. Biomass estimation for native perennial grasses in the plain of Mendoza, Argentina. J. Arid Environ. 50(4): 613-619.
- Gutiérrez V., A.A. 2011. Establecimiento de 90 cruzas triples de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) y digestibilidad *in vitro* de nueve variedades utilizadas como progenitores masculinos en las cruzas triples. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. 74p.
- Hewett, P.D. and W. J. Dennie. 1986. Biological test for seeds. In: Seed treatment. K.A Jeffs (ed.) Second Edition Chapter 4: 51-82 p.
- Pawnee Buttes Seed Inc. 2008. Guide to Grasses. Third edition. 107p.
- Holt, E. C. 1985. Buffelgrass-A brief history. In: Runge, E. C. A., and Schuster, J. L. (eds.), Buffelgrass: Adaptation, Management and Forage Quality Symposium. Texas Agr. Exp. Sta. Publ. MP-1575. Collage Station, Tx., USA. p. 5-9.
- Hoover, M.M., M.A. Hein, W.A. Dayton and C.O. Erlanson. 1948. The main grasses for farm and home. In: Grass the yearbook of Agriculture 1948. United States Department of Agriculture. U.S. Government Printing Office.
- Ibarra F., F. M. Martin R. y A.R. Quero C. 2012. Gramíneas introducidas. Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos de México. Pasto Buffel *Cenchrus ciliaris* L. Link.

- (*Penisetum ciliare* Lam.). 2da. Reunión Internacional conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. p. 85-108.
- Ibarra F., F., J.R. Cox y M. Martin R. 1991. Efecto del suelo y clima en el establecimiento y persistencia del zacate buffel en México y sur de Texas. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP. Simposium Internacional. Aprovechamiento Integral de Zacate Buffel. Cd. Victoria. Tamps. p. 14-28.
- Ibrahim, M., M. Chacón, C. Cuartas, J. Naranjo, G. Ponce, P. Vega, F. Casasola, y J. Rojas. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45: 27-36.
- INEGI. 2007. Conjunto nacional del uso del suelo y vegetación. Serie III. <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadísticas/2007/ambiente07.pdf>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Establecimiento de pasto buffel para el control de la erosión hídrica. Folleto Técnico No. 26. Octubre 2005.
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/103.pdf>
- IPCC. 1994. The supplementary report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge. 205 p.
- IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry (en línea). Disponible en <http://www.ipcc-nggip-iges.or.jp>
- IPCC. 2007. Cambio climático. Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- Jiménez G., C. A., L. H. Maciel P., A. de Alba A. y F. González C. 2005. Siembra de zacate buffel. INIFAP. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Pabellón. Folleto Para Productores Número 37. 16 p.
- Kramer P., J. 1987. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una Síntesis Moderna. Cap. 4 (117). Edutex, S. A., México, D. F.
- López D., A. 2013. Fertilización para el establecimiento por trasplante y desarrollo temprano de *Pennisetum ciliare* L. Variedad Pecos en un suelo arcilloso y salino. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 62p.

- Loza T., H.J. 1993. Morfología y Fisiología de los Pastos N° 4. Curso intensivo sobre manejo de praderas y suplementación del ganado. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México.
- Maguire J.D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evolution of seedling emergence vigor. *Crop Sci.* 2:176-172.
- Mansoor U., H. Mansoor, A. Wahid and A.R. Rao. 2002. Ecotypic variability for drought resistance in *Cenchrus ciliaris* L. germplasm from Cholistan Desert in Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology* 4 (3): 392-397.
- Martin R., M. H., J.R. Cox and F. Ibarra F. 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonoran desert. *J. Range Manage.* 48: 60-63.
- Medina, G., A.J. Ruiz, G. Díaz, N. Y. Z Ramírez. 2012. Potencial productivo del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) ante el cambio climático en el estado de Zacatecas. 2da Reunión Internacional conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. Zacatecas, México. pp. 272-276.
- Medrano H., F. J. 2000. Fijación del dióxido de carbono y biosíntesis de fotoasimilados. In *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. J. Azcón-Bieto & M. Talón (Eds.) McGraw-Hill Interamericana 173-185.
- Méndez G. J., J. L. De la Cruz G., R. Montoya V., J. A. Nájera L., J. E. Torres V. y E. H. Cornejo O. 2014. Producción de oxígeno en plantaciones jóvenes de *Pinus greggii*, *P. cembroides* y *P. halepensis* en la sierra de Arteaga Coahuila México. In: V Simposio Internacional del Carbono en México. J. C. Wong G. y F. Paz. P. (compil.), Mérida Yuc. Mex. p. 53.
- Méndez G. J., S. L. Luckie N. M. A. Capó A. y J.A. Nájera L. 2011. Ecuaciones alométricas y estimación de incrementos en biomasa aérea y carbono en una plantación mixta de *Pinus devoniana* Lindl. y *P. pseudostrobus* Lindl., en Guanajuato, México. *Agrociencia* 45(4): 479-491.
- Merino, A., C. Rey, J. Brañas, y R. Rodríguez. 2003. Biomasa arbórea y acumulación de nutrientes en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 12 (2): 85 – 98.
- Miranda, A.C., H.S. Miranda, J. Lloyd, J. Grace, R. J. Francey, J.A. McIntyre, P. Meir, P. Riggan, R. Lockwood and J. Brass. 1997. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado: An analysis using eddy covariance and stable isotopes. *Plant, Cell and Environment* 20: 315-328.
- Namur, P. 1989. Arbustos y forrajes introducidos en los llanos de la Rioja. En: *Curso Taller Internacional, Forrajeras y Cultivos adecuados para la Region Chaqueña*. Santiago de Chile, Chile. 47 – 57p.

- Nafus, A. M., M. McClaran P., S. Archer R. and H. Throop L. 2009. Multispecies allometric models predict grass biomass in semidesert rangeland. *Rang. Ecol. Man.* 62(1): 68-72.
- Newton, P. C., R. Andre C., G. R. Edwards and P. A. Niklaus. 2007. *Agroecosystems in a changing climate.* CRC Taylor & Francis. New York. 364 p.
- Nguyen, C. 2003. Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls. *Agronomic* 23:375– 396. http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-90-481-2666-8_9#page-1
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. <http://search.noaa.gov/search?utf8=%E2%9C%93&sc=0&query=In+Mauna+Loa%2C+Hawaii+have+monitored+the+concentrations+of+this+gas+since+1958+&m=&affiliate=noaa.gov&commit=Search>
- Nobel, P.S. 1991. Photochemistry of Photosynthesis. En: *Physiochemical and Environmental Plant Physiology.* 245-296. Academic Press, Inc. San Diego, California.
- Northup, B. K., S. Zitzer F., S. Archer, C. Mcmurtry R. and T. Boutton W. 2005. Above-ground biomass and carbon and nitrogen content of woody species in a subtropical thornscrub parkland. *J. Arid Environ.* 62(1): 23-43.
- Nowak, D. J., R. Hoehn and D. Crane E. 2007. Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboricult. Urban For.* 33(3): 220-226.
- Oliveras, I., M. van der Eynden, Y. Malhi, N. Cahuana, C. Menor, F. Zamora, and T. Haug aasen. 2014. Grass allometry and estimation of above-ground biomass in tropical alpine tussock grasslands. *Austr. Ecol.* 39(4): 408-415.
- Osuna R., O.M. 1986. Validación de nueve materiales de zacate buffel bajo condiciones de temporal en Zaragoza, Coah. En: *Avances de Investigación Agrícola de Riego y Temporal.* Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste (CIAN). INIFAP. pp. 141-142.
- Parry, M. 1993. Climate change and the future of Agriculture. *International Journal of Environment and Pollution* Vol 3:1: 13-30.
- Paull, C. J. and G.R. Lee. 1978. Buffelgrass in Queensland. *Queensland Agric. Journal* 104: 57-75.
- Peil, R.M. y Gálvez, J.L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *R. bras. Agrociência*, 11: 5-11. <http://www.periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/680/677>
- Ramírez, B.L., H.F. Ramírez y J.C. Suárez. 2009. Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. *Livestock Research for Rural Development*, Vol 21:6. www.lrrd.org/lrrd21/6/rami21091.htm

