

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



El Hábito de Crecimiento Rizomatoso como Criterio de Selección en
Poblaciones F1 para el Mejoramiento del Zacate Buffel

Por:

JORGE QUINTÍN ALFARO TORRES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

El Hábito de Crecimiento Rizomatoso como Criterio de Selección en Poblaciones
F1 para el Mejoramiento de Zacate Buffel

Por:

JORGE QUINTÍN ALFARO TORRES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Susana Gómez Martínez
Asesor Principal

Dr. Jorge Raúl González Domínguez
Coasesor

Dr. Juan Manuel Martínez Reyna
Coasesor

Dr. Gabriel Salgado Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2016

Dedicatorias

Esta etapa en mi vida deja una inmensa huella que con el esfuerzo, tiempo, sacrificio y dedicación ha concluido, dedicado a las personas que confiaron y apoyaron de manera incondicional a mi persona y fueron el motivo de continuar hasta el final sin dar paso atrás.

A mis Abuelos: Regulo Torres y Carolina Ordoñez, quienes me han sabido cuidar guiar, querer y sobre todo encaminar por el buen camino de la vida y a quienes quedo agradecido de por vida.

A mis Padres: Jorge Alfaro (+) y Martha E. Torres, por darme la vida y gracias a ello permitir que ahora este logrando estas metas, a Francisco Pérez que aunque no es mi padre biológico lo quiero y aprecio con mucho cariño y con quien estoy agradecido de por vida ya que junto con mi madre me han sabido guiar por el buen camino de la vida, corregir y aconsejar y quiero que sepan que cada logro que obtenga siempre será junto a ellos.

A mi Esposa e Hijo: Cinthia Rodríguez y Jorgito, por compartir con ellos tan lindos e inigualables momentos, por quererme, entenderme y apoyarme ya que llegaron a formar parte de mi vida, a mi esposa por apoyarme en mis decisiones, aconsejarme y ayudarme para que este trabajo se hiciera realidad.

A mis Hermanos: Alejandro, Juan Pablo, María del C., Iris y Fernando, por su apoyo, comprensión y confianza, ya que hemos compartido muchos momentos desde niños y que son inolvidables.

A mis Sobrinos: Ale, Isaac, Román, Camila y Victoria, por darme felicidad y poder seguir adelante además de una gran satisfacción de verlos compartir su niñez con mi hijo Jorgito.

A mis Amigos de la Generación CXXII, con quienes compartí momentos inolvidables y aprendimos juntos un sinfín de cosas apoyándonos unos a otros con quien sufrimos desvelos cansancios pero al final todo esto valió la pena y sobre todo el saber aprovechar, gracias por su amistad: Elena, Ángel, Boni, Luís López, J.L. Sánchez, Gil y a todos mis compañeros de carrera, gracias por su amistad.

A mis tíos y primos por su confianza y por apoyarme durante mi formación académica.

A mis Amigos, en general de Mazapil, Zacatecas y comunidades quienes son una parte esencial en mi vida, ya que con sus consejos me ayudan a tomar las mejores decisiones y seguir por un buen camino.

Correo electrónico; Jorge Quintín Alfaro Torres, jato_5-3@hotmail.com

La mayor satisfacción del agricultor es convivir con el medio ambiente y poder sustentar la agroalimentación para la Comunidad...

Agradecimientos

A Dios todo poderoso por permitirme culminar esta etapa en mi vida, por darme la salud, fuerza, conocimiento y enseñarme a valorar a mis seres queridos y darme una capacidad mental que para mí es increíble, el permitirme aprender nuevas expectativas y poder realizar trabajos que brinden satisfacción a otras personas.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Por abrir sus puertas, permitir mi formación académica y ser como un hogar en mi estancia de estudiante, siempre tratare de poner tu nombre en alto y te defenderé con orgullo “Alma Terra Mater”.

A la Dra. Susana Gómez Martínez

Mi más grande agradecimiento por compartir sus conocimientos y hacer grandes aportaciones durante mi formación académica, por permitirme realizar este trabajo de investigación y apoyarme de manera incondicional durante este periodo.

Al Dr. Jorge Raúl González Domínguez

Por su dedicación en esta investigación, por las aportaciones de sus conocimientos, ya que con ello facilitaron la realización de este trabajo y fuese de mayor calidad.

Al M.C. Adolfo García Salinas

Por su valiosa amistad, por apoyarme en todo momento durante mi formación profesional y compartir sus conocimientos, comprometiéndose a enseñar a quien así lo decida y ser un amigo durante mi estancia en la Universidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen Filogenético y Geográfico del Zacate Buffel	4
Requerimientos Climáticos del Zacate Buffel	7
Precipitación.....	7
Temperatura.....	8
Altitud	9
Requerimientos Edáficos.....	10
Morfología del Zacate Buffel.....	11
Inflorescencia	12
Sistema Radicular	12
Importancia del Zacate Buffel	14
Contribución del Zacate Buffel a la Disminución del Cambio Climático	16
Producción de Biomasa.....	18
Producción de Semilla	20
Establecimiento del Zacate Buffel	21
Enfermedades del Zacate Buffel	22
Apomíxis.....	24
Desarrollo de Genotipos Apomícticos	24
MATERIALES Y MÉTODOS	26

Localización Geográfica	26
Material Biológico	26
TAM CRD (B-1s)	27
Biloela.....	27
Pecos (AN17PS)	28
Nueces	28
Común II.....	29
Metodología.....	30
Obtención de Híbridos F1.....	30
Siembra en Invernadero.....	30
Trasplante	31
Manejo Agronómico.....	31
Diseño Experimental.....	32
Variables de Respuesta.....	32
Variables Cuantitativas.....	32
Variables Cualitativas	34
Cosecha de Semilla.....	35
Análisis Estadístico.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
Altura de Planta	38
Número de Panículas por Planta	45
Producción de Biomasa Verde	53
Producción de Biomasa Seca.....	57
Producción de Rizomas.....	62
Variables Cualitativas	66
Vigor	66
Color de Panículas y Follaje.....	68
Susceptibilidad a Enfermedades	69
CONCLUSIONES	71
LITERATURA CITADA	73

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
1	Altura de planta de cuatro progenitores macho apomícticos y las progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual TAM CRD B1s en seis diferentes fechas. Saltillo, Coahuila 2014.....	38
2	Medias ordenadas de altura de planta para progenitores macho y progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual TAM CRD B1s en seis diferentes fechas. Saltillo, Coahuila 2014.	38
3	Número de panículas por planta de cuatro progenitores macho apomícticos y las progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual TAM CRD B1s en seis fechas diferentes. Saltillo, Coahuila 2014.....	45
4	Producción de biomasa verde de progenitores macho de zacate buffel y sus progenies F1. Saltillo, Coahuila 2014.....	53
5	Producción de biomasa seca (gr/planta) de progenitores y sus progenies de zacate buffel. Saltillo, Coahuila 2014.....	57
6	Número de rizomas de cuatro progenitores macho apomícticos y las progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual TAM CRD B1s. Saltillo, Coahuila, 2014.....	62
7	Vigor, color y tamaño de panículas inmaduras y maduras y color de follaje de los progenitores y progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual B1s. Saltillo, Coahuila 2014.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura No.</i>		<i>Página</i>
1	Altura de planta del progenitor Biloela y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual.....	41
2	Altura de planta del progenitor Común II y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual.....	42
3	Altura de planta del progenitor Pecos y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual.....	43
4	Altura de planta del progenitor Nueces y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual.....	44
5	Número de panículas por planta del progenitor Biloela y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual.....	49
6	Número de panículas por planta del progenitor Común II y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual....	50
7	Número de panículas por planta del progenitor Pecos y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual.....	51
8	Número de panículas por planta del progenitor Nueces y su progenie F1 producto de su cruza don el Clon sexual.....	51
9	Producción promedio de rizomas de cuatro progenitores y sus progenies F1 de cruzas con el clon sexual.....	64
10	Valores máximos y mínimos de rizomas de cuatro progenitores y sus progenies F1 de cruzas con el clon sexual.....	65

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas al que nos enfrentamos a nivel mundial es el cambio climático, provocado en gran medida por la concentración de CO₂ que se debe principalmente a la quema de combustibles fósiles, que afecta el ciclo natural del carbono. Dentro de los efectos del cambio climático se encuentran: la elevación de la temperatura promedio del planeta, el crecimiento del nivel promedio del mar y la disminución del hielo ártico. El aumento de las temperaturas desde 1951 hasta 2010 se debe al incremento de los gases de efecto invernadero y en particular, al aumento del dióxido de carbono (CO₂). La agricultura juega un papel importante en la mitigación del calentamiento global debido a que las plantas tienen la capacidad de incorporarlo en su biomasa, secuestrándolo en el suelo como materia orgánica y en su parte aérea las plantas toman el CO₂ atmosférico por medio de la fotosíntesis.

La cubierta permanente de especies forrajeras es altamente efectiva para reducir la erosión, además el manejo adecuado del pastoreo contribuye en una mayor capacidad de secuestro de CO₂, por lo que la presencia de forrajes y rumiantes en agroecosistemas puede elevar el carbono orgánico del suelo, mejorar la función ecológica del suelo, minimizar el daño de fertilizantes inorgánicos y bioácidos y promover la biodiversidad y hábitat de la fauna silvestre.

Hay predicciones de disminución de la precipitación en las zonas áridas y una de las alternativas principales para adaptarse al cambio climático es el desarrollo de variedades vegetales que tengan mayor capacidad de tolerar el estrés por sequía, asimilación fotosintética y mayor secuestro de carbono orgánico en el suelo. El zacate buffel es una especie forrajera perenne que se adapta a las condiciones áridas y semiáridas de México, por lo que se presenta como una alternativa que ofrece servicios ambientales. El buffel se ha utilizado como una fuente alimenticia para el ganado doméstico y de la fauna silvestre, ya que contiene un alto contenido proteico, presenta una demanda mínima de requerimiento de humedad, por lo que tolera periodos prolongados de sequía.

Sin embargo, el zacate buffel Común presenta una baja tolerancia a las heladas lo que limita su rango de adaptación a localidades con inviernos fríos. Uno de los objetivos en el mejoramiento genético de esta especie, para incrementar su sobrevivencia a heladas, se ha enfocado a desarrollar genotipos con rizomas. Estos son considerados el órgano invernal de las gramíneas, ya que materiales rizomatosos son más tolerantes a heladas y sobreviven a mayor altitud.

El desarrollo de rizomas en el zacate buffel le permite una mayor resistencia al pastoreo, sequías y/o incendios; así como una mayor capacidad de captura de CO₂ mediante la producción de biomasa radicular, por otro lado al ser una planta C₄, tiene una mayor capacidad de captura de carbono lo que reduce las concentraciones de CO₂ atmosférico y contribuye a reducir el

calentamiento global y así mitigar los efectos del cambio climático. Variedades con mayor biomasa radicular podrían ser más tolerantes a la sequía además de almacenar más carbono en el suelo. La variedad Pecos, comercializada por Pogue Agri Partners es considerada en la actualidad como la variedad más tolerante a heladas en el sur de Texas. Es necesario el desarrollo de nuevas variedades de zacate buffel con rizomas y con mejoradas características agronómicas.

Objetivo

Los objetivos de la presente investigación fueron: conocer la producción de rizomas de tres variedades comerciales rizomatosas y una variedad experimental poco rizomatosa, así como de las progenies F1 derivadas de las cruces de las variedades con el clon sexual TAM CRD B1s para precisar las posibilidades de mejorar la sobrevivencia del zacate buffel en climas templados y la tolerancia a la sequía en climas semiáridos y áridos.

Hipótesis

Hipótesis nula (H_0). No existen diferencias entre genotipos.

Hipótesis alternante (H_1). Existen diferencias entre genotipos.

Palabras Clave:

Pennisetum ciliare, cambio climático, secuestro CO₂, rizomas y Zonas Áridas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen Filogenético y Geográfico del Zacate Buffel

La clasificación taxonómica del zacate buffel es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Spermatophyta

Clase: Lilliolesida

Subclase: Commelinidae

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Paniceae

Género: *Pennisetum*

Especie: *P. ciliare* L., sinónimo: *Cenchrus ciliaris*.

USDA (2016); Linnaeus (1753) citado por Alcalá (1995).

Sudáfrica es considerado el país de origen del zacate buffel, propiamente de la región del Transvaal y Provincias del Cabo, donde se encontró una gran

variabilidad genética. De aquí se dispersó hacia el norte, por las regiones más secas de África y hacia los pastizales áridos del oeste de la India (Bashaw, 1985).

Posteriormente el zacate buffel se distribuyó hacia las regiones tropicales y subtropicales, áridas y semiáridas de África, Madagascar, Islas Canarias, Arabia, India, Pakistán, Australia, Centro América y noreste de Argentina (Bashaw, 1985; Bogdan, 1997; Griffa *et al.*, 2011). Buffel se encuentra ampliamente extendido en las zonas ganaderas de Etiopía (Angassa y Baars, 2000). En el Continente Americano, las primeras introducciones de zacate buffel se realizaron en 1918, 1928 y 1932 muy al norte de Texas y sobre suelos arcillosos y pesados, por lo que estas siembras fracasaron ya que estas condiciones geográficas y edáficas no son las adecuadas para un buen establecimiento, persistencia y dispersión del zacate buffel (Holt, 1985). En 1946 se llevaron a cabo nuevas colectas de zacate buffel en el Desierto de Turkana (Kenya), las evaluaciones se realizaron con éxito en el sur de Texas, resultado de ello fue la liberación en 1949 del material T-4464 conocido como Común o Americano por el Servicio de Conservación de Suelos del USDA (Holt, 1985).

Buffel es uno de los zacates africanos perennes que fueron ampliamente introducidos alrededor del mundo para mejorar la industria ganadera a principios de los 90's, fue llamado "zacate maravilla" por Hanselka (1988) por

su habilidad para soportar sequías prolongadas y responder rápidamente a las lluvias.

Ibarra *et al.* (1991) mencionan que la introducción del zacate buffel en México fue en 1954 por los estados de Nuevo León y Veracruz, a partir de aquí se estableció en extensas superficies a lo largo de las costas este y oeste de México (Agostini *et al.*, 1981), distribuyéndose principalmente en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sinaloa, Sonora, Quintana Roo y Yucatán, con una superficie estimada de 2,000,000 de hectáreas (Saldívar, 1991; Ackerman y Gorgon, 1991; Robles *et al.*, 1990). SAGARPA (2012) reporta para el estado de Sonora 1.2 millones de ha.

El área de adaptación del zacate buffel en América del Norte es el sur de Texas y norte de México, donde ha causado una revolución en la ganadería extensiva desde su introducción a estas regiones. Se ha dispersado en casi todos los países del Continente Americano, en las regiones más secas de las Islas del Caribe y varios países de América del Sur, como el noroeste de Venezuela donde se ha naturalizado después de su introducción en la década de los 60's. En el noreste de Argentina, en la zona subtropical, tropical, semiárida y árida, es una especie forrajera importante para la cría de ganado (Pemán & Asociados, 2003).

En 1988 el zacate buffel se había dispersado en 31 países, en aproximadamente 30 millones de hectáreas alrededor del mundo superficie

ocupada básicamente con la variedad Común. Entre 1946 y 1985 los productores de semilla de Texas vendieron alrededor de 7 mil toneladas de semilla de este material (Cox *et al.*, 1988; Cox, 1991).

Requerimientos Climáticos del Zacate Buffel

Precipitación

El zacate buffel puede sembrarse en tierras marginales o de baja productividad en la agricultura, abandonadas o erosionadas con poca o nula cubierta vegetal. La característica más importante del zacate buffel es su resistencia a sequías prolongadas, requiere de una precipitación anual mínima de 255 mm para desarrollarse en zonas áridas y semiáridas y 600 a 750 mm para regiones tropicales y subtropicales (Robles *et al.*, 1990). Su tolerancia a la sequía se atribuye a su sistema radicular profundo (Skerman y Riveros, 1990). El régimen de precipitación que necesita va desde 305 a 890 mm anuales, algunos cultivares soportan ambientes con solo 300-350 mm de precipitación anual (Jones y Bartholome, 1973).

En Australia, Estados Unidos, África e India, el zacate buffel se distribuye en áreas con 200 a 1250 mm de lluvia pero las mejores áreas se encuentran con precipitaciones anuales de entre 300 mm a 850 mm. La precipitación de invierno debe de estar por debajo de 400 mm (Paull y Lee, 1978; Cavaye, 1991; Giraudo, 2003).

De acuerdo a Ibarra (1994) los sitios en México donde buffel persiste y se dispersa se caracterizan por:

- 1) La precipitación total de 300 a 600 mm.
- 2) La precipitación de verano de 250 a 550 mm.
- 3) La precipitación de invierno menor a 200 mm.

Temperatura

El zacate buffel comienza a rebrotar a principios de la primavera, florece y fructifica en otoño, se desarrolla en el período cálido del año, entre mediados de la primavera y finalizando el otoño (Robles *et al.*, 1990). Las plantas de zacate buffel mueren por heladas, pero la mayoría se recuperan cuando las condiciones climáticas son más cálidas. Se desarrolla mejor en zonas donde las temperaturas mínimas en invierno están arriba de 5 °C (Cook, 2007). La temperatura requerida para el crecimiento del zacate buffel es entre 15 y 30°C, es poco resistente a las heladas y puede morir con heladas severas de -5 a -7°C (Quero *et al.*, 2010; Giraud, 2003).

