

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Caracterización Morfológica de Nuevos Híbridos Apomícticos de Zacate Buffel
Adaptados al Semidesierto

Por:

CLEMENTE AGUILAR PAULINO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Caracterización Morfológica de Nuevos Híbridos Apomicticos de Zacate Buffel
Adaptados al Semidesierto

Por:

CLEMENTE AGUILAR PAULINO

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 Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.
Septiembre de 2019



DEDICATORIA

A mis Abuelos: Genaro Aguilar (+), Guadalupe Guzmán (+), Juan Paulino (+) y Felipa Mateo (+), siendo testigos del inicio de mi formación y aunque ya no estén en este momento importante de mi vida, los llevo en cada una de mis oraciones, teniendo el reflejo de esas nobles personas en mis padres.

A mis Padres: Clemente Aguilar Guzmán y Francisca Paulino Mateo, personas que amo, respeto y admiro, quienes siempre confiaron en mí, me dieron alas para salir del nido, entregándome su amor y sabios consejos que siempre llevo en cada uno de mis pensamientos, así como a ellos, la meta que hoy se cumple también es un logro de ellos.

A mis Hermanos: Daniel y Rolando quienes siempre con sus palabras me dieron fortaleza y aliento para seguir adelante, depositando su confianza en mí, Daniel tú que en algún momento plasmaste lo siguiente: Tito te exhorto para que en un mañana seas tú también quien escriba unas líneas en un trabajo como este. El mañana al que te referías es hoy y la meta se ha cumplido.

A mis Tíos y Primos: Ustedes con quienes he compartido grandes momentos de mi infancia, adolescencia hoy también les comparto este triunfo.

A mi Novia: Bianca García gracias por tu apoyo incondicional en esta etapa importante de nuestras vidas, por tu amor en las buenas y en las malas, por tus consejos y compartir momentos inolvidables en esta nuestra formación académica.

A mi Amigos: somos la familia que elegimos, compartiendo momentos que perduraran en nuestros recuerdos, José, Edgar, Citlalli y Ricardo no solo compartimos aulas, también compartimos el sentimiento de la amistad Dios mantenga esta amistad muchos años más.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: *Por guiarme por el camino correcto, darme fortaleza en momentos difíciles, haberme puesto en mi camino a maravillosas personas y otorgarme la dicha de tener una gran familia que han sido pilar importante para cumplir mis metas.*

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: *Que me acogió desde hace unos años, regalándome maravillosos momentos y entre sus aulas adquiriendo conocimientos, hoy se ha forjado un nuevo profesionalista orgullosamente “Buitre” de la gloriosa “Antonio Narro”.*

A la Dra. Susana Gómez Martínez: *Por confiar en mí y darme la oportunidad de integrarme a su equipo de trabajo, por su paciencia, tiempo dedicado, por ser el gran ser humano que es y en estas líneas expresarle de manera más sincera mi respeto y admiración por las enseñanzas que me ha dejado.*

Al Dr. Juan Manuel Martínez Reyna: *Por sus enseñanzas durante mi formación en el Equipo Internacional de Identificación de Plantas Pastizales, por la atención brindada como mi asesor durante las Prácticas Profesionales y por las observaciones realizadas a este trabajo.*

Al Dr. Jorge Raúl González Domínguez: *Por el apoyo otorgado durante el trabajo en campo, por observaciones a este trabajo y aportes al mismo.*

Al Sr. Hipólito Medrano Coronado: *Compartiendo horas de trabajo se dio una amistad teniendo en común el amor al campo, él jugando un papel importante en el desarrollo de este trabajo.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	vii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Protección de Variedades Vegetales.....	5
Título de Obtentor.....	6
Derecho de Obtentor.....	6
Caracterización Morfológica.....	8
Importancia del Zacate Buffel.....	11
Origen y Distribución del Zacate Buffel.....	12
Clasificación Taxonómica.....	14
Usos del Zacate Buffel.....	14
Requerimientos Edáficos y Climáticos.....	15
Precipitación.....	16
Temperatura.....	17
Morfología del Zacate Buffel.....	17
Sistema Radicular.....	17
Tallos.....	18
Hojas.....	18
Inflorescencias.....	18
Apomixis.....	19
Mejoramiento Genético de Especies Forrajeras Perennes.....	19
Selección de Ecotipos.....	20
Hibridación.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS	22
Descripción del Sitio Experimental.....	22
Material Genético.....	22
Híbridos Apomícticos.....	22

Buffel Común (T-4464)	23
Biloela.....	23
Pecos (AN17PS)	24
Laredo	24
Común II.....	25
Metodología	26
Siembra	26
Trasplante	26
Riegos y Fertilizaciones.....	26
Número de Panículas por Planta.....	26
Descriptores Morfológicos de la Inflorescencia.....	27
Longitud de Panícula	27
Número y Peso de Involucros por Panícula	27
Densidad de Panícula.....	28
Número y Peso de Cariópsides por Panícula.....	28
Porcentaje de Fertilidad.....	28
Longitud de la Cerda más Larga.....	28
Descriptores Morfológicos de Tallo y Hoja	28
Longitud del Tallo más Alto.....	29
Longitud del Entrenudo Superior	29
Grosor de los Nudos.....	29
Número de Nudos.....	29
Longitud de Entrenudos.....	29
Número de Ramificaciones.....	29
Longitud y Ancho de la Hoja Bandera (LHB y AHB).....	30
Longitud y Ancho de la Hoja Media (LHM y AHM)	30
Altura de Planta.....	30
Biomasa Verde y Biomasa Seca	30
Diseño Experimental	31
Análisis Estadístico	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
Producción de Panículas por Planta.....	33
Descriptores Morfológicos de la Inflorescencia de Genotipos de Zacate Buffel	37

Longitud de Panícula.....	37
Número y Peso de Involucros por Panícula	38
Densidad de Panícula.....	40
Número y Peso de Cariópsides por Panícula.....	41
Porcentaje de Fertilidad.....	43
Longitud de la Cerda más Larga (LCL)	45
Descriptores Morfológicos del Tallo y la Hoja de Genotipos de Zacate Buffel	46
Longitud del Tallo más Alto.....	46
Longitud del Entrenudo Superior	48
Número de Nudos y Longitud de Entrenudos	50
Longitud de Entrenudos.....	50
Grosor de los Nudos.....	51
Número de Ramificaciones.....	53
Longitud y Ancho de la Hoja Bandera (LHB y AHB).....	53
Longitud y Ancho de la Hoja Media (LHM y AHM)	55
Altura de Planta.....	56
Biomasa Verde y Biomasa Seca	59
CONCLUSIONES	63
LITERATURA CITADA	64

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
1	Cuadrados medios de número de panículas por planta en cuatro evaluaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	33
2	Comparación de medias de panículas por planta en cuatro evaluaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	34
3	Cuadrados medios de longitud, número y peso de involucros por panículas de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	37
4	Comparación de medias de longitud, número y peso de involucros por panícula de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	38
5	Cuadrados medios de densidad de panícula, número y peso de cariósides por planta de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	40
6	Comparación de medias de densidad de panícula, número y peso de cariósides por planta de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	41
7	Cuadrados medios de porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	44
8	Comparación de medias de porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	45
9	Cuadrados medios de longitud del tallo más alto de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	46
10	Comparación de medias de longitud de tallo más alto de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
11	Cuadrados medios de longitud del entrenudo superior, número de nudos y longitud de entrenudos de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	48
12	Comparación de medias de longitud del entrenudo superior, número de nudos y longitud de entrenudos de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	49
13	Cuadrados medios de grosor de los nudos y ramificaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017...	51
14	Comparación de medias grosor de los nudos y ramificaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	52
15	Cuadrados medios de longitud y ancho de la hoja bandera, longitud y ancho de hoja media de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017	54
16	Comparación de medias de longitud y ancho de hoja bandera, longitud y ancho de hoja media de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	55
17	Cuadrados medios de altura de planta en tres evaluaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017...	57
18	Comparación de medias de altura de planta en tres evaluaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	58
19	Cuadrados medios de peso de biomasa verde y biomasa seca de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017.....	60
20	Comparación de medias de biomasa verde y biomasa seca de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coahuila. 2017..	61

INTRODUCCIÓN

El zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) es una especie forrajera perenne importante en los pastizales africanos, donde existe una gran variabilidad genética por lo que se considera su centro de origen. Fue introducido a México a finales de la década de los cincuenta y principios de la década de los sesenta, con la finalidad de incrementar la producción de forraje para el ganado en las zonas áridas, semiáridas, tropicales y subtropicales del país. El zacate buffel es la especie de mayor importancia, en las regiones áridas y semiáridas de México, para la rehabilitación de agostaderos, ya que representa una buena alternativa para mejorar la productividad, en áreas donde han desaparecido pastos nativos debido a las sequías prolongadas y al sobrepastoreo. *P. ciliare* se introdujo para el establecimiento de nuevas praderas e incrementar la producción en los sistemas ganaderos. En un 95% de la superficie ocupada por el zacate buffel predomina la variedad Común.

Actualmente uno de los principales problemas a nivel mundial es el cambio climático causado por un aumento en la concentración de CO₂, que trae como consecuencia, entre otros, la elevación de la temperatura promedio del planeta, el crecimiento del nivel promedio del mar y la disminución del hielo ártico. Una de las alternativas para enfrentar los retos del cambio climático es a través del desarrollo de variedades vegetales que tengan la capacidad de secuestrar

carbono y estén adaptadas a las condiciones climáticas y adversas de las zonas áridas. El zacate buffel por sus características agronómicas de fácil establecimiento, tolerancia a las sequías y alto potencial forrajero, es una buena alternativa para disminuir las concentraciones de CO₂. Estudios demuestran que los suelos establecidos con buffel presentaron cambios en comparación con la vegetación nativa, el carbono de la masa microbiana incrementó 1.6 veces en las praderas establecidas con esta especie, la posible respuesta a este fenómeno se debe a la descomposición de las raíces aportando un 90% de la entrada de carbono al suelo (Morales-Romero *et al.*, 2015). En los suelos donde se estableció buffel, la infiltración de agua aumentó, así mismo se redujeron los escurrimientos superficiales traduciéndose en una disminución en la erosión hídrica del suelo (Velásquez *et al.*, 2014; Cruz *et al.*, 2016).

Villa-Reyes y Barrera (2016) mencionan que el zacate buffel incluso después de un incendio tiene la capacidad de rebrotar y germinar bajo un amplio rango de condiciones ambientales; esto se debe a que presenta una serie de estructuras en la semilla que sirven como un mecanismo de protección ante las altas temperaturas, que pueden ser de hasta 120°C (Mc Donald y Mc Pherson, 2013).

La reproducción del zacate buffel es mediante apomixis, lo que implica que no hay variabilidad genética, por lo que toda la progenie es idéntica al progenitor femenino. La apomixis se consideró durante mucho tiempo como un obstáculo para el mejoramiento genético de especies vegetales, así como un amortiguador a la evolución. Este obstáculo fue eliminado cuando un genotipo de reproducción

sexual fue utilizado como progenitor femenino en cruzamientos con genotipos apomícticos como machos.

El mejoramiento genético del zacate buffel se ha enfocado a mejorar las características relacionadas a la producción de forraje y semilla, tolerancia a enfermedades, tolerancia a sequías, etc. produciendo nuevos genotipos que han sido introducido al mercado por medio de compañías productoras de semilla.

La UAAAN cuenta con un Programa de Pastos, el cual, desde sus inicios en 1971, ha generado variedades mejoradas de gramíneas forrajeras perennes adaptadas a las zonas semiáridas, especies nativas o introducidas. El Programa de Hibridación de Zacate Buffel perteneciente a la UAAAN, remonta sus inicios a 1989, esto un año antes de la aparición del tizón del zacate buffel en Ocampo, Coahuila. Un gran número de variedades comerciales de zacate buffel fueron susceptibles a este patógeno, en el caso de los materiales experimentales permitió incluir un criterio más de selección, desarrollando genotipos resistentes a *Pycularia grisea* causante del tizón del zacate buffel, como el H17 que fue el primer híbrido comercializado en Estados Unidos como Pecos.

El Programa de Pastos de la UAAAN ha continuado con la generación de genotipos de zacate buffel, mismos que deben ser caracterizados para gestionar su propiedad intelectual. La caracterización es utilizada para describir caracteres morfológicos y fenológicos que permiten identificar especies, de igual manera ayudan a verificar el grado de variación que poseen los genotipos. Para llevar a cabo la caracterización se utilizan descriptores morfológicos que suministran

información que permite diferenciar los materiales y se evita la duplicación del mismo, y de esta forma tramitar el Título de Obtentor, que de acuerdo a la Ley un obtentor, es una persona física o moral que ha desarrollado u obtenido una variedad vegetal de cualquier género o especie mediante un proceso de mejoramiento genético la cual deberá ser nueva, estable, homogénea y distinta a la variedad más utilizada.

