

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Caracterización Morfológica de Híbridos Apomícticos de Zacate  
Buffel (*Pennisetum ciliare*L.) en el Norte de México

Por:

**YURIMARILU PICENO SANTOS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Caracterización Morfológica de Híbridos Apomícticos de Zacate Buffel  
(*Pennisetum ciliare* L.) en el Norte de México

Por

**YURIMARILU PICENO SANTOS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Susana Gómez Martínez  
Asesora Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Manuel Martínez Reyna  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Martha Gómez Martínez  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo Coahuila, México

Junio, 2021

## **Declaración de no Plagio**

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



---

C. Yurimarilu Piceno Santos

## **AGRADECIMIENTOS**

### *A Dios*

Por permitirme llegar hasta aquí, por darme la vida, salud y sobre todo por bendecirme con una hermosa familia, logrando concluir una carrera universitaria, por ayudarme y cuidarme en todo momento, así, también por siempre haberme escuchado en los momentos que más lo necesite.

### *A Mi Alma Mater*

Por abrirme sus puertas, brindarme una excelente formación académica, otorgarme las herramientas para enfrentarme a la vida laboral, por darme la oportunidad de formar parte de su comunidad estudiantil y ser un hogar muy acogedor en el que se me inculcó valores y conocimientos.

### *A Mi Asesora Principal*

#### *Dra. Susana Gómez Martínez*

Gracias por apoyarme en todo momento por creer en mí para este proyecto, por ser una grandiosa mujer y extraordinaria maestra. Por la gran paciencia que me tuvo y sus muy buenas aportaciones de conocimientos que me hizo, para hacer esto posible.

#### *Al Dr. Juan Manuel Martínez Reyna*

Por sus excelentes aportaciones, que contribuyeron para mejorar el documento de Tesis.

#### *A la M.C. Martha Gómez Martínez*

Por haber formado parte de esta investigación con sus aportaciones de conocimiento en este proyecto.

## **DEDICATORIA**

### *A Mis Padres*

*Everardo Piceno Chávez y Esperanza Santos Flores*

Gracias por darme la vida, por darme absolutamente todo siempre, pero sobre todo por tanto amor y comprensión, por creer y confiar en mí, por apoyarme en todo momento y siempre haber estado para mí, por ser mi motivación de cada día y haberme educado de la mejor manera. A tí mami hermosa gracias por ser mi madre, amiga y confidente en todo momento, eres la mejor en todos los sentidos y lo que más amo en esta vida y a ti papi gracias por todo el apoyo y amor incondicional que me das día a día. Los Amo.

### *A mis Hermanos*

*Roselvia Piceno Santos, Everardo Piceno Santos y Jesús Rivaldo Piceno Santos.*

A cada uno de ustedes por siempre estar conmigo, en las buenas y en las malas y apoyarme en todo momento. Gracias Elvi por ser un gran ejemplo a seguir. Y siempre estar cuando más te necesité, pero, sobre todo, por disuadirme en cuestión al estudio. A tí Lalin por ser mi confidente siempre y a parte de mi hermano, un gran amigo. Y a ti Chuy por ser un niño tan lindo conmigo nuestro piloncito y regalito de Dios. Los Amo como no tienen idea, son mi razón de ser.

### *A Mi Esposo*

*Carlos Javier Valadez Quezada*

Amor gracias por estar en mi vida, por haber llegado en el momento más preciso, por no dejarme caer cuando yo ya no quería dar más de mí, por ayudarme en este proceso de redacción que no fue fácil, por brindarme esta paz y tranquilidad que fue vital en este proceso, por todos esos abrazos que me diste en los

momentos de recaída, por todo tu amor y comprensión que me brindas día a día. Eres lo más bonito que me pudo haber pasado. **TE AMO.**

*A mis Padrinos*

*Eduardo Hernández Dávila y Hercilia Reyes Argueta*

Por tanto cariño que me han dado desde que tengo memoria, por apoyarme en todo momento y creer en mí, por todos esos consejos y apoyos motivacionales. Gracias infinitas por quererme y apoyarme de la manera que lo hacen. Los quiero mucho.

*A Mis Primos*

*Héctor Eduardo Santos Rivera, Yerit Rubicel Santos Rivera,  
Samanta Montserrat Colín Piceno, Dulce Daniela Colín Piceno, Juan Carlos Colín  
Piceno.*

Por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, por ser los mejores primos que haya deseado, por todo el apoyo incondicional y sobre todo porque a pesar de la distancia y separaciones momentáneas nunca se perdió el amor de primos.