La temperatura promedio que requiere el buffel para su establecimiento es de 18 a 35 °C y 25 °C como óptimo (Cox *et al.*, 1988). Temperaturas mayores a 18 °C retrasan o inhiben la germinación de la semilla (Robles *et al.*, 1990). Buffel tiene baja tolerancia a heladas, por lo que su adaptación se limita a regiones con inviernos no muy fríos, heladas de baja intensidad y poca duración (Bashaw, 1985). En sitios con inviernos severos la sobrevivencia es errática y la producción de forraje muy pobre.

Altitud

La altura sobre el nivel del mar está muy relacionada con la temperatura ambiente. En Sonora el límite de altitud recomendada es 900 m, en el Desierto Chihuahuense en México, Sudamérica, África e India hasta 1500 msnm (Ibarra *et al.*, 2012). El zacate buffel carece de tolerancia al frío, esto restringe su adaptación a elevaciones menores a 2000 msnm a lo largo de las regiones subtropicales (Skerman y Riveros, 1990).

Robles *et al.* (1990) mencionan que la altitud recomendada para el zacate buffel es hasta 1000 msnm, García *et al.* (2005) señalan que en Colombia no se encontraron materiales de buffel por encima de los 1000 msnm. Sin embargo, algunos autores señalan que el buffel puede establecerse en sitios hasta 2000 metros de altura sobre el nivel del mar (Jones y Bartholome, 1973; Giraud, 2003).

El Programa de Pastos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro estableció trabajos con esta especie en Ocampo, Coahuila a 1200 msnm, los resultados indican que la especie se establece y persiste, pero no se dispersa en suelos arcillosos. En Navidad, Nuevo León localizada a 1900 msnm, se observó que híbridos apomícticos generados en la UAAAN presentan buena adaptación y persistencia, mientras que las plantas de buffel Común desaparecieron por efecto de las heladas (González, comunicación personal).

Requerimientos Edáficos

El buffel se adapta bien en suelos franco arenosos de moderada a alta disponibilidad de fósforo, crece bien en arena suelta o suelos de limo de aluvión. No crece bien en suelos arcillosos pesados o suelos deficientes en calcio (Bogdan, 1997).

Los estudios realizados en Norteamérica por Ibarra *et al.* (1995) reportan que el zacate buffel persiste cuando el 34% de las clases texturales son de arena y 66% son de arcilla. La especie se dispersa en suelos donde el 73% de las clases texturales son de arena; la especie muere cuando el 94% de las partículas del suelo son limosas o arcillosas.

El zacate buffel se adapta a suelos profundos con textura migajón arcilloso a arcilla arenosa y bajo contenido de materia orgánica (Garza *et al.*, 2010). Es un pasto tolerante a sequía, con capacidad de prosperar y propagarse en suelos de mediana a baja calidad (Giraud, 2003). Se adapta mejor en suelos con textura migajón-arenoso y ligeramente alcalinos (Robles, 1983; Anderson, 1970).

El zacate buffel requiere buena fertilidad, con niveles de fósforo disponible superiores a 10 mg/kg. La baja disponibilidad de fósforo en los suelos de América del Norte puede limitar su productividad (Molina *et al.*, 1976; González y Dodd, 1979; González y Látigo, 1981), pero concentraciones inferiores a 0.1 mg/kg no parecen afectar la capacidad de la planta para

establecerse a partir de semilla. El pH ideal es entre 7 y 8, pero se desarrolla bien en suelos ácidos de hasta 5.5 (Quero *et al.*, 2010; Giraudo, 2003). No tolera altos niveles de aluminio y manganeso en el suelo, los altos niveles de sal, sodio o pH bajo (<5) en el suelo limitan el enraizamiento. El buffel presenta tolerancia moderada a la salinidad, las variedades comerciales Biloela y Molopo han mostrado mayor tolerancia que otros materiales (Giraudo, 2003). Biloela mantuvo rendimientos altos con niveles de 80 meq de NaCl (Graham y Humphreys, 1970). Presenta intolerancia a las inundaciones, suelos mal drenados y lluvias intensas, sobre todo en temporada de frío. La tolerancia a las inundaciones varía, las variedades más altas tienden a ser más resistentes que los tipos de menor crecimiento (Cox *et al.*, 1988; Robles *et al.*, 1990).

Morfología del Zacate Buffel

El zacate buffel es una planta perenne, amacollada, con fotosíntesis C₄, posee tallos erectos, articulados y alargados, la base de los tallos esta engrosada desde la corona, característica que le permite almacenar más carbohidratos que otras especies, y le ayuda a rebrotar después de heladas y sequías prolongadas (Ibarra *et al.*, 2012). Sus hojas son planas, lisas con poca vellosoidad en la base de 3-10 mm de ancho y 7 a 30 cm de largo y raíces profundas, su crecimiento es durante la estación cálida del año (Gould, 1975; Hanselka *et al.*, 2004). Presenta alturas variables de entre 15 y 120 cm (Robles, 1983) hasta 150 cm, de hábito de crecimiento variable, incluyendo tipos extendidos para pastizales y tipos erectos para heno (Gould, 1975).

Inflorescencia

La inflorescencia es una panícula contraída, densa y cilíndrica, de 3 a 15 cm de largo y de 1 a 2.5 cm de ancho, está compuesta por numerosos racimos de espiguillas, cada fascículo está rodeado por un involucro de cerdas. Las cerdas son de 4 a 10 mm de largo y a menudo de color púrpura ciliadas en los márgenes interiores y cilíndricos. Los involucros tienen de una a cuatro espiguillas que varían en longitud de 2 a 5.5 mm, el pedúnculo es corto y grueso, articulado en su base, desprendiéndose junto con las espiguillas (Robles, 1983). Las espiguillas tienen dos florecillas; una basal, estaminada o estéril y otra superior, hermafrodita o fértil. La lema de la florecilla superior varía de 2.2- a 5.4 mm de longitud. El cariósipio es el fruto de las gramíneas, el número de cariósipios por involucro varía de 1- 5 (Gould, 1975; Bogdan, 1997).

Sistema Radicular

El zacate buffel tiene un sistema radicular profundo y fuerte, de aproximadamente 1.0 a 1.5 m, que le permite aprovechar eficientemente la humedad del suelo (Garza *et al.*, 2010). Los nuevos brotes se originan de la corona que se encuentran por debajo de la superficie del suelo (Bogdan, 1997). Algunas variedades desarrollan rizomas, que son tallos modificados subterráneos, cuando están presentes, son cortos y escasos. Los rizomas son importantes ya que le confieren una mayor tolerancia a heladas, por lo que los tipos rizomatosos sobreviven en latitudes más al norte y en sitios de mayor

altura, por ello son considerados el órgano invernal de las gramíneas ya que estos protegen a la planta de las bajas temperaturas y a la vez sirven como órganos de almacenamiento y propagación (Bashaw, 1985; Mc Whorter, 1961).

Los rizomas son mecanismos de dispersión de la especie, ya que cada uno de los nudos de los rizomas tienen la capacidad de desarrollar una nueva planta con crecimiento vigoroso (Bogdan, 1997). Otra de las ventajas de los genotipos rizomatosos es que contribuyen a disminuir los efectos del ciclo del carbono ya que almacenan una mayor cantidad de carbohidratos, por otro lado al ser el buffel una planta C_4 tiene una mayor capacidad de captura de carbono lo que reduce las concentraciones de CO_2 atmosférico y contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático (Aguilar, 2013).

Ayerza (1981), menciona que las variedades altas son las más rizomatosas y pueden llegar a tener una altura de 1.5 m bajo condiciones climáticas favorables, entre estas se encuentran: Biloela, Llano, Nueces, Molopo, Boorara, Lawes, Nubank, Chipinga y HA -333. Los materiales de corto crecimiento presentan poco o ningún desarrollo de rizomas, están representados por los cultivares del oeste de Australia, Americano y Gayndah.

En cultivos de verano, como el sorgo de grano *Sorghum bicolor* (L.) Moench se pretende inducir la capacidad para producir rizomas vigorosos, para desarrollar plantas en lugares de climas templados con mayor tolerancia a heladas que les permita sobrevivir la estación fría y que posteriormente

produzcan nuevos brotes de los rizomas, cambiando así las plantas de no rizomatosas a rizomatosas y de anuales a perennes, respectivamente (Kyu-Ock y Bayer, 1997). El sorgo de grano es el quinto cultivo de grano más importante del mundo en cuanto a producción, lo que hace a esta especie la más importante entre más de 5,000 especies que comprende el género *Sorghum*. Otras especies de este género son importantes como forrajeras, en la producción de azúcares y más recientemente en la producción de biocombustibles.

Las variedades actuales de sorgo de grano son de ciclo anual, no tienen resistencia genética a las temperaturas congelantes que se presentan en climas templados, ni poseen otros mecanismos, como los rizomas que les permitan evadir los efectos del frío. En climas tropicales y subtropicales estas variedades se comportan como perenes débiles (Washburn *et al.*, 2013). Cruzamientos interespecíficos entre *Sorghum bicolor* (L.) Moench y *Sorghum halepense* o zacate Johnson, produjeron una población F2 donde aproximadamente el 75% de las plantas fueron rizomatosas y el 25% de las plantas no rizomatosas, esto indica que el hábito de crecimiento rizomatoso está controlado por un par de genes y que los alelos involucrados interactúan en las plantas F1 con dominancia y recesividad; en otras palabras se trata de un carácter de herencia simple (Kyu-Ock y Bayer, 1997).

Importancia del Zacate Buffel

El zacate buffel es una gramínea forrajera, perenne, con un proceso fotosintético C4, ampliamente utilizada en las regiones tropicales, subtropicales, áridas y semiáridas e inclusive desérticas del mundo (Mansoor *et al.*, 2002); debido a sus características agronómicas deseables como son: alta producción forrajera, facilidad de establecimiento, alta persistencia, alta tolerancia al pastoreo, capacidad para mejorar las condiciones físicas del suelo y tolerancia para sobrevivir períodos prolongados de sequía (De León, 2004; Alcalá, 1995; Rossi, 2005; Hanselka, 1988; Ibarra *et al.*, 1995).

El zacate buffel es una de las especies introducidas, que ha encontrado un nicho ecológico en nuestro país, que le ha permitido naturalizarse y dispersarse como una especie nativa, lo que indica que nuestras condiciones agroecológicas son muy similares a las de su centro de origen. Ha tenido una gran aceptación por los ganaderos, debido a la resistencia que presenta a períodos prolongados de sequía; característica principal de las zonas áridas y semiáridas del noreste de México, buena producción y calidad de forraje, buena palatabilidad, y tolerancia al pastoreo pesado (Robles, 1983; Bogdan, 1997; Hanselka, 1988). Estas características han contribuido a que el zacate buffel en los últimos 40 años, se ha considerado una de las especies más importantes para la rehabilitación de agostaderos en México y Texas (Holt, 1985). Otros de los beneficios del zacate buffel es que contribuye a estabilizar el suelo, disminuye los problemas de erosión y restaura áreas degradadas por pastoreo pesado. Tiene además la capacidad para reconvertir áreas agrícolas

improductivas en agostaderos productivos donde la cobertura de pastos nativos es pobre o nula (Loredo *et al.*, 2005; Beltrán y Loredo, 2002).

Contribución del Zacate Buffel a la Disminución del Cambio Climático

Actualmente unos de los grandes problemas a nivel mundial es el cambio climático, provocado principalmente por la emisión de contaminantes a la atmósfera por las actividades humanas (Gupta, 1997). Esto ha propiciado en la tropósfera y estratósfera, la acumulación de gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y ozono (Houghton *et al.*, 1996). Dentro los efectos del cambio climático está el incremento de la temperatura promedio del planeta, el crecimiento del nivel promedio del mar y la disminución del hielo ártico (SEMARNAT, 2012). Townsend *et al.* (2002) mencionan que el Desierto Chihuahuense es una de las regiones del país más vulnerable ante el cambio climático, donde se predice un incremento en la temperatura de 2°C y una disminución de 100 mm en la precipitación media anual. Estudios realizados por el INIFAP (2008) en el desierto Chihuahuense estiman una pérdida de 70% de la capacidad productiva de forraje, lo que implica que en 20 años se redujo el 50% de la producción ganadera.

El CO₂ y la luz son la materia prima para que se lleve a cabo el proceso fotosintético, mediante el cual la planta transforma la energía luminosa en energía química, produciendo carbohidratos (Ruiz y Regalado, 2012). Los

pastizales juegan un papel importante en la disminución del dióxido de carbono en la atmósfera lo que ayuda a contrarrestar los efectos producidos por el cambio climático, a través del almacenamiento de carbono en la biomasa producto de la fotosíntesis y en el suelo por el ciclo del carbono (Conant *et al.*, 2005).

El CO₂ atmosférico entra en las tierras de pastoreo por medio de la asimilación fotosintética de las plantas, el ciclado subsecuente, y el secuestro del carbono como carbono orgánico en el suelo (Ronald y Debbie, 2010). Esto hace que los pastizales de zonas áridas, sean sin duda alguna, una buena opción para mitigar las emisiones de CO₂ debido a su adaptación a condiciones climáticas adversas, además de contribuir a la recarga de mantos acuíferos, con lo que se reduce la erosión hídrica y eólica, mejoramiento de hábitats para fauna silvestre, recreación y una mayor calidad del aire y del agua (Ortega-Ochoa, 2012).

Se considera al zacate buffel una buena alternativa para enfrentar el cambio climático, a través de la generación de nuevas variedades que se adapten a sitios con problemas de sequía y altas temperaturas (Ruiz y Regalado, 2012); además por sus características agronómicas deseables el buffel es una fuente alimenticia para animales domésticos, funciona como cobertura para el suelo evitando la erosión y favoreciendo la infiltración del agua de lluvia, como consecuencia se produce un aumento de la recarga de mantos acuíferos (Ortega-Ochoa, 2012).

Producción de Biomasa

El agua juega un papel importante en las plantas, en la acumulación de materia seca debido a que todos los nutrientes son transportados a través de ella (Mansoor *et al.*, 2002). El crecimiento de las plantas y la producción de materia seca se reducen con la disminución del contenido de agua en el suelo (Ashraf *et al.*, 1998; Karsten y Macadam, 2001). Cuando se tiene un incremento de estrés hídrico y térmico, las gramíneas reaccionan concluyendo rápidamente el proceso reproductivo, con una alta producción de semillas que favorece la dispersión de los materiales (Mansoor *et al.*, 2002). Las hojas se deshidratan por la partición de los fotosintatos hacia las inflorescencias (Seller, 1993). La baja disponibilidad de agua disminuye la expansión celular, que influye directamente en la reducción de la longitud foliar (Ilhai, 1982). Por lo que las dimensiones de la hoja, ayudan al conocimiento de las respuestas al estrés hídrico en condiciones de campo (Franca *et al.*, 1998).

La altura de planta es un componente que influye directamente en el rendimiento de forraje (Daher *et al.*, 2004). En condiciones de sequía, los genotipos de más altura producen plantas de mayor tamaño ya que usan agua más rápidamente para la transpiración, lo que disminuye el estado hídrico de la planta más tempranamente y con ello, la producción de biomasa baja (Kamoshita *et al.*, 2004). El diámetro de los macollos es otro componente de influencia directa pero de efecto inverso en la producción de biomasa (Daher *et al.*, 2004).

En el noroeste de México y sur de Texas, la producción de forraje de zacate buffel es de aproximadamente 25% mayor que los pastizales más productivos en Norteamérica (Martin *et al.*, 1995). En el sur de Texas se reportan rendimientos de forraje de zacate buffel de 7,025 kg/ha (González y Dodd, 1979; Hanselka y Johnson, 1991), rendimientos entre 3,000 y 7,000 kg/ha en Queensland, Australia (Paull y Lee, 1978), con un promedio de 6,950 kg/ha durante tres años de estudio.

La producción de forraje anual de zacate buffel depende tanto de los patrones de producción de vástagos basales y aéreos, desarrollo y senescencia de la hoja, crecimiento del tallo y producción de inflorescencias. Estos procesos se correlacionan estrechamente con la densidad de las plantas y el vigor, la humedad, temperatura y textura del suelo (Hanselka, 1988). La producción de biomasa está estrechamente correlacionada con los patrones de precipitación (Khan, 1971; Jones and Bartholome, 1973; Martin *et al.*, 1995; Rao *et al.*, 1996). En agostaderos la producción de forraje varía de 1.5 a 8 t/ha de Ms/año y bajo condiciones de riego con cuatro a cinco cortes (Ibarra *et al.*, 2012).

Eguiarte y González (1993) obtuvieron rendimientos de forraje seco de 3.71 a 7.09 t/ha, este puede considerarse un heno en pie de buena calidad, con valores medios de proteína y digestibilidad de 6.31 y 40.28% respectivamente. Clones con macollos más delgados inducen mayor producción de materia seca (Daher *et al.*, 2004).

En zacate buffel la producción en cada corte de forraje verde es de 8 a 10 t/ha bajo riego y se considera que se pueden obtener de 5 a 7 cortes por año (Huss, 1970; Robles *et al.*, 1990).

Producción de Semilla

La producción de semillas en zacate buffel disminuye significativamente bajo estrés hídrico. Está influenciada por las condiciones ambientales en las que se desarrollan las plantas y el número de espiguillas por involucro (Shafer *et al.*, 2000). De acuerdo a Griffa *et al.* (2010) el peso y la longitud de la panícula son los componentes más importantes del rendimiento de semilla. Otros autores reportan que el número de inflorescencias por planta o por unidad de superficie es el componente más importante del rendimiento de semilla (González y Gaytán, 1992).