Objetivos

- Caracterizar morfológicamente seis híbridos apomícticos de zacate buffel.
- Detectar características que permitan diferenciar los híbridos de la variedad Común.
- Identificar a los híbridos con mejor comportamiento agronómico y de interés comercial.

Hipótesis

- Por lo menos uno de los híbridos apomícticos se distinguirá de la variedad Común, en al menos una característica.

Palabras Clave: Caracterización morfológica, Híbridos Apomícticos, Involucros, Panículas, *Pennisetum ciliare* L.

REVISIÓN DE LITERATURA

Protección de Variedades Vegetales

La Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) es una organización intergubernamental con sede en Ginebra, Suiza, con el propósito de fomentar un sistema eficaz para la protección de las variedades vegetales y promover la obtención de nuevas variedades vegetales para beneficio de la sociedad (UPOV, 2018). La mayoría de los países y organizaciones intergubernamentales que han introducido un sistema de protección de las obtenciones vegetales lo han realizado con base en el Convenio de la UPOV con el fin de proporcionar un sistema eficaz y reconocido a nivel internacional. Este convenio proporciona a los miembros de esta organización las bases para fomentar el fitomejoramiento por medio de la concesión de un derecho de propiedad intelectual a los obtentores de nuevas variedades vegetales: el Título de Obtentor, para obtener la protección. En el marco del Convenio, el Título de Obtentor sólo se concede cuando la variedad es: nueva, distinta, homogénea y estable, y se le ha designado una denominación adecuada. El derecho de obtentor no aplica en los siguientes casos: i) en un marco privado con fines no comerciales, ii) con fines experimentales o iii) a los fines de la obtención de nuevas variedades.

Título de Obtentor

Es un derecho que consiste en el reconocimiento que el Estado hace, a través del otorgamiento de un Título de Obtentor, a favor de una persona física o moral, que haya obtenido y desarrollado una variedad vegetal de cualquier género y especie mediante un proceso de mejoramiento, la cual deberá ser nueva, distinta, estable y homogénea. Con base en el título de obtentor, el Estado protege y otorga a favor de su titular los siguientes derechos: Ser reconocido como obtentor de una variedad vegetal, este derecho es intransferible e imprescriptible. Así mismo como aprovechar y explotar, en forma exclusiva y de manera temporal, por sí o por terceros con su consentimiento, una variedad vegetal y su material de propagación, para su producción, reproducción, distribución o venta, así como para la producción de otras variedades vegetales e híbridos con fines comerciales (SNICS, 2016a).

Derecho de Obtentor

En el reglamento de la Ley General de Variedades Vegetales, se encuentran contenidos los derechos de obtentor, así como las disposiciones administrativas, sanciones, responsabilidades, etc. El certificado que se emite como reconocimiento de dicho derecho, se conoce como Título de Obtentor. Es importante conferir derechos a los obtentores; ya que, con ello se alienta y promueve la investigación, innovación y generación de nuevos materiales que beneficiarán directamente a la sociedad (SNICS, 2016b).

La duración de un derecho de obtentor es de: dieciocho años para especies perennes (forestales, frutícolas, vides, ornamentales, zacates etc.) y sus portainjertos y a las especies no incluidas en el inciso anterior de acuerdo con la Ley Federal de Variedades Vegetales es de quince años, establece que estos plazos se contarán a partir de la fecha de expedición del título de obtentor y una vez transcurridos, la variedad vegetal, su aprovechamiento y explotación, serán del dominio público.

De acuerdo con el SNICS (2016c) la Ley Federal de Variedades Vegetales establece que para que una variedad vegetal sea objeto de protección deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Novedad: Que la variedad vegetal o su material de propagación cumpla esta característica al momento de presentar la solicitud: a) No se hayan enajenado en territorio nacional, o bien se hayan enajenado dentro del año anterior a la fecha de presentación de la solicitud de título de obtentor. b) No se hayan enajenado en el extranjero, o bien la enajenación se haya realizado dentro de los seis años anteriores a la presentación de la solicitud, para el caso de especies perennes (vides, forestales, frutales, ornamentales y zacates), incluidos sus portainjertos, y dentro de los cuatro años anteriores a la presentación de la solicitud, para el resto de las especies.

Distinción: La variedad vegetal se debe distinguir técnica y claramente por uno o varios caracteres pertinentes de cualquier otra variedad, cuya existencia sea conocida en el momento en que se solicite la protección.

Estabilidad: La variedad vegetal debe conservar inalterados sus características pertinentes después de reproducciones o propagaciones sucesivas.

Homogeneidad: Tendrá esta característica la variedad vegetal que sea suficientemente uniforme en sus caracteres pertinentes, a reserva de la variación previsible por su reproducción sexual o multiplicación vegetativa.

Denominación: Será considerada como su designación genérica. Esta deberá ser diferente a cualquiera otra variedad existente en el país o en el extranjero.

Caracterización Morfológica

Para cumplir con los requisitos que establece la UPOV se debe realizar una caracterización morfológica a los genotipos candidatos a registrar. En el genoma de los miembros de una población, toda la variabilidad es almacenada y puede expresarse en características fenotípicas y genotípicas (Franco e Hidalgo, 2003).

La diversidad genética de las plantas cultivadas se incrementa por la interacción de los factores siguientes: mutación, migración, recombinación, selección y deriva genética. Los tres primeros promueven la variabilidad genética, mientras que los dos restantes pueden reducirla (Ford-Lloyd y Jackson, 1986).

El tamaño, forma, estructura y hábitat de las especies son características vegetales que pueden ser reconocidas por cualquier persona sin algún tipo de adiestramiento. Sin embargo, para conocer y comparar los aspectos como: la reproducción, forma y estructura de los genotipos; se deben de realizar estudios

morfológicos a través de técnicas y observaciones meticulosas que permiten interpretar las similitudes y diferencias que solo un investigador puede realizar (Franco e Hidalgo, 2003).

La caracterización en plantas se considera como la determinación del conjunto de características para diferenciarlas taxonómicamente (López *et al.*, 2008). En la caracterización de una especie se estima la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. El objetivo principal del uso de descriptores varietales es medir la variabilidad genética de una colección de materiales. Otros objetivos son establecer la representatividad de la colección, la investigación de la estructura genética a través de la determinación de poblaciones identificables, así como detectar los materiales duplicados, e identificar los genes especiales o alelos particulares. (Franco e Hidalgo, 2003).

Franco e Hidalgo (2003), mencionan que los efectos de los genes pueden expresarse o no en características morfológicas, esto implica que hay una variabilidad que se detecta a simple vista y otra que no es visible, por lo que se requieren técnicas especiales para detectarse. Por lo cual es necesario identificar cual es el nivel de variabilidad que se intenta medir o describir para determinar las herramientas o métodos estadísticos adecuados para analizar los resultados de un estudio de caracterización.

El primer nivel hace referencia a la caracterización de la variabilidad detectable visualmente, esta se puede dividir de la siguiente manera: 1) Características responsables de la morfología y la arquitectura de la planta, éstas

son utilizadas en un principio para la clasificación botánica y taxonómica. 2) Características relacionadas con aspectos de manejo agronómico y de producción de la especie que son de interés para fitomejoradores y agrónomos. 3) La reacción a efectos del medio ambiente son características detectables visualmente. Estos pueden ser bióticos como plagas y enfermedades; o abióticos como sequías, deficiencias de minerales y cambios en temperatura, entre otros. Este tipo de caracterización se denomina evaluación y para su correcta cuantificación, generalmente, se requieren diseños experimentales separados de la caracterización morfo-agronómica (Franco e Hidalgo, 2003).

El segundo nivel se refiere a la caracterización de la variabilidad que no es detectable por simple observación visual. Esta caracterización se denomina molecular y se realiza mediante marcadores moleculares, para la identificación de productos y/o funciones internas de la célula.

Las descripciones varietales son un conjunto de observaciones que permiten distinguir y caracterizar a una población de plantas que constituyen una variedad (Laguna *et al.*, 2006). Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Según Querol (1988), a cada accesión, los descriptores la indican de una manera práctica y fácil. En las plantas los más utilizados son: de pasaporte, de manejo del sitio y del medio ambiente, de caracterización y de evaluación. Los descriptores de caracterización permiten la discriminación fácil entre fenotipos. Por lo regular son caracteres altamente

heredables que pueden ser fácilmente detectados a simple vista y que no son influenciados por el medio ambiente (Franco e Hidalgo, 2003).

Los caracteres morfológicos que son importantes para la caracterización se clasifican en: cualitativos o cuantitativos, los cuales incluyen botánicos-taxonómicos y otros que no necesariamente identifican a la especie, pero que sin embargo son importantes desde el punto de vista agronómico, de mejoramiento genético y de comercialización (Franco e Hidalgo, 2003).

Importancia del Zacate Buffel

De acuerdo con Hanselka (1988) la especie de mayor importancia en la ganadería extensiva en el sur de Texas es el zacate buffel, ya que en esos años ocupó una superficie superior a las 700 mil hectáreas, por sus atributos agronómicos este autor lo llamó “el zacate maravilla”.

Con base en sus características agronómicas favorables y buena adaptación a las zonas áridas y semiáridas, el zacate buffel se ha convertido en una de las especies forrajeras más importantes en el norte de México y sur de Texas. La primera variedad que se utilizó en América fue la variedad Común, a partir de su liberación en Estados Unidos de América, a mediados de siglo pasado, ésta variedad se dispersó en México, Centroamérica y América del Sur, ocupa actualmente cuatro millones de hectáreas en el sur de Texas y norte de México (González *et al.*, 2000).

El zacate buffel se ha manejado con buenos resultados en agostaderos naturales de Nuevo León y Coahuila, ya que produce una mayor cantidad de

forraje que las especies nativas, lo que trae consigo una mayor carga animal por hectárea que se ve reflejada en el peso promedio de los becerros de destete de ocho meses, los cuales han aumentado hasta 60 kg (Sáenz, 2000).

El zacate buffel posee buenas características agronómicas como son: facilidad de establecimiento, alta producción de forraje, buena calidad nutritiva, tolerancia a la sequía, por lo que se considera una especie de suma importancia para la ganadería extensiva del norte y noreste de México que son áridos y semiáridos, ya que debido a las sequías que se presentan, algunos pastos nativos han desaparecido en ciertas áreas, por lo que el zacate buffel se presenta como una buena alternativa para la rehabilitación de los agostaderos (García *et al.*, 2003; Loredó *et al.*, 2004).

Origen y Distribución del Zacate Buffel

En la región del Transvaal y Provincias del Cabo se ha encontrado una amplia variabilidad genética de *Pennisetum ciliare*, es por ello que algunos autores consideran a Sudáfrica como el centro de origen del zacate buffel (Bashaw, 1985). Se reporta que de esta parte se dispersó hacia el norte, por las regiones más secas de África y hacia los pastizales áridos del oeste de la India (Hussey y Bashaw, 1990). Sin embargo, otros autores reportan a África Ecuatorial, África del Sur, las regiones cálidas de la India e Indonesia como el centro de origen del zacate buffel (Ayerza, 1981).

Se introdujeron a Estados Unidos materiales de zacate buffel colectados en 1946 en el desierto de Turkana en el norte de Kenia en África, estos materiales

se establecieron con éxito en el sur de Texas. Después de una serie de evaluaciones, el Departamento de Agricultura y el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América liberaron en 1949 de manera informal el zacate buffel T-4464, conocido como Común o Americano, ahí inició su expansión en más de cuatro millones de hectáreas con los ganaderos de Texas (Cox *et al.*, 1988; Holt, 1985).

La variedad Común de zacate buffel fue introducida a México en 1954, a través del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, por medio de un programa de investigación con la Universidad de Texas A&M. En ese mismo año se introdujo al país por el sureste a través del INIFAP por el Campo Agrícola Experimental de Cotaxtla, Veracruz (Ibarra *et al.*, 1991; Hanselka y Johnson, 1991). Se estima que existe una superficie de dos millones de hectáreas establecidas con zacate buffel, en México: principalmente en los estados de Sonora, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sinaloa y Yucatán (Morales, 1994; Ibarra *et al.*, 2005). En nuestro país el zacate buffel ha encontrado un nicho ecológico, lo que nos indica que las condiciones climáticas y edafológicas de nuestro país son similares a los de su país de origen, ya que a partir de su introducción se estableció en grandes superficies a lo largo de la costa este y oeste de México (Cota y Johnson, 1975; Molina *et al.*, 1976; Agostinim *et al.*, 1981), el 95% del buffel disperso en México pertenece a la variedad Común (Loredo *et al.*, 2004).