- Ramírez, O., M. Gómez and S. Shiltz. 1997. Valuing the contribution of plantation forestry to the national accounts of Costa Rica from the ecological economics perspective. Beijer Research Seminar. Costa Rica. 28 p
- Rees R., I. Bingham, J. Baddeley and C. Watson. 2005. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. *Geoderma* 128 (1/2):130-154.
- Rodríguez B., O. 1998. Producción y acondicionamiento de semillas de zacate buffel. Memorias. Primer Simposium Internacional de Semillas Forrajeras. 23-25 de Septiembre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Ruiz, J.A. 2012. Adaptar la agricultura al cambio climático. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias* 63 (4): 76-83.
- Salas, R.J. y C.A. Infante. 2006. Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Revista Forestal Latinoamericana*. Venezuela. p.49.
- Saldívar F., A. 1991. Ecosistemas del zacate buffel en Tamaulipas: Aprovechamiento Integral. In: Memorias II Simposium Internacional y VII Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. Sociedad Mexicana de Manejo Pastizales. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. p. 42-51.
- Segura M. and M. Kanninen. 2005. Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. *Biotropica* 37(1): 2-8.
- Segura, M. y H. Andrade. 2008. Como construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas o perenes. *Agroforestería en las Américas* 46: 89-46.
- Segura, M., M. Kanninen and D. Suarez. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforestry Systems* 68:143-150.
- Sherwood, R.T., B.A. Young and E.C. Bashaw. 1980. Facultative apomixis in buffelgrass. *Crop Sci.* 20:375-379.
- Sit V and Poulin-Costello, M. 1994. Catalogue of curves for fitting. *Biometrics Information*. Handbook No. 4. Ministry of Forest Research Program. British Columbia. 110 p.
- Skerman, P.J. and F. Riveros. 1990. *Tropical grasses*. FAO. Roma.
- Snyder, L.A., A.R. Hernandez, and H.E. Warmke. 1955. The mechanism of apomixis in *Pennisetum ciliare*. *Bot. Gaz.* 116: 209-221.
- Sprugel, D. G. 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology* 64(1): 209-210.

- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics with especial references to the biological sciences. McGraw-Hill Book Company New York.
- Terrazas M., L. 2011. Alteración de la fertilidad del suelo por el cambio climático y su impacto en la productividad del frijol. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo de México. 121 p.
- Trumbmore, S.E. y Druffel E.R.M. 1995. Carbon isotopes for characterizing sources and turnover of non-living organic matter. In the Role of Non-living Organic Matter in the Earth's Carbon Cycle. R.G. Zepp y Ch. Sonntang. (Eds). Wiley, Chichester. 7-22.
- Tubiello, F. N., J. F. Soussana and S. M. Howden. 2007. Crop and pasture response to climate change. Proc. Natl. Acad. Sci. 104:19686-19690.
- Vallejo A.W., P. Oyantcabal, N. Rodriguez y L. Pedroni. 2008. Preguntas frecuentes sobre metodologías de línea base y monitoreo para proyectos forestales MDL. In Salinas Z, y P. Hernandez (eds): Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía, Turrialba, C.R. CATIE. p 29-42.
- Vázquez N., C. 2013. Germinación bajo salinidad por NaCl en un grupo élite de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 73 p.
- Vidal, A., Benítez J., Rodriguez J., Carlos, R y Gra H. 2003. Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus caribaea* var. *Caribaea* en la E.F.I. La Palma de la Provincia de Pinar del Río, Cuba. Quebracho - Revista de Ciencias Forestales 11: 60-66.
- Whiteman, P.C., M. Bohorquez and E.N. Ranacou. 1974. Biological and physiological aspects of the intensification of grassland utilization. In: XII International Grassland Congress, Moscow. Proceedings. Moscow: National Academy of Science. p.402.
- Zambrano, A., F. Franquis y A. Infante. 2004. Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales. Rev. For. Lat. N° 35. p. 11-20.
- Zan, C.S., J. W. Fyles, P. Girouard and R. A. Samson. 2001. Carbon sequestration in perennial bioenergy, annual corn and uncultivated systems in southern Quebec. Agriculture Ecosystems & Environment 86(2)135-144.

APÉNDICE

Cuadro A1. Concentración de datos de viabilidad como porcentaje de germinación de semilla de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila, 2011.

Genotipo	Bloques				Σ Trat	\bar{X}
	I	II	III	IV		
1	84	85	71	76	316	79.00
2	76	82	74	69	301	75.25
3	70	81	63	61	275	68.75
4	80	82	66	68	296	74.00
5	82	88	78	83	331	82.75
6	77	84	58	74	293	73.25
7	88	95	71	81	335	83.75
8	77	81	76	63	297	74.25
9	92	88	89	85	354	88.50
10	83	96	71	83	333	83.25
Z115	78	91	74	78	321	80.25
12	84	80	70	82	316	79.00
13	94	82	80	83	339	84.75
14	84	84	63	73	304	76.00
Pecos	80	84	72	74	310	77.50
16	84	92	77	70	323	80.75
17	85	87	65	78	315	78.75
18	89	83	71	65	308	77.00
19	94	86	86	84	350	87.50
20	91	89	80	73	333	83.25
21	88	84	75	82	329	82.25
22	98	85	74	74	331	82.75
23	81	84	65	73	303	75.75
24	84	90	73	80	327	81.75
Común II	98	90	84	80	352	88.00
Común	93	98	92	99	382	95.50
Σ Bloques	2214	2251	1918	1991	8374	80.52

Cuadro A2. Número de medias, rangos tabulares estudentizados y rangos mínimos significativos para la comparación de medias de germinación de 26 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila 2011.

N° de Medias	Rangos estudentizados	Error típico	Rangos mínimos significativos
2	2.8225	2.4985	7.0520
3	2.9725	2.4985	7.4268
4	3.0725	2.4985	7.6766
5	3.1350	2.4985	7.8328
6	3.1950	2.4985	7.9827
7	3.2350	2.4985	8.0826
8	3.2750	2.4985	8.1826
9	3.3050	2.4985	8.2575
10	3.3275	2.4985	8.3138
Z115	3.3475	2.4985	8.3637
12	3.3675	2.4985	8.4137
13	3.3825	2.4985	8.4512
14	3.4000	2.4985	8.4949
Pecos	3.4150	2.4985	8.5324
16	3.4300	2.4985	8.5699
17	3.4400	2.4985	8.5948
18	3.4450	2.4985	8.6073
19	3.4600	2.4985	8.6448
20	3.4700	2.4985	8.6698
21	3.4750	2.4985	8.6823
22	3.4800	2.4985	8.6948
23	3.4850	2.4985	8.7073
24	3.4900	2.4985	8.7198
Común II	3.4950	2.4985	8.7323
Común	3.5000	2.4985	8.7448

Cuadro A3. Porcentaje de semillas germinadas que produjeron plántulas normales de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.