La producción de semilla varía de 10 a 60 kg/ha, la semilla del buffel es muy liviana, debido a sus involucros que tienen una baja densidad a granel. La viabilidad de la semilla dura de dos a tres años (Jones and Bartholome, 1973). López (2015) reporta en 26 genotipos de zacate buffel un porcentaje de germinación de 68.75 hasta 95.5% en semilla almacenada con sus envolturas por ocho años bajo condiciones ambientales en Saltillo, Coahuila.

Eguiarte y González (1993) mencionan que la más alta producción de semilla de zacate buffel se obtuvo al utilizar 50 kg de P₂O₅/ha, no hubo

respuesta al aumentar los niveles a 100 y 150 kg/ha. Sin embargo, aplicaciones de 120 kg de P_2O_5 /ha en la variedad Biloela, se obtuvieron rendimientos de semilla superiores (257.51 kg/ha) (Ayerza, 1981). El uso de mayores cantidades de nitrógeno y fósforo bajo condiciones de riego (360-150-00), ha producido de 401 a 568 kg/ha de semilla de buffel Biloela. Cavazos y Cordero (1991) obtuvieron rendimientos de semilla superiores con la dosis 400-200-00 de 452.9 vs 154.8 kg/ha sin fertilización, cosechando en las épocas de lluvia y seca.

Otras investigaciones, en zacate buffel, reportan que sin el efecto del corte previo al inicio de floración, produjeron de 50 a 100 kg/ha de semilla en México, Venezuela y Colombia (Ferguson, 1978). Sánchez (1976) reporta mayores rendimientos de semilla con la variedad Biloela en Australia 280 kg/ha y 175 kg/ha en México.

Establecimiento del Zacate Buffel

Hanselka y Johnson (1991) mencionan que la mejor época para la siembra del zacate buffel es antes o al principio de las lluvias, cuando las temperaturas son adecuadas. Inicia el rebrote después de 10 a 20 mm de precipitación en el verano. Se recomienda una densidad de siembra de 3 a 5 kg/ha de semilla de buena calidad, esto ocurre cuando el porcentaje de pureza y de germinación son de 70 y 30%, respectivamente (Giraudó, 2003).

La germinación de las semillas, establecimiento de las plantas, y el posterior crecimiento de las plantas de zacate buffel dependen de las

condiciones de humedad y temperatura en el suelo y el ambiente. Las semillas germinan cuando la temperatura del suelo alcanzan los 25°C (Sharif- Zadeh y Murdoch, 2000).

En un estudio realizado por Gutiérrez (2011) en Zaragoza, Coahuila en el que evaluó el establecimiento por trasplante de 90 cruzas triples de zacate buffel provenientes de 10 hembras sexuales y 9 machos apomícticos, concluyó que el establecimiento de las cruzas fue superior cuando se utilizaron como progenitores macho variedades rizomatosas como Nueces y AN17PS (94.15% y 90.82% respectivamente). Las cruzas triples provenientes de la variedad Común, que no desarrolla rizomas, tuvieron menor capacidad de establecimiento (80.82%). Sin embargo independientemente del uso de genotipos rizomatosos y no rizomatosos el trasplante en zacate buffel es una técnica que asegura un buen establecimiento.

Enfermedades del Zacate Buffel

A principios de la década de los noventas se reportó por primera vez el tizón de la hoja del zacate buffel en la variedad Común en Texas y en México en los estados de San Luis Potosí, Coahuila y Durango (González, 2002; Gómez, 1994).

El hongo Pyricularia grisea es uno de los patógenos que causa más daño a los cultivos debido a su alta capacidad de mutación (González *et al.*, 2000).

Rodríguez *et al.* (1999) publicaron el primer reporte sobre *P. grisea* como el agente causal del tizón del zacate buffel.

Los síntomas se presentan en las hojas inferiores de la planta como manchas oscuras, que desarrollan lesiones de color bronce de forma elíptica o redonda, necróticas con margen rojo oscuro y un halo amarillo clorótico. Las lesiones pueden juntarse, hasta cubrir toda la hoja ocasionando con esto un daño severo ya que dan una apariencia como si estuvieran dañadas por herbicida o estrés por sequía (González, 2002; Rodríguez *et al.*, 1999). Reducciones de hasta 80 a 90% en las hojas de las variedades Común y Nueces han sido documentadas en Texas. El patógeno debilita la planta, ya que provoca una colonización masiva y destrucción del follaje, así mismo coloniza los involucros, por lo que los rendimientos de semilla se reducen (Rodríguez, 1998; Rodríguez *et al.*, 1999; Ocumpaugh y Rodríguez, 1998).

Rodríguez *et al.* (1999) mencionan que la enfermedad se incrementa cuando la humedad relativa es mayor a 75% y la temperatura oscila en un rango de 25 a 29 °C (Landschoot, 1992).

Los daños más fuertes se presentan en plantas estresadas por sequía y factores edáficos adversos. Una investigación realizada en 2002 y 2003 mostró que el tizón es una enfermedad epifítica, donde la variedad Común es altamente susceptible, las variedades AN17PS, Biloela, Nueces y Formidable mostraron tolerancia a este patógeno (Díaz y Méndez, 2005).

Apomixis

Bath *et al.* (2005) definen la apomixis como la reproducción asexual por semilla, en la que un embrión se desarrolla en un óvulo sin involucrar meiosis y fertilización. Por lo que la progenie resultante son copias genéticamente idénticas a la planta madre, debido a que la fertilización no es necesaria para producir un embrión apomíctico (Koltunow *et al.*, 1995). La apomixis se presenta en más de 40 familias de plantas, siendo las más comunes: *Poaceae*, *Asteraceae* y *Rosaceae* (Noyes y Rieseberg, 2000). Los primeros reportes presentan al zacate buffel con un modo de reproducción apomíctica obligada del tipo aposporia seguido por pseudogamia (Fisher *et al.*, 1954; Snyder *et al.*, 1955). Estudios posteriores reportaron la existencia de apomixis facultativa en zacate buffel (Bray, 1978; Sherwood *et al.*, 1980). En 1958 se descubre una planta mutante de reproducción sexual en un campo de semilla de buffel Común (Bashaw, 1962).

Desarrollo de Genotipos Apomícticos

El descubrimiento de esta planta de reproducción sexual por Pat Higgins cambió las estrategias de mejoramiento en zacate buffel ya que proporciona un mecanismo para incrementar la variabilidad genética y producir nuevos y mejores genotipos (Bashaw, 1962). Taliaferro y Bashaw (1966) propusieron un método de mejoramiento para el zacate buffel; debido a que la progenie de mutantes S1 de la planta sexual B-1 segrega para el modo de reproducción, este esquema involucra dos enfoques para seleccionar nuevos ecotipos. Uno

de ellos es evaluar y seleccionar plantas superiores S1 apomícticas como cultivares potenciales. El segundo enfoque fue producir híbridos entre el clon B-1s sexual como hembra y progenitores apomícticos obligados como machos. La mayoría de los apomícticos son altamente heterocigóticos y cuando se cruzan con una planta sexual, esta heterocigosidad se expresa en los híbridos F1 como una serie de nuevos tipos. Por lo tanto, los híbridos F1 proporcionan una nueva población de la que se pueden seleccionar nuevos genotipos. Cada híbrido F1 apomíctico es una nueva variedad potencial. No sólo son diferentes rasgos morfológicos en estos híbridos apomícticos, sino que además la heterosis o vigor híbrido se fijan de forma estable, salvo la presencia de mutaciones.

En el Programa de Hibridación de Zacate Buffel en la UAAAN se ha utilizado este método de mejoramiento desde 1985, año en que se introdujo el clon sexual TAM CRD B-1s a México por el Dr. Jorge R. González Domínguez, utilizando este clon de reproducción sexual como hembra y diferentes genotipos apomícticos como macho. AN17PS es el primer híbrido de zacate buffel mexicano resultado de estos cruzamientos (Gómez, 2009; González y Gómez, 2004; Aguilar, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila. El Campus Universitario se ubica entre las coordenadas geográficas de 25° 22' 41" de latitud Norte y 101° 02' 00" de longitud Oeste, a una altitud de 1743 msnm. El clima de la región es muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano (García, 1986). La temporada de lluvias es de junio a octubre, con una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación promedio anual es de 350-400 mm y la temperatura media anual de 19.8 °C. El experimento se estableció en el área de invernaderos, entre el invernadero 8 y la bodega de Pastos.

Material Biológico

Se evaluaron híbridos F1 de zacate buffel obtenidos en el invernadero, de los cruzamientos realizados entre el clon sexual TAM CRD B-1S (progenitor hembra) con las variedades apomícticas: Nueces, Pecos, Biloela y Común II, como progenitores macho. En cruzamientos anteriores que se han realizado en el Programa de Pastos, estos genotipos apomícticos mostraron buena compatibilidad en cruza con el clon sexual TAM CRD B1_s. Se incluyeron como

testigos las variedades utilizadas como progenitores machos en las cruzas:

TAM CRD (B-1s)

Es un material genético de reproducción sexual con número cromosómico $2N=4X=36$ (Bashaw, 1962). Facilita la producción de nuevos híbridos mediante cruzas con plantas apomícticas, este material se utiliza como hembra. Las plantas tienen un color intermedio entre el tipo azul y Común, su producción de forraje y semilla es buena, presenta buena persistencia y tolerancia al invierno intermedia (Bashaw, 1969; Hanson, 1972).

Biloela

La variedad Biloela es originaria de Australia, es de un tipo de porte alto, vigoroso y tiene una buena producción de forraje, ha demostrado tener un buen desarrollo en suelos arcillosos, pesados y bajo condiciones salitrosas moderadas, no tolera inundaciones y se recupera bien después de la quema (Giraud, 2003; Cook *et al.*, 2005).

Es una variedad rizomatosa por lo que se desarrolla bien en suelos de textura pesada. Posee tallos de 1.5 m de alto con 7 a 11 nudos que por lo general provienen de los rizomas, las hojas presentan pubescencia blanca azulosa. Se adapta a diferentes tipos de suelos y tiene tolerancia a altas temperaturas y períodos prolongados de sequía. Presenta buena adaptabilidad,

rendimiento, precocidad, resistencia al pastoreo y una buena palatabilidad (FONAIAP, 1987).

Pecos (AN17PS)

Es el primer híbrido apomíctico de zacate buffel desarrollado en México por el Programa de Pastos de la U.A.A.A.N. Tiene un complemento cromosómico de $2N=4X=36$ cromosomas. Esta variedad está protegida en E.U.A., los derechos de propiedad intelectual son compartidos entre la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y la empresa Pogue Agri Partners Inc. (Morales, 2013). Este híbrido se generó por la cruce entre el clon sexual TAM CRD B1's con Zaragoza 115. Sus inflorescencias son de color púrpura, presenta excelentes características como: buena producción de forraje, tolerancia al tizón del zacate buffel (*Pyricularia grisea*) y al ser un híbrido rizomatoso presenta una mayor tolerancia a temperaturas congelantes que le permiten sobrevivir a heladas intensas (-12 a -13°C) (González y Gómez, 2000; Gómez y González, 2002). Actualmente es considerada la variedad más tolerante a heladas en el sur de Texas por lo que es una buena alternativa, para sustituir a buffel Común (Pogue Agri Partners Inc. s.f.; Acalco, 2013).

Nueces

Nueces es un híbrido apomíctico F1 tetraploide de $2N=4X=36$ cromosomas resultado del cruzamiento del clon sexual B1s con un material apomíctico de tipo azul. La altura aproximada es de 1.5 m, follaje verde azulado

con inflorescencias marrón oscuras (Bashaw, 1980). Desarrolla vigorosos tallos y hojas, por lo que presenta una alta producción de forraje, esta variedad se adapta a zonas áridas y semiáridas, es una buena opción para la reconversión de tierras agrícolas marginales y para el mejoramiento de agostaderos a través de la resiembra con esta variedad (Garza *et al.*, 2010). Nueces produce rizomas vigorosos, por lo que presenta una mayor sobrevivencia al invierno que buffel Común (Bashaw, 1980).

Común II

Es una línea experimental $2N=6X=54$ cromosomas, que se derivó de una planta sana en una población de buffel Común completamente infestada por el tizón del zacate buffel. Fenotípicamente es muy parecida a la variedad Común, pero el rendimiento de forraje es mayor y no presenta susceptibilidad al tizón del zacate buffel. Se considera que este material es un híbrido BIII natural derivado de la fertilización de un gametofito no reducido (36 cromosomas) por un gameto masculino normal con 18 cromosomas. Este material fue designado experimentalmente Común II y es compatible en cruza con el clon sexual B-1s (González, 1998; González *et al.*, 2000; Ramírez *et al.*, 1998).

Metodología

Obtención de Híbridos F1

Los cruzamientos para obtener los híbridos F1 se realizaron en los invernaderos de la UAAAN, colocando en diferentes invernaderos al progenitor hembra TAM CRD B-1s y a los progenitores macho (Nueces, AN17PS, Biloela y Común II). El clon sexual B-1s se multiplicó vegetativamente en 20 macetas de plástico negras y se colocaron en el invernadero 1. Los progenitores machos se sembraron en cajas de nieve seca y se trasplantaron a 10 macetas de cada progenitor en el invernadero 8.

En las plantas del clon sexual, se cubrieron con glassines inflorescencias completas, sin estigmas emergidos. Después de tres a cinco días (cuando los estigmas ya estaban receptivos), se eliminaron los involucros inmaduros de la base y del ápice y a lo largo de las inflorescencias dejando alrededor de 40 involucros por panícula y una espiguilla por involucro. Posteriormente, ese mismo día, las panículas aclaradas fueron polinizadas con los progenitores macho (Nueces, AN17PS, Biloela y Común II). En los glassines se anotaron los siguientes datos: Fecha en que se cubrió y polinizó la panícula y el progenitor macho utilizado. Una vez que las panículas maduraron, se cosecharon y trillaron para contabilizar el número de semillas obtenidas de cada cruce.

Siembra en Invernadero

La semilla obtenida de los cruzamientos realizados y de los progenitores machos se sembró en charolas de poliestireno el día 6 de mayo 2014, utilizando como sustrato peat moss, se le proporcionaron los riegos y fertilizaciones necesarias para su desarrollo. Las plantas se trasplantaron a macetas cuando alcanzaron una altura de 12-15 cm.

Trasplante

El trasplante se realizó el 1 de julio de 2014 en macetas de 5 litros, como sustrato se utilizó 3 litros de peat moss y un litro de grava en el fondo del recipiente para obtener un mejor drenaje. Se trasplantaron 50 híbridos F1 de cada una de las cruzas de CS x Biloela, CS x Pecos, CS x Común II y 20 híbridos F1 de la crusa CS x Nueces y para propósitos de comparación se trasplantó el mismo número de plantas de cada progenitor macho: Nueces, Biloela, Pecos y Común II.

Manejo Agronómico

Las macetas se regaron cada tercer día aplicando 1 litro de agua por maceta manualmente, tomando en cuenta las condiciones climáticas y las necesidades de las plantas, la fertilización se aplicó cada semana a una concentración de 2 g/l de agua, aplicando un litro de la solución Fertidrip® con la fórmula 20-30-10 a cada maceta. Las macetas se cambiaban de posición de

manera continua para evitar el contacto directo de la raíz con el suelo, enraizamiento, presencia de lombriz y caracol.

Diseño Experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de parcelas apareadas. Los genotipos se distribuyeron colocando una hilera de cada progenitor macho (Biloela, Común II, Pecos y Nueces) y enfrente el mismo número de plantas F1 producto de la cruce de cada progenitor con B-1s, a una distancia entre macetas de 30 cm.

Variables de Respuesta

La toma de los datos se realizó del 30 de agosto al 10 de diciembre de 2014, se evaluaron variables cuantitativas y cualitativas.

Variables Cuantitativas

Número de Panículas

Se contabilizó el número de panículas por planta directamente en la maceta incluyendo los raquis que ya habían tirado la semilla, esta variable se determinó en seis fechas: 30 de agosto, 6 de septiembre, 16 de septiembre, 28 de septiembre, 10 de octubre y 12 de noviembre de 2014.

Altura de Planta

La altura de planta se midió en un principio, de la base al ápice del tallo más alto de la planta y posteriormente a la mayoría de las inflorescencias, los datos se tomaron en seis fechas: 30 de agosto, 6 de septiembre, 16 de septiembre, 28 de septiembre, 10 de octubre y 12 de Noviembre de 2014.

Biomasa Verde

El forraje se cortó el 28 de noviembre y se pesó la biomasa verde, en una balanza electrónica digital marca Torrey®, se registró el peso y el material se depositó en bolsas de papel de estraza debidamente rotuladas.

Biomasa Seca

Las bolsas con el forraje se trasladaron al asoleadero de Cereales, por un período de 13 días, el 10 de diciembre de 2014 se registró el peso de la biomasa seca en una balanza electrónica digital marca Torrey®.

Número de Rizomas por Planta

Para obtener el número y tamaño de rizomas por planta, se utilizó un método destructivo; primeramente se eliminó el substrato y la grava de las raíces con un tamiz, después se lavaron las raíces en varios recipientes con agua, para eliminar todo el substrato y que las raíces quedaran completamente

limpias, para que nos permitiera contabilizar y medir los rizomas. Se contó el número y longitud de rizomas de cada una de las macetas de las progenies y en los progenitores, por ser estos de reproducción apomíctica, el dato se tomó en el 20% de las macetas. Esta variable se determinó en varios días por el trabajo que implicó el lavado del sistema radicular de los genotipos.