A nivel mundial se estima que el zacate buffel se ha establecido en alrededor de 25-30 millones de hectáreas, por las grandes superficies sembradas destacan:

Sudáfrica, India, Australia, Estados Unidos, México y Argentina (Jorge *et al.*, 2008; López y López, 2011).

Clasificación Taxonómica

Algunos autores ubican al zacate buffel dentro del género *Pennistum*, el nombre científico del zacate buffel es *Pennisetum ciliare* L. (USDA, 2018; Robles *et al.*, 1990). Anteriormente era clasificado como *Cenchrus ciliaris*, nombre que se considera un sinónimo del usado actualmente.

Reino	Plantae
Subreino	Traqueophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	<i>Pennisetum</i>
Especie	<i>P. ciliare</i> L.

Usos del Zacate Buffel

El principal uso del zacate buffel es para alimentación de todo tipo de ganado, siendo el pastoreo directo y heno las principales formas de utilización del mismo (Bashaw, 1981).

En un estudio realizado en San Luis Potosí con zacate buffel, se corroboró que esta especie además de ser una buena opción para la producción de forraje en zonas de temporal deficiente, también es útil para el control de la erosión hídrica; esto si la superficie del suelo que se encuentra cubierta por el zacate buffel o residuos de este es mayor del 70%, la pérdida de suelo ocasionada por la erosión hídrica es nula (INIFAP, 2005). Al zacate buffel también se le dio un uso ornamental en el suroeste de los Estados Unidos (Judd, 1979).

Requerimientos Edáficos y Climáticos

Debido al alto costo de las resiembras es importante que las especies perennes como el zacate buffel, utilizadas para este propósito, además de un buen establecimiento, persistan y se dispersen, por ello es necesario que se establezcan en sitios con climas y suelos adecuados, que les permitan colonizar áreas adyacentes.

El zacate buffel se establece en un amplio rango de pH que va desde 5.5 a 8.0 a un óptimo de 7.0 a 7.5, las variedades Biloela y Molopo presentan buena tolerancia a los suelos salinos y alcalinos (Ayerza, 1981). Cox *et al.* (1988) mencionan que el establecimiento del zacate buffel falla en suelos poco profundos y pesados con problemas de drenaje.

Ibarra *et al.* (1991) mencionan que hay pérdida de vigor gradualmente y muerte de las plantas de zacate buffel, cuando se establecen en suelos arenosos, limosos, arcillosos o limoarcillosos y persisten en suelos que contienen textura

de migajón, migajón arenoso, migajón areno arcilloso, migajón arcilloso o arcilla arenosa y buen drenaje.

En los suelos arcillosos, el hinchamiento causado por la humedad y el agrietamiento al secarse provoca ruptura y estrangulamiento de las raíces de las plántulas del zacate buffel, otro problema de este tipo lo provocan los suelos con gran cantidad de terrones (Cavaye, 1988). Suelos con alto contenido de fósforo (P) facilitan un rápido establecimiento (Paull y Lee, 1978) y mayores rendimientos de forraje (Humphreys, 1967).

Precipitación

El zacate buffel tiene buen rendimiento de forraje en zonas semiáridas que presentan climas cálidos o templados clasificados como BS, lo que se traduce a suelos con humedad limitante, además de que las precipitaciones son escasas e irregulares. Su requerimiento mínimo de 250 mm de precipitación anual permite un buen desarrollo ante las sequías, pues persiste a estas en zonas áridas y semiáridas, sin embargo, también tiene un buen comportamiento en regiones tropicales y subtropicales con 600 a 750 mm (Robles *et al.*, 1990).

Ibarra (1994) menciona que en las regiones de México donde el zacate buffel persiste se presentan las siguientes características: precipitación total anual de 300 a 600 mm, en verano con precipitación de 250 a 550 mm y en invierno con precipitación inferior de 200 mm. Cuando las condiciones cambian tanto su adaptación, como su persistencia se reduce y generalmente no se dispersa o muere.

Temperatura

La temperatura óptima para el crecimiento del zacate buffel es de 37°C, siempre y cuando este no se vea afectado por otros factores (Kelk y Donaldson, 1983). El zacate no persiste en sitios con temperaturas mínimas inferiores a los 5°C, por lo que puede dispersarse en un rango de temperatura mínima 5°C y máxima de 45°C (Cox *et al.*, 1988).

Flemons y Whalley (1958) mencionan que ambientes con fotoperíodos largos y temperaturas altas, favorecen un mejor crecimiento del zacate buffel. No se recomienda establecer el buffel a una altitud mayor de 1000 msnm (Robles *et al.*, 1990).

Morfología del Zacate Buffel

Sistema Radicular

El sistema radicular del zacate buffel es profundo, puede alcanzar hasta 2.40 m o más de profundidad, los brotes nuevos se originan de la corona que está debajo de la superficie del suelo. Posee un sistema radicular fuerte y muy ramificado, ésta es una de las características principales del zacate buffel que le permiten soportar el pastoreo pesado y períodos de sequías prolongadas (Robles *et al.*, 1990). Skerman y Riveros (1990) mencionan que la tolerancia que presenta el zacate buffel a las sequías se debe a su sistema radicular profundo.

Los rizomas son uno de los mecanismos de dispersión del zacate buffel y están presente en algunas variedades, ya que en cada nudo de los rizomas se

generan nuevos vástagos vigorosos (Bogdan, 1997). Estos le permiten mayor sobrevivencia al invierno.

Tallos

Como todas las gramíneas el tallo del zacate buffel está conformado por nudos y entrenudos, presenta una altura de 50 a 100 cm (Cantú, 1989). Sus tallos son erectos, ramificados, lisos y glabros (Whiteman *et al.*, 1974; Paull y Lee, 1978). La base de los tallos presenta un engrosamiento donde se almacenen más hidratos de carbono que en otras especies, esta característica le permite a la planta rebrotar después de heladas y sequías prolongadas (Ibarra *et al.*, 2012).

Hojas

Cantú (1989), describe las hojas del zacate buffel de color verde o azulado, planas, lineales y glabras, con o sin pubescencia, pero con vellosidades en la lígula, miden 20 cm de largo y 8 mm de ancho, las hojas basales son cortas y de menor cantidad (Hanselka *et al.*, 2004).

Inflorescencias

Alcalá-Galván (1995), menciona que la inflorescencia del zacate buffel es una panícula densa, cilíndrica, con una longitud de 2 a 12 cm, y 1.3 a 1.6 cm de ancho. El color de la inflorescencia cambia con la madurez y se torna marrón, rojizo, morado o crema. Las flores individuales se encuentran encerradas en involucros aristados las cuales tienen de una a cuatro espiguillas, estas varían en longitud que va de 2 a 5.5 mm, el pedúnculo es corto y grueso, articulado en su base el cual se desprende con la espiguilla al madurar (Ibarra, 1994). Las espiguillas

tienen dos florecillas, la inferior que es estéril o estaminada y la superior denominada fértil o hermafrodita. La lema de la florecilla superior mide de 2.2 a 5.4 mm de longitud (Gould, 1975; Bogdan, 1997).

Apomixis

La apomixis es la reproducción asexual a través de semilla, por lo que la progenie es idéntica a la planta madre. Hand y Koltunow (2014), mencionan que es la capacidad de una planta para evadir la meiosis y fertilización. En el zacate buffel el tipo de apomixis es aposporia y pseudogamia, significa que no se lleva a cabo la fertilización de la célula huevo para formar el embrión, pero se requiere la fertilización de los núcleos polares por un núcleo espermático para la formación del endospermo.

Una de las ventajas que presenta la apomixis es que fija el vigor híbrido, lo cual implica que la semilla puede ser producida indefinidamente, sin pérdida de vigor. De igual manera se simplifica la producción de semilla híbrida ya que no es necesario el aislamiento de las líneas parentales (Koltunow *et al.*, 1995).

Mejoramiento Genético de Especies Forrajeras Perennes

Poehlman (1983), menciona que, para realizar programas eficaces de mejoramiento genético de especies forrajeras, se deben tener amplios conocimientos entre los que destacan el comportamiento genético de las distintas especies, sus métodos de reproducción y sus números cromosómicos.

Las especies forrajeras presentan una serie de dificultades que limitan el mejoramiento genético como: algunas de las especies son alógamas, lo que dificulta la propagación y el mantenimiento de las líneas; otras especies son autoestériles, esto limita la autofecundación; un gran número de especies presentan el fenómeno de apomixis; que se traduce en poca producción de semilla y/o su semilla es de bajo porcentaje de viabilidad. Por otro lado, la evaluación de plantas individuales puede desvirtuar el comportamiento que tendrán dichas plantas en las praderas (Poehlman, 1983; Martínez, 1999).

Burton (1974), menciona que en cualquier especie el mejoramiento genético comprende dos procesos que se complementan: el primero es la búsqueda o generación de diversidad genética para planear los cruzamientos y el segundo es la selección de las plantas que presentan caracteres agronómicos deseables.

Selección de Ecotipos

Martínez (1999), menciona que la selección de ecotipos es el método de mejoramiento más utilizado en especies forrajeras, sobre todo en las etapas iniciales. Este método consiste en la recolección de semilla o material vegetativo de ecotipos de una región determinada o la introducción de ecotipos desarrollados en zonas similares y su posterior evaluación. De los materiales más sobresalientes se incrementa la semilla y se constituye la nueva variedad. Esto permite un desarrollo rápido de nuevas variedades utilizando la variabilidad genética que en forma natural se ha generado a lo largo del proceso evolutivo.

Debido al modo de reproducción apomítico prevalente en el zacate buffel, las primeras variedades comerciales de zacate buffel más utilizadas a nivel mundial, fueron en un inicio producto de la selección de los mejores ecotipos naturales, que fueron colectados en su país de origen (Bashaw y Funk, 1987). De acuerdo con Bashaw (1962), estos materiales no fueron completamente satisfactorios para rendimiento de forraje y semilla, debido a que la apomixis impide la combinación de caracteres deseables en un solo genotipo.

Hibridación

Las especies apomíticas como el zacate buffel son altamente heterocigotas, y presentan altos niveles de recombinación cuando se rompe la barrera de la apomixis, dando como resultado una gran variabilidad genética con características forrajeras sobresalientes, que son fijadas permanentemente por la apomixis (Bashaw, 1975; Hanselka *et al.*, 2004). Por lo cual el carácter apomítico en zacate buffel es aprovechado para seleccionar y generar materiales como nuevas variedades potenciales, mediante el cruzamiento de plantas sexuales con genotipos apomíticos.

Bogdan (1997) menciona que el uso y desarrollo de variedades resistentes de zacate buffel es la respuesta más práctica para el control de enfermedades fungosas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Sitio Experimental

La presente investigación se llevó a cabo en Saltillo, Coahuila de Zaragoza, que se localiza al norte de México en la región sureste del estado, con coordenadas geográficas de: 25°23'78" de latitud norte y 101°02'61" de longitud oeste, a una altitud de 1560 msnm. El clima de Saltillo es templado semiseco, con una temperatura promedio de 17°C. Los inviernos son extremos, predominando temperaturas máximas superiores a 18°C y algunos días con temperaturas mínimas inferiores a cero grados (Servicio Meteorológico Nacional de México, 2016).

Material Genético

Híbridos Apomícticos

Se evaluaron seis híbridos apomícticos: ME-1, ME-2, ME-3, ME-4, ME-5 y ME-6 derivados de la cruce de clon sexual TAM CRD B-1s con la variedad Zaragoza 115 (Z-115). Estos materiales experimentales fueron generados, evaluados y seleccionados en el Programa de Mejoramiento de Zacate Buffel de la UAAAN por Jorge R. González Domínguez y Susana Gómez Martínez, todos los híbridos apomícticos presentan características deseables, como buena producción de forraje y resistencia al tizón del zacate buffel (*Pyricularia grisea*).

En el estudio se incluyeron como testigos las siguientes variedades comerciales:

Buffel Común (T-4464)

Buffel Común conocido como Común americano se caracteriza por poseer tallos finos y follaje denso semejante a la variedad Gayndah, aunque es más precoz que ésta y las inflorescencias son de color más púrpura (Ayerza, 1981). Es la variedad de buffel más ampliamente distribuida en el sur de Texas y norte de México donde ocupa aproximadamente 4 millones de hectáreas. Fue introducida a los Estados Unidos de una región de Kenya con baja precipitación (Bashaw, 1981), por lo que es muy tolerante a la sequía. Sin embargo, en los años 90's esta variedad mostró una alta susceptibilidad al tizón foliar del zacate buffel, una enfermedad causada por el hongo *Pyricularia grisea*, que afecta considerablemente el rendimiento, la calidad de la semilla y el forraje del zacate (González *et al.*, 1998).