Genotipo	Bloques				Σ Trat	\bar{X}
	I	II	III	IV		
1	63	40	46	53	202	50.50
2	54	35	38	39	166	41.50
3	38	37	31	23	129	32.25
4	34	46	38	23	141	35.25
5	62	68	36	32	198	49.50
6	52	48	33	42	175	43.75
7	68	68	37	43	216	54.00
8	49	60	30	27	166	41.50
9	76	79	69	54	278	69.50
10	72	64	41	37	214	53.50
Z115	43	68	22	38	171	42.75
12	55	50	27	28	160	40.00
13	80	57	37	35	209	52.25
14	47	51	24	36	158	39.50
Pecos	62	52	31	29	174	43.50
16	55	49	39	42	185	46.25
17	60	35	33	51	179	44.75
18	58	68	29	22	177	44.25
19	78	47	39	37	201	50.25
20	72	69	36	38	215	53.75
21	53	38	32	44	167	41.75
22	79	47	29	29	184	46.00
23	44	53	33	25	155	38.75
24	55	48	26	15	144	36.00
Común II	75	50	42	35	202	50.50
Común	75	63	38	63	239	59.75
Σ Bloque	1559	1390	916	940		
\bar{X}	59.96	53.46	35.23	36.15		

Cuadro A4. Porcentaje de semillas germinadas que produjeron plántulas anormales de 26 genotipos de zacate buffel después de ocho años de almacenamiento. Saltillo, Coahuila, 2011.

Genotipo	Bloques				Σ Trat	\bar{X}
	I	II	III	IV		
1	21	45	25	23	114	28.50
2	22	47	36	30	135	33.75
3	32	44	32	38	146	36.50
4	46	36	28	45	155	38.75
5	20	20	42	51	133	33.25
6	25	36	25	32	118	29.50
7	20	27	34	38	119	29.75
8	28	21	46	36	131	32.75
9	16	9	20	31	76	19.00
10	11	32	30	46	119	29.75
Z115	35	23	52	40	150	37.50
12	29	30	43	54	156	39.00
13	14	25	43	48	130	32.50
14	37	33	39	37	146	36.50
Pecos	18	32	41	45	136	34.00
16	29	43	38	28	138	34.50
17	25	52	32	27	136	34.00
18	31	15	42	43	131	32.75
19	16	39	47	47	149	37.25
20	19	20	44	35	118	29.50
21	35	46	43	38	162	40.50
22	19	38	45	45	147	36.75
23	37	31	32	48	148	37.00
24	29	42	47	65	183	45.75
Común II	23	40	42	45	150	37.50
Común	18	35	54	36	143	35.75
Σ Bloques	655	861	1002	1051		
\bar{X}	25.19	33.12	38.54	40.42		

Cuadro A5. Concentración de datos de altura de planta de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Evaluación	1		2		3		4		Σ Trat	\bar{X}
Genotipo	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	49.0	41.0	66.0	71.0	89.0	86.0	86.0	91.0	579.0	72.4
2	46.0	49.0	75.0	74.0	96.0	89.0	86.0	98.0	613.0	76.6
3	49.0	49.0	62.0	68.0	81.0	92.0	89.0	82.0	572.0	71.5
4	45.5	50.0	69.0	70.0	95.0	90.0	89.0	98.0	606.5	75.8
5	50.0	44.0	66.0	70.0	90.0	73.0	83.0	88.0	564.0	70.5
6	49.0	44.5	56.0	79.0	97.0	93.0	82.0	91.0	591.5	73.9
7	45.0	54.0	66.0	74.0	90.0	99.0	101.0	101.0	630.0	78.8
8	54.0	49.5	73.0	69.0	78.0	90.0	85.0	88.0	586.5	73.3
9	44.0	44.0	71.0	72.0	106.0	93.0	92.0	83.0	605.0	75.6
10	50.0	38.0	65.0	70.0	89.0	95.0	100.0	89.0	596.0	74.5
Z115	42.0	45.0	74.0	69.0	96.0	87.0	93.0	92.0	598.0	74.8
12	40.0	45.0	65.0	64.0	93.0	89.0	98.0	91.0	585.0	73.1
13	57.0	49.5	73.0	70.0	94.0	84.0	84.0	94.0	605.5	75.7
14	48.5	40.0	69.0	77.0	86.0	91.0	87.0	89.0	587.5	73.4
Pecos	46.0	45.0	78.0	72.0	82.0	83.0	93.0	99.0	598.0	74.8
16	48.0	50.0	63.0	77.0	89.0	90.0	103.0	99.0	619.0	77.4
17	56.0	49.0	74.0	67.0	93.0	96.0	99.0	98.0	632.0	79.0
18	40.0	48.0	72.0	76.0	81.0	73.0	88.0	81.0	559.0	69.9
19	40.5	37.0	75.0	71.0	92.0	100.0	106.0	105.0	626.5	78.3
20	42.5	48.0	69.0	72.0	91.0	87.0	90.0	93.0	592.5	74.1
21	56.0	42.0	77.0	80.0	94.0	89.0	100.0	94.0	632.0	79.0
22	41.0	52.5	72.0	72.0	105.0	86.0	98.0	80.0	606.5	75.8
23	45.0	45.5	72.0	63.0	94.0	86.0	87.0	88.0	580.5	72.6
24	42.0	45.0	71.0	74.0	84.0	79.0	92.0	100.0	587.0	73.4
Común II	43.0	42.5	65.0	64.0	64.0	81.0	83.0	85.0	527.5	65.9
Común	40.0	33.0	62.0	62.0	75.0	73.0	79.0	62.0	486.0	60.8
Switchgrass	69.5	53.0	92.0	93.0	121.0	102.0	120.0	90.0	740.5	92.6
Σ Bloques	1278.5	1233.0	1892.0	1940.0	2445.0	2376.0	2493.0	2449.0	16106.5	

Cuadro A6 Cuadrados medios de cuatro evaluaciones de altura de planta de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2011.

		Altura de Planta (cm)			
Evaluación		1	2	3	4
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	38.34 ^{NS}	42.67 ^{NS}	88.17 ^{NS}	35.85 ^{NS}
Genotipos	26	45.82 ^{NS}	63.54**	129.47**	110.44*
Error Exp.	26	25.00	22.13	43.63	46.70
CV		10.75%	6.63%	7.40%	7.47%

Cuadro A7 Análisis de varianza de parcelas divididas de altura de planta de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	56.529	56.529	1.65 ^{NS}	10.13	34.12
Evaluación (a)	3	70415.291	23471.764	683.03 **	9.28	29.46
Error (a)	3	148.494	49.498			
Genotipos (b)	26	5931.995	228.154	6.64 **	1.55	1.89
Interacción ab	78	3149.116	40.373	1.17 ^{NS}	1.39	1.59
Error (b)	104	3573.852	34.364			
Total	215	83275.277				
					CV (a)=	9.44%
					CV (b)=	7.86%

Cuadro A8 Concentración de datos de número de tallos por planta de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Evaluación	Número de tallos por planta (N°)								Σ Trat	\bar{X}
	07-07-12		26-07-12		17-08-12		07-09-12			
Genotipo	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	32	48	61	60	75	62	111	104	553	69.13
2	31	58	62	82	80	64	69	83	529	66.13
3	41	44	83	69	92	65	109	134	637	79.63
4	34	34	59	70	62	74	119	104	556	69.50
5	22	44	56	54	67	69	105	119	536	67.00
6	31	43	76	64	73	63	118	102	570	71.25
7	34	23	76	69	77	67	101	98	545	68.13
8	36	33	76	71	39	86	100	102	543	67.88
9	26	36	64	69	79	46	154	106	580	72.50
10	31	28	66	77	71	67	116	102	558	69.75
Z115	23	27	68	80	75	74	109	102	558	69.75
12	34	33	58	75	73	67	109	91	540	67.50
13	34	26	63	84	76	83	125	101	592	74.00
14	47	50	74	55	74	65	107	94	566	70.75
Pecos	36	38	59	49	72	64	92	93	503	62.88
16	28	34	89	73	93	81	112	108	618	77.25
17	51	57	73	67	97	60	97	102	604	75.50
18	33	49	85	55	102	73	130	105	632	79.00
19	34	40	61	65	65	64	103	95	527	65.88
20	45	34	71	84	92	74	97	123	620	77.50
21	44	41	73	71	74	69	96	101	569	71.13
22	22	27	68	78	67	61	95	105	523	65.38
23	36	37	74	76	89	74	128	102	616	77.00
24	33	16	82	75	86	63	113	120	588	73.50
Común II	31	33	68	66	73	81	112	102	566	70.75
Común	34	23	66	65	93	88	127	45	541	67.63
Switchgrass	7	8	17	21	41	35	26	58	213	26.63
Total	890	964	1828	1824	2057	1839	2880	2701	14983	

Cuadro A9 Cuadrados medios de cuatro evaluaciones de número de tallos por planta de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2011.