Variables Cualitativas

Los datos cualitativos se registraron con base a escala.

Vigor

Los datos de vigor se tomaron de forma visual en los progenitores y sus progenies, con base a una escala de 1 a 5, donde:

1. Excelente
2. Muy bueno
3. Bueno
4. Regular
5. Malo.

Color del Follaje

El color del follaje se determinó de manera visual, directamente sobre las plantas, se clasificó en tres colores:

- Verde (V)
- Verde claro (VC)
- Verde azulado (VA).

Tamaño de las Panículas

Esta variable se determinó directamente en las plantas de forma cualitativa, con base a escalas:

Chicas (CH)

Medianas (M)

Grandes (G)

Color de las Inflorescencias Maduras e Inmaduras

Se determinó de forma visual el color de las inflorescencias:

Café

Crema

Roja

Púrpura

Susceptibilidad a Enfermedades

La susceptibilidad de los materiales a enfermedades, se determinó de forma visual con base en la sanidad o daño que presentan las plantas de los progenitores y sus progenies.

Cosecha de Semilla

Se colectó semilla de cada planta colocándola en bolsas de papel de estraza rotuladas con el número de parcela, genotipo y fecha de colecta, para investigaciones posteriores.

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron por medio de estadística univariada: media, desviación estándar y varianza. Así mismo se analizaron por medio de pruebas de “T” con parcelas apareadas a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Se realizaron las comparaciones con el método de Student.

Para el cálculo de t se utilizó la fórmula: $t = \frac{d}{sd}$

Dónde:

d = diferencia de las medias de los tratamientos.

sd = desviación estándar de las diferencias.

Para obtener sd se calculó la varianza:

$$sd^2 = \frac{\Sigma(X_1 - X_2)^2 - [\Sigma(X_1 - X_2)]^2 / n}{n(n-1)}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de Planta

La altura de planta es el principal componente que influye directamente en el rendimiento de forraje (Daher *et al.*, 2004). Los resultados de altura de planta para los progenitores y sus cruzas se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Se observa que el comportamiento en altura de los progenitores fue el siguiente: Biloela obtuvo el valor promedio más alto con 73.14 cm de altura, seguido por Nueces con 65.92 cm, Pecos con 65 cm y Común II con 56.77 cm. La diferencia entre el progenitor más alto y el más bajo fue de 16.37 cm. La mayor altura entre las progenies fue para la progenie de Pecos con un promedio de 57.32 cm, posteriormente la progenie de Biloela con 54.56 cm, la progenie de Común II con 54.41 cm y la progenie de Nueces con 53.91 cm. La diferencia entre la progenie más alta y la menos alta fue mínima (3.41cm) en comparación a la diferencia entre los progenitores. La altura de planta promedio de los cuatro progenitores (65.20 cm), fue mayor que la altura promedio de las cuatro progenies (55.05 cm). Estos resultados son promedio de seis fechas, siendo los progenitores de mayor altura que sus progenies en todas las fechas (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Altura de planta de cuatro progenitores macho apomícticos y las progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual TAM CRD B1s en seis diferentes fechas. Saltillo, Coahuila 2014.

Progenitor y progenie	Fechas						Promedio
	1	2	3	4	5	6	
Biloela	71.65	75.30	71.36	72.57	74.94	73.04	73.14
CS x Biloela	50.57	54.20	52.22	53.80	57.36	59.24	54.56
<i>t</i> -calculada	11.5**	11.92**	7.52**	9.16**	9.85**	8.53**	
Común II	56.04	54.27	52.93	56.90	59.53	60.93	56.77
CS x Común II	51.70	51.09	50.06	55.51	58.27	59.86	54.41
<i>t</i> -calculada	2.4*	1.84ns	1.44ns	0.69ns	0.78ns	0.57ns	
Pecos	54.69	60.62	61.64	68.12	71.81	73.12	65.00
CS x Pecos	50.59	54.60	52.65	58.06	62.37	65.66	57.32
<i>t</i> -calculada	2.2*	3.43**	4.68**	5.16**	5.6**	4.76**	
Nueces	58.55	64.19	63.05	69.38	66.22	74.16	65.92
CS x N	51.54	53.16	51.00	51.55	55.72	60.50	53.91
<i>t</i> -calculada	1.85ns	3.25**	3.49**	5.14**	2.68*	3.52**	
\bar{X} General	55.67	58.66	57.04	60.82	63.37	65.88	60.13
\bar{X} Progenitores	60.23	63.59	62.24	66.74	68.12	70.31	65.20
\bar{X} F1	51.10	53.26	51.48	54.73	58.43	61.31	55.05

Cuadro 2. Medias ordenadas de altura de planta para progenitores macho y progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual TAM CRD B1s en seis diferentes fechas. Saltillo, Coahuila 2014.

Progenitores	Altura (cm)	Progenies F1	Altura (cm)
Biloela	73.14	CS x P	57.32
Nueces	65.92	CS x B	54.56
Pecos	65.00	CS x CII	54.41

Común II	56.77	CS x N	53.91
----------	-------	--------	-------

El progenitor Biloela con 73.14 cm de altura de planta fue superior a la altura promedio de su progenie de 54.56 cm. Común II promedió 56.77 cm de altura muy similar al promedio que obtuvo su progenie con 54.41 cm de altura de planta; la variedad Pecos promedió 65 cm de altura y su progenie 57.32; la altura promedio de la variedad Nueces fue de 65.92 cm y la de su progenie 53.91 cm (Cuadro 2).

El crecimiento de las plantas durante el período de 78 días, resultó en poca diferencia entre la altura de la primera y la última fecha; la mayor diferencia fue de 18.43 cm para las plantas de Pecos y la menor diferencia entre la primera y última evaluación fue de 1.39 cm para Biloela, para Común II fue de 4.89 cm y para Nueces 15.61 cm. La diferencia mayor para las progenies fue de 15.07 para la progenie de CS x P, la menor y muy similar a las demás es de 8.16 cm para CS x C II. La diferencia entre la primera y última fecha para la progenie de CS x B fue de 8.72 cm, y para la progenie de CS x N de 8.96 cm. Se observó poco crecimiento de la primera a la última fecha, lo cual puede haber sido resultado del inicio de la formación de las inflorescencias (Cuadro 1). La poca diferencia observada en la altura de planta entre la primera y última fecha de Biloela y Común II puede deberse a que son materiales apomícticos obligados por lo que las plantas tienen un mismo genotipo, mientras que

Nueces es un apomíctico facultativo obtenido de la cruce de B-1s y un material del tipo azul (Bashaw, 1980) y Pecos es un híbrido apomíctico obtenido de la cruce entre el clon sexual B-1s y la variedad Z-115, por lo que las cruces de B-1s x Pecos y B-1s x Nueces son retrocruzas.

Las pruebas de *t*-student realizadas para los datos apareados de altura de planta, en la variedad Biloela y su progenie indicaron diferencias altamente significativas a favor de Biloela en todas las fechas. Entre Común II y su progenie no hubo diferencias significativas excepto para la primer fecha. Las diferencias entre Pecos y su progenie fueron altamente significativas para todas las fechas, excepto en la primera fecha donde la diferencia fue solo significativa. Las diferencias entre Nueces y su progenie fueron altamente significativas para la 2°, 3°, 4° y 6° fechas, para la 5° fue significativa, y para la primer fecha no hubo diferencia significativa.

El rango en altura de las plantas en la variedad Biloela fue de 50 hasta 90 cm; su progenie tuvo un valor mínimo de 33 y un máximo de 70 cm, 46 genotipos fueron iguales o mayores que el promedio del progenitor Biloela. Común II presentó una altura mínima de 49 y una máxima de 78 cm, el rango en altura de su progenie fue de 13 hasta 84 cm, 25 genotipos fueron iguales o mayores que el promedio de Común II, lo que indica que existe la posibilidad de seleccionar materiales de mayor altura que la variedad Común II. La variedad Pecos obtuvo un valor mínimo de 56 y un máximo de 85, su progenie presentó un rango de 36 hasta 86 cm, hubo 15 materiales iguales o mayores que el

promedio del progenitor Pecos. La variedad Nueces obtuvo un valor mínimo de 47 y un máximo de 91, las cruzas con el clon sexual produjeron una progenie con valores de 26 hasta 80 cm de altura, en esta crusa solamente dos materiales fueron iguales o superiores al promedio del progenitor Nueces, por lo que en todas las progenies existen posibilidades de seleccionar materiales superiores a sus progenitores para esta característica.

En la Figura 1 se observa el comportamiento del crecimiento del progenitor Biloela y su progenie para todas las fechas, el progenitor superó a su progenie en altura de planta, se muestra un aumento de altura en cada fecha, ocurre un incremento para la fecha del 6 de septiembre y un descenso para el 16 de septiembre que pudo ser producida por factores climáticos.

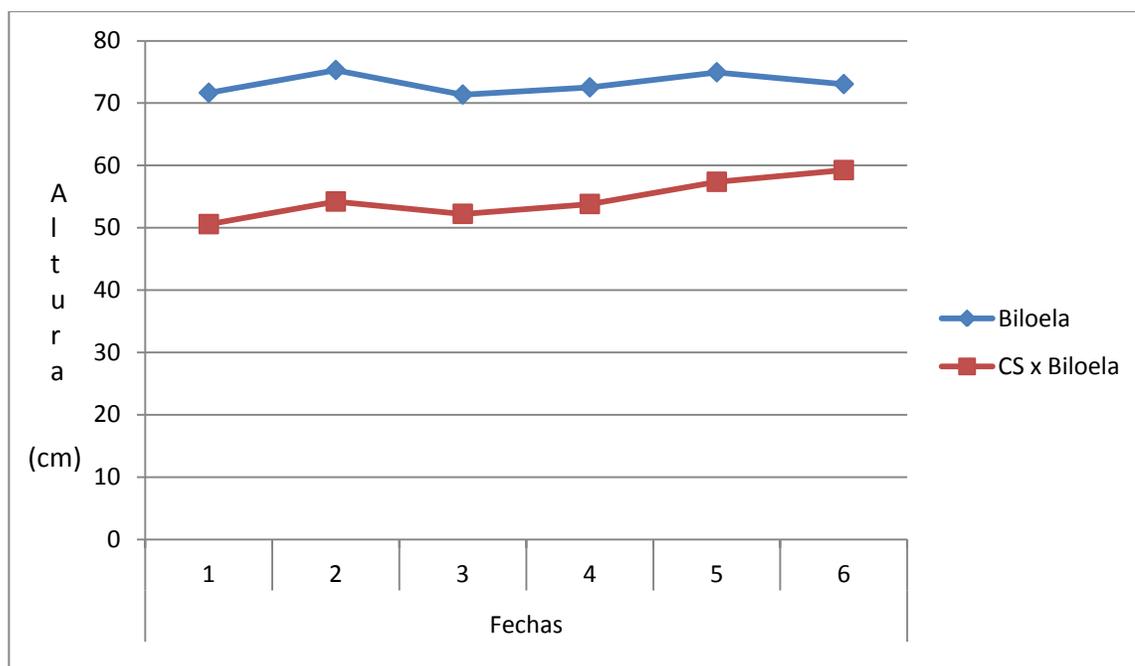


Fig. 1. Altura de planta del progenitor Biloela y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual.

En la Figura 2 se observa el comportamiento del crecimiento del progenitor Común II y su progenie, en las fechas 6 y 16 de septiembre hubo un descenso en el crecimiento, provocado posiblemente por factores climáticos, en las posteriores fechas se puede observar el aumento del crecimiento de altura, siendo en todos los casos mayores para el progenitor Común II aunque cabe señalar la diferencia entre los promedios, fue mínima.

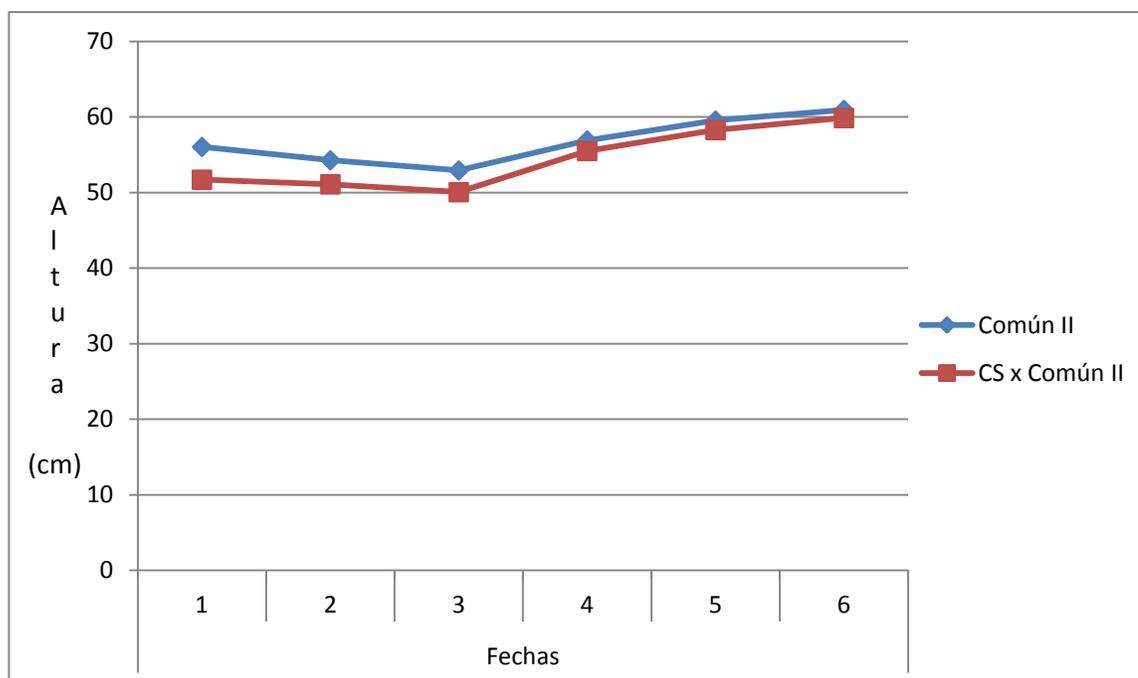


Fig. 2. Altura de planta del progenitor Común II y su progenie F1 producto de su cruza con el Clon Sexual.

En la Figura 3 se observa el comportamiento del crecimiento del progenitor Pecos y su progenie, para todas las fechas el progenitor superó a su progenie en altura de planta, existiendo un aumento en tamaño de las plantas en todas las fechas, excepto el 16 de septiembre para el CS x P donde hubo un descenso en el promedio de altura de plantas el cual puede haber sido provocado por factores climáticos.

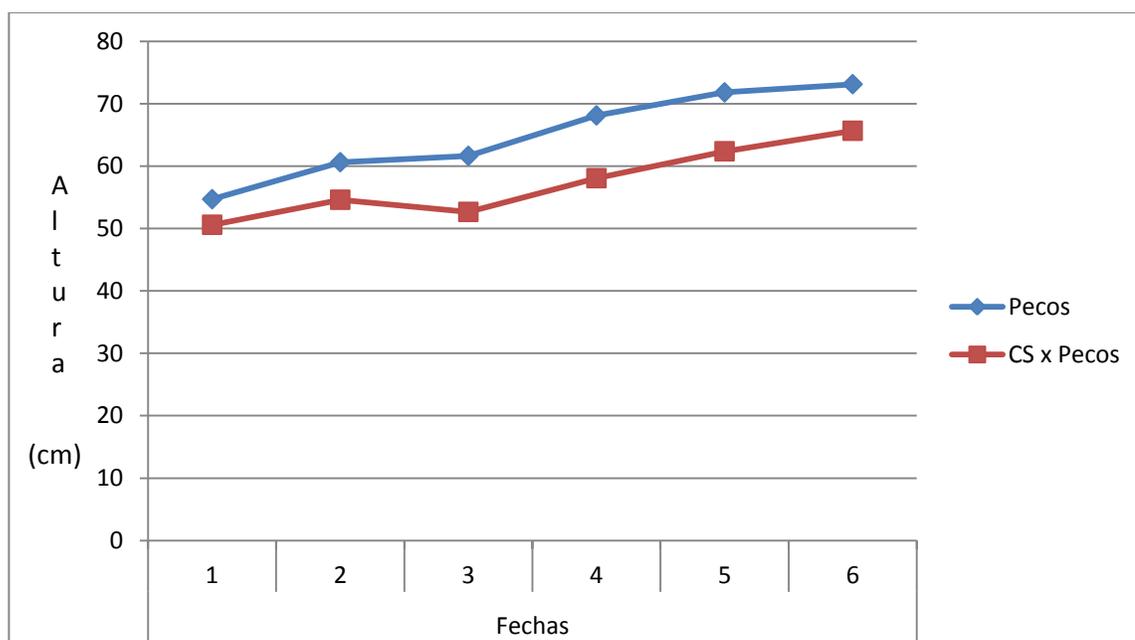


Fig. 3. Altura de planta del progenitor Pecos y su progenie F1 producto de su cruce con el Clon Sexual.

En la Figura 4 se observa el comportamiento del crecimiento del progenitor Nueces y su progenie, a comparación de los otros materiales evaluados se presenta una irregularidad en las líneas de tendencia en ambos

datos aumentos y descensos, mostrando promedios mayores para el progenitor, superando en todas las fechas a su progenie.