Biloela

Biloela es una variedad australiana que se derivó de semilla introducida a este país en 1937 con el número de identificación (CPI 6934), fue colectada en Dodoma, Tanganyka. Las primeras evaluaciones se realizaron en Australia durante 1950 en la Estación Experimental de Biloela, y fue liberada como variedad comercial en 1955 (Paull y Lee, 1978). Las plantas son de porte alto (1.5 m) y robusto, las hojas son glabras y las inflorescencias miden 7 cm de largo aproximadamente, las espiguillas son de pálidas a rojas y una gran proporción de las espiguillas no contienen cariósides (Humphreys, 1967). Esta variedad

posee rizomas, por lo que tiene un buen desarrollo en suelos de textura pesada, es muy resistente a la sequía y presenta una tolerancia moderada a la salinidad (Ayerza, 1981; Cook *et al.*, 2005).

Pecos (AN17PS)

Es un híbrido apomítico tetraploide de $4x=4n=36$ cromosomas (Ramírez *et al.*, 1998), produce panículas de color púrpura, este híbrido fue generado en el Programa de mejoramiento de zacate buffel de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, mediante cruzamientos realizados entre el clon sexual TAM CRD B-1s y la variedad Z-115. Fue seleccionado después de 10 años de evaluación en localidades del norte de México y sur de Texas, se considera una excelente alternativa para sustituir a buffel Común, debido a su resistencia a *Pyricularia grisea*, a su tolerancia al frío y su buen potencial de producción de forraje (Gómez y González, 2002).

Laredo

La variedad Laredo de zacate buffel, es una mezcla de cuatro líneas: Pecos, PS-XPN, PS-OT2 y PS-560 comercializado por Pogue Agri Partners, como una estrategia para disminuir los ataques de las enfermedades. Laredo tiene el mismo valor nutricional que el zacate buffel Común, pero produce de 25-30% más de forraje que Común y otras variedades de zacate buffel comercialmente disponibles, con la ventaja adicional de que Laredo es tolerante al tizón del zacate buffel (Pogue Agri Partners, s/f).

Laredo está restringido a áreas que se ubican al sur de San Antonio, TX y al oeste como Eagle Pass, Tx. Se adapta a la misma área que el zacate buffel Común, pero presenta mejor rendimiento en un tipo de suelo mixto y tiene un buen desarrollo en suelos más pesados y más arenosos con buen drenaje.

Común II

Este material se originó de una planta completamente sana en medio de una población de plantas de buffel Común severamente atacadas por *Pyricularia grisea*. Esta planta presentaba características morfológicas muy parecidas a la variedad Común, estudios del número cromosómico revelaron que esta planta tiene 54 cromosomas lo que corresponde al nivel de ploídia hexaploide (Ramírez *et al.*, 1998). El parecido de esta planta y su progenie con buffel Común hace suponer que es un híbrido BIII, que se derivó de la fertilización de un gametofito femenino no reducido (36 cromosomas) por un gametofito masculino normal con 18 cromosomas (González, 1998; González *et al.*, 2000).

Se le designó como buffel Común II, el cual, es posible cruzarlo con el clon sexual TAM- CRD B-1s (tetraploide) y puede ser utilizado como fuente de resistencia al tizón para el desarrollo de nuevas variedades de zacate buffel, esto se puede considerar una alternativa ecológica para resolver problemas de enfermedades en la especie (Gómez y González, 2002).

Metodología

Para implementar las primeras fases de esta investigación se extrajeron los cariósides de los involucros de todos los genotipos que se utilizaron en el experimento.

Siembra

La siembra se realizó en charolas de nieve seca de 200 cavidades, como sustrato se utilizó peat moss, se sembró una charola por material y se depositaron dos semillas por cavidad para asegurar la emergencia, durante esta etapa se le proporcionaron riegos y fertilizaciones necesarios para un buen desarrollo de las plántulas.

Trasplante

El trasplante se realizó en macetas de plástico negras con 5 litros de capacidad volumétrica, con 3 litros de peat moss y 1 lt de grava al fondo para dar soporte a las plantas y mejorar el drenaje de la maceta.

Riegos y Fertilizaciones

Los riegos se aplicaron cada tercer día, depositando un litro de agua por maceta. Para fertilizar se utilizó ferti drip® (20-30-10), con una dosis de 2 gr/lt de agua, se aplicó 1 litro de la solución por maceta, de acuerdo al siguiente calendario: 16 y 26 de agosto y 2, 9, 16 y 23 de septiembre del 2017.

Número de Panículas por Planta

Esta variable se midió directamente en las plantas 2, 3 y 4 de cada parcela en cinco ocasiones, a partir de la tercera lectura, debido a que los materiales ya

habían llegado a la madurez, se contabilizaron también los raquis, ya que las inflorescencias de buffel una vez maduras tienen dehiscencia y no retienen la semilla. Las fechas de conteo de panículas fueron las siguientes: 12 y 19 de agosto, 16 de septiembre, 26 de octubre y 18 de noviembre del 2017.

Descriptores Morfológicos de la Inflorescencia

Para determinar las características de las inflorescencias de los genotipos de zacate buffel, se cubrieron con glassines dos inflorescencias de cada unidad experimental, las inflorescencias seleccionadas deberían estar fuera de la hoja bandera y con todos sus involucros completos. Las panículas se monitorearon diariamente, se cortaron cuando alcanzaron la madurez y se registraron las siguientes variables: Longitud de panícula, número y peso de involucros por panícula, número y peso de cariósides y longitud de la cerda más larga.

Longitud de Panícula

Se midió la longitud en las dos panículas, desde la inserción del primer involucro en la base, hasta el ápice de la panícula, se obtuvo un valor promedio por unidad experimental.

Número y Peso de Involucros por Panícula

Se contabilizaron los involucros de cada una de las panículas, se obtuvo el valor promedio por unidad experimental. Para obtener el peso de los involucros por panícula se pesaron en una balanza analítica y se obtuvo el valor promedio.

Densidad de Panícula

Esta variable se obtuvo de manera indirecta, dividiendo el número de involucros entre la longitud de la panícula.

Número y Peso de Cariópsides por Panícula

Para evaluar estas variables los cariópsides se extrajeron manualmente de los involucros, estos fueron contabilizados y posteriormente pesados en una balanza analítica, se obtuvo el valor promedio por unidad experimental de ambas variables.

Porcentaje de Fertilidad

El porcentaje de fertilidad se obtuvo de manera indirecta, dividiendo el número de cariópsides por panícula entre el número de involucros por 100.

Longitud de la Cerda más Larga

De las dos panículas por unidad experimental, se tomaron cinco involucros de la parte media de la inflorescencia, se midió la cerda más larga de cada uno de ellos, desde la base del involucro hasta el ápice de la cerda, se obtuvo el valor promedio por panícula y posteriormente por unidad experimental.

Descriptores Morfológicos de Tallo y Hoja

Se cortó el tallo más alto de las plantas 2 y 4 de cada unidad experimental desde la base, el 30 de agosto de 2017, se etiquetaron y se envolvieron en papel periódico para evitar que las plantas se secaran y se registraron las siguientes variables.

Longitud del Tallo más Alto

Esta variable se tomó en dos plantas desde la base, hasta el nudo de la hoja bandera del tallo más alto de cada planta, se obtuvo el valor promedio por unidad experimental, la variable se registró en dos ocasiones: 19 y 30 de agosto de 2017.

Longitud del Entrenudo Superior

Esta variable se tomó en las dos plantas a partir de la inserción de la hoja bandera hasta la base de la panícula y se promedió para tener el valor por unidad experimental.

Grosor de los Nudos

En el tallo principal se midió, con un vernier, el grosor de los nudos 2, 3 y 4 a partir de la base del tallo. Se obtuvo el valor promedio por unidad experimental.

Número de Nudos

Se contabilizaron los nudos del tallo principal en dos plantas y se obtuvo el valor promedio por unidad experimental.

Longitud de Entrenudos

Para esta variable se utilizó una regla, con la cual se midió la longitud de los entrenudos del tallo principal y se obtuvo el valor promedio por planta y por unidad experimental.

Número de Ramificaciones

Se contabilizaron las ramificaciones del tallo principal en dos plantas de la unidad experimental y se obtuvo el valor promedio.

Longitud y Ancho de la Hoja Bandera (LHB y AHB)

Con una regla graduada en centímetros, se midió la longitud de la hoja bandera, desde la base de la lígula hasta el ápice de la lámina foliar. Así mismo el ancho de la hoja se midió en la parte media de la hoja, se obtuvieron los valores promedio por unidad experimental.

Longitud y Ancho de la Hoja Media (LHM y AHM)

Se tomó una hoja de la parte media del tallo principal, con una regla se midió la longitud y el ancho de la lámina foliar, se obtuvieron los valores promedios por unidad experimental de ambas variables.

Altura de Planta

La altura se tomó en las plantas 2 y 4 de cada unidad experimental, se midió la altura de la planta desde la base del tallo más alto, hasta el ápice de la panícula, esta variable se tomó en tres ocasiones en campo: 14 de Julio, 19 de agosto y 30 de agosto del 2017.

Biomasa Verde y Biomasa Seca

Para obtener la producción de biomasa verde, se cortó el forraje de las cinco macetas de cada unidad experimental el 5 de diciembre de 2017, desde la base de la planta dejando una altura de 10 cm, el forraje se pesó en una balanza y se dividió entre cinco para obtener el peso de biomasa verde por planta. Para estimar la biomasa seca se tomó una muestra de forraje verde de 250 gramos,

de cada unidad experimental, esta se depositó en bolsas de papel de estraza perforados, debidamente identificados de acuerdo a la unidad experimental que pertenecían y se llevaron a un asoleadero para su secado. Cuando las muestras de forraje alcanzaron un peso constante se pesaron, el día 19 de diciembre de 2017. El peso seco por parcela se obtuvo por medio de una regla de tres simple: multiplicando el peso fresco de la parcela por el peso seco y dividiéndolo entre el peso de la muestra (250 gr).

Diseño Experimental

Los genotipos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completamente al azar con 11 tratamientos y cinco bloques, con cinco macetas (una planta por maceta) por unidad experimental, con un total de 55 unidades experimentales y 275 macetas.

El modelo estadístico para el diseño de bloques al azar se presenta a continuación.

$$y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Valor observado del i – ésimo tratamiento en el j ésimo bloque

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j – ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental

i = 1, 2 - - - - - n tratamientos

j = 1, 2 - - - - - n bloques

Análisis Estadístico

Para analizar la información obtenida de las variables registradas se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las variables, cuando los ANVA's detectaron significancia, se realizaron pruebas de comparación de medias con la prueba de Diferencia Mínima Significativa ($DMS < 0.05$). Utilizando el programa estadístico Statical Analysis System versión 9.4 (SAS, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de Panículas por Planta

El zacate buffel es una especie con alta dehiscencia de semilla (involucros maduros), la producción de semillas se estima mejor contando las panículas cuando están verdes, ya que existe una relación directa entre la producción de panículas y la producción de involucros (Gómez *et al.*, 2016).

Los análisis de varianza realizados para el número de panículas por planta detectaron diferencias altamente significativas ($\alpha < 0.01$) entre genotipos y entre bloques en las cuatro evaluaciones realizadas: el 19 de agosto, 16 de septiembre, 26 de octubre y 18 de noviembre de 2017 (Cuadro1).

Cuadro 1. Cuadrados medios de número de panículas por planta en cuatro evaluaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	CM 1 19/08/17	CM 2 16/09/17	CM 3 26/10/17	CM 4 18/11/17
Tratamientos	10	718.622**	6055.160**	7682.730**	11697.818**
Bloques	4	150.417**	1036.300**	1503.209**	2283.681**
E. Exp.	40	31.306	200.460	321.649	918.331
Total	54				
CV (%)		29.8	23.0	17.6	27.3

** = Altamente significativo

Debido a la alta significancia detectada por los análisis de varianza para el número de panículas por planta, en las cuatro evaluaciones, se realizaron las

pruebas de comparación de medias respectivas ($DMS \leq 0.05$). Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación de medias de panículas por planta en cuatro evaluaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipos	Número de Panículas por Planta			
	1º Eval. 19/08/17	2º Eval. 16/09/17	3º Eval. 26/10/17	4º Eval. 18/11/17
C II	50.66 a	156.20 a	207.60 a	245.00 a
Común	30.88 b	90.80 b	127.80 b	139.40 b
Laredo	18.58 c	40.60 de	68.60 f	89.80 cd
Biloela	16.80 cd	49.40 cde	102.80 cd	100.80 bcd
ME-1	14.26 cd	57.60 cd	113.40 bc	122.80 bc
Pecos	14.00 cd	60.20 c	86.60 def	92.40 cd
ME-4	13.42 cd	47.60 cde	79.20 ef	77.00 d
ME-3	13.40 cd	47.00 cde	78.00 ef	83.40 d
ME-6	13.06 cd	51.60 cde	89.60 def	94.60 cd
ME-2	10.74 d	36.40 e	75.40 ef	75.80 d
ME-5	10.28 d	38.00 e	91.60 cde	98.00 cd

Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05)

En la primera evaluación, Común II presentó el mayor número de panículas por planta (50.66) y fue estadísticamente diferente al resto de los genotipos, seguido de Común que obtuvo 30.88 panículas y fue estadísticamente distinto a todos los materiales evaluados. El genotipo ME-5 presentó el valor más bajo con 10.28 panículas y fue estadísticamente igual a siete genotipos.