		Número de Tallos por Planta			
Evaluación		07-07-12	26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	101.41 ^{NS}	0.30 ^{NS}	880.07*	593.35 ^{NS}
Genotipos	26	161.12 ^{NS}	273.87**	211.45 ^{NS}	540.11*
Error Exp.	26	51.68	76.45	132.80	271.08
CV		20.94%	12.93%	15.97%	15.93%

Cuadro A10 Análisis de varianza de parcelas divididas de número de tallos por planta de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	Fa	
					0.05	0.01
Bloques	1	495.04	495.04	1.37 ^{NS}	10.13	34.12
Evaluación (a)	3	129226.38	43075.46	119.64 **	9.28	29.46
Error (a)	3	1080.09	360.03			
Genotipos (b)	26	19239.48	739.98	5.56 **	1.55	1.89
Interacción ab	78	11610.74	148.86	1.12 ^{NS}	1.39	1.59
Error (b)	104	13832.37	133.00			
Total	215	175484.11	816.21			
					CV (a)=	27.35%
					CV (b)=	16.63%

Cuadro A11 Concentración de datos de número de panículas de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass, Saltillo, Coahuila, 2012.

Evaluación Genotipo	Número de Tallos por Panículas (N°)						Σ Trat	\bar{X}
	26-07-12		17-08-12		07-09-12			
	I	II	I	II	I	II		
1	8	15	48	42	106	119	338	56.33
2	14	20	58	59	63	99	313	52.17
3	8	10	28	49	45	96	236	39.33
4	4	9	37	34	63	109	256	42.67
5	4	4	34	42	75	67	226	37.67
6	5	20	32	37	116	94	304	50.67
7	6	11	53	34	73	111	288	48.00
8	13	23	29	68	121	126	380	63.33
9	2	9	29	26	58	72	196	32.67
10	2	4	37	31	97	104	275	45.83
Z115	4	4	32	45	88	93	266	44.33
12	3	12	45	52	89	103	304	50.67
13	3	6	27	32	98	96	262	43.67
14	15	8	47	57	97	126	350	58.33
Pecos	13	5	29	36	84	51	218	36.33
16	12	22	43	79	107	94	357	59.50
17	23	14	55	53	101	113	359	59.83
18	19	16	81	40	138	144	438	73.00
19	12	12	34	49	101	120	328	54.67
20	7	15	50	62	86	93	313	52.17
21	11	15	46	46	106	100	324	54.00
22	6	16	18	34	101	152	327	54.50
23	19	7	63	48	135	118	390	65.00
24	9	11	43	65	119	108	355	59.17
Común II	12	24	93	75	116	133	453	75.50
Común	21	23	39	66	195	21	365	60.83
Switchgrass	0	0	1	0	1	20	22	3.67
Total	255	335	1131	1261	2579	2682	8243	

Cuadro A 12 Cuadrados medios de cuatro evaluaciones de número de panículas por planta de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2011.

Número de Panículas por Planta (N°)				
Evaluación		26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios		
Bloques	1	118.52*	312.96 ^{NS}	1331.28*
Genotipos	26	61.87**	478.74**	811.31**
Error	26	22.10	146.89	250.66
CV		43.02%	27.36%	15.76%

Cuadro A13 Análisis de varianza de parcelas divididas de número de panículas por planta de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	604.75	604.75	52.13**	18.51	34.12
Evaluación (a)	2	205534.61	102767.30	8859.25	19.00	29.46
Error (a)	2	23.20	11.60			
Genotipos (b)	26	31046.61	1194.10	3.47 **	1.64	2.00
Interacción ab	52	18283.06	351.60	1.02 ^{NS}	1.51	1.79
Error (b)	78	26862.56	344.39			
Total	161	282354.77				
					CV (a)=	6.69%
					CV (b)=	36.47%

Cuadro A14 Concentración de datos de biomasa aérea fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Evaluación Genotipo	Biomasa Aérea Fresca (gr)								Σ	\bar{X}
	07-07-12		26-07-12		17-08-12		07-09-12			
	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	46	40	145	160	250	147	238	271	1297	162.13
2	25	69	172	142	232	143	200	261	1244	155.50
3	54	68	144	164	261	147	256	325	1419	177.38
4	51	41	158	134	261	126	237	290	1298	162.25
5	26	40	137	131	263	135	203	303	1238	154.75
6	19	41	110	147	241	117	210	236	1121	140.13
7	39	27	125	163	245	140	238	252	1229	153.63
8	48	36	150	135	95	136	182	229	1011	126.38
9	23	26	121	133	236	105	201	260	1105	138.13
10	22	30	104	144	223	123	198	290	1134	141.75
Z115	12	26	142	131	255	128	206	244	1144	143.00
12	26	32	98	134	258	131	195	273	1147	143.38
13	73	32	158	156	272	166	311	321	1489	186.13
14	69	39	159	156	270	142	205	272	1312	164.00
Pecos	34	31	166	130	267	133	165	286	1212	151.50
16	29	34	158	165	260	119	192	273	1230	153.75
17	65	66	149	128	254	133	244	313	1352	169.00
18	35	46	142	158	256	180	218	289	1324	165.50
19	32	25	170	140	228	146	199	281	1221	152.63
20	40	37	137	170	237	152	257	294	1324	165.50
21	70	40	168	157	268	142	195	323	1363	170.38
22	27	37	139	168	257	144	216	279	1267	158.38
23	53	33	171	150	268	146	213	316	1350	168.75
24	28	8	162	167	256	149	267	356	1393	174.13
Común II	42	43	168	173	202	177	273	261	1339	167.38
Común	26	9	132	107	206	119	187	74	860	107.50
Switchgrass	16	11	42	108	216	206	169	284	1052	131.50
Total	1030	967	3827	3951	6537	3832	5875	7456	33475	

Cuadro A15. Cuadrados medios de cuatro evaluaciones de biomasa aérea fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

		Biomasa Aérea Fresca (gr)			
Evaluación		07-07-12	26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	73.50 ^{NS}	284.74 ^{NS}	135500.46**	46288.17**
Genotipos	26	365.52*	796.65*	817.52 ^{NS}	2474.60*
Error Exp.	26	159.69	350.86	879.42	1174.32
CV		34.17%	13.00%	15.44%	13.88%