*A Mis Tíos*

*Miguel Santos, Rafael Meraz, Juan Colín, Elena Piceno, Venancio Santos, Celerino  
Santos, Francisco Santos, Martha Santos y Maricruz Santos.*

Por apoyarme en todo momento, por todo su amor, comprensión y confianza que me brindaron día a día y sobre todo por siempre estar pendiente de mi formación académica. Más a ti tío Migue eres el mejor tío que cualquier persona desearía. Gracias por amarme, respetarme y siempre estar conmigo. A todos y cada uno de ustedes. Gracias.

*Abuelos*

*Felicitas Chávez Meraz*

*Celerina Flores Morales*

*Ricardo Piceno estrada*

*Francisco Santos Marcial*

Por apoyarme siempre y estar conmigo en todo momento.

*En Especial*

*A Marco Antonio López Gallardo*

Por todo tu cariño y amistad que me brindaste estos años en la universidad, por haberme apoyado en la toma de datos y hacer esto posible. Gracias.

*A Marco Antonio Cueto López*

Por estar siempre conmigo por ser un gran amigo, el mejor, gracias por aguantar todas mis cosas, por nunca enojarte conmigo y escucharme siempre. Eres una persona maravillosa en toda la extensión de la palabra.

*José Francisco Díaz*

Por ser mí hermano adoptado, por apoyarme cuando más lo necesité, por todos esos consejos, regaños y cariño infinito. Eres la mejor persona que Dios pudo haber puesto en mi vida, gracias por compartir más de ocho años de amistad y confidencialidad.

*A mis Amigos*

*Rigoberto Chávez, Víctor Reséndiz, Diego Cerda, Erika Figueroa, Oriana Wilson, Alonso Yáñez, Rogelio Baez, Abimael Jiménez, H, Isaías Vásquez, Carolina Díaz, Daniel Gaxiola, Francisco Salinas, Eulises González, Isabel González, Clara González, Irma Hernández.*

A todos ustedes por ser buenos amigos y apoyarme siempre, por ser unas excelentes personas y brindarme su amistad en todo momento. A todos ustedes gracias, los llevaré siempre en mi corazón.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
Objetivos .....	2
Hipótesis .....	2
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
Caracterización Morfológica .....	3
Origen y Distribución del Zacate Buffel .....	5
Origen Filogenético del Zacate Buffel.....	6
Importancia del Zacate Buffel.....	7
Usos del Zacate Buffel .....	8
Impacto al Ecosistema .....	8
Morfología del Zacate Buffel.....	9
Sistema Radicular .....	9
Hojas.....	9
Tallos .....	9
Rizomas .....	10
Inflorescencias .....	10
Ecología del Zacate Buffel .....	11
Suelo.....	11
Época de Establecimiento .....	12
Producción de Semilla.....	12
Valor Nutritivo .....	13
Reproducción Sexual .....	14
Reproducción Apomíctica .....	15
Ventajas de la Apomixis .....	16
Reproducción del Zacate Buffel .....	16
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
Sitio Experimental .....	18
Material Genético .....	18

Híbridos Apomíticos .....	18
Buffel Común (T-4464).....	19
Zaragoza -115 (Z-115) .....	19
Metodología .....	20
Siembra en Invernadero y Trasplante .....	20
VARIABLES REGISTRADAS .....	20
Características del Tallo.....	20
Longitud del Tallo más Alto .....	20
Longitud del Entrenudo Superior.....	21
Número de Ramificaciones .....	21
Número de Nudos .....	21
Longitud de Entrenudos .....	21
Grosor de Nudos.....	21
Longitud y Ancho de la Hoja Bandera (LHB y AHB) .....	21
Longitud y Ancho de la Hoja Media (LHM y AHM).....	21
Número de Inflorescencias por Planta.....	22
Características de la Inflorescencia.....	22
Longitud de Panícula.....	22
Número y Peso de Involucros por Panícula.....	22
Número y Peso de Cariópsides por Panícula .....	22
Densidad de Panícula .....	23
Longitud de la Cerda más Larga .....	23
Porcentaje de Fertilidad .....	23
Diseño Experimental .....	23
Análisis Estadístico .....	23
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
Características del Tallo de Zacate Buffel .....	24
Longitud del Tallo más Alto .....	24
Longitud del Entrenudo Superior.....	26
Número de Ramificaciones .....	26
Número de Nudos .....	27
Longitud de Entrenudos .....	28
Grosor de los Nudos .....	29