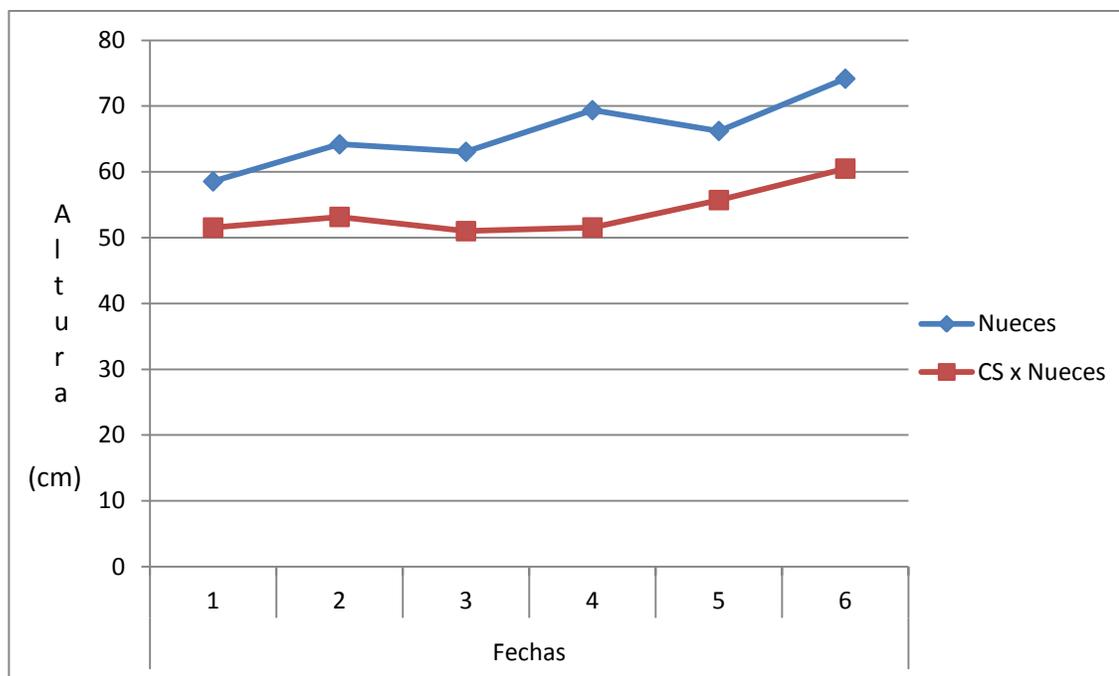


Fig. 4. Altura de planta del progenitor Nueces y su progenie F1 producto de su cruce con el Clon Sexual.

Número de Panículas por Planta

La producción de semillas en zacate buffel, está influenciada por las condiciones ambientales en las que se desarrollan las plantas y el número de espiguillas por involucro (Shafer *et al.*, 2000). El número de panículas por planta es considerado el componente principal del rendimiento de semillas, pero en ello también cuenta el hábito de crecimiento rizomatoso o no rizomatoso de las variedades.

En el Cuadro 3 se observa el comportamiento del número de panículas por planta, desde la primera evaluación el 30 de agosto hasta el 12 de

noviembre. De los progenitores, Común II fue el más precoz alcanzando 36 panículas por planta (la mitad de la media de los progenitores) entre el segundo y tercer conteo, en tanto que Biloela, Pecos y Nueces alcanzaron esa producción entre el quinto y sexto conteo. Para las cuatro progenies F1 se observó lo mismo sólo que la progenie F1 de CII alcanzó 34 panículas por planta entre el tercer y cuarto conteo.

Cuadro 3. Número de panículas por planta de cuatro progenitores macho apomícticos y las progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual TAM CRD B1s en seis fechas diferentes. Saltillo, Coahuila 2014.

Progenitor y cruce	Fechas					
	1	2	3	4	5	6
Biloela	9.48	12.24	16.55	24.28	25.28	47.06
CS x B	6.32	8.62	11.10	12.30	37.84	59.40
<i>t</i> -calculada	3.29**	3.43**	2.90**	5.77**	4.58**	2.53*
Común II	16.23	23.25	40.60	58.67	76.72	154.65
CS x C II	14.06	17.32	26.55	41.41	54.97	93.74
<i>t</i> -calculada	2.01ns	2.50*	3.42**	2.96**	3.31**	5.42**
Pecos	4.97	8.27	13.25	17.54	24.89	41.93
CS x P	4.57	8.42	13.38	17.79	25.69	50.10
<i>t</i> -calculada	0.44ns	0.11ns	0.04ns	0.09ns	0.23ns	1.48ns
Nueces	9.00	11.72	16.50	21.66	28.77	43.33
CS x N	5.77	8.88	12.72	19.38	32.38	69.61
<i>t</i> -calculada	1.61ns	1.15ns	1.13ns	0.49ns	0.55ns	2.28*
\bar{X} General	8.80	12.34	18.83	26.63	38.32	69.98
\bar{X} Progenitores	9.92	13.87	21.72	30.54	38.91	71.74
\bar{X} F1	7.68	10.81	15.94	22.72	37.72	68.21

Común II y su progenie fueron los materiales más sobresalientes en la producción de inflorescencias. Este genotipo proviene de una mutación de la variedad Común la cual se caracteriza por su alta capacidad de producción de semilla y por no presentar rizomas, CII presenta características morfológicas idénticas a Común pero con la ventaja que es resistente al tizón del zacate buffel (González *et al.*, 1998).

Al final del ciclo otoño, la producción promedio de panículas por planta en los progenitores fue de 154.65 (Común II), 47.06 (Biloela), 43.33 (Nueces) y 41.93 (Pecos). Estos resultados muestran una vez más que la variedad Pecos produce un tercio o menos semilla que la variedad no rizomatosa CII y en consecuencia Pecos no es una variedad con potencial de invasión como buffel Común; lo mismo puede decirse de las variedades Biloela y Nueces. La producción promedio de panículas por planta para las cuatro progenies F1 fue de 93.74 (CII), 69.61 (Nueces), 59.40 (Biloela) y 50.10 (Pecos). La progenie F1 de Común II fue la de mayor producción, pero produjo solo 60% de la producción de su progenitor masculino; por el contrario, las progenies F1 de los tres machos rizomatosos produjeron 35% más panículas por planta (59.7) superando en 15.6 panículas el promedio (44.1) de los tres machos: Biloela, Nueces y Pecos.

En las ocho poblaciones estudiadas el número de panículas por planta aumentó de manera consistente de una fecha de conteo a la siguiente. Las diferencias entre pares de poblaciones (progenitor y su progenie F1) fueron

todas significativas para el caso de Biloela, donde esta variedad tuvo mayores producciones de panículas que las plantas F1 en las primeras cuatro fechas de conteo; sin embargo, en los dos últimos conteos las plantas F1 superaron a su progenitor.

Pero en el caso de Común II, con excepción del primer conteo, las diferencias entre producciones de progenitor y progenie F1, fueron significativas y en los seis conteos las plantas de CII produjeron más panículas que sus plantas F1. No hubo diferencias significativas entre progenitor y progenie F1 en ninguno de los seis conteos en el caso de Pecos así como la variedad Nueces con excepción del sexto y último conteo donde Nueces promedió 43.33 panículas por planta y las plantas F1 de su progenie tuvieron promedio de 69.61 panículas por planta siendo la diferencia de 26 panículas altamente significativa. Los mayores incrementos de un conteo al siguiente se dieron del quinto al último conteo en las ocho poblaciones.

Los resultados indican que a través de selección se puede manipular la producción de panículas y reducir en consecuencia la capacidad de invasión de variedades como buffel Común y aumentar la de los materiales rizomatosos a niveles rentables para quienes producen y comercializan semilla de zacate buffel.

Las variedades Nueces, Pecos y Biloela que son materiales rizomatosos (Bashaw, 1980; González *et al.*, 1998), produjeron un promedio de 44.10 panículas, sus progenies produjeron un promedio de 59.73 panículas/planta. Común II supera a los progenitores en un 250.68% más inflorescencias y la progenie de CII supera al resto de las progenies en 56.93%. Lo anterior coincide con la literatura que menciona que los materiales rizomatosos presentan una menor producción de semillas, por otro lado materiales no rizomatosos producen un mayor rendimiento de semilla. En la sexta evaluación, para todos los casos, excepto para CII las progenies superaron a los progenitores.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de la producción de panículas para el progenitor Biloela y su progenie F1. El progenitor es el que presenta un mayor valor hasta la 4[°] fecha del 28 de septiembre, en la 5[°] y 6[°] evaluación la progenie obtiene un mayor número de panículas que su progenitor, por otra parte la producción de panículas se incrementa en estas fechas para todos los casos Biloela incrementó un 86.15% en la 6[°] fecha con respecto a la 5[°] evaluación y su progenie incrementó su producción un 56.97%.

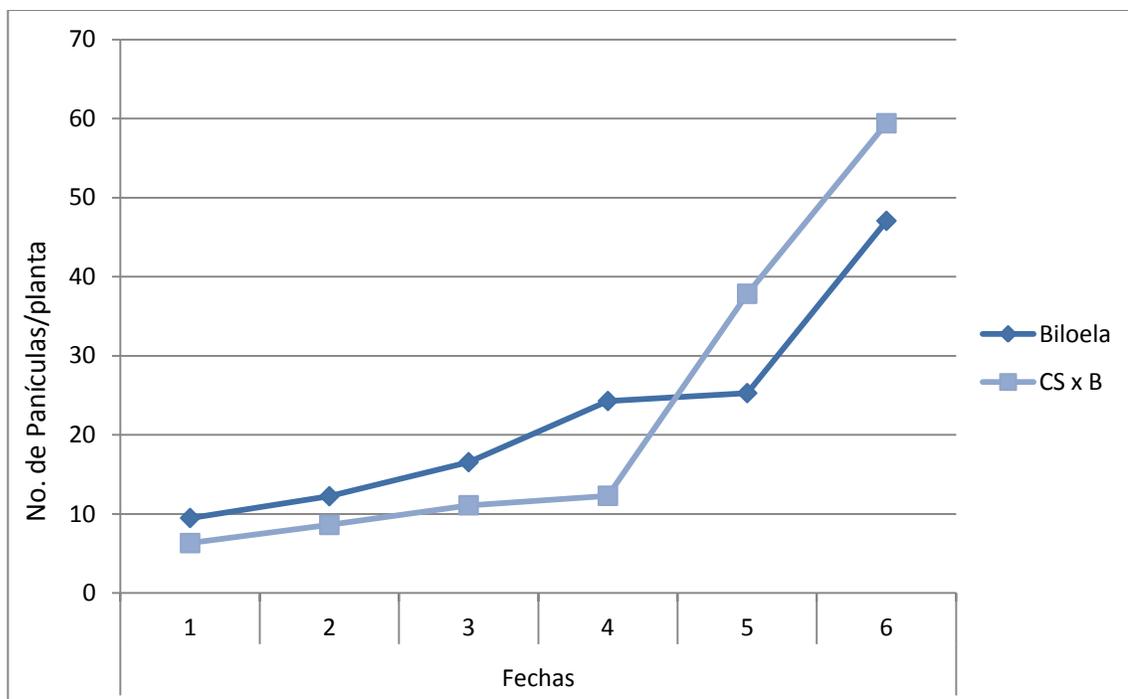


Fig. 5. Número de panículas por planta del progenitor Biloele y su progenie F1 producto de su cruce con el Clon Sexual.

En la Figura 6 se observa el comportamiento de la producción de panículas para el progenitor Común II y su progenie F1, en la primera fecha no existe diferencias en los valores obtenidos entre el progenitor y su progenie, pero para las fechas posteriores muestra un mayor promedio en Común II. Se observa una mayor producción de panículas en la 5ª y 6ª fecha.

En la sexta evaluación el progenitor CII incrementó la producción de panículas un 101.57% con respecto a la quinta evaluación realizada el 10 de octubre 2014 y su progenie incrementó un 70.59%.

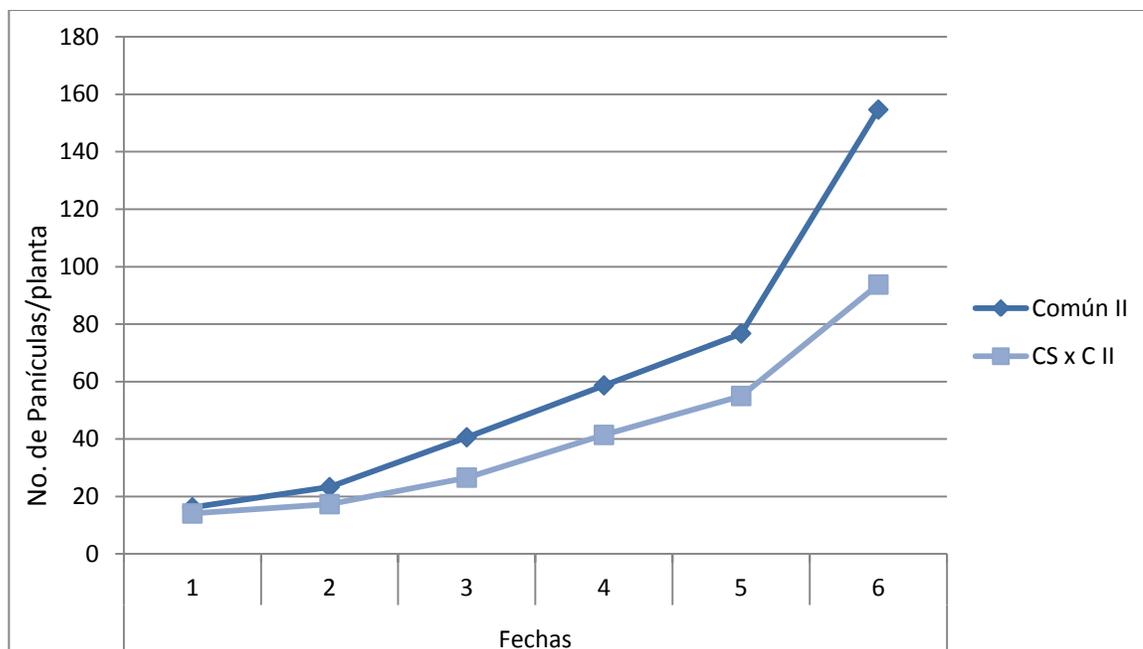


Fig. 6. Número de panículas por planta del progenitor Común II y su progenie F1 producto de su cruce con el Clon Sexual.

En la Figura 7 se muestra el comportamiento en la producción de panículas para el progenitor Pecos y su progenie F1, se observa que casi en todas las fechas de muestreo no existen diferencias en el promedio para el progenitor y su progenie. La sexta fecha de evaluación del 11 de noviembre es donde se obtuvo el mayor número de panículas, Pecos incrementó su producción en esta fecha un 68.46% con respecto a la 5ª fecha y su progenie un 95%.

En Nueces y su progenie F1 se observa la misma tendencia una diferencia mínima en las primeras cinco fechas de evaluación y diferencia significativa en la última fecha, así mismo un mayor número de panículas en la última fecha de evaluación. La producción de panículas para el progenitor se

incrementó un 50.60% con respecto a la quinta evaluación y su progenie un 114.97% (Figura 8).

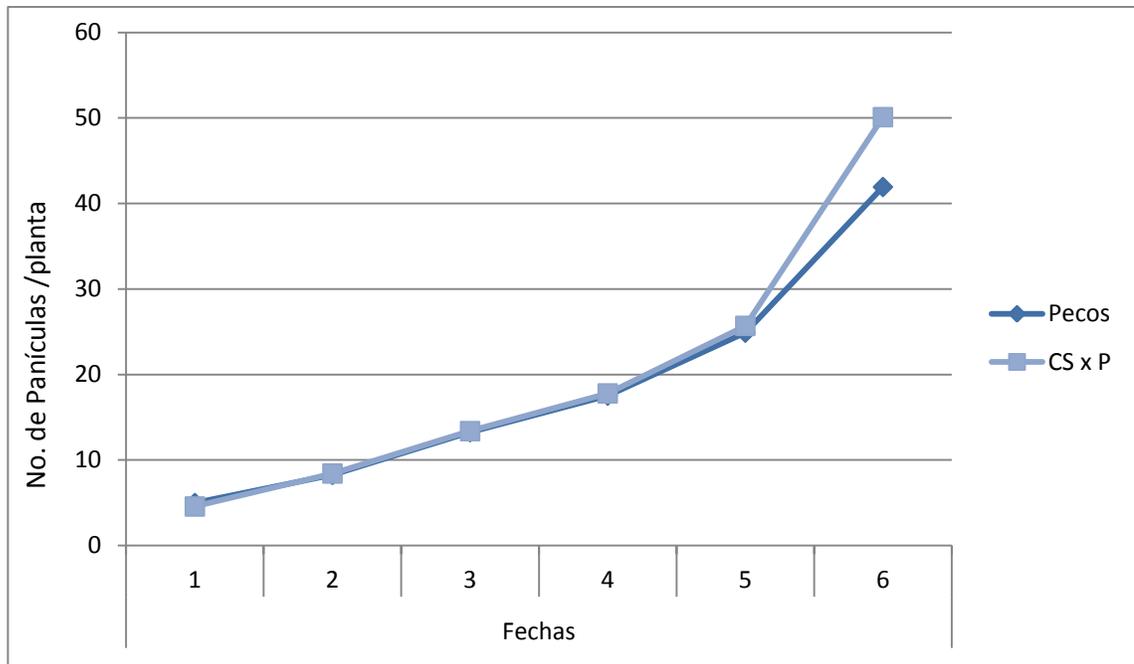


Fig. 7. Número de panículas por planta del progenitor Pecos y su progenie F1 producto de su cruce con el Clon Sexual.