El comportamiento de los genotipos fue muy similar en la segunda evaluación, Común II y Común ocuparon el primer y segundo lugar con 156.20 y 90.80 panículas por planta respectivamente, fueron estadísticamente diferentes entre sí y al resto de los materiales. Así mismo, los genotipos ME-2 y ME-5 obtuvieron los valores más bajos con 36.40 y 38 panículas por planta respectivamente y fueron estadísticamente iguales entre sí y a cinco genotipos más, incluyendo las variedades Biloela y Laredo. En la segunda evaluación el promedio de panículas por planta de las variedades (79.44) fue 71.33% más alto que el promedio de los seis híbridos (46.36).

Un mes después de la primera evaluación el número de panículas por planta promedio de los 11 genotipos fue de 61.40, superó en un 227.81% a la producción de panículas obtenidas en la primera evaluación (18.73).

En la tercera evaluación los genotipos tuvieron el mismo comportamiento, Común II y Común con 207.60 y 127.80 panículas por planta respectivamente, ocuparon los primeros lugares y fueron diferentes estadísticamente entre sí y diferentes al resto de los materiales, Laredo presentó el menor número de panículas (68.60) y fue estadísticamente igual a cinco genotipos. En esta evaluación el promedio de las cinco variedades fue de 118.64 panículas, superaron en un 35.02% a los híbridos que obtuvieron un promedio de 87.8 panículas.

En la cuarta y última evaluación Común II en primer lugar con 245 panículas y Común con 139.40 panículas fueron diferentes estadísticamente entre sí, a su

vez Común fue igual estadísticamente a Biloela y a ME-1 con 100.80 y 122.80 panículas respectivamente. ME-2 ocupó el último lugar con 75.80 y fue estadísticamente igual a cuatro genotipos incluyendo Biloela y Laredo (Cuadro 2). En esta evaluación el promedio de panículas en los híbridos (91.93) fue superado por las variedades en un 45.19% las cuales obtuvieron 133.48 panículas. El menor incremento en panículas por planta fue de 8.74 y se registró de la tercera (101.84) a la cuarta evaluación (110.81), donde transcurrieron 22 días.

Bashaw (1975) menciona que en las especies apomícticas, se libera una gran variabilidad genética cuando se rompe la barrera de la apomixis a través de cruzamientos con tipos sexuales. Lo anterior se corrobora, en la cuarta evaluación, donde se observa una amplia variabilidad genética donde el rango en el número de panículas por planta fue de 75.80 a 245 con una diferencia entre el valor mínimo y máximo de 169.2 panículas.

De la primera a la cuarta evaluación transcurrieron tres meses y el incremento en panículas por planta fue de 491.61%. En las cuatro evaluaciones el comportamiento de los genotipos fue muy similar. Común II y Común con el mayor número de panículas y los híbridos ME-2 y ME-5 con la menor producción.

En un estudio realizado con ocho genotipos de zacate buffel, se reporta a la variedad Común con 210 panículas por planta (Gómez *et al.*, 2016). Estos resultados son superiores a los obtenidos en esta investigación. Son similares a

los reportados por Hernández (2016) con 164 panículas y superiores al número de 107.7 panículas por planta reportado por García (2018).

Descriptores Morfológicos de la Inflorescencia de Genotipos de Zacate Buffel

Longitud de Panícula

El análisis de varianza para la longitud de la panícula detectó diferencias altamente significativas entre genotipos y entre bloques, el coeficiente de variación (8.2%) se mantuvo dentro de un nivel aceptable (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios de longitud, número y peso de involucros por panícula de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	Longitud Panícula	Involucros por Panícula	
			Número	Peso
Tratamientos	10	6.512**	5584.950**	16581.00**
Bloques	4	2.508**	404.098**	12070.733**
E. Exp.	40	0.641	244.205	2171.250
Total	54			
CV (%)		8.2	15.6	18.1

** = *Altamente significativo*

En el Cuadro 4 se presenta la comparación de medias para la longitud de la panícula. El híbrido ME-4 obtuvo las inflorescencias más largas (11.55 cm) y fue estadísticamente igual a los genotipos ME-3 y ME-6 con 10.87 y 10.62 cm respectivamente. Común con una longitud de 10 cm fue estadísticamente igual a siete materiales, diferenciándose de tres genotipos en esta variable. Los genotipos ME-5 y Común II con 7.69 y 8.11 cm respectivamente obtuvieron las

inflorescencias más pequeñas y fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de los materiales.

La longitud de panícula para Común en esta investigación fue más alta a la reportada por otros autores en esta misma localidad. Aldaco (2017) reporta un valor para Común de 6.83 cm. González *et al.* (2016) reportan un tamaño de raquis para Común de 6.78 cm. Una longitud de panícula de 6.60 cm para Común fue reportada por Conde *et al.* (2011).

Número y Peso de Involucros por Panícula

Los análisis de varianza para número y peso de involucros por panícula indicaron diferencias altamente significativas entre las fuentes variación genotipos y bloques para las dos variables (Cuadro 3).

De acuerdo con los resultados obtenidos, los genotipos con el mayor número de involucros por panícula fueron: ME-4, ME-6, ME-1 y ME-3 con 149.3, 138.5, 133.4 y 131.1 respectivamente, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de los materiales. Común se ubicó en el noveno lugar con 80.6 involucros y fue estadísticamente igual a Biloela, ME-2, Laredo y Pecos. Los valores más bajos fueron obtenidos por Común II (50.1) y ME-5 (59.3) estos fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de los materiales, en esta variable Común se distinguió de seis genotipos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de longitud, número y peso de involucros por panícula de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipos	Longitud de Panícula (cm)	Involucros por Panícula	
		Número	Peso (mg)
ME-4	11.55 a	149.3 a	306.52 ab
ME-3	10.87 ab	131.1 a	277.46 bcd
ME-6	10.62 ab	138.5 a	244.52 cde
ME-1	10.10 bc	133.4 a	221.77 de
Común	10.00 bc	80.6 b	287.88 bc
ME-2	9.41 c	92.4 b	210.49 e
Laredo	9.39 c	84.4 b	359.88 a
Biloela	9.36 c	97.9 b	297.17 bc
Pecos	9.16 c	81.5 b	258.30 bcde
C II	8.11 d	50.1 c	201.78 e
ME-5	7.69 d	59.3 c	154.37 e

Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05)

González *et al.* (2016) reportaron un valor de 57 involucros para Común y el valor más alto en los materiales evaluados fue de 145 involucros, Común presentó un valor más alto en esta investigación; así mismo fue mayor al valor de 65.4 involucros por panícula reportado por otros autores (Conde *et al.*, 2011).

Los genotipos que presentaron los involucros más pesados fueron: Laredo y ME-4, con 359.88 y 306.52 mg respectivamente, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí. En la cuarta posición se encontró Común con

287.88 mg, y fue estadísticamente igual a cinco genotipos incluyendo a las variedades Biloela y Pecos. El valor más bajo fue obtenido por el genotipo ME-5 (154.37 mg) y fue estadísticamente igual a cinco genotipos (Cuadro 4). Común se distingue en esta variable de cinco genotipos. El peso de involucros promedio fue de 256.37 mg con un rango de 104.74 mg entre el valor mínimo y máximo.

En la investigación realizada por Aldaco (2017) reporta un peso de involucros por panícula para Común de 152 mg. En un estudio realizado en Navidad, N.L. se reporta un valor de 173 mg para la variedad Común (Martínez, 1996), estos valores son más bajos a los encontrados en esta investigación.

Densidad de Panícula

La densidad de la panícula, indica el número de involucros por centímetro de raquis. El análisis de varianza realizado para esta variable detectó diferencias altamente significativas para las fuentes de variación genotipos y bloques (Cuadro 5).

Los genotipos que presentaron los valores más altos fueron ME-1 (13.25), seguido de ME-6, ME-4 y ME-3 con 12.98, 12.96 y 12.03 involucros/cm respectivamente, siendo estos cuatro genotipos estadísticamente iguales entre sí. La variedad Común con un valor de 7.90 ocupó el noveno lugar y fue estadísticamente igual a los genotipos Laredo, Pecos y ME-5 con 8.94, 8.69 y 7.59 respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 5. Cuadrados medios de densidad de panícula, número y peso de cariósides por planta de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo. Coah. 2017.

FV	GL	Densidad de panícula	Cariósides por panícula	
			Número	Peso
Tratamientos	10	30.285**	3601.333**	4078.492**
Bloques	4	1.121**	977.416**	1044.525**
E. Exp.	40	1.606	537.703	372.927
Total	54			
CV (%)		12.5	24.9	4.8

** = Altamente significativo

El valor más bajo fue obtenido por Común II, con una densidad de 6.12 y fue estadísticamente igual a ME-5, que indica que los involucros de estos genotipos se encuentran más separados en la inflorescencia. Aldaco (2017) reportó una densidad de panícula de 8.85 y un valor de 8.4 fue reportada por (Hernández, 2016). Estos valores son muy similares a los obtenidos en esta investigación, por lo que se deduce que esta variable está controlada genéticamente.

Número y Peso de Cariósides por Panícula

Los análisis de varianza para número y peso de cariósides por panícula, indicaron alta significancia estadística ($P \leq 0.01$) entre los genotipos evaluados y para la fuente de variación bloques (Cuadro 5).

Cuadro 6. Comparación de medias de densidad de panícula, número y peso de carióspsides por planta de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipos	Densidad de panícula	Carióspsides por panícula	
		Número	Peso (mg)
ME-1	13.25 a	55.86 d	47.40 e
ME-6	12.98 a	110.70 ab	79.50 bcd
ME-4	12.96 a	131.70 a	95.70 b
ME-3	12.03 ab	118.40 ab	89.62 bc
Biloela	10.41 bc	90.40 bc	76.78 cd
ME-2	9.76 cd	61.00 cd	45.44 e
Laredo	8.94 cde	118.90 ab	139.40 a
Pecos	8.69 de	111.30 ab	102.58 b
Común	7.90 e	90.30 bc	74.74 cd
ME-5	7.59 ef	66.20 cd	49.82 e
C II	6.12 f	68.40 cd	54.98 de

Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05)

En la comparación de medias para el número de carióspsides por panícula se observan cuatro grupos de medias. El primer grupo, con los valores más altos fueron los genotipos: ME-4, Laredo, ME-3, Pecos y ME-6 con 131.70, 118.90, 118.40, 111.30 y 110.70 respectivamente, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí. Con 90.30 carióspsides por panícula, Común ocupó el séptimo lugar y fue estadísticamente igual a ocho genotipos. El valor más bajo lo obtuvo el genotipo ME-1 (55.86), que fue estadísticamente igual a Común II, ME-5 y ME-2, que obtuvieron 68.40, 66.20 y 61 carióspsides por panícula (Cuadro 6). Briones

(1991) reporta 58 cariósides para Común y Aldaco (2017) 56 cariósides, estos valores son inferiores a los obtenidos por Común en esta investigación (90.30), pero son similares a los valores de 82 cariósides reportado por Hernández (2016) y el valor de 83 reportado por García (2018).

Cariósides más pesados contribuyen a un mejor establecimiento, Laredo obtuvo el peso de cariósides por panícula más alto (139.40 mg), y fue estadísticamente diferente al resto de los materiales evaluados. Común con 74.74 mg, ocupó el octavo lugar y fue estadísticamente igual a cuatro genotipos. El valor más bajo lo obtuvo el genotipo ME-2 (45.44 mg) y fue estadísticamente igual a Común II, ME-5 y ME-1 con 54.98, 49.82 y 47.40 mg por panícula respectivamente (Cuadro 6).

Porcentaje de Fertilidad

El análisis de varianza realizado para porcentaje de fertilidad detectó diferencias altamente significativas entre genotipos y bloques (Cuadro 7).

La semilla comercial en zacate buffel es el involucro, que está formado por espiguillas y rodeado por un conjunto de setas, un involucro puede poseer o no cariósides. La fertilidad nos indica el porcentaje de involucros fértiles o que poseen cariósides, caso contrario son los involucros vacíos.