Ancho de la Hoja Media .....	29
Longitud de la Hoja Media.....	30
Longitud de la Hoja Bandera .....	31
Ancho de la Hoja Bandeja.....	32
Número de Panículas por Planta.....	33
Característica de la Inflorescencia.....	36
Longitud de Panícula.....	36
Número de Involucros por Panícula .....	37
Densidad de Panícula .....	38
Peso de Involucros por Panícula .....	39
Número de Cariópsides por Panícula.....	40
Peso de Cariópsides por Panícula .....	41
Porcentaje de Fertilidad .....	41
Longitud de la Cerda más Larga .....	42
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
1	Cuadrados medios de longitud del tallo más alto, longitud del entrenudo superior y números de ramificaciones de siete genotipos del zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	24
2	Comparación de medias de longitud del tallo más alto, longitud del entrenudo superior y número de ramificaciones por tallo, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	25
3	Cuadrados medios de número de nudos, longitud de entrenudos y grosor de los nudos, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	27
4	Comparación de medias de número de nudos, longitud de entrenudos y grosor de los nudos, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	28
5	Cuadrados medios de ancho y longitud de la hoja media, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	30
6	Cuadro 6. Comparación de medias de ancho y longitud de la hoja media, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	31
7	Cuadrados medios de longitud y ancho de la hoja bandera de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	31
8	Comparación de medias de longitud y ancho de la hoja bandera, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	32
9	Cuadrados medios de panículas por planta de siete genotipos de zacate buffel en cuatro evaluaciones. Saltillo, Coah. 2018.....	33
10	Comparación de medias de panículas por planta de siete genotipos de zacate buffel en cuatro evaluaciones. Saltillo, Coah. 2018.....	34

<i>Cuadro No.</i>		<i>Página</i>
11	Cuadrados medios de longitud de panícula, número de involucros por panícula y densidad de panícula, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	36
12	Comparación de medias de longitud de panícula, número de involucros por panícula y densidad de panícula, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	37
13	Cuadrados medios de peso de involucros por panícula, número de cariósides por panícula y peso de cariósides por panícula. Saltillo, Coah. 2018.....	39
14	Comparación de medias de peso de involucros por panícula, número de cariósides por panícula y peso de cariósides por panícula, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	40
15	Cuadrados medios de porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	42
16	Cuadro de medias de porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.....	43

## **Caracterización Morfológica de Híbridos Apomícticos de Zacate Buffel (*Pennisetum ciliare* L.)**

### **RESUMEN**

El zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) es una especie forrajera perenne, originaria de Sudáfrica, desde su introducción a nuestro país, en los años cincuenta, ha contribuido al desarrollo de la ganadería extensiva del norte de México por su alto potencial de producción de biomasa, facilidad de establecimiento y tolerancia a la sequía. Más del 90% de la superficie cubierta con zacate buffel pertenece a la variedad Común, por su excelente producción de semilla, sin embargo, es altamente susceptible al tizón del zacate buffel (*Pyricularia grisea*). Esta variedad ha sido superada hasta en 100% en producción de forraje por los híbridos generados en el Programa de Pastos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los derechos de propiedad intelectual sobre una variedad vegetal, establecen que esta debe ser nueva, estable, homogénea y distinta de la variedad más utilizada. El objetivo de la investigación fue caracterizar morfológicamente cinco híbridos apomícticos, que nos permita distinguirlos de la variedad Común.

El presente trabajo de investigación se realizó en Saltillo, Coahuila, en junio de 2018 se sembró en cajas de nieve seca cariósides de siete genotipos de zacate buffel. posteriormente se realizó el trasplante a macetas de plástico negro que contenían peat moss como medio de crecimiento. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco híbridos apomícticos (HA, HB, HC, HD y HE) y dos variedades comerciales como testigo: Común y Z-115, con cinco repeticiones, las unidades experimentales constaron de cinco macetas. Se evaluaron las características del tallo más alto: longitud del tallo más alto, longitud del entrenudo superior, número de ramificaciones, número de nudos, longitud de entrenudos, grosor de los nudos, longitud y ancho de la hoja bandera y longitud y ancho de la hoja media. Se evaluaron las características de la inflorescencia: número de inflorescencias por planta, longitud de panícula, número y peso de involucros por panícula, número y peso de cariósides por