Cuadro A16 Análisis de varianza de parcelas divididas de biomasa aérea fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	16642.988	16642.988	1.10 ^{NS}	18.51	34.12
Evaluación (a)	2	1189600.778	594800.389	39.69**	19.00	29.46
Error (a)	2	30003.420	15001.710			
Genotipos (b)	26	55851.778	2148.145	3.82**	1.64	2.00
Interacción ab	52	38704.222	744.312	1.33 ^{NS}	1.51	1.79
Error (b)	78	43806.593	561.623			
Total	161	1374609.778				
					CV (a)=	85.87%
					CV (b)=	16.62%

Cuadro A 17. Concentración de datos de biomasa radicular fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Evaluación	Biomasa Radicular Fresca (gr)								Σ Trat	\bar{X}
	07-07-12		26-07-12		17-08-12		07-09-12			
Genotipo	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	32	37	119	133	167	140	161	306	1095	136.88
2	16	37	128	106	124	98	226	188	923	115.38
3	43	2	96	121	111	129	233	258	993	124.13
4	36	38	88	111	135	112	170	210	900	112.50
5	9	13	78	48	92	71	84	123	518	64.75
6	13	22	118	107	122	112	151	210	855	106.88
7	24	17	115	127	148	138	167	238	974	121.75
8	23	13	118	112	39	99	112	202	718	89.75
9	8	4	69	80	75	38	139	153	566	70.75
10	17	15	74	120	142	100	172	245	885	110.63
Z115	6	22	124	108	154	187	221	222	1044	130.50
12	15	17	73	99	138	132	144	140	758	94.75
13	42	6	90	111	129	91	151	207	827	103.38
14	35	21	114	95	158	124	148	175	870	108.75
Pecos	22	18	87	90	118	111	165	213	824	103.00
16	27	19	140	107	195	84	131	244	947	118.38
17	40	50	110	58	158	102	205	202	925	115.63
18	33	20	97	134	126	115	212	234	971	121.38
19	27	15	108	127	143	128	175	173	896	112.00
20	16	12	38	112	147	105	169	218	817	102.13
21	51	33	103	124	168	109	197	273	1058	132.25
22	15	36	95	110	150	158	118	273	955	119.38
23	25	13	88	134	146	102	154	258	920	115.00
24	25	17	108	126	167	112	218	326	1099	137.38
ComúnII	25	14	63	93	53	97	136	151	632	79.00
Común	15	11	39	30	47	60	100	121	423	52.88
Switchgrass	13	11	22	60	134	126	119	322	807	100.88
Total	653	533	2502	2783	3486	2980	4378	5885	23200	

Cuadro A18. Cuadrados medios de cuatro evaluaciones de biomasa radicular fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

		Biomasa Radicular Fresca (gr)			
Evaluación		07-07-12	26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	266.67 ^{NS}	1462.24 ^{NS}	4741.41*	42056.46**
Genotipos	26	170.92 ^{NS}	1169.52**	1724.09**	3121.67*
Error Exp.	26	101.13	396.55	618.56	1543.42
CV		45.79%	20.35%	20.77%	20.67%

Cuadro A19. Análisis de varianza de parcelas divididas de biomasa radicular fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	734.72	734.72	0.25 ^{NS}	18.51	34.12
Evaluación (a)	2	284413.35	142206.67	49.58**	19.00	29.46
Error (a)	2	5735.59	2867.80			
Genotipos (b)	26	47162.90	1813.956	4.88**	1.64	2.00
Interacción ab	52	32514.99	625.29	1.68*	1.51	1.79
Error (b)	78	29022.19	372.08			
Total	161	399583.74				
					CV (a)=	67.06%
					CV (b)=	24.15%

Cuadro A20. Concentración de datos de biomasa total fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Evaluación	Biomasa Total Fresca (gr)								Σ Trat	\bar{X}
	07-07-12		26-07-12		17-08-12		07-09-12			
Genotipo	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	78	77	264	293	417	287	399	577	2392	299.0
2	41	106	300	248	356	241	426	449	2167	270.9
3	97	70	240	285	372	276	489	583	2412	301.5
4	87	79	246	245	396	238	407	500	2198	274.8
5	35	53	215	179	355	206	287	426	1756	219.5
6	32	63	228	254	363	229	361	446	1976	247.0
7	63	44	240	290	393	278	405	490	2203	275.4
8	71	49	268	247	134	235	294	431	1729	216.1
9	31	30	190	213	311	143	340	413	1671	208.9
10	39	45	178	264	365	223	370	535	2019	252.4
Z115	18	48	266	239	409	315	427	466	2188	273.5
12	41	49	171	233	396	263	339	413	1905	238.1
13	115	38	248	267	401	257	462	528	2316	289.5
14	104	60	273	251	428	266	353	447	2182	272.8
Pecos	56	49	253	220	385	244	330	499	2036	254.5
16	56	53	298	272	455	203	323	517	2177	272.1
17	105	116	259	186	412	235	449	515	2277	284.6
18	68	66	239	292	382	295	430	523	2295	286.9
19	59	40	278	267	371	274	374	454	2117	264.6
20	56	49	175	282	384	257	426	512	2141	267.6
21	121	73	271	281	436	251	392	596	2421	302.6
22	42	73	234	278	407	302	334	552	2222	277.8
23	78	46	259	284	414	248	367	574	2270	283.8
24	53	25	270	293	423	261	485	682	2492	311.5
Común II	67	57	231	266	255	274	409	412	1971	246.4
Común	41	20	171	137	253	179	287	195	1283	160.4
Switchgrass	29	22	64	168	350	332	288	606	1859	232.4
Total	1683	1500	6329	6734	10023	6812	10253	13341	56675	

Cuadro A21. Cuadrados medios de cuatro evaluaciones de biomasa total fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

		Biomasa Total Fresca (gr)			
Evaluación		07-07-12	26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	620.17 ^{NS}	3037.50 ^{NS}	190935.57**	190935.57**
Genotipos	26	895.05*	3183.42**	3812.36 ^{NS}	3812.36*
Error Exp.	26	404.44	1069.46	2325.80	2325.80
CV		34.12%	13.52%	15.45%	15.45%

Cuadro A22. Análisis de varianza de parcelas divididas de biomasa total fresca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	67630.25	67630.25	1.20 ^{NS}	18.51	34.12
Evaluación (a)	2	3858798.04	1929399.02	34.26**	19.00	29.46
Error (a)	2	112615.27	56307.64			
Genotipos (b)	26	188623.78	7254.76	4.49**	1.64	2.00
Interacción ab	52	136223.30	2619.68	1.62*	1.51	1.79
Error (b)	78	125920.48	1614.37			
Total	161	4489811.11				
					CV (a)=	96.49%
					CV (b)=	16.34%

Cuadro A23. Concentración de datos de biomasa aérea seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Biomasa Aérea Seca										
Evaluación	07-07-12		26-07-12		17-08-12		07-09-12		Σ Trat	\bar{X}
Genotipo	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	6	5	32	39	67	76	109	128	462	57.75
2	3	13	41	35	67	78	116	130	483	60.38
3	7	10	34	42	76	83	134	140	526	65.75
4	7	5	36	30	72	64	147	125	486	60.75
5	3	5	27	23	67	65	113	139	442	55.25
6	2	6	26	35	65	57	105	114	410	51.25
7	4	4	30	37	71	75	120	127	468	58.50
8	6	5	34	30	23	73	103	110	384	48.00
9	3	3	25	26	61	45	112	110	385	48.13
10	3	4	22	31	65	66	106	126	423	52.88
Z115	1	5	31	28	76	67	117	125	450	56.25
12	4	6	20	31	65	73	115	125	439	54.88
13	9	8	35	38	79	81	157	140	547	68.38
14	11	6	37	35	70	76	108	121	464	58.00
Pecos	4	6	39	29	78	73	108	136	473	59.13
16	3	5	36	38	73	59	111	132	457	57.13
17	9	10	37	26	76	69	127	133	487	60.88
18	5	6	34	38	71	74	125	129	482	60.25
19	5	4	40	33	56	74	117	133	462	57.75
20	6	6	31	37	70	70	129	137	486	60.75
21	9	6	40	37	80	75	122	143	512	64.00
22	3	5	30	22	67	80	111	125	443	55.38
23	7	6	42	36	78	76	119	126	490	61.25
24	4	2	36	38	74	69	131	143	497	62.13
Común II	4	6	38	40	56	73	122	132	471	58.88
Común	4	1	26	37	52	57	108	15	300	37.50
Switchgrass	2	2	9	23	51	53	57	111	308	38.50
Total	134	150	868	894	1806	1881	3149	3355	12237	