En la comparación de medias se observan cinco grupos de medias, Laredo, Pecos, Común II, Común y ME-5 conforman el primer grupo con 148.39, 147.64,

136.21, 113.83 y 112.97% respectivamente; estos valores indican que estos genotipos tuvieron involucros con más de un cariósida (Cuadro 8).

Cuadro 7. Cuadrados medios de porcentaje de fertilidad y longitud de cerda más larga de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	Fertilidad %	LCL
Tratamientos	10	6047.661**	0.093**
Bloques	4	1074.704**	0.010**
E. Exp.	40	807.169	0.009
Total	54		
CV (%)		28.1	8.5

** = Altamente significativo

LCL = Longitud de cerda más larga

El genotipo ME-1 presentó el porcentaje de fertilidad más bajo (43.27%), y fue estadísticamente igual a los genotipos ME-2 y ME-6 con 59.66 y 73.86% ocupando el penúltimo y antepenúltimo lugar respectivamente.

Las variedades fueron 65.51% más fértiles que el promedio de los híbridos. La fertilidad de Común (113.80%) superó en un 46.25% al promedio de los híbridos (77.81%). Común es una variedad con un alto porcentaje de fertilidad, lo cual es confirmado por algunos investigadores: García (2018), quien reporta 148% de fertilidad para Común, González *et al.* (2016) reportan un valor de 151% para Común, superando a lo obtenido en esta investigación. Sin embargo, otros autores reportan valores más bajos: 95.69% (Aldaco, 2017) y 64% (González y Gómez, 1992).

Cuadro 8. Comparación de medias de porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipo	Fertilidad %	LCL cm
Laredo	148.39 a	1.36 ab
Pecos	147.64 a	1.26 bc
C II	136.21 a	1.14 cd
Común	113.83 ab	1.04 d
ME-5	112.97 ab	1.15 cd
Biloela	96.51 bc	1.47 a
ME-3	91.60 bcd	1.12 d
ME-4	85.51 bcd	1.08 d
ME-6	73.86 cde	1.06 d
ME-2	59.66 de	1.07 d
ME-1	43.27 e	1.11 d

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05)
LCL = Longitud de la cerda más larga*

Longitud de la Cerda más Larga (LCL)

El análisis de varianza realizado para longitud de la cerda más larga detectó diferencias altamente significativas entre genotipos y bloques (Cuadro 7).

En el Cuadro 8 se observa la comparación de medias para LCL, las variedades; Biloela y Laredo obtuvieron los valores más altos 1.47 y 1.36 cm respectivamente y fueron estadísticamente iguales entre sí. La variedad Común presentó el valor más bajo de entre los genotipos evaluados con 1.04 cm y fue

estadísticamente igual a siete genotipos. Esta variable le permitió a Común distinguirse de tres genotipos.

Descriptores Morfológicos del Tallo y la Hoja de Genotipos de Zacate Buffel

Longitud del Tallo más Alto

De acuerdo con los análisis de varianza realizados para la variable longitud del tallo más alto se detectaron diferencias altamente significativas entre genotipos y entre bloques en las evaluaciones del 19 y 30 de agosto de 2017.

Cuadro 9. Cuadrados medios de longitud del tallo más alto de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	Longitud del Tallo más Alto	
		1º Evaluación 19/08/17	2º Evaluación 30/08/17
Tratamientos	10	239.556**	351.390**
Bloques	4	243.548**	255.86**
E. Exp.	40	98.667	33.35
Total	54		
CV (%)		23.7	12.5

** = *Altamente significativo*

En el Cuadro 10 se presentan las pruebas de comparación de medias para esta variable. En la primera evaluación, realizada directamente en campo se formaron cinco grupos de medias, el genotipo con el tallo más fue Biloela con 51.59 cm y fue estadísticamente igual a seis materiales. Común ocupó el sexto lugar con una longitud de 40.43 cm, no se distinguió estadísticamente de ningún genotipo. El genotipo ME-2 fue el de menor altura con 29.90 cm y fue

estadísticamente igual a cinco de los genotipos evaluados, incluyendo Común II, Laredo y Común con 37.53, 39.40 y 40.43 cm respectivamente.

Cuadro 10. Comparación de medias de longitud del tallo más alto de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipos	Longitud del tallo más alto (cm)	
	1º Eval. 19/08/17	2º Eval. 30/08/19
Biloela	51.59 a	54.40 ab
ME-3	49.63 ab	57.92 a
ME-4	48.40 abc	52.10 abc
Pecos	47.60 abc	46.10 cde
ME-6	43.40 abcd	55.50 ab
Común	40.43 abcde	40.59 ef
Laredo	39.40 abcde	36.50 f
C II	37.53 bcde	34.10 f
ME-5	36.93 cde	41.45 def
ME-1	34.66 de	37.45 f
ME-2	29.90 e	48.80 bcd

Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05)

En la segunda evaluación el genotipo ME-3 ocupó el primer lugar con una altura de 57.92 cm y fue estadísticamente igual a ME-6, Biloela y ME-4 con 55.50, 54.40 y 52.10 cm respectivamente. En octava posición se encontró Común con una longitud de 40.59 cm y se diferenció en esta variable de cinco genotipos. Común II obtuvo el valor más bajo (34.10 cm) y fue estadísticamente igual a

Laredo, ME-1, Común y ME-5 con 36.50, 37.45, 40.59 y 41.45 cm respectivamente (Cuadro 10). En esta evaluación el valor promedio del tallo más alto de los híbridos fue de 48.87 cm, que superaron en un 15.53% la altura de las variedades que promediaron 42.33 cm y superaron a Común en un 20.39%

Longitud del Entrenudo Superior

Los genotipos que poseen el entrenudo superior más largo, facilitan la cosecha de semilla ya que separan las inflorescencias de las hojas y tallos, caso contrario, al momento de la cosecha, la semilla va mezclada con material vegetal.

El análisis de varianza para longitud del entrenudo superior, detectó diferencias altamente significativas entre las fuentes de variación genotipos y bloques. Los coeficientes de variación se mantuvieron en un nivel aceptable de 8.0 a 13.5 % (Cuadro 11).

Cuadro 11. Cuadrados medios de longitud del entrenudo superior, número de nudos y longitud de entrenudos de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	LES	NN	LE
Tratamientos	10	34.707**	4.744**	3.670**
Bloques	4	8.285**	1.038**	2.491**
E. Exp.	40	3.407	0.416	0.699
Total	54			
CV (%)		11.0	8.0	13.5

** = Altamente significativo

LES = Longitud del entrenudo superior, NN = Número de nudos, LE = Longitud de Entrenudos

La comparación de medias para la variable longitud del entrenudo superior se presenta en el Cuadro 12. Se formaron cinco grupos de medias, el primer grupo estuvo formado por Biloela y Laredo con 21.48 y 21.47 cm, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de los genotipos. El segundo grupo estuvo conformado por Pecos, ME-5, ME-2 y ME-4 con 17.98, 17.38, 16.56 y 15.74 cm respectivamente.

Cuadro 12. Comparación de medias de longitud del entrenudo superior, número de nudos y longitud de entrenudo de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipos	LES	NN No	LE cm
Biloela	21.48 a	7.50 de	8.00 a
Laredo	21.47 a	6.20 f	6.58 bc
Pecos	17.98 b	8.20 bcd	5.94 cd
ME-5	17.38 bc	8.80 ab	4.83 e
ME-2	16.56 bcd	8.40 abc	6.03 cd
ME-4	15.74 bcde	8.90 ab	6.10 bcd
ME-3	15.56 cde	8.90 ab	7.12 ab
ME-6	15.28 cde	9.20 a	6.39 bc
C II	14.65 de	6.70 ef	5.80 cde
Común	14.25 de	7.60 cd	5.91 cd
ME-1	14.00 e	7.50 de	5.27 de

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05)
LES = Longitud del entrenudo superior, NN = Número de nudos, LE = Longitud de Entrenudos*

Común ocupó el décimo lugar con 14.25 cm, y fue estadísticamente igual a seis materiales. El genotipo ME-1 presentó el valor más bajo (14 cm) y fue estadísticamente igual a cinco genotipos, incluyendo a Común y Común II (Cuadro 12).

Número de Nudos y Longitud de Entrenudos

Los análisis de varianza para número de nudos y longitud de entrenudos detectaron diferencias altamente significativas entre las fuentes de variación genotipos y bloques (Cuadro 11). Con base en la alta significancia ($\alpha = 0.01$) detectada por los análisis de varianza para número de nudos y longitud de entrenudos se realizaron las pruebas de comparación de medias ($DMS \leq 0.05$), los resultados se presentan en el Cuadro 12.

Para la variable número de nudos, se formaron seis grupos de medias, ME-6 fue el genotipo que presentó el valor más alto (9.20) y fue estadísticamente igual a cuatro materiales. Laredo presentó el menor número de nudos (6.20) y fue estadísticamente igual a Común II (6.70). Común ocupó el séptimo lugar con 7.60 nudos y se distinguió de seis genotipos en esta variable.

Longitud de Entrenudos

La variedad Biloela presentó los entrenudos más largos (8.0 cm) y fue estadísticamente igual al genotipo ME-3 que sus entrenudos midieron un promedio de 7.12 cm Común ocupó el octavo lugar con entrenudos de 5.91 cm y se distinguió de tres genotipos en esta variable.

El híbrido ME-5 presentó los entrenudos más cortos (4.83 cm) y fue estadísticamente igual a los genotipos ME-1 y Común II con 5.27 y 5.80 cm respectivamente (Cuadro 12). Los híbridos obtuvieron una longitud de entrenudo promedio de 5.95 cm, muy similar al valor promedio obtenido por Común que midieron 5.91 cm. Gómez *et al.* (2016) y Hernández (2016), reportan una longitud de entrenudos para Común de 7.90 cm estos valores son más altos a los encontrados en esta investigación.

Grosor de los Nudos

El análisis de varianza para grosor de los nudos detectó diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.01$) entre las fuentes de variación genotipos y bloques, el coeficiente de variación para esta variable fue de 11.9% (Cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadrados medios de grosor de los nudos y ramificaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	Grosor de los Nudos	Ramificaciones
Tratamientos	10	1.338**	6.608**
Bloques	4	0.557**	1.890**
E. Exp.	40	0.187	1.305
Total	54		
CV (%)		11.9	23.2

** = Altamente significativo

Biloela presentó los nudos más gruesos (4.58 mm) y fue igual estadísticamente a los genotipos ME-6 y ME-3 con 4.30 y 4.12 mm respectivamente, Común II tuvo los nudos más delgados (2.8 mm) y fue igual estadísticamente a cuatro genotipos incluyendo a la variedad Común, que obtuvo nudos de 3.36 mm y se distinguió de tres genotipos en esta variable (Cuadro 14).

Existen dos tipos de acame: a) el acame del tallo, este se presenta cuando el tallo se dobla y se rompe b) acame de raíz, se presenta cuando la raíz no soporta el peso de la parte aérea de la planta (Poehlman, 1987).

Cuadro 14. Comparación de medias de grosor de los nudos y ramificaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipos	Grosor de los Nudos mm	Ramificaciones No.
Biloela	4.58 a	3.30 de
ME-6	4.30 ab	5.40 abc
ME-3	4.12 abc	5.30 abc
ME-4	3.76 bcd	4.40 cde
Pecos	3.60 cd	6.60 ab
Laredo	3.42 d	3.00 e
ME-1	3.36 de	5.20 bc
Común	3.36 de	4.90 c
ME-2	3.34 de	4.50 cd
ME-5	3.26 de	6.70 a
CII	2.82 e	4.80 c

Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05)

De acuerdo con Vaidya y Mahab (1988), los nudos y entrenudos soportan la fuerza del movimiento de la planta provocada por el viento, si este es demasiado fuerte puede provocar acame, por lo que genotipos con nudos más gruesos producen una mayor resistencia al acame.

Para esta variable los genotipos presentaron un rango de 2.82 para Común II hasta 4.58 mm para Biloela. Otros autores han reportado grosor de los nudos de Común de 3.40 (Aldaco, 2017) y 3.10 (Hernández, 2016) valores muy similares a los de esta investigación, lo que indica que el grosor de los nudos es una característica controlada genéticamente.

Número de Ramificaciones

El análisis de varianza para número de ramificaciones del tallo más alto detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos y repeticiones.

En el Cuadro 14 se observa la comparación de medias del número de ramificaciones. El genotipo ME-5 obtuvo el valor más alto (6.70) y fue estadísticamente igual Pecos (6.60), ME-6 (5.40) y ME-3 (5.30). Laredo presentó el menor número de ramificaciones (3.0) y fue estadísticamente igual a Biloela y ME-4 con 3.3 y 4.40 ramificaciones respectivamente. Común ocupó el sexto lugar con 4.90, y se distinguió de cuatro genotipos en esta variable.