panícula, densidad de panícula, porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga. Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables registradas y en los casos en que se detectaron diferencias significativas se realizó una comparación de medias con la prueba DMS ( $\alpha = 0.05$ ). En longitud al tallo más alto Común ocupó el quinto lugar con 43.10 cm y se distinguió de cuatro híbridos apomícticos y de Z-115. Para longitud del entrenudo superior no se detectaron diferencias estadísticas entre genotipos, esta variable no permitió distinguir a los híbridos de Común. El ANVA para número de ramificaciones detectó diferencias significativas, sin embargo, esta variable, longitud de entrenudos y grosor de los nudos no permitieron distinguir a los híbridos de Común. El tallo principal de Común tuvo 7.90 nudos, esta variable le permitió distinguirse de cuatro híbridos y de Z-115. Las características de la hoja no contribuyeron a la distinción de los híbridos de Común. En las características de la panícula: longitud de panícula, número de involucros, número de cariósides por panícula y la densidad de la panícula permitieron distinguirse a los híbridos de Común. Las variables peso de involucros, peso de cariósides por panícula, porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga no permitieron distinción. En las cuatro fechas de evaluación para el número de inflorescencias por planta, se detectaron diferencias altamente significativas entre genotipos, el híbrido HE superó en número de panículas a la variedad Común. Con base a los resultados obtenidos, se concluye que todos los genotipos caracterizados pueden distinguirse morfológicamente de Común en al menos una variable. No todas las variables estudiadas tienen la misma utilidad para distinguir morfológicamente nuevos genotipos de zacate buffel de la variedad Común. Todos los híbridos apomícticos presentan una buena producción de panículas por planta, lo que asegura una producción rentable en la industria semillera.

**Palabras clave:** Híbridos Apomícticos, Cariósides, Involucros, *Pennisetum ciliare*, Panículas.

## INTRODUCCIÓN

El zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) es una de las especies forrajeras importantes en los pastizales africanos, es originario de este continente y fue introducido a la República Mexicana a mediados de los años cincuentas, por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (Ibarra *et al*, 2005). La introducción de este zacate a las zonas áridas y semiáridas de México, ha tenido gran aceptación por los ganaderos de la región, ya que es utilizado en la rehabilitación de agostaderos deteriorados que ocupan el 60% de la superficie territorial del país y es una buena alternativa para incrementar la productividad de estas áreas. La tolerancia a la sequía es la principal característica de esta especie, lo que contribuye a que la actividad ganadera sea más rentable, ya que, bajo las condiciones de aridez, propios de estas regiones, los pastos son la principal fuente de alimento para el ganado. El zacate buffel cumple con uno de los objetivos de la agricultura moderna ya que produce forraje de alta calidad nutritiva, a un bajo costo en forma de forraje, heno o ensilo. Así mismo se considera a esta gramínea forrajera como una alternativa para disminuir las concentraciones de CO<sub>2</sub>, debido a su vía fotosintética C4 y a su sistema radicular, que al término de su proceso de descomposición pueden aportar hasta un 90% de carbono al suelo.

Desde que esta especie fue introducida a México la variedad Común ha predominado en la utilización de este zacate como fuente importante de alimento, por su potencial de producción de semilla y por la falta de programas de mejoramiento en las especies forrajeras. Sin embargo, esta variedad no rizomatosa ha sido superada hasta en 100% en producción de forraje por los híbridos generados en el Programa de Pastos en la UAAAN, así como por la resistencia al tizón del zacate buffel (*Pyricularia grisea*) y a temperaturas invernales. De manera general el principal objetivo de los programas de

mejoramiento de especie ha sido el incremento en la productividad, ya sea en términos de producción total y/o distribución estacional y de persistencia.

La UAAAN cuenta con un Programa de Pastos, el cual, desde sus inicios en 1971 ha generado variedades mejoradas de gramíneas forrajeras y ha continuado con el desarrollo de híbridos apomícticos de zacate buffel, que después de un proceso de selección pueden ser liberados como una variedad potencial, por lo que es necesario caracterizarlos para su registro ante los organismos oficiales.

La caracterización de especies vegetales tiene la finalidad de describir los caracteres morfológicos, fenológicos y productivos de los genotipos y verificar el grado de variación entre ellos. La importancia de los descriptores morfológicos es que facilitan la distinción entre fenotipos y permiten caracterizar a una población de plantas que conforman una variedad (Laguna *et al.*, 2006). A través de esto se logra obtener un número distinto de descriptores varietales, identificándose las diferencias y similitudes morfológicas entre genotipos de *Pennisetum*.

Las normas emitidas por los organismos oficiales establecen que, para el registro y derecho de propiedad intelectual, los materiales deben ser nuevos, estables, homogéneos y distintos a la variedad más utilizada. Con base en lo anterior se plantearon los siguientes objetivos.