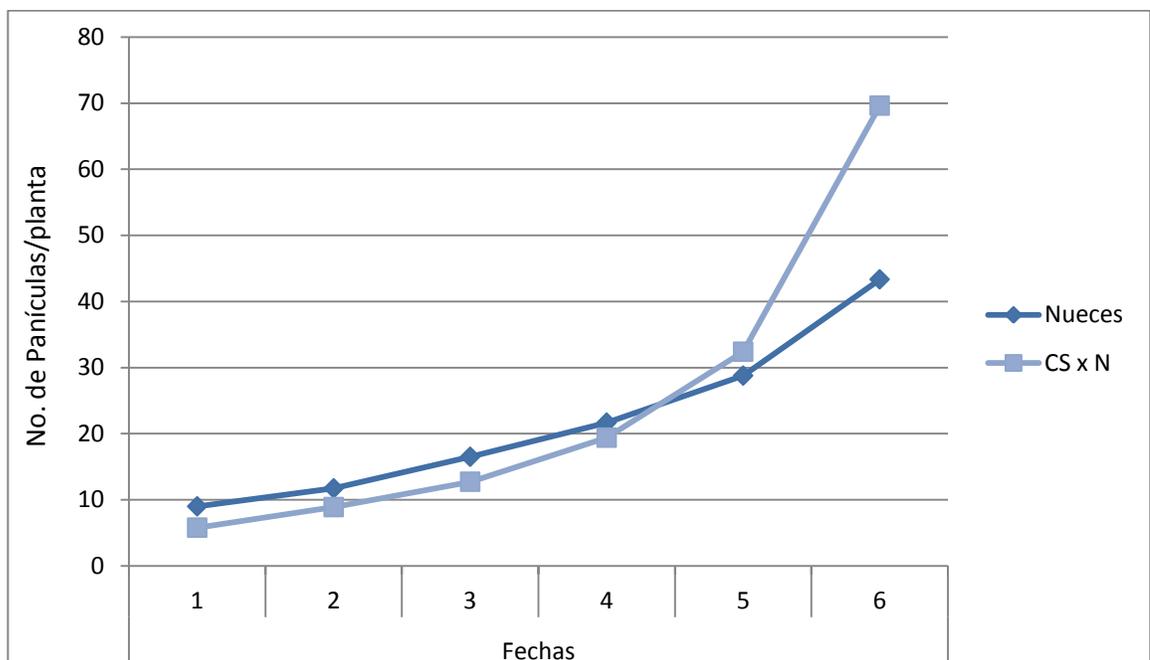


Fig. 8. Número de panículas por planta del progenitor Nueces y su progenie F1 producto de su cruce con el Clon sexual.

Producción de Biomasa Verde

La altura de planta es el componente principal del rendimiento de forraje, así como la producción de vástagos basales y aéreos, desarrollo y senescencia de la hoja, crecimiento del tallo y producción de flores (Daher *et al.*, 2004).

En el Cuadro 4 se observan los datos de biomasa verde, el progenitor Pecos obtuvo un valor promedio de 94.89 gr, valor mayor al promedio de su progenie F1 (89.64 gr). El rango en la producción de biomasa verde para Pecos fue de 42 hasta 119 gr/planta, con una diferencia entre el valor mínimo y máximo de 77 gr. Para la progenie del CS x P se obtuvo un valor mínimo de 36 y un valor máximo de 170, con una diferencia de 134 gr. El valor calculado de t (1.42) no indicó diferencia significativa entre las medias de Pecos y su progenie.

El promedio de biomasa verde para el progenitor Común II fue de 73.13 gr/planta, mayor al valor promedio obtenido por su progenie (70.11 gr/planta). El valor calculado de t (0.704) no indicó diferencia significativa entre las medias del progenitor y su progenie. El rango en el rendimiento de Común II fue de 3 hasta 131 gr/planta, con una diferencia entre el valor mínimo y máximo de 128 gr. El rango para su progenie (CS x C II) fue de 7 a 115gr/planta, con una diferencia de 108 gr.

Cuadro 4. Producción de biomasa verde de progenitores macho de zacate buffel y sus progenies F1. Saltillo, Coahuila 2014.

	Biomasa Verde (gr)							
	Pecos	CS x P	Común II	CS x C II	Biloela	CS x B	Nueces	CS x N
Media	94.89	89.64	73.13	70.11	95.02	79.95	107.16	90.77
Varianza	160.35	667.85	885.88	456.28	329.72	593.90	860.85	948.41
DE	12.66	25.84	29.76	21.36	18.15	24.37	29.34	30.79
CV	13.34	28.82	40.69	30.46	19.11	30.48	27.30	33.90
V. Mínimo	42.0	36	3	7	50	34	19	35
V. Máximo	119.0	170	131	115	152	137	157	144
Mediana	96.0	89	79.5	71	94	82.5	108	84
Moda	92.0	64	88	64	92	86	104	81
Rango	77.0	134	128	108	102	103	138	109
<i>t</i> -calculada	1.42ns		0.704ns		3.133**		1.869ns	

Biloela obtuvo un promedio de biomasa verde de 95.02 gr mayor al promedio de su progenie CS x B con un valor de 79.95 gr. Biloela obtuvo un valor mínimo de 50 y un máximo de 152 gr/planta, con una diferencia de 102 gr. Para la progenie CS x B se obtuvo un valor mínimo de 34 y valor máximo de

137, con una diferencia de 103 gr. El valor calculado de t (3.133) indicó una diferencia altamente significativa entre las medias de Biloela y su progenie.

Para Nueces la producción de biomasa verde promedio fue de 107.16, con un rango de 19 hasta 157 gr, con una diferencia de 138 gr. Su progenie CS x N obtuvo un valor promedio de 90.77 gr, con un valor mínimo de 35 y un valor máximo de 144 gr, obteniendo un rango de 109 gr. El valor calculado de t (1.869) no indicó diferencia significativa entre las medias de Nueces y su progenie.

En el Cuadro 4 se observa que para la producción de biomasa verde ordenada de mayor a menor corresponde a los progenitores Nueces, Biloela, Pecos y Común II con 107.16, 95.02, 94.89 y 73.13 gr/planta, respectivamente, siendo la media de los cuatro progenitores igual a 92.55 gr/planta. Las proyecciones de estos valores a una densidad de población de 40,000 plantas/ha arrojan rendimientos estimados de 4,286, 3,800, 3,800 y 2,925 kg/ha para Nueces, Biloela, Pecos y Común II respectivamente. La estimación para la producción promedio (92.55 gr) resultó de 3,370.2 kg/ha.

Las estimaciones para las progenies F1 resultaron ser de 3,630, 3,586, 3,198, y 2,804 kg/ha para las cruas B1s x Nueces, B1s x Pecos, B1s x Biloela y B1s x CII respectivamente; estos valores son resultado de sus producciones de 90.77, 89.64, 79.95 y 70.11 gr/planta. La producción de biomasa, promedio

de las cuatro poblaciones F1 fue de 82.61 gr/planta y la estimación por ha para esta producción fue de 3,304 kg/ha.

Los resultados de producción de biomasa fresca confirmaron los diversos reportes en la literatura sobre la importancia de la altura de planta como componente del rendimiento ya que de los cuatro progenitores macho las tres variedades de mayor altura de planta tuvieron mayor producción que C II que fue la de porte más bajo. Esto se observó también en las progenies F1 con la diferencia que aun cuando las progenies de Nueces y Común II tuvieron igual altura de planta esto no se refleja en una igualdad en la producción de biomasa siendo superior la producción de la progenie de Nueces en 29% a la producción de la progenie de C II.

Las progenies F1 produjeron en promedio, 11% menos biomasa fresca que los progenitores macho, lo cual es de esperarse ya que el progenitor hembra de reproducción sexual es altamente heterocigoto y todos sus gametos femeninos son diferentes genéticamente al igual que los gametos masculinos. En el caso de los machos la igualdad genética ocurre solamente en los gametos femeninos por la ausencia o fracaso de la meiosis. Sin embargo, el polen de los machos es altamente variable en sus combinaciones de genes; por lo que al cruzar hembra sexual con macho apomíctico ambos progenitores contribuyen a procrear progenie F1 altamente variable genética, morfológica y fisiológicamente. El resultado a esperar son progenies F1 con producción de biomasa menor que la de los machos.

Sin embargo, entre los individuos F1 es de esperarse también que aparezcan segregantes con mayor potencial de producción que su progenitor masculino. En el Cuadro 4, se observa la producción máxima obtenida en las progenies F1 de cada cruce. La planta F1 de mayor producción de biomasa fresca en la cruce B1s x Pecos superó en 79% la media de Pecos, la media de Común II fue superada en 57% por la planta F1 más productora, para Biloela fue 44% y Nueces 34%. Los resultados indican que en todas las cruces se formaron segregantes con potencial para ser desarrollados en variedades más productoras de biomasa o forraje fresco que su progenitor masculino. El dato de mayor interés se considera el del segregante F1 de la cruce de B1s x Pecos que tuvo una proyección de producción estimada de poco menos de 7 tn/ha, superior a la producción de Pecos en 3 toneladas más de biomasa por ha.

Para todos los casos la producción promedio de biomasa verde fue más alta en los progenitores que para sus progenies. Nueces es el progenitor que presenta una mayor producción, seguido de Pecos, Biloela y Común II con valores de 107.16, 94.89, 95.02 y 73.13 gr/planta respectivamente (Cuadro 4).

Producción de Biomasa Seca

El agua juega un papel importante en las plantas, en la acumulación de materia seca debido a que todos los nutrientes son transportados a través de ella (Mansoor *et al.*, 2002). El crecimiento de las plantas y la producción de materia seca se reducen con la disminución del contenido de agua en el suelo (Ashraf *et al.*, 1998; Karsten y Macadam, 2001).

La producción de biomasa seca promedio del progenitor Pecos fue de 37.60 gr/planta mayor al promedio de su progenie F1 (36.20 gr). Pecos obtuvo un valor mínimo de 9 y un máximo de 48, con una diferencia de 39 gr. El rango para su progenie fue de 12 a 75 gr, con una diferencia de 64 gr. El valor de t (0.707) no indicó diferencia significativa entre el progenitor Pecos y su progenie (Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción de biomasa seca (gr/planta) de progenitores y sus progenies de zacate buffel. Saltillo, Coahuila 2014.

	Biomasa Seca (gr)							
	Pecos	CS x P	ComúnII	CS x CII	Biloela	CS x B	Nueces	CS x N
Media	37.60	36.20	31.18	29.43	37.63	31.43	42.50	35.33
Varianza	37.30	153.65	167.08	93.73	49.48	101.55	142.02	181.17
D.E	6.10	12.39	12.92	9.68	7.03	10.07	11.91	13.46
C.V.	16.24	34.23	41.45	32.89	18.69	32.06	28.00	38.00
V. Min	9	12	1	3	21	15	10	13
V. Max	48	75	56	51	56	54	64	59
Mediana	38	33.5	34	30	36	33	42.5	33
Moda	38	31	39	28	33	20	37	#N/A
Rango	39	63	55	48	35	39	54	46
t - calculada	0.707ns		0.926ns		3.109**		1.94ns	

El progenitor Común II obtuvo un valor promedio de biomasa seca de 31.18 gr/planta con un rango de 1 a 56 gr/planta, el rendimiento promedio de la progenie F1 fue de 29.43 gr, con un valor mínimo de 3 y un valor máximo de 51 gr, la prueba de t (0.926) no indicó diferencia significativa entre Común II y su progenie.

El promedio en la producción de biomasa seca, para Biloela fue de 37.63 gr/planta mayor al promedio de su progenie F1 (31.43 gr). El rango para Biloela fue de 21 a 56 gr/planta, con una diferencia de 35 gr. La progenie F1 obtuvo un valor mínimo de 15 y un valor máximo de 54 gr, con una diferencia de 39 gr. La prueba de t (3.109) indicó diferencia altamente significativa entre Biloela y su progenie.

El rendimiento promedio de biomasa seca para Nueces fue de 42.5 gr/planta mayor al promedio de su progenie F1 (35.33 gr). El progenitor Nueces obtuvo un rango de 10 a 64 gr/planta, mientras que el valor mínimo de su progenie fue de 13 a 59 gr/planta, con una diferencia de 46 gr. La prueba de t (1.94) no indicó diferencia significativa entre Nueces y su Progenie.

En el Cuadro 5 se observa que para la producción de biomasa seca ordenada de mayor a menor de los progenitores corresponde a Nueces, Biloela, Pecos y Común II con 42.5, 37.63, 37.60 y 31.18 gr/planta, respectivamente, siendo el valor promedio de los cuatro progenitores de 37.22 gr/planta. Las proyecciones de estos valores a una densidad de población de 40,000

plantas/ha arrojan rendimientos estimados de 1,700, 1,505, 1,504 y 1247 kg/ha de materia seca para Nueces, Biloela, Pecos y Común II respectivamente. La estimación para la producción promedio de los cuatro progenitores (37.22) resultó en 1,489 kg/ha.

Las estimaciones para la progenie F1 fueron: 1,448, 1,413, 1,257 y 1,177 kg/ha para las cruzas B1s x Pecos, B1s x Nueces, B1s x Biloela y B1s x Común II, respectivamente; estos valores son resultado de sus producciones de 36.2, 35.33, 31.43 y 29.43 gr/planta. La producción de biomasa seca promedio de las cuatro poblaciones F1 fue de 33.1 gr/planta y la estimación por ha para este valor fue de 1,324 kg/ha.

Eguiarte y González (1993) obtuvieron rendimientos de forraje seco con la variedad Biloela de 3.71 a 7.09 t/ha. Acalco (2013) en un experimento realizado en Ramos Arizpe, Coahuila con híbridos apomícticos y variedades de zacate buffel en un suelo arcilloso (50%) con una conductividad eléctrica de 9.56 mmhos/cm y menos de 1% de materia orgánica obtuvo rendimientos de materia seca para Biloela, Común II, y Pecos de 2,031.3, 1,812.5 y 1,012.5 kg/ha respectivamente.

Los resultados de producción de biomasa seca confirmaron los diversos reportes en la literatura sobre la importancia de la altura de planta como componente del rendimiento ya que de los cuatro progenitores macho las tres variedades de mayor altura de planta tuvieron mayor producción que Común II

que fue la de porte más bajo. Esto se observó también en las progenies F1 con la diferencia que aun cuando las progenies de Nueces y Común II tuvieron igual altura de planta esto no se refleja en una igualdad en la producción de biomasa seca siendo superior la producción de la progenie de Nueces en un 19% con respecto al valor obtenido de la progenie de C II.

Las progenies F1 produjeron en promedio 11% menos biomasa seca que los progenitores macho, lo cual se explicó ya en los resultados de biomasa verde. Entre los individuos F1 es de esperarse también que aparezcan segregantes con mayor potencial de producción de materia seca que su progenitor masculino. En el Cuadro 5, se observa la producción máxima obtenida en las progenies F1 de cada cruce. La planta F1 de mayor producción de biomasa seca se encuentra en la cruce B1s x Pecos, que superó en 99% a la media de Pecos, la media de Común II fue superada en 63% por la planta F1 más productora, el progenitor Biloela fue superado en un 43% por el valor más alto de su progenie y Nueces fue superado en un 38.8%. Los resultados indican que en todas las cruces se formaron segregantes con potencial para ser desarrollados en variedades más productoras de biomasa o forraje seco que su progenitor masculino. Los datos de mayor interés son el del segregante F1 de la cruce de B1s x Pecos y el del segregante F1 de la cruce de B1s x C II de mayor valor que superaron la media de sus progenitores en un 99 y 63% respectivamente. 21 segregantes de la cruce de B1s x Pecos fueron iguales o mayores al promedio del progenitor Pecos y 39 segregantes de la cruce B1s x Común II fueron iguales o mayores a su progenitor macho.

Producción de Rizomas

La inducción del hábito rizomatoso en especies anuales de climas tropicales y subtropicales, es una alternativa para mejorar su sobrevivencia al invierno en climas templados mediante evasión, convirtiéndolas en especies perennes (Washburn *et al.*, 2013).

En el Cuadro 6 se presentan los datos de la producción de rizomas; la variedad Nueces es la que produjo el valor más alto promediando 33.33 rizomas por planta, seguida por Biloela con un promedio de 22.8, Pecos con 16.9 y Común II produjo el menor número con 11.89. En las progenies, la cruce CS x B es la que presenta el mayor número con 26.06 seguido por CS x N con 23.48, CS x P con 18.56 y CS x CII con 15.28.

Con excepción de la progenie F1 de Nueces, las medias de las progenies F1 fueron mayores a las de los progenitores. En las progenies de las cuatro cruces se observó segregación transgresiva y ocurrieron valores inferiores y superiores a los valores mínimos y máximos de las cuatro variedades. La mayor producción de rizomas ocurrió en la F1 de Nueces con 68. En las progenies de Pecos y CII hubo plantas sin rizomas lo cual no ocurrió en las plantas de estas dos variedades.

Cuadro 6. Número de rizomas de cuatro progenitores macho apomícticos y las progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual TAM CRD B1s. Saltillo, Coahuila, 2014.

	Números de Rizomas							
	Biloela	CS x B	Pecos	CS x P	Común II	CS x CII	Nueces	CS x N
Media	22.80	26.06	16.90	18.56	11.89	15.28	33.33	23.48
Varianza	19.06	69.11	24.32	50.70	23.86	73.55	8.33	158.97
D.E.	4.36	8.31	4.93	7.12	4.88	8.57	2.88	12.60
C.V.	22.90	12.02	20.27	14.04	20.47	11.66	34.64	7.93
V. Mínimo	16	12	5	0	3	0	30	5
V. Máximo	29	47	23	32	16	35	35	68
Mediana	23	25	17.5	18.5	14	15	35	21
Moda	26	25	15	15	16	15	35	19
Rango	13	35	18	32	13	35	5	63
Tamaño *	G	Ch	M	M	Ch	Ch	G	Ch

* G= grandes, M= medianos y Ch= chicos.