Longitud y Ancho de la Hoja Bandera (LHB y AHB)

Los análisis de varianza realizados a las variables LHB y AHB, detectaron diferencias altamente significativas entre genotipos y diferencias estadísticas entre bloques para LHB (Cuadro 15).

Cuadro 15. Cuadrados medios de longitud y ancho de la hoja bandera, longitud y ancho de la hoja media de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	LHB	AHB	LHM	AHM
Tratamientos	10	25.708**	0.021**	71.357**	0.024**
Bloques	4	21.022**	0.002 <i>NS</i>	61.570**	0.015**
E. Exp.	40	5.544	0.005	11.254	0.008
Total	54				
CV (%)		17.6	22.6	17.1	16.3

** = Altamente significativo NS = No Significativo

LHB = Longitud de hoja bandera, AHB = Ancho de hoja bandera, LHM = Longitud de hoja media, AHM = Ancho hoja media

La prueba de comparación de medias para LHB se presenta en el Cuadro 16, el genotipo ME-1 presentó el valor más alto (16.30 cm), seguido de Biloela, ME-2, ME-4, Pecos, ME-5 y ME-6 con 16.20, 14.10, 14.0, 13.92, 13.55 y 13.40 cm respectivamente. Común II presentó el valor más bajo (8.0 cm) y fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. Común ocupó el 10° lugar con una longitud de 11.53 cm, se diferenció de tres genotipos en esta variable (Cuadro 16).

Biloela presentó la hoja bandera más ancha (0.48 cm) y fue estadísticamente igual al genotipo ME-1 que obtuvo un valor de 0.42 cm. El genotipo ME-2 ocupó el último lugar con 0.27 cm y fue estadísticamente igual a siete genotipos. La variedad Común ocupó el cuarto lugar (0.36 cm), se distinguió de un genotipo en esta variable (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias de longitud y ancho de la hoja bandera, longitud y ancho de hoja media de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipos	LHB cm	AHB cm	LHM cm	AHM cm
ME-1	16.30 a	0.42 ab	20.55 abc	0.63 a
Biloela	16.20 ab	0.48 a	22.40 ab	0.65 a
ME-3	14.10 abc	0.30 cd	21.00 ab	0.56 ab
ME-4	14.00 abc	0.30 cd	22.72 a	0.55 ab
Pecos	13.92 abc	0.27 d	22.86 a	0.58 ab
ME-5	13.55 abc	0.34 bcd	16.35 c	0.56 ab
ME-6	13.40 abc	0.33 bcd	22.95 a	0.63 a
Laredo	13.20 bc	0.38 bc	18.35 bc	0.50 bc
ME-2	12.21 c	0.27 d	19.46 abc	0.55 ab
Común	11.53 c	0.36 bcd	18.90 abc	0.59 ab
C II	8.00 d	0.30 cd	10.23 d	0.40 c

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS a 0.05)
LHB = Longitud de hoja bandera, AHB = Ancho de hoja bandera, LHM = Longitud de hoja media, AHM = Ancho hoja media*

Longitud y Ancho de la Hoja Media (LHM y AHM)

Los análisis de varianza realizados a las variables LHM y AHM, mostraron diferencias altamente significativas entre las fuentes de variación genotipos y bloques (Cuadro 15).

El genotipo ME-6 obtuvo las hojas de mayor tamaño (22.95 cm) y fue estadísticamente igual a ocho genotipos. Común II obtuvo el valor más bajo (10.23 cm). En octavo lugar la variedad Común con una longitud de 18.90 cm fue

estadísticamente igual a nueve genotipos. Los híbridos promediaron una longitud de 20.5 cm superaron en un 10.57% la LHM de las variedades (18.54 cm) y en un 8.46% la LHM de Común (18.90 cm). Sánchez (2016) en una evaluación de 128 materiales de zacate buffel obtuvo un valor promedio de LHM de 22 cm con un rango de 12.09 a 33.46 cm.

Biloela presentó las hojas más anchas (0.65 cm) y fue igual estadísticamente a ocho genotipos incluyendo a Pecos y Común que ocupó el cuarto lugar (0.59 cm). Al igual que en la variable LHM el genotipo Común II obtuvo el valor más bajo con 0.40 cm de ancho, fue estadísticamente igual a Laredo que ocupó el décimo lugar con 0.50 cm de ancho. Común se distinguió de dos genotipos en esta variable (Cuadro 16).

Altura de Planta

Para obtener la altura de la planta se midió desde la base de la planta, hasta el ápice de la panícula, los análisis de varianza realizados para esta variable mostraron diferencias altamente significativas entre genotipos y entre bloques. Los coeficientes de variación, en las tres evaluaciones, se mantuvieron en un nivel aceptable de 9.9 a 19.1 % (Cuadro 17).

Con base en la alta significancia ($\alpha = 0.01$) detectada por los análisis de varianza para la altura de planta en las tres evaluaciones, se realizaron las pruebas de comparación de medias ($DMS \leq 0.05$). Los resultados se presentan en el Cuadro 18.

Cuadro 17. Cuadrados medios de altura de planta en tres evaluaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	CM1 14/07/17	CM 2 19/08/17	CM 3 30/08/17
Tratamientos	10	134.750**	619.682**	584.959**
Bloques	4	180.143**	575.914**	362.583**
E. Exp.	40	31.443	174.474	52.395
Total	54			
CV (%)		9.9	19.1	10.0

** = *Altamente significativo*

En la primera evaluación realizada para esta variable, la variedad Biloela presentó la mayor altura con 65.60 cm y fue estadísticamente igual a los genotipos ME-3 y ME-4 con alturas de 61.79 y 60.60 cm respectivamente. En séptimo lugar se encontró la variedad Común con una altura de 55.07 cm y fue estadísticamente igual a nueve genotipos. El material ME-1 presentó el valor más bajo con 48.33 cm y fue estadísticamente igual a cuatro genotipos, incluyendo Común II y Común.

En la segunda evaluación Biloela nuevamente obtuvo la mayor altura con 83.68 cm y fue estadísticamente igual a siete genotipos. Común ocupó el séptimo lugar con una altura de 68.98 cm y fue estadísticamente igual a siete genotipos. Con 45.60 cm el genotipo ME-2 obtuvo el valor más bajo, y fue estadísticamente igual a los genotipos Común II y ME-1.

Cuadro 18. Comparación de medias de altura de planta en tres evaluaciones de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipo	Altura de Planta (cm)		
	1º Eval. 14/07/17	2º Eval. 19/08/17	3º Eval. 30/08/17
Biloela	65.60 a	83.68 a	89.20 a
ME-3	61.79 ab	82.40 a	86.26 ab
ME-4	60.60 abc	77.16 ab	78.62 bc
ME-6	58.26 bcd	74.50 abc	80.40 abc
Laredo	56.80 bcde	69.44 abc	67.50 de
Pecos	56.46 bcde	73.30 abc	73.26 cd
Común	55.07 bcdef	68.98 abc	65.46 de
ME-2	54.00 cdef	45.60 d	74.00 cd
ME-5	51.13 def	63.56 bc	67.20 de
C II	50.53 ef	62.28 bcd	54.40 f
ME-1	48.33 f	58.68 cd	59.50 ef

Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05)

Las tendencias en la tercera evaluación para altura de planta son las mismas que en las evaluaciones anteriores, Biloela obtuvo el valor más alto (89.20 cm) y fue estadísticamente igual a los materiales ME-3 y ME-6 con 86.26 y 80.40 cm respectivamente. Común con 65.46 cm de altura se encontró en la novena posición y fue estadísticamente igual a cinco genotipos, Común II obtuvo el valor más bajo (54.40 cm) y fue estadísticamente igual al genotipo ME-1 con 59.50 cm de altura (Cuadro 18).

La altura promedio de los genotipos en la primera evaluación fue de 56.23 cm, en la tercera evaluación (46 días después) los materiales incrementaron un 28.66% ya que tuvieron una altura promedio de 72.34 cm, con una diferencia entre estas evaluaciones de 16.12 cm. Común en la primera evaluación tuvo una altura promedio de 55.07 cm, en la tercera fue de 65.46 cm, incrementando 18.56% con una diferencia entre estos valores de 10.39 cm.

En la primera evaluación no hubo diferencias significativas entre la altura promedio de las variedades (56.89 cm) y los híbridos (55.68 cm). En la segunda evaluación las variedades con 71.61 cm superaron en un 6.98% a los híbridos que alcanzaron una altura promedio de 66.98 cm. En la tercera evaluación, la situación se invierte, los híbridos con 74.33 cm de altura superaron en un 6.24% a las variedades que alcanzaron una altura promedio de 65.46 cm. La diferencia entre estas alturas fue de 8.87 cm. La pequeña disminución en altura de la segunda a la tercera evaluación de las variedades posiblemente se debió a que las variedades son más precoces y para la tercera evaluación ya estaban produciendo inflorescencias y por lo tanto el crecimiento vegetativo se detiene. Los híbridos con 74.33 cm superaron en un 13.55% de altura a la variedad Común que obtuvo 65.46 cm.

Biomasa Verde y Biomasa Seca

Los análisis de varianza realizados a las variables biomasa verde y biomasa seca detectaron diferencias altamente significativas entre genotipos y entre

bloques, los coeficientes de variación se mantuvieron en un rango aceptable de 8.3 y 9.8% para biomasa verde y seca respectivamente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Cuadrados medios de peso de biomasa verde y biomasa seca de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

FV	GL	Biomasa Verde	Biomasa Seca
Tratamientos	10	0.232**	0.084**
Bloques	4	0.077**	0.019**
E. Exp.	40	0.007	0.003
Total	54		
CV (%)		8.3	9.8

** = Altamente significativo

Debido a la alta significancia detectado por los ANVA se procedió a realizar las pruebas de comparación de medias respectivas ($DMS \leq 0.05$). Los resultados se presentan en el Cuadro 20.

En la biomasa verde se formaron siete grupos de medias, el genotipo ME-5 obtuvo el peso de biomasa verde más alto (0.306 kg/planta) y fue estadísticamente diferente al resto de los genotipos, el híbrido ME-2 ocupó el segundo lugar y fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. Laredo obtuvo el valor más bajo (0.140 Kg), y fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. Común ocupó el séptimo lugar (0.196 kg) y fue estadísticamente igual a seis genotipos incluyendo a Común II y Biloela. Común se distinguió de tres genotipos en esta variable (Cuadro 20).

Cuadro 20. Comparación de medias de biomasa verde y biomasa seca de 11 genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2017.

Genotipos	Biomasa Verde kg/planta	Biomasa Seca kg/planta
ME-5	0.306 a	0.183 a
ME-2	0.253 b	0.150 b
ME-3	0.219 c	0.138 bc
ME-4	0.216 cd	0.132 cd
ME-6	0.208 cde	0.130 cde
Biloela	0.198 cde	0.117 def
Común	0.196 def	0.115 ef
Pecos	0.189 ef	0.114 f
C II	0.187 ef	0.111 f
ME-1	0.174 f	0.102 fg
Laredo	0.140 g	0.086 g

Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05).

Para el peso de biomasa seca, los genotipos tuvieron el mismo comportamiento que en biomasa verde. Se formaron siete grupos de medias. El híbrido ME-5 ocupó el primer lugar (0.183 kg/planta) y fue estadísticamente diferente al resto de los genotipos. El segundo grupo estuvo conformado por ME-2 y ME-3 que obtuvieron 0.150 y 0.138 kg/planta respectivamente, que fueron estadísticamente iguales entre sí. Laredo obtuvo el peso de biomasa seca más bajo con 0.086 kg, y fue estadísticamente igual al genotipo ME-1 que obtuvo 0.102 kg. Común ocupó el séptimo lugar 0.115 kg y se diferenció de cinco

genotipos en esta variable (Cuadro 20). García (2018) reportó un peso de materia seca para Común de 0.059 kg/planta, Hernández (2016), obtuvo resultados similares para Común con un valor de 0.058 kg por planta.

Los híbridos obtuvieron un rendimiento de biomasa seca de 0.139 kg, superaron a las variedades (0.108 kg) en un 28.7% y a la variedad Común que obtuvo un peso de 0.115 kg.

CONCLUSIONES

Todos los nuevos híbridos apomícticos, así como CII cumplen con el requisito de distinción morfológica y en consecuencia la gestión de derechos de propiedad intelectual es factible.

Las características morfológicas para distinguir genotipos son variables, por lo tanto, es posible una selección de las características más favorables como lo son: altura de planta, número de panículas por planta, peso de biomasa verde y biomasa seca y número de ramificaciones, para eficientar los procesos de caracterización morfológica.

Todos los nuevos híbridos apomícticos caracterizados producen la cantidad suficiente de panículas por planta para una producción rentable de semilla comercial.

Cuatro de los nuevos híbridos apomícticos superan a buffel Común en producción de materia seca por planta, al rendir desde 13 hasta 59% más forraje seco que buffel Común.

El hexaploide CII y buffel Común producen altas cantidades de panículas con lo cual se explica en parte la capacidad de dispersión natural de buffel Común cuando la textura del suelo y otras condiciones son favorables.

LITERATURA CITADA

- Aldaco, D., G. 2017. Caracterización morfológica de genotipos seleccionados del Grupo Elite II de Zacate Buffel para gestión de derechos de propiedad intelectual. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 85 p.
- Alcalá-Galván, C.H. 1995. Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Capítulo 1: Origen geográfico y características biológicas. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del estado de Sonora A.C. Hermosillo, Son. México. pp. 9-14.
- Agostinim, H.J.J., J.A. Morales y D. Enkerlin. 1981. Rendimiento y calidad de dos híbridos de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) dañados por diferentes poblaciones del complejo mosca pinta (*Aeneolamia albofasciata*) y (*Prosapia simulans*). Revista Agronomía 200: 42-47.
- Ayerza, R. 1981. El buffel grass, utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 139p.
- Bashaw, E.C. 1962. Apomixis and sexuality in buffelgrass. Crop Sci. 2:412-415.
- Bashaw, E.C. 1975. Problems and possibilities of apomixis in the improvement of tropical forage grasses. In: E.C. Doll and G.O. Mott (eds.) Tropical Forage in Livestock Production Systems. Am. Soc. Agron. Special Pub. No. 24: 23-30.
- Bashaw, E. C. 1981. Registration Nueces and Llano buffelgrass. Crop. Sci. 20:112.
- 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 C.R. Funk. 1987. Apomictic grasses. In: W.R. Fehr (ed.). Principles of cultivar development. Crop species. Macmillan Publishing Co. New York. Vol 2:40-82.

- Bogdan, A.V. 1997. Pastos tropicales y plantas forrajeras. AGT Editor, S.A. México, D.F. 461 p.
- Briones R., M. A. 1991. Características de producción de semilla de 10 materiales de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* L. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 57 p.
- Burton, G.W. 1974. Filosofía del mejoramiento de gramíneas forrajeras. APA Memorias. 9:219-234.
- Cantú B., J.E. 1989. 150 gramíneas del norte de México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 116p.
- Cavaye, J.M.1988. Buffelgrass basics. Queensland Agricultural Journal. pp. 69-72.
- Conde L., E., A.J. Saldívar F., F. Briones E. y J.C. Martínez G. 2011. Autopolinización en la producción de semilla de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Nota Técnica. Agronomía Mesoamericana 22 (1): 133-140.
- Cook, B.G., B. Pengelly, S. D. Brown, J.L. Donnelly, D.A. Eagles, M.A. Franco, J. Hanson, B. F. Mullen, I. J. Patridge, M. Peters and R. Schultze-Kraft. 2005. Tropical forages: An interactive selection tool. (CD-ROM) CSIRO, DPI & F, CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- Cota, A. y D. Johnson. 1975. Adaptación y producción de diez zacates perennes en Sonora. Boletín Pastizales CI-MP-001. Chihuahua, Chihuahua, México.
- 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. Jour. Range Manage. 41:127-139.
- Cruz A., A. Pedroza. R. Trejo. I. Sánchez. J.A. Samaniego y R. Hernández. 2016. Captación de agua de lluvia y retención de humedad edáfica en el establecimiento de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 7(2):159-172.
- Flemons, K.F. and R.D. Whalley. 1958. Buffelgrass *Cenchrus ciliaris*. Agricultural Gazette New South Wales 69: 449-460.
- Ford-Lloyd B and M. Jackson. 1986. Plant genetic resources. An introduction to their conservation and use. Edward Arnold, Public Baltimore. 152.

- Franco T., L. y R. Hidalgo. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p.
- García D., G., L. Ramírez R, R. Foroughbakhch, R. Morales R 2003. Valor nutricional y digestión rumial de cinco líneas apomícticas y un híbrido de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Téc. Péc. Méx. 41:209-218.
- García R., E. 2018. Determinación de las características de tallos e inflorescencias útiles para distinguir nuevas variedades de zacate buffel. Tesis. Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 72 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.
- Gómez M., S., J. R. González D., M. Gómez M. y D. Aldaco G. 2016. Dinámica del desarrollo de inflorescencias en líneas experimentales de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). Acta Fitogenética Vol 3: 159. Sociedad Mexicana de Fitogenética. ISSN: 2395-8502.
- González D., J. R. y S. Gómez M. 1992. Semilla pura y sus componentes en zacate buffel. Resúmenes. XIV Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. 4-9 de octubre. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. p. 467.
- 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. Saltillo, Coahuila, México.
- 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. 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. 19-22.
- González D., J. R., S. Gómez M. y C. Vázquez M. Castro. 2000. Rendimiento de semilla y sus componentes en una línea hexaploide de zacate buffel. XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Irapuato, Guanajuato, México. P. 267.

- González D., J.R., S. Gómez M., J.M. Martínez R. y A.J. Hernández V. 2016. Características morfológicas de panículas del zacate buffel para distinción de variedades y gestión de derechos de propiedad intelectual. Acta Fitogenética. Vol. 3: 82. Sociedad Mexicana de Fitogenética. ISSN: 2395-8502.
- Gould, F. W. 1975. The Grasses of Texas. College Station, Texas. Texas A&M University Press.
- Hand, M.L and A.M. Koltunow. 2014. The genetic control of apomixis: asexual seed formation. Review Genetic 197:441-450.
- Hanselka, C.W. 1988. Buffelgrass South Texas Wonder grass. Rangelands. 10: 279-281.
- Hanselka, C.W. y 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.
- Hernández V., A.J. 2016. La propiedad intelectual de nuevas variedades de *Pennisetum ciliare* L. con base en la caracterización morfológica. Tesis Licenciatura. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 54p.
- 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.
- Humphreys, L.R. 1967. Buffel grass *Cenchrus ciliaris* L. in Australia. Tropical Grassland 1:123-134.
- Hussey, M.A. and E.C. Bashaw. 1990. Avances en el mejoramiento genético del zacate buffel. IV Conferencia Internacional de Ganadería Tropical. 19 Oct. Cd. Victoria, Tamaulipas.

- 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. Cd. Victoria, Tamaulipas, México pp. 14-28.
- 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.
- Ibarra F., F., A. S. Moreno M, M. Martin R., F. Denogean B. y L.E. Gerlach B. 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. Tec. Pecu. Méx. 43 (2): 173-183.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. octubre de 2005. Centro de Investigación Regional de Noreste Campo Experimental San Luis Potosí. Establecimiento de pasto buffel para el control de la erosión hídrica. Folleto No. 26. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/103.pdf> Consultado Septiembre de 2018.
- Jorge, M. A. B., M. Van de Wouw, J. Hanson and J. Mohammed. 2008. Characterization of a collection of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). Trop. Grass. 42:27-39.
- Judd, I.B. 1979. Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). Handbook of Tropical Forage Grasses. p. 65-68.
- Kelk, D. P.M. and C.H. Donaldson. 1983. Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) Roodeplaat at Agricultural Research Station. Pretoria, Republic of South Africa. Leaflet 114.
- 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.
- Laguna C.A., M.E Guadarrama-Guadarrama, Y.R Arenas-Julio y M.R Delgado. 2006. Aplicación de la guía de descripción varietal de dalia (*Dahlia spp*) en la

- caracterización de clones seleccionados. *Ciencias Agrícolas Informa* 4: 24-29.
- López D., U. y U. López Ch. 2011. Zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) un estudio sobre los efectos del pastoreo simulado y fertilización sobre su productividad y calidad nutritiva. *Agricultura Science*. Munich. GRIN Verlag. 74 pg. <http://www.grin.com/document/300540>
- López S. J., Nieto AR, Barrietos-Priego A. F., Rodríguez P.E., Colinas-León MT Borys MW y González-Andrés F. 2008. Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus spp*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 97-111.
- Loredo O., C., L. López R. y D. Espinosa V. 2004 Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamer.* 22:225-239.
- Martínez R., J. M. 1999. Mejoramiento genético de gramíneas forrajeras. *Memorias de los Simposios de la Trigésimo quinta Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Yucatán*. Mérida, Yucatán, México. pp. 53 – 59.
- Mc Donald, C.J. and McPherson G.R. 2013. Creating hotter fires in the Sonoran Desert: buffelgrass produces copious fuels and high fire temperatures. *Fire Ecology* 9(2): 26-39.
- 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. *Téc. Pec. en Méx.* 31:17-21.
- Morales N., C. R. 1994. Características de los principales zacates forrajeros para zonas áridas INIFAP. Folleto Técnico No. 2 CIRNOC. Campo Experimental La Campana. Chihuahua. México.
- Morales-Romero D., Campo J., Godinez-Alvarez H. and Molina-Freanera F. 2015. Soil carbon, nitrogen and phosphorus changes from conversion of thornscrub to buffelgrass pasture in northwestern Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199 (1): 231-237.
- Olivera, Y., Hernández, L. A., Cruz, D; Ramírez, W. y Lezcano, J. C. 2009. Nota Técnica: Caracterización morfobotánica de tres accesiones cespitosas. *Pastos y Forrajes* 32:37.
- Paull, C. J. and G. R. Lee. 1978. Buffel grass in Queensland. *Queensland Agric. Journal*. Australia.104: 57-75.

- Poehlman, J. M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. 8^o edición. Ed. Limusa, México, D. F. 453p.
- Poehlman, J. M. 1987. Breeding Field Crops. Avipublishing Company Inc. pp. 270-490.
- Pogue Agri Partners Inc. "Laredo" Blight tolerant buffelgrass blend s/f. (*Pennisetum ciliare*) <https://pogueagri.com/buffelgrass-laredo-brand/> Consultado Marzo de 2019
- Querol, L. D. 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Aproximación técnica y socioeconómica. Perú: Editorial Industrial Gráfica. 218 p.
- 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.
- 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.
- Sáenz, A. J. 2000. Monterrey, N. L., México. www.geocities.com/jass2000mx/index.html
- Sánchez, R., A. G. 2016. Caracterización forrajera de ecotipos de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) en condiciones de temporal en Debre Zeit, Etiopía. Tesis. Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih, México.
- Servicio Meteorológico Nacional de México, 2016; Google Earth Pro, 2018. Consultado septiembre 2018. <https://earth.google.com/web/>.
- SNICS. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2016a Derecho de obtentor de variedades vegetales, <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/que-es-el-derecho-de-obtentor>. Consultado Septiembre 2018.
- SNICS. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. 2016b. ¿Qué son los derechos de obtentor de variedades vegetales <https://www.gob.mx/snics/articulos/que-son-los-derechos-de-obtentor-de-variedades-vegetales> Consultado agosto de 2018.

- SNICS. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas 2016c ¿Qué son los derechos de obtentor de variedades vegetales? <https://www.gob.mx/snics/articulos/que-son-los-derechos-de-obtentor-de-variedades-vegetales?idiom=es>. Consultado Septiembre 2018.
- Skerman, P.J. and F. Riveros. 1990. Tropical grasses. FAO. Roma.
- Statistical Applied System. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.4 User's Guide Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- Tinoco-Ojanguren C., Reyes-Ortega I., Sánchez-Coronado M.E., Molina-Freaner, F. and Orozco-Segovia A. 2016. Germination of an invasive *Cenchrus ciliaris* L. (buffel grass) population of the Sonoran Desert under various environmental conditions. South African Journal of Botany 104: 112-117.
- UPOV. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2018. Publicación N.º 437 Reseña sobre la UPOV. http://www.upov.int/edocs/pubdocs/es/upov_pub_437.pdf Consultado Septiembre 2018.
- USDA. 2018. Classification for kingdom plantae. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation. USA. <https://plants.usda.gov/> Consultado Septiembre 2018.
- Vaidya, S. M. and A. R. Mahab. 1988. Highlights of research on lodging resistance in cereals. Karnal India ICAR. All India Coordinated. Barley Improvement Project pp. 32-46.
- Velásquez M.A., I. Sánchez. R. Gutiérrez. J.A Muñoz y H. Macías. 2014. Impacto hidrológico del cambio de uso del suelo de un pastizal nativo a praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 13 (2):47-58.
- Villa-Reyes F. and E. Barrera. 2016. Environmental cues for germination of the invasive bunch grass *Pennisetum ciliare* (L.) Link. Acta Physiologiae Plantarum. 38 (5):1-8.
- Whiteman, P.C., L.R. Humphreys and V.H. Nanteith. 1974. *Cenchrus ciliaris* L. (Buffelgrass). A course manual in tropical pastures science. pp. 306 – 312. USA.