### **Objetivos**

1. Caracterizar morfológicamente híbridos apomícticos de zacate buffel.
2. Identificar las características que pueden diferenciar a los híbridos apomícticos de la variedad Común.
3. Identificar los híbridos apomícticos que puedan ser de interés comercial.

### **Hipótesis**

Se podrá diferenciar al menos un híbrido apomíctico de la variedad Común.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Caracterización Morfológica

La caracterización de especies vegetales se utiliza para describir los caracteres morfológicos, fenológicos y productivos de los genotipos y verificar el grado de similitud y variación entre ellos. La importancia de la caracterización morfológica radica en que permite identificar a una especie mediante características cualitativas y cuantitativas. Se utiliza con fines agronómicos, mejoramiento genético y comercialización (Franco e Hidalgo, 2003). A la caracterización en plantas se le considera como el conjunto de características que permiten identificarlas con precisión taxonómica (López *et al.*, 2008). Es la descripción de fluctuaciones que se presentan en una colección de germoplasma, basada en las características morfológicas de alta variabilidad, por lo que se aplica para todos los géneros y especies vegetales.

Existe una amplia diversidad genética de plantas cultivadas en el mundo las cuales con el paso del tiempo se ha incrementado debido a diferentes factores como: mutación, recombinación, selección y migración, sin embargo, los dos últimos reducen esta diversidad (Ford-Lloyd y Jackson, 1986).

Para llevar a cabo el proceso de caracterización de una especie se estima la variabilidad presente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Algunas de las principales variables cualitativas se pueden observar a simple vista, como son: hojas, flores, frutos y semillas.

Los caracteres descriptivos, también llamados descriptores cualitativos, se basan en su expresión y pueden clasificarse en dos clases: la primera está relacionado con su constancia que prevalece a través del medio ambiente y generalmente depende de pocos genes para su expresión. La segunda clase incluye descriptores variables debido a que presentan interacción con el medio ambiente, a los cuales se les denomina descriptores cuantitativos. Estos indicadores tienen una mayor objetividad en cuanto a la información que recogen, en contraste a los descriptores cualitativos, los cuales tienden a tener mayor grado de dificultad, debido a su mayor riqueza informativa.

La importancia de los descriptores de caracterización radica en que facilitan la distinción entre fenotipos. Las descripciones varietales son un conjunto de observaciones que le permiten distinguir y caracterizar a una población de plantas que conforman una variedad (Laguna *et al.*, 2006).

A través de la caracterización morfológica se logra obtener un número distinto de descriptores varietales, que permiten encontrar diferencias y similitudes morfológicas entre los genotipos de *Pennisetum*. Descriptores como: número de inflorescencia por planta, longitud de panícula, número y peso de involucros por panícula, número y peso de cariósides por panícula y, número de ramificaciones, los cuales contribuyen a determinar la selección y posible liberación de materiales con potencial para la ganadería. De esta forma se promueve la investigación, innovación y generación de nuevos materiales que beneficiarán directamente al campo mexicano (SNICS, 2016).

Las técnicas implementadas para describir las características morfológicas indican cual es el nivel de variabilidad que se intenta medir o determinar la caracterización de una especie, identificando los genes particulares o alelos favorables que sean de utilidad para fomentar un sistema eficaz para la protección de las variedades vegetales y promover la obtención de nuevas variedades vegetales para un beneficio de la sociedad (UPOV, 2018). La Unión Internacional para la protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), es una

organización intergubernamental que tiene como objetivo proporcionar y fomentar un sistema eficaz para la protección de variedades vegetales.

### **Origen y Distribución del Zacate Buffel**

La amplia variabilidad genética de materiales de zacate buffel observada en la región del Transvaal y Provincias del Cabo, evidencian que esta especie es originaria de Sudáfrica y de ahí se dispersó hacia el norte de África y hacia los pastizales áridos del oeste de la India (Bashaw, 1985; Hussey y Bashaw, 1990). Otros autores reportan que África Ecuatorial, África del sur, las regiones cálidas de la India e Indonesia son el centro de origen del zacate buffel, debido a la gran diversidad de variedades que se encuentran en estas áreas (Ayerza, 1981).