En el Cuadro 6 se observan los promedios del número de rizomas, para el progenitor Biloela que fue de 22.8 menor al promedio de la progenie con 26.06. El rango fue de 16 hasta 29 rizomas para el progenitor Biloela y para su progenie de 12 hasta 47. De manera general el tamaño de los rizomas de Biloela fueron grandes y los de su progenie chicos.

Para el progenitor Pecos fue de 16.9 rizomas por planta menor al promedio de la progenie con 18.56. Se observó un rango entre 5 y 23 rizomas del progenitor Pecos. El rango observado en su progenie fue de 0 hasta 32. Se observaron plantas de la progenie sin presencia de rizomas, en ambas poblaciones los rizomas fueron medianos.

Común II produjo 11.88 rizomas por planta y su progenie 15.28. El rango fue de 3 hasta 16 rizomas para el progenitor Común II. Las progenies F1 de su cruce con el clon sexual mostraron un rango de 0 a 35. Se observó que la producción mínima de rizomas fue con este progenitor y su progenie que produjeron rizomas chicos en ambas poblaciones.

El número de rizomas para el progenitor Nueces fue de 33.33 mayor al promedio de la progenie que fue de 23.48. La producción de rizomas de Nueces fue la más alta y uniforme con diferencia de cinco rizomas entre la planta más productora y la menos productora (rango 30-35). Por el contrario, en su progenie F1 se observó la variación más amplia con un rango de 5 hasta 68 rizomas por planta y una diferencia de 63 rizomas entre la producción más baja y la más alta. Los rizomas de Nueces fueron grandes y en su progenie F1 fueron chicos.

En la Figura 9 se observan los promedios generales para los materiales evaluados, los más rizomatosos fueron la variedad Nueces, CS x B, CS x N y la variedad Biloela; Pecos, Común II y sus cruces con el clon sexual fueron las que presentaron un menor número de rizomas.

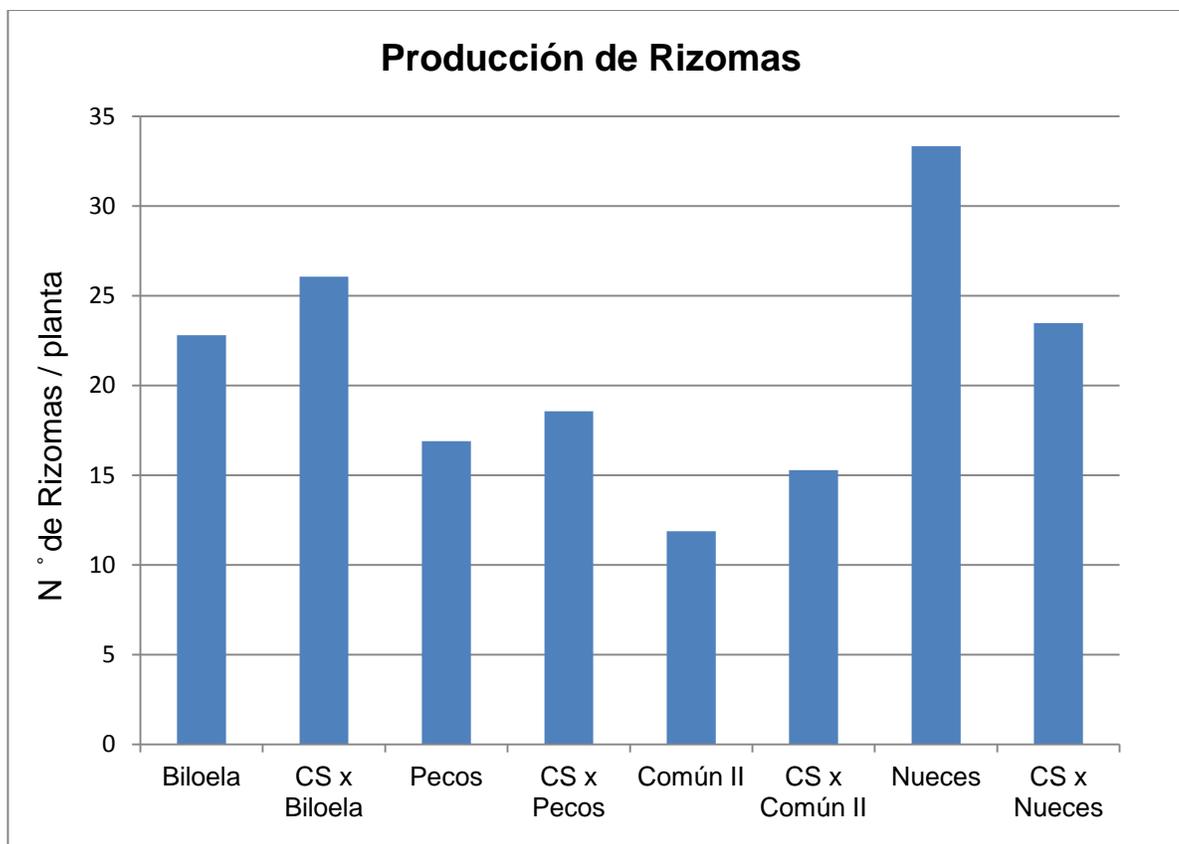


Fig. 9. Producción promedio de rizomas de cuatro progenitores y sus progenies F1 de cruas con el clon sexual.

En la Figura 10 se observa la comparación de los valores máximos y mínimos de los progenitores y sus progenies F1; en todos los casos, los valores máximos son mayores para las progenies mientras que para los valores mínimos, en todos los casos fueron menores. Cabe señalar que en la progenie cada planta es un material diferente, por lo que puede existir una mayor segregación, que nos permitirá seleccionar materiales rizomatosos y en los progenitores existe una mayor uniformidad genética, debido a su reproducción apomíctica.

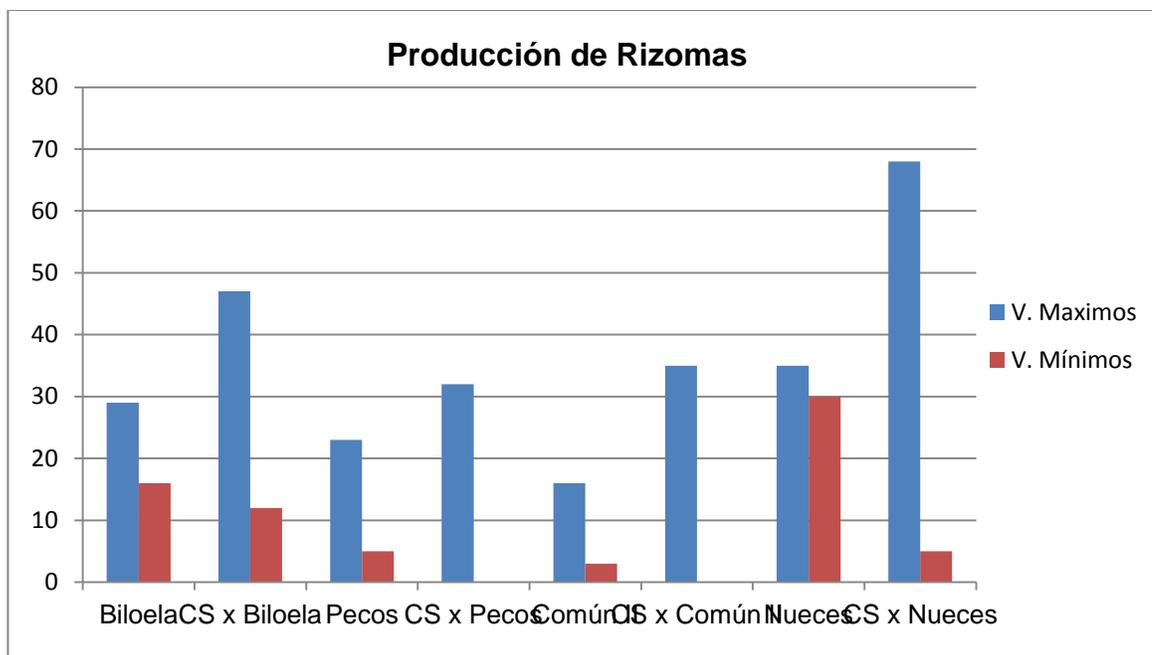


Fig. 10. Valores máximos y mínimos de rizomas de cuatro progenitores y sus progenies F1 de cruizas con el clon sexual. En las progenies de Pecos y Común II los valores mínimos fueron cero rizomas.

Variables Cualitativas

Vigor

De manera general las plantas de los progenitores fueron más vigorosas que las de su progenie. El valor promedio para Biloela en las dos fechas de evaluación fue de 4.46 y 4.5 que es un vigor cercano a excelente, el vigor de las progenies fue más bajo (3.36 y 4.08) que significa bueno a muy bueno respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7.0. Vigor, color y tamaño de panículas inmaduras y maduras y color de follaje de los progenitores y progenies F1 de sus cruzas con el clon sexual B1s. Saltillo, Coahuila 2014.

Variables	CS x B	Biloela	CS x B	Biloela
	23/10/2014		22/11/2014	
Vigor	3.36	4.46	4.08	4.5
Color de panículas inmaduras	Rojas	Rojas	Rojizo	Crema
Color de panículas maduras			Purpura	Crema
Tamaño de panículas			Ch	G
color de follaje			V	VC
Variables	CS x C II	Común II	CS x C II	Común II
Vigor	3.36	3.61	2.9	3
Color de panículas inmaduras	Rojas	Rojas	Crema	Púrpura
Color de panículas maduras			Crema	Púrpura
Tamaño de panículas			M	M
color de follaje			VC	VC
Variables	CS x Pecos	Pecos	CS x Pecos	Pecos
Vigor	3.75	4.14	3.34	4.33
Color de panículas inmaduras	Rojas	Rojas	Púrpura	Púrpura
Color de panículas maduras			Púrpura	Púrpura
Tamaño de panículas			M	G
color de follaje			V	VC
Variables	CS x N	Nueces	CS x N	Nueces
Vigor	3.69	4.38	3.51	4.22
Color de panículas inmaduras	Rojas	Rojas	Púrpura	Púrpura
Color de panículas maduras			Púrpura	Púrpura
Tamaño de panículas			M	G
color de follaje			V	VA

CS = Clon sexual *Ch= Chicas* *V= Verde*
B= Biloela *M= Medianas* *VC= Verde claro*
CII= Común II *G= Grandes* *VA= Verde Azulado*
P= Pecos
N= Nueces

Biloela es un material pentaploide de $2N=5X=40$ cromosomas (Gómez, 2009), los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los obtenidos por otros autores quienes reportan que, cruzamientos del Clon Sexual B-1S con genotipos pentaploides como progenitores macho obtuvieron híbridos débiles e infértiles (Bashaw y Hignight, 1990; Gómez, 1994). Sin embargo, dentro de su progenie hubo uno y ocho materiales en la 1° y 2° evaluación respectivamente que alcanzaron un vigor de 5.

Común II obtuvo valores promedio de 3.61 y 3 para vigor, de acuerdo a la escala utilizada se trata de un vigor bueno, su progenie obtuvo valores similares (3.36 y 2.9). Los valores promedio de vigor para Pecos fueron de 4.14 y 4.33, el vigor de su progenie fue menor (3.75 y 3.34). La cruce de B-1S x Pecos es en realidad una retrocruza con el progenitor materno, en la progenie también hubo 8 y 4 materiales en la 1° y 2° evaluación respectivamente con un vigor superior a la media de Pecos. La progenie de Nueces también es una retrocruza y los valores promedio de vigor para Nueces fueron 4.38 y 4.22, los valores para su progenie fueron más bajos (3.75 y 3.34), se encontraron 8 y 11 materiales en la 1° y 2° evaluación respectivamente con un vigor superior al promedio de Nueces.

Color de Panículas y Follaje

Las panículas de Biloela fueron grandes; sin embargo, produjo progenies con panículas chicas. Las panículas inmaduras del progenitor Biloela fueron

crema y con estigmas rojos, así como para su progenie, el color de follaje de Biloela es verde claro y en su progenie predominó el verde (Cuadro 7).

Común II tuvo panículas púrpura con estigmas rojos y su progenie de color crema con estigmas rojos. Las panículas dehiscentes del progenitor fueron púrpuras y de su progenie crema. Las panículas de ambos fueron medianas y el follaje verde claro.

El color de las panículas inmaduras y maduras para Pecos y su progenie fueron púrpuras con estigmas rojos y de tamaño grande para el progenitor y medianas para su progenie. Verde claro fue el color de follaje de Pecos y verde para su progenie.

Las panículas de Nueces fueron grandes y medianas para su progenie, las panículas inmaduras y maduras para el progenitor y su progenie fueron púrpuras con estigmas de color rojo. Nueces presentó su color característico de follaje (verde azulado) y su progenie el color promedio fue el verde.

Susceptibilidad a Enfermedades

De manera general las poblaciones de los progenitores y las progenies se mantuvieron libres de la presencia del tizón del zacate buffel (*Pyricularia grisea*), excepto en una planta de la progenie F1 de la cruce de Biloela con B1s, se observaron pequeñas pústulas características de este patógeno.

En los materiales se observó la presencia de ergot o cornezuelo (*Claviceps africana*), este patógeno se caracteriza por formar un exudado gomoso en las espiguillas e inflorescencias. Sin embargo, no afectó el experimento, ya que debido a las condiciones climatológicas su presencia se redujo a una semana, tiempo en el cual no se cosechó semilla para evitar la diseminación del patógeno. La ventaja del zacate buffel es que la maduración de la semilla no es uniforme, por lo que el daño ocasionado fue mínimo.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivaron de la presente investigación fueron:

Las cruzas del clon sexual **TAM-CRD-B1s** con las variedades apomícticas Nueces, Pecos, Biloela y CII producen progenies F1 que incluyen segregantes que superan en altura de planta al progenitor masculino en todos los casos; lo cual sustenta que la selección de plantas F1 de zacate buffel de mayor altura puede ser un criterio indirecto a utilizar en el mejoramiento genético de esta especie que tenga como objetivo mayor producción de forraje.

El uso de variedades que inician la producción de las panículas en menos días de crecimiento, como es el caso de Común II, produce plantas F1 más precoces que las variedades rizomatosas Nueces, Pecos, Biloela y las progenies F1.

La producción de panículas resultó mayor en el progenitor CII y entre las cuatro progenies F1, la pro genie de CII también tuvo la mayor producción de panículas, estos resultados permiten concluir que esta variable está bajo control genético.

La producción de biomasa verde o seca fue mayor en las tres variedades rizomatosas y CII tuvo la producción más baja de lo cual se puede inferir razonadamente que el rendimiento de biomasa tiene como componente importante la altura de planta y es posible mejorarlo por selección indirecta en fases iniciales de un programa de mejoramiento genético cuando se tienen poblaciones altas.

La producción de rizomas en zacate buffel está bajo control genético dado que la variedad no rizomatosa CII produjo la menor cantidad de rizomas comparada con las variedades Nueces, Biloela y Pecos.

Mediante selección es factible mejorar la producción de rizomas por planta ya que en cada progenie F1 aparecieron segregantes con el doble de rizomas que los producidos por su progenitor masculino, con Nueces mostrando mayor potencial por producir la planta F1 con el número más alto (68) de rizomas.

LITERATURA CITADA

- Acalco H., M. 2013. Potencial forrajero de variedades comerciales y líneas elite experimentales de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) en un suelo arcilloso y salino del sureste de Coahuila. Tesis. Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 60p.
- Ackerman, B. A. y D. J. Gordon. 1991. Gramíneas de Sonora. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostaderos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Hermosillo, Sonora.
- Agostini, J.J., J.A. Morales, and D. Enkerlin 1981. Yield and quality of two hybrids of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) damaged by different population of the Spittlebug (*Aeneolamia albofaciata*) and (*Prosapia similans*). In Spanish. *Agronomía* 200: 42-47.
- Aguilar P., D. 2013. Comportamiento del zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) variedad Laredo, otras variedades comerciales y líneas experimentales en el norte de Coahuila. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 75 p.
- Alcalá G., C.H. 1995. Origen geográfico y características biológicas del pasto buffel. Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del estado de Sonora A.C. Hermosillo, Son. México. pp. 9-14.
- Anderson, E. R. 1970. Effect of flooding on tropical grasses. In: Proc. 11th Int-Grassland Congress. Surfers Paradise. pp. 591-594.
- Angassa, A. and R.M.T. Baars. 2000. Ecological condition of encroached and non-encroached rangelands in Borana, Ethiopia. *African Journal of Ecology* 38: 321-329.
- Ashraf, M.Y., S.A. Ala and A.S. Bhatti. 1998. Nutritional imbalance in wheat genotypes grown at soil water stress. *Acta Physiology Plantarum* 20: 307-10.