Cuadro A24. Cuadrados medios de cuatro evaluaciones de biomasa aérea seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

		Biomasa Aérea Seca (gr)			
Evaluación		07-07-12	26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	4.74	12.52	104.17	785.85
Genotipos	26	8.48	62.48	140.94	569.55
Error Exp.	26	4.13	25.13	82.24	297.66
CV		38.62%	15.36%	13.28%	14.32%

Cuadro A25. Análisis de varianza de parcelas divididas de biomasa aérea seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	483.00	483.00	3.41 ^{NS}	10.13	34.12
Evaluación (a)	3	400837.83	133612.61	944.82 ^{**}	9.28	29.46
Error (a)	3	424.27	141.42			
Genotipos (b)	26	10533.33	405.13	3.96 ^{**}	1.55	1.89
Interacción ab	78	9784.30	125.44	1.23 ^{NS}	1.39	1.59
Error (b)	104	10638.22	102.29			
Total	215	432700.99				
					CV (a)=	20.99%
					CV (b)=	17.85%

Cuadro A26. Concentración de datos de biomasa radicular seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Biomasa Radicular Seca (gr)										
Evaluación	07-07-12		26-07-12		17-08-12		07-09-12		Σ Trat	\bar{X}
Genotipo	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	3.5	6.0	19.0	21.0	29.0	34.0	39.0	85.0	236.5	29.6
2	1.3	5.0	19.0	15.0	25.0	26.0	54.0	55.0	200.3	25.0
3	7.0	0.2	16.0	22.0	23.0	30.0	58.0	67.0	223.2	27.9
4	4.4	4.0	13.0	17.0	28.0	28.0	51.0	51.0	196.4	24.6
5	1.0	1.0	10.0	6.0	17.0	17.0	20.0	32.0	104.0	13.0
6	1.4	2.0	15.0	17.0	23.0	25.0	36.0	49.0	168.4	21.1
7	2.2	2.0	17.0	20.0	29.0	34.0	43.0	56.0	203.2	25.4
8	1.9	1.0	16.0	16.0	7.0	24.0	26.0	53.0	144.9	18.1
9	1.7	1.0	10.0	10.0	16.0	8.0	37.0	38.0	121.7	15.2
10	1.9	1.0	10.0	18.0	27.0	23.0	43.0	57.0	180.9	22.6
Z115	0.5	3.0	18.0	14.0	30.0	43.0	53.0	58.0	219.5	27.4
12	1.8	2.0	10.0	14.0	25.0	34.0	37.0	32.0	155.8	19.5
13	4.3	1.0	13.0	18.0	28.0	24.0	43.0	44.0	175.3	21.9
14	3.6	2.0	17.0	15.0	26.0	29.0	37.0	41.0	170.6	21.3
Pecos	1.9	2.0	15.0	13.0	23.0	26.0	44.0	56.0	180.9	22.6
16	3.4	2.0	20.0	15.0	36.0	19.0	33.0	64.0	192.4	24.1
17	3.5	6.0	16.0	8.0	29.0	24.0	53.0	51.0	190.5	23.8
18	5.0	2.0	14.0	20.0	22.0	29.0	51.0	59.0	202.0	25.3
19	4.7	2.0	17.0	18.0	23.0	28.0	47.0	45.0	184.7	23.1
20	1.3	1.0	4.0	16.0	31.0	26.0	45.0	53.0	177.3	22.2
21	9.8	5.0	15.0	19.0	32.0	27.0	51.0	65.0	223.8	28.0
22	1.7	3.0	14.0	4.0	26.0	35.0	40.0	69.0	192.7	24.1
23	1.8	1.0	16.0	22.0	30.0	27.0	38.0	64.0	199.8	25.0
24	5.2	2.0	18.0	19.0	31.0	27.0	50.0	76.0	228.2	28.5
Común II	2.8	1.0	11.0	15.0	12.0	22.0	9.0	41.0	113.8	14.2
Común	1.8	1.0	5.0	17.0	11.0	15.0	21.0	30.0	101.8	12.7
Álamo	1.1	1.0	3.0	7.0	21.0	23.0	19.0	58.0	133.1	16.6
Total	80.5	60.2	371.0	416.0	660.0	707.0	1078.0	1449.0	4821.7	

Cuadro A 27. Cuadrados medios de ANVA de las cuatro evaluaciones de biomasa radicular seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

		Biomasa Radicular Seca (gr)			
Evaluación		07-07-12	26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	8.96 ^{**}	37.50 ^{NS}	40.91 ^{NS}	2548.91 ^{**}
Genotipos	26	4.47 ^{NS}	29.26*	68.81 ^{**}	233.63*
Error	26	2.56	14.50	25.75	92.91
<i>CV</i>		62.39%	26.13%	20.05%	20.60%

Cuadro A28. Análisis de varianza de parcelas divididas de biomasa radicular seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	31.734	31.734	1.16 ^{NS}	18.51	34.12
Evaluación (a)	2	13937.749	6968.875	256.65 ^{**}	19.00	29.46
Error (a)	2	54.305	27.153			
Genotipos (b)	26	1449.148	55.736	3.90 ^{**}	1.64	2.00
Interacción ab	52	1212.647	23.320	1.63*	1.51	1.79
Error (b)	78	1115.306	14.299			
Total	161	17800.889				
					<i>CV (a)</i> =	36.70%
					<i>CV (b)</i> =	26.70%

Cuadro A29. Concentración de datos de biomasa total seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass, Saltillo, Coahuila, 2012.

Evaluación Genotipo	Biomasa Total Seca (gr)								Σ	\bar{X}
	07-07-12		26-07-12		17-08-12		07-09-12			
	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	9.5	11	51	60	96	110	148	213	698.5	87.31
2	4.3	18	60	50	92	104	170	185	683.3	85.41
3	14.0	10.2	50	64	99	113	192	207	749.2	93.65
4	11.4	9	49	47	100	92	198	176	682.4	85.30
5	4.0	6	37	29	84	82	133	171	546.0	68.25
6	3.4	8	41	52	88	82	141	163	578.4	72.30
7	6.2	6	47	57	100	109	163	183	671.2	83.90
8	7.9	6	50	46	30	97	129	163	528.9	66.11
9	4.7	4	35	36	77	53	149	148	506.7	63.34
10	4.9	5	32	49	92	89	149	183	603.9	75.49
Z115	1.5	8	49	42	106	110	170	183	669.5	83.69
12	5.8	8	30	45	90	107	152	157	594.8	74.35
13	13.3	9	48	56	107	105	200	184	722.3	90.29
14	14.6	8	54	50	96	105	145	162	634.6	79.33
Pecos	5.9	8	54	42	101	99	152	192	653.9	81.74
16	6.4	7	56	53	109	78	144	196	649.4	81.18
17	12.5	16	53	34	105	93	180	184	677.5	84.69
18	10.0	8	48	58	93	103	176	188	684.0	85.50
19	9.7	6	57	51	79	102	164	178	646.7	80.84
20	7.3	7	35	53	101	96	174	190	663.3	82.91
21	18.8	11	55	56	112	102	173	208	735.8	91.98
22	4.7	8	44	26	93	115	151	194	635.7	79.46
23	8.8	7	58	58	108	103	157	190	689.8	86.23
24	9.2	4	54	57	105	96	181	219	725.2	90.65
Común II	6.8	7	49	55	68	95	131	173	584.8	73.10
Común	5.8	2	31	54	63	72	129	45	401.8	50.23
Switchgras	3.1	3	12	30	72	76	76	169	441.1	55.14
Total	214.5	210.2	1239	1310	2466	2588	4227	4804	17058.7	

Cuadro A30. Cuadrados medios de cuatro evaluaciones de biomasa total seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo Coahuila, 2012.

		Biomasa Total Seca (gr)			
Evaluación		07-07-12	26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	0.62 ^{NS}	93.35 ^{NS}	275.63 ^{NS}	6165.35**
Genotipos	26	19.35**	159.20*	350.04*	1162.71*
Error Exp.	26	9.72	64.16	171.40	503.85
CV		39.40%	16.97%	13.99%	13.42%

Cuadro A31 Análisis de varianza de parcelas divididas de biomasa total seca de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	2714.34	2714.34	2.13 ^{NS}	10.13	34.12
Evaluación (a)	3	759811.79	253270.60	198.88 **	9.28	29.46
Error (a)	3	3820.34	1273.45			
Genotipos (b)	26	24304.38	934.78	4.99 **	1.55	1.89
Interacción ab	78	19663.84	252.10	1.35 ^{NS}	1.39	1.59
Error (b)	104	19474.27	187.25			
Total	215	829788.96				
					CV (a)=	45.19%
					CV (b)=	17.33%

Cuadro A32. Concentración de datos de porción de la parte aérea y radicular de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

Porción de la Parte Aérea y Radicular										
Evaluación	07-07-12		26-07-12		17-08-12		07-09-12		Σ Trat	\bar{X}
Genotipo	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	1.50	0.83	1.68	1.86	2.31	2.24	2.79	1.51	14.72	1.84
2	3.00	2.60	2.16	2.33	2.68	3.00	2.15	2.36	20.28	2.54
3	1.00	1.00	2.13	1.91	3.30	2.77	2.31	2.09	16.50	2.06
4	1.75	1.25	2.77	1.76	2.57	2.29	2.88	2.45	17.72	2.22
5	3.00	5.00	2.70	3.83	3.94	3.82	5.65	4.34	32.29	4.04
6	2.00	3.00	1.73	2.06	2.83	2.28	2.92	2.33	19.14	2.39
7	2.00	2.00	1.76	1.85	2.44	2.21	2.79	2.27	17.32	2.16
8	3.00	5.00	2.13	1.88	3.29	3.04	3.96	2.08	24.36	3.05
9	1.50	3.00	2.50	2.60	3.81	5.63	3.03	2.89	24.96	3.12
10	1.50	4.00	2.20	1.72	2.41	2.87	2.47	2.21	19.37	2.42
Z115	1.00	1.66	1.72	2.00	2.53	1.56	2.21	2.16	14.84	1.85
12	2.20	3.00	2.00	2.21	2.60	2.15	3.11	3.91	21.18	2.65
13	2.25	8.00	2.69	2.11	2.82	3.38	3.65	3.18	28.08	3.51
14	2.75	3.00	2.18	2.33	2.69	2.62	2.92	2.95	21.44	2.68
Pecos	2.00	3.00	2.60	2.23	3.39	2.81	2.45	2.43	20.91	2.61
16	1.00	2.50	1.80	2.53	2.03	3.11	3.37	2.06	18.40	2.30
17	2.25	1.66	2.31	3.25	2.62	2.88	2.40	2.61	19.97	2.50
18	1.00	3.00	2.43	1.90	3.23	2.55	2.45	2.19	18.74	2.34
19	1.00	2.00	2.35	1.83	2.43	2.64	2.49	2.96	17.71	2.21
20	6.00	6.00	7.75	2.31	2.26	2.69	2.87	2.58	32.46	4.06
21	0.90	1.20	2.67	1.95	2.50	2.78	2.39	2.20	16.58	2.07
22	1.50	1.66	2.14	5.50	2.58	2.29	2.78	1.81	20.25	2.53
23	3.50	6.00	2.63	1.64	2.60	2.81	3.13	1.97	24.27	3.03
24	0.80	1.00	2.00	2.00	2.39	2.56	2.62	1.88	15.24	1.91
Común II	1.33	6.00	3.45	2.67	4.67	3.31	13.56	3.22	38.20	4.78
Común	2.00	1.00	5.20	2.18	4.73	3.80	5.14	0.50	24.55	3.07
Switchgrass	2.00	2.00	3.00	3.29	2.43	2.30	3.00	1.91	19.93	2.49
Total	53.73	80.36	70.68	63.73	78.07	76.35	91.47	65.03	579.40	

Cuadro A33. Cuadrados medios de ANVA de las cuatro evaluaciones de porción de la parte aérea y radicular de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2015.

		Porción de la Parte Aérea y Radicular (gr)			
Evaluación		07-07-12	26-07-12	17-08-12	07-09-12
FV	GL	Cuadrados Medios			
Bloques	1	13.13**	0.89 ^{NS}	0.05 ^{NS}	12.95*
Genotipos	26	3.53**	1.13 ^{NS}	0.84**	3.08 ^{NS}
Error	26	1.23	1.07	0.21	2.26
CV		44.71%	41.62%	16.08%	51.85%

Cuadro A34. Análisis de varianza de parcelas divididas de porción de la parte aérea y radicular de 26 genotipos de zacate buffel y de switchgrass. Saltillo, Coahuila, 2012.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Bloques	1	7.596	7.596	2.41 ^{NS}	18.51	34.12
Evaluación (a)	2	5.533	2.767	0.87 ^{NS}	19.00	29.46
Error (a)	2	6.297	3.149			
Genotipos (b)	26	70.294	2.704	2.29**	1.64	2.00
Interacción ab	52	60.881	1.171	0.99 ^{NS}	1.51	1.79
Error (b)	78	92.154	1.181			
Total	161	242.755				
					CV (a)=	64.52%
					CV (b)=	39.53%

Cuadro A35. Concentración de datos de biomasa fresca de 30 genotipos de zacate buffel de tres cortes diferentes. Zaragoza, Coahuila.

Fecha	27/06/12		16/10/12		28/06/13		Σ	\bar{X}
Genotipo	I	II	I	II	I	II		
1	1.90	2.55	2.15	3.00	2.35	2.90	14.85	2.48
2	3.35	2.60	2.30	3.30	3.10	3.70	18.35	3.06
3	1.50	2.60	1.20	3.15	1.85	3.00	13.30	2.22
4	1.80	2.60	2.50	3.25	2.35	3.15	15.65	2.61
5	2.00	2.65	3.20	3.85	2.65	3.50	17.85	2.98
6	3.25	1.50	3.40	1.90	3.60	2.70	16.35	2.73
7	2.20	3.60	2.30	3.90	3.15	4.20	19.35	3.23
8	1.60	2.70	2.10	3.40	2.40	4.45	16.65	2.78
9	2.50	1.90	3.40	1.90	2.85	2.60	15.15	2.53
10	2.40	2.20	2.70	2.55	3.85	2.85	16.55	2.76
11	2.40	2.50	3.50	3.00	3.55	3.20	18.15	3.03
12	1.70	2.35	1.65	3.50	3.00	3.90	16.10	2.68
13	2.10	1.65	3.30	2.15	4.10	2.35	15.65	2.61
14	2.20	1.95	3.00	3.00	2.90	3.00	16.05	2.68
15	1.20	1.85	1.20	2.10	1.65	2.50	10.50	1.75
16	1.80	1.90	2.30	3.70	2.75	2.90	15.35	2.56
17	2.00	1.40	2.50	2.00	2.85	2.30	13.05	2.18
18	2.10	1.75	2.30	2.50	2.90	2.55	14.10	2.35
19	1.30	3.80	1.65	4.00	2.20	3.00	15.95	2.66
20	1.70	1.80	1.20	2.65	2.60	2.80	12.75	2.13
21	2.40	3.70	2.70	4.20	3.30	4.50	20.80	3.47
22	2.10	3.80	2.50	4.40	3.30	4.40	20.50	3.42
23 (P)	2.40	2.20	2.80	2.80	3.30	3.20	16.70	2.78
24 (C)	2.20	2.25	3.20	3.25	2.85	3.25	17.00	2.83
25 (B)	2.25	2.50	3.15	3.10	3.15	2.25	16.40	2.73
26 (N)	2.40	3.40	3.35	4.25	3.65	4.30	21.35	3.56
27	1.30	2.10	1.30	2.70	2.10	3.00	12.50	2.08
28	3.20	3.00	3.90	3.65	5.50	5.70	24.95	4.16
29	2.00	2.10	2.25	2.95	2.20	2.50	14.00	2.33
30	2.40	3.00	2.35	3.30	1.90	2.45	15.40	2.57
Total	63.65	73.90	75.35	93.40	87.90	97.10		

N= Variedad Nueces; P= Variedad Pecos; B= Variedad Biloela; C= Variedad Común.

Cuadro A36. Cuadrados medios de ANVA de las tres evaluaciones de biomasa fresca de 30 genotipos de zacate buffel. Zaragoza, Coahuila.

Evaluación	GL	Biomasa Fresca (kg)		
		1	2	3
FV		Cuadrados Medios		
Bloques	1	1.751	5.430	1.411
Genotipos	29	0.380	0.537	0.955
Error	29	0.362	0.521	0.325
CV		26.24 %	25.65 %	18.49 %

Cuadro A37. Análisis de varianza de parcelas divididas en el tiempo de biomasa fresca 30 genotipos de zacate buffel en tres fechas de corte. Zaragoza, Coahuila.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Parcela principal	59					
Bloques	1	7.812	7.812	7.674*	4.18	7.60
Genotipos	29	42.466	1.464	1.438 ^{NS}	1.86	2.42
Error (a)	29	29.522	1.018			
Fechas	2	19.383	9.692	102.220**	19.47	99.48
Fecha x Bloque	2	0.779	0.390	4.109 ^{NS}	19.47	99.48
Fecha x Genotipo	58	11.807	0.204	2.147 ^{NS}	1.56	1.84
Error (b)	58	5.499	0.095			
Total	179					
					CV (PR) =	36.97%
					CV (C) =	11.28 %

CV (PR) = Coeficiente de variación parcela principal; CV (C) = Coeficiente de variación de Fechas.

Cuadro A38. Concentración de datos de biomasa seca de 30 genotipos de zacate buffel de tres cortes diferentes, Saltillo, Coahuila.

Fecha	27/06/12		16/10/12		28/06/13		Σ	\bar{X}
Genotipo	I	II	I	II	I	II		
1	0.798	1.071	0.995	1.278	1.109	1.415	6.666	1.111
2	1.404	1.024	1.023	1.508	1.649	1.902	8.510	1.418
3	0.666	1.173	0.529	1.455	0.932	1.530	6.285	1.048
4	0.853	1.134	1.195	1.671	1.217	1.631	7.701	1.284
5	0.820	1.142	1.465	1.738	1.346	1.939	8.450	1.408
6	1.371	0.687	1.625	0.974	1.994	1.323	7.974	1.329
7	0.892	1.620	1.133	2.035	1.783	2.260	9.723	1.621
8	0.710	1.142	1.037	1.577	1.152	2.430	8.048	1.341
9	1.100	0.818	1.703	0.891	1.550	1.357	7.419	1.237
10	1.055	0.928	1.242	1.188	1.956	1.590	7.959	1.327
11	1.067	1.190	1.561	1.593	2.009	1.728	9.148	1.525
12	0.748	0.947	0.737	1.442	1.386	2.083	7.343	1.224
13	0.815	0.696	1.566	1.143	2.353	1.179	7.752	1.292
14	0.950	0.866	1.455	1.237	1.473	1.440	7.421	1.237
15	0.544	0.803	0.582	0.882	0.789	1.330	4.930	0.822
16	0.738	0.750	1.030	1.665	1.232	1.462	6.877	1.146
17	0.735	0.608	1.105	0.930	1.510	1.113	6.001	1.000
18	0.848	0.747	0.998	1.210	1.531	1.244	6.578	1.096
19	0.570	1.832	0.831	2.076	1.065	1.608	7.982	1.330
20	0.786	0.738	0.634	1.296	1.331	1.378	6.163	1.027
21	1.126	1.554	1.841	1.915	1.564	2.385	10.385	1.731
22	0.981	1.695	1.175	2.270	1.795	2.252	10.168	1.695
23 (P)	1.054	0.994	1.392	1.215	1.861	1.626	8.142	1.357
24 (C)	0.935	0.940	1.494	1.417	1.436	1.560	7.782	1.297
25 (B)	0.895	1.070	1.742	1.537	1.657	1.048	7.949	1.325
26 (N)	0.972	1.350	1.487	1.933	1.825	2.081	9.648	1.608
27	0.530	0.892	0.543	1.174	1.008	1.554	5.701	0.950
28	1.312	1.260	1.696	1.7	2.816	2.850	11.634	1.939
29	0.900	1.036	0.99	1.357	1.100	1.295	6.678	1.113
30	0.941	1.464	1.149	1.683	0.904	1.196	7.337	1.223
Total	27.116	32.171	35.955	43.990	45.333	49.789		

N= Variedad Nueces; P= Variedad Pecos; B= Variedad Biloela; C= Variedad Común.

Cuadro A39 Cuadrados medios de ANVA de las tres evaluaciones de biomasa seca de 30 genotipos de zacate buffel. Zaragoza, Coahuila.

Evaluación	GL	Biomasa Seca (gr)		
		1	2	3
FV		Cuadrados Medios		
Bloques	1	0.426	1.076	0.331
Genotipos	29	0.077	0.151	0.273
Error	29	0.072	0.122	0.129
CV		27.06 %	26.25 %	22.68 %

Cuadro A 40. Análisis de varianza de parcelas divididas en el tiempo de biomasa seca de 30 genotipos de zacate buffel en tres fechas de corte.

FV	GL	SC	CM	FC	F α	
					0.05	0.01
Parcela principal	59					
Bloques	1	1.710	1.710	6.728*	4.18	7.60
Genotipos	29	10.600	0.366	1.438 ^{NS}	1.86	2.42
Error (a)	29	7.372	0.254			
Fechas	2	10.785	5.392	156.527**	19.47	99.48
Fecha x Bloque	2	0.122	0.061	1.778 ^{NS}	19.47	99.48
Fecha x Genotipo	58	3.936	0.068	1.970**	1.56	1.84
Error (b)	58	1.998	0.034			
Total	179	1.710	1.710	6.728	4.18	7.60
					CV (PR) =	38.73 %
					CV (C) =	14.26 %

CV (PR) = Coeficiente de variación parcela principal; CV (C) = Coeficiente de variación de Fechas.