El zacate buffel fue una de las especies forrajeras africanas que fueron introducidas a principios de los 90's alrededor del mundo, para mejorar la industria ganadera. Fue llamado "zacate maravilla" por Hanselka (1988) por su habilidad para soportar sequías prolongadas y responder rápidamente a las lluvias. Actualmente tiene una amplia distribución en todo el mundo, debido a su facilidad de adaptación, ubicándose en las zonas tropicales y subtropicales, ocupa una extensa área dentro de los 45° latitud norte y 45° latitud sur a partir del Ecuador (Marshall *et al.*, 2012).

El zacate buffel ha logrado establecerse y adaptarse a las condiciones del norte y noroeste de México (De León, 2004), se ha dispersado en una amplia superficie del país, principalmente en zonas que van desde el trópico y subtropico hasta el altiplano y zonas áridas (Garza *et al.*, 1973). En el estado de Sonora esta especie ha sido utilizada por los ganaderos como forraje para el ganado, ocupa aproximadamente el 10% del estado (Franklin *et al.*, 2006). Esta especie se ha naturalizado en México, por lo que se cree que las condiciones agroecológicas de nuestro país son similares a las de su centro de origen.

En México se reportan 1, 230,000 ha de agostadero cubiertas con zacate buffel, superficie de la cual 820,000 ha se ubican principalmente en los estados de Tamaulipas y Nuevo León, lo que lo convierte en un componente fundamental de los sistemas de ganadería moderna de la región (Martínez-López *et al.*, 2014). Común es la variedad que predomina en estas superficies, se ha observado al zacate buffel propagarse a orillas de carreteras por lo que se le conoce como una fuente potencial para la colonización de nuevos hábitats (Garcillán *et al.*, 2013).

### **Origen Filogenético del Zacate Buffel**

La clasificación taxonómica del zacate buffel es la siguiente:

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Traqueophyta

**Subdivisión:** Spermatophyta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Liliopsida

**Subclase:** Commelinidae

**Orden:** Cyperales

**Familia:** Poaceae

**Género:** *Pennisetum*

**Especie:** *P. ciliare* L.

Fuente: USDA (2020)

Esta gramínea forrajera, fue recolectada y clasificada por primera vez por Linneus, en el Cabo de Buena Esperanza en 1771. Hatch y Hussey (1991)

señalan que *Pennisetum* pertenece a Paniceae, una tribu de zacates que consta de alrededor de 100 géneros y 2100 especies.

### **Importancia del Zacate Buffel**

El zacate buffel es una gramínea forrajera perenne de gran importancia económica para las zonas áridas y semiáridas del norte de México, ya que ha incrementado la productividad forrajera de la ganadería extensiva. Lo que ha provocado una revolución en el potencial ganadero, incrementando el rendimiento por hectárea en áreas con una precipitación superior a los 800 mm (Saldívar, 1990). Debido a sus características agronómicas favorables como: facilidad de establecimiento, tolerancia para sobrevivir a periodos prolongados de sequía, alta productividad de biomasa y buena calidad forrajera, se ha convertido en la especie más utilizada en la ganadería extensiva del norte de México y sur de Texas (De León, 2004; Quero, 2013).

El zacate buffel ha contribuido a regenerar áreas que no han recibido un uso adecuado del suelo. Así mismo, se han rehabilitado áreas degradadas y sin potencial (Maldonado, 1993). El zacate buffel se ha utilizado como un factor importante para el control de la erosión hídrica y eólica de las zonas áridas y semiáridas y restaurador de áreas degradadas por pastoreo pesado. Esta especie introducida tiene la capacidad de convertir áreas agrícolas improductivas en agostaderos productivos, en sitios donde los pastos nativos tienen una pobre o nula cobertura (Loredo *et al.*, 2005; Beltrán y Loredo, 2002).

En las áreas de pastizales el zacate buffel juegan un papel fundamental ya que es considerada una gramínea importante para la protección del medio ambiente y para la conservación de la diversidad genética con la que cuenta nuestro país (FAO, 2005). Otra característica de esta gramínea es la capacidad de rebrote que tiene aún después de un incendio, debido a una serie de estructuras que posee la semilla, que lo protege, de tal manera que le permite soportar temperaturas, que pueden llegar hasta 120°C (McDonald y McPherson, 2013).

## **Usos del Zacate Buffel**

Algunos autores reportan una gran variedad de usos del zacate buffel (Bashaw1980; Brockett y Garay, 1984; Ku Vera *et al.*, 2014).

1. Estabilización de suelos para el control de la erosión.
2. Forraje como alimento para el ganado en pastoreo directo o heno.
3. Pastoreo rotacional para contribuir en la dieta nutricional de los animales, para incrementar el número de cabezas