- Ayerza, R. 1981. El buffelgrass: Utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Editorial Hemisferio Sur. S.A. Buenos Aires, Argentina. 139 p.
- Bashaw, E.C. 1962. Apomixis and sexuality in buffelgrass. *Crop Sci.* 2:412-415.
- Bashaw, E.C. 1969. Registration of Buffelgrass germplasm. *Crop Sci.* 9: 396.
- Bashaw, E.C. 1980. Registration of Nueces and Llano buffelgrass. *Crop Sci.* 2:1-6.
- 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.
- Bashaw, E.C. and K.W. Hignight. 1990. Gene transfer in apomictic buffelgrass through fertilization of an unreduced egg. *Crop Sci.* 30:571-575.
- Bath, V., K.K. Dwivedi, J.P. Khurana and S.K. Sopory. 2005. Apomixis: An enigma with potential applications. Special Section: Embriology of Flowering Plants. *Current Sci.* 89 (11) 1879-1893.
- Beltrán L. S. y C. Loredó O. 2002 Reconversión de áreas agrícolas marginales a praderas de pasto buffel. Folleto Técnico Núm. 36. INIFAP – CIRNE – C. E. San Luis Potosí. S.L.P. 16 p.
- Bogdan, A.V. 1997. Pastos tropicales y plantas forrajeras. AGT Editor, S.A. México, D.F. 461 p.
- Bray, R.A. 1978. Evidence for facultative apomixis in *Cenchrus ciliaris*. *Euphytica* 27:801-804.
- Cavaye, J.M. 1991. The buffel book: A guide to buffel grass pasture development in Queensland. Info. Ser. Q1 90001. Queensland Department Primary Industry. Brisbane, Australia.
- Cavazos, R.O. y Cordero, O.H. 1991. Producción de semilla y forraje del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) var. Americano fertilizado con nitrógeno y fósforo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp.1-32.
- 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.

- Cook, B.G. 2007. Buffelgrass. A collaboration between, AWI, GRDC, MLA, RIRDC and Dairy Australia.
- Cook, B.G., B. Pengelly, S.D. Brown, J.L. Donnelly, D.A. Eagles, M.A. Franco, J. Hanson, B.F. Mullen, I.J. Patrige, M. Peters and R. Schultze-Kraft. 2005. Tropical forages: An interactive selection tool. (CD-ROM) CSIRO, DPI & F, CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- Cox, J.R. 1991. El zacate buffel: Historia y establecimiento, un acercamiento internacional para seleccionar sitios de siembra e implicaciones en la agricultura del futuro. En: A. Aguirre, E. Candanosa y E. Gómez (Eds.), Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. Simposium Internacional. Séptimo Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamp. México pp. 60-66.
- 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.
- Daher, R.F., A. Vander P., M. Gonzaga P., F.J. Da Silva L., A. Teixeira Do A., J.M. Anda R., C. Fortes F. and F. Dessaune Tardin. 2004. Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência Rural* 34: 1531-1535.
- De León, M. 2004. Ampliando la frontera ganadera. Informe Técnico INTA No. 1: 28 p.
- Díaz F., A. y A. Méndez R. 2005. El tizón de la hoja [*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.] en praderas de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y respuesta de genotipos en el Norte de Tamaulipas, México. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, Apdo. Postal 172, Río Bravo, Tamaulipas México. 23(3): 6 p.
- Eguiarte V., J.A. y S. González A. 1993. Avances en las investigaciones del buffel Biloela en la región del Pacífico. I. Producción de semilla y forraje. *Pastos y Forrajes* 16 (3): 227-236.
- Ferguson, L. 1978. Sistemas de producción de semillas de especies forrajeras en América Latina. Seminario sobre producción y utilización de forrajes en suelos tropicales ácidos e infértiles. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p.180.
- 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.

- FONAIAP. 1987. El pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) forraje promisorio para las zonas semiáridas. DIVULGA No. 25. Venezuela.
- Franca, A., A. Loi and W.J. Davies. 1998. Selection of annual ryegrass for adaptation to semi-arid conditions. *European Journal of Agronomy* 9: 71-78.
- García, E. 1986. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. UNAM, México D.F. pp. 246-247.
- García U., J.A., C. Lastra, C. Salas y M. Medina M. 2005. Estudios en gramíneas (*Poaceae*) de Colombia: veinte novedades cronológicas. *Caldasia* 27 (1):131-145.
- Garza C., R.D., J. Flores T, P. Zárate F. 2010. Alternativas forrajeras para los sistemas de producción animal en el norte de Tamaulipas. En: Memoria Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Campeche, Camp. México 394 p.
- Giraud, M. 2003. Buffelgrass, El Pasto. Sitio Argentino de Producción Animal. Marca Líquida Agropecuaria. Córdoba 13 (121):17-21.
- Gómez M., S. 1994. Autofecundación e hibridación en un clon sexual del zacate apomíctico *Cenchrus ciliaris* L. Tesis Maestría. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 110p.
- 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. 2002. Fertilización nitrogenada y fechas de aplicación en la producción de semilla de zacate buffel. Memoria XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 1 al 5 de sep. Saltillo, Coah. México. p 207.
- González C., L. and G.V. Látigo. 1981. Root plowing, front-end stacking, and seeding effects on herbaceous plant species composition. *J. Range Manage.* 34:460-465.
- González C., L. and J.D. Dodd. 1979. Production response of native and introduced grasses to mechanical brush manipulation, seeding, and fertilization. *J. Range Manage.* 32~305-309.

- González D., J. R. 1998. Generación de nuevos cultivares en gramíneas forrajeras apomícticas. Memorias. Primer Simposium Internacional de Semillas Forrajeras. 23-25 de septiembre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Buenavista, Saltillo, Coah. México, Saltillo, Coahuila, México.
- González D., J.R. 2002. El tizón del zacate buffel. Una nueva enfermedad que amenaza a los pastizales de las zonas semiáridas. Boletín Divulgativo Especial. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México 20p.
- González D., J. R y A. Gaytán M. 1992. Fertilización, rendimiento, pureza y calidad de semilla de dos variedades de zacate banderilla. Rev. Fitotec. Mex. 15:159-168.
- 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. y S. Gómez M. 2000. Nuevos híbridos del zacate apomíctico buffel. Memorias Foro de Investigación: Avances y Resultados, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dirección de Investigación. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 19-24.
- González D., J.R., S. Gómez M. y L. Pérez P. 1998. Componentes del rendimiento de semilla en híbridos apomícticos de *Cenchrus ciliaris* resistentes a *Pyricularia grisea*. Memorias XVII Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Acapulco, Guerrero. p. 60.
- González D., J.R, S. Gómez M. y C. Vázquez M. 2000. Rendimiento de semilla y sus componentes en una línea hexaploide de zacate buffel. Memoria XVII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. 15-20 oct. Irapuato, Guanajuato, México. p. 276.
- Gould, F.W. 1975. The Grasses of Texas. College Station, Texas A&M University Press.
- Graham, T.W. and L.R. Humphreys. 1970. Salinity response of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). Australian Journal of Agriculture and Animal Husbandry 10:725-728.

- Griffa S., A. Ribotta y C. Luna. 2011. Evaluación morfológica del cultivar de Buffelgrass "Lucero INTA-PEMAN" en condiciones de sequía. *Rev. Inv. Agrop.* 37 (1): 86-91.
- Griffa, S., A. Ribotta., C.Luna., E. López C., E. Tommasino., E. Carloni., M. Quiroga y K. Grunberg. 2010. Evaluación de componentes de producción de semillas mediante análisis de coeficiente de sendero en *Cenchrus spp.* Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras, Instituto Fitotécnico de Santa Catalina, Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina p.133.
- Gupta, J. 1997. The climate change convention and developing countries: from conflict to consensus?. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- 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 Licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México. 87 p.
- Hanselka, C. W. 1988. Buffelgrass South Texas wonder grass. *Rangeland* 10:279-281.
- Hanselka, C. W. and D. Johnson. 1991. Establecimiento y manejo de praderas de zacate buffel Común en el sur de Texas y en México. En: A. Aguirre, E. Candanosa y E. Gómez (Eds.), *Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. Simposium Internacional. Séptimo Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamp. México* pp. 54-55.
- Hanselka, C.W., M.A. Hussey and F. Ibarra F. 2004. Buffelgrass. In: Segoe Rd. (ed.) *Warm- Season (C₄) Grasses, Agronomy Monograph No. 45.* pp. 477-502. American Society of America.
- Hanson, A. A. 1972. Grass varieties in the United States. Agricultural Research Service. USDA. Agriculture Handbook N° 170. pp. 39-40.
- Holt, E.C. 1985. Buffelgrass-a brief history, In: E.C.A. Runge and J.L. Schuster (eds.) *Buffel grass. 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. 1-5.

- Houghton, J.T., L.G. Meira F., B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell. 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press.
- Huss D., L. 1970. Siembra, mejoramiento y manejo de pastizales de buffel. Ed. Especial para la asociación ganadera del municipio de General Bravo, N.L. Pub. ITESM Monterrey, N.L. México.
- Ibarra F., F. 1994. A comparison of climatic and edaphic conditions at buffelgrass seeding sites in North America and at seed collection sites in Africa. Ph. D. Dissertation. Utah State University, Logan, Utah. 109 p.
- 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. En: A. Aguirre, E. Candanosa y E. Gómez (Eds.), *Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel*. Simposium Internacional. Séptimo Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamp. México p. 14-28.
- Ibarra F. F., J.R. Cox., M.H. Martin, T. Crowl and C.A. Call. 1995. Predicting buffelgrass survival across a geographical and environment gradient. *J. Range Manage.* 48:53-59.
- 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. pp. 85-108.
- Ilahi, I. 1982. Plant behavior under water stress. *Pakistan Journal of Botany* 14:40-44.
- INIFAP. 2008. Rancho Experimental La Campana. 50 años de investigación y transferencia en pastizales y producción animal. A.H. Chávez S. (Compilador). Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Centro de Investigación Regional Norte-Centro INIFAP CIRNOC. Chihuahua, Chih. México. 213 p.
- Jones, R.J. and P.E. Bartholome. 1973. Production curves for pastures and veld. *Proc. Grassl. Soc. S. Afr.* 8:47-52.
- Kamoshita, A., R. Rodríguez., A. Yamauchi. and L. J. Wade. 2004. Genotypic variation in response of rained lowland rice to prolonged drought and rewatering. *Plant Prod. Sci.* 4:406-420.

- Karsten, H.D. and J.M. Macadam. 2001. Effect of drought on growth, carbohydrates and soil water use by perennial ryegrass, tall fescue and white clover. *Crop Sci.* 41:156-166.
- Khan, C. 1971. Rainfall pattern and monthly forage yields in Thal ranges of Pakistan. *J. Manage.* 24:66-70.
- Koltunow, A.M., R.A. Bicknell and A.M. Chaudhury. 1995. Apomixis: molecular strategies for the generation of genetically identical seeds without fertilization. *Plant Physiol.* 108:1345-1352.
- Kyu-Ock, Y. and D.E. Bayer. 1997. Rhizome expression in a selected cross in the *Sorghum* genus. *Euphytica* 94: 253-256.
- Landschoot, P.J. 1992. Gray leaf spot of perennial ryegrass turf in Pennsylvania. *Plant Disease* 76:1280-1282.
- López M., D. 2015. Variabilidad genética en zacate buffel para producción de forraje, semilla y captura de CO₂. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 141 p.
- Loredo O.C., S. Beltrán L., J. Villanueva D. y J. Urrutia M. 2005. Establecimiento de pasto Buffel para el control de la erosión hídrica. Folleto Técnico Núm. 26. INIFAP CIRNE C.E. San Luís Potosí, S.L.P. 32 p.
- Mansoor, U., H. Mansoor., A. Wahid. y R. A. 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., R.J. Cox and F. Ibarra F. 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonora desert. *J. of Range Manage.* 48:60-63.
- Mc Whorter, E.G. 1961. Morphology and developement of Johnson-grass plants from seeds and rhizomes. *Weeds* 9: 558-562.
- Molina S., I., T. R. Gana, y H. Torres. 1976. La producción de carne de Indias y zacate buffel con dos dosis de fertilizantes, durante un año en Tizimín, Yucatán. *Técnica Pecuaria en México* 31:17-21.
- Morales T., L. 2013. Caracterización de genotipos apomícticos de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) derivados por cruzamiento de hembra sexual por macho apomíctico. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coah. 92 p.

- Noyes, R.D. and Rieseberg L.H. 2000. Two independent loci control agamospermy (apomixis) in the triploid flowering plant *Erigeron annuus*. *Genetics* 155: 379–390.
- Ocuppaugh, W. and O. Rodríguez. 1998. Pasture forage production: Integration of improved pasture species into South Texas livestock production systems. *Proceedings Management of Grazinglands in Northern Mexico and South of Texas. Workshop. Texas A & M. International University. Laredo, Tx. pp. 49-60.*
- Ortega-Ochoa, C. D. 2012. El rol de los pastos en períodos recurrentes de sequía: retos y oportunidades en el manejo de pastizales. 2da. Reunión Internacional conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. Zacatecas, México. pp. 159-164.
- Paull, C.J. and G. R. Lee. 1978. Buffel grass in Queensland. *Queensland Agric. Journal* 104: 57-75. Australia.
- Pemán, O. & Asociados S.A. 2003. Buffelgrass. En: Sitio Argentino de producción animal. Producción y manejo de pasturas. Megatérmicas. Folleto Jesús María, Cba. Monografía. <http://www.produccion-animal.com.ar/portal.htm>.
- Pogue Agri Partners Inc. (s.f.). Pecos Buffelgrass. Blight and drought tolerant. Tríptico.
- Quero C., A.R., J.F. Enríquez Q., C. R. Morales N. y L. Miranda J. 2010. Apomixis y su importancia en la selección y mejoramiento de gramíneas forrajeras tropicales. Revisión. *Rev. Mex. de Ciencias Pec.* 1(1):25-42.
- Ramírez G., F., M. H. Reyes V., J. R. González D., S. Gómez M. y V. Robledo T. 1998. Determinación del número cromosómico en seis materiales de zacate buffel. *Memorias XVII Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Universidad Autónoma de Guerrero. México. p. 397.*
- Rao, A.S., K.C. Singh, and J.R. Wringht. 1996. Productivity of *Cenchrus ciliaris* relation to rainfall and fertilization. *J. Range Manage.* 49:143-146.
- Robles S., R. 1983. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa. Segunda Edición. México, D.F. 587 p.
- Robles S., R., O. Eichelmann B. y O. Alvarado A. 1990. Cultivo del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). En: R. Robles S. (ed.) Producción de granos y forrajes. Quinta edición. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 442-455.

- 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.
- Rodriguez O., J. Gonzalez-Dominguez., J.P. Krausz, G.N. Odvody, J.P. Wilson W.W. Hanna and M. Levy. 1999. First Report and epidemic of buffelgrass blight caused by *Pyricularia grisea* in South Texas. Plant Disease 83:398
- Ronald, F. and A. R. Debbie. 2010. Soil carbon sequestration in Grazing Lands: Societal Benefits and Policy Implications. Rangeland Ecology & Management 63 (1): 4-15.
- Rossi, C.A. 2005. Utilización del "Buffelgrass" (*Cenchrus ciliaris*) para la recuperación de pastizales degradados en la Región Árida Subtropical. Sitio Argentino de Producción Animal. Pcia. De Bs As., Argentina.
- Ruiz C., J. A. 2012. Adaptar la agricultura al cambio climático. En: Cambio climático. Revista Ciencia. 63 (4): 76-83.
- Ruiz C., J. A. y J. R. Regalado. 2012. Cambio climático y su impacto sobre la producción de alimentos de origen agrícola en Jalisco en el mundo contemporáneo. Enciclopedia de la época.
- SAGARPA. 2012. Estadística de praderas de Buffel y otros pastos. Informe interno. Secretaria de Agricultura, Ganadería Recursos Hidráulicos Pesca y Alimentación. Hermosillo, Sonora, México
- <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sonora/Paginas/default.aspx>
- Saldívar F., A. 1991. Ecosistemas del zacate buffel en Tamaulipas: Aprovechamiento Integral. En: A. Aguirre, E. Candanosa y E. Gómez (Eds.), Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. Simposium Internacional. Séptimo Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamp. México pp. 42-51.
- Sánchez R., G. 1976. Producción de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en Ajuchitlan, Gro. Tesis. Licenciatura. UACH. Chapingo, México. 86 p.
- Seller, P. 1993. Assimilate allocation in response to water deficit stress, International Crop Science I, Crop Society of America. pp. 733-738.
- SEMARNAT. 2012. Cambio climático: una reflexión desde México.

- Shafer, G.S., B.L. Burson and M.A. Hussey. 2000. Stigma receptivity and seed set in protogynous Buffelgrass. *Crop Sci.* 40:391-397.
- Sharif-Zadeh, F. and A. Murdoch. 2000. The effects of different maturation conditions on seed dormancy and germination of *Cenchrus ciliaris*. *Seed Sci. Res.* 10:447-457.
- Sherwood, R.T., B.A. Young, and E.C. Bashaw. 1980. Facultative apomixis in buffelgrass. *Crop Sci.* 20:375-379.
- 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.
- Taliaferro, C.M. and E.C. Bashaw. 1966. Inheritance and control of obligate apomixes in breeding buffelgrass *Pennisetum ciliare*. *Bot. Gaz.* 116: 209-221.
- Townsend, P.A., M.A. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, R.H. Buolde meier and D.R.B. Stockwell. 2002. Future productions for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416:626-629.
- USDA. 2016. Classification for kingdom plantae. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation. USA. <http://plants.usda.gov> 5 de Abril 2016.
- Washburn, J.D., D.K. Whitmire, S.C. Murray, B.L. Burson, T.A. Wickersham, J.J. Heitholt and R.W. Jessup. 2013. Estimation of rhizome composition and overwintering ability in perennial *Sorghum spp.* using near infrared spectroscopy (NIRS). *Bio Energy Research* 6 (29):822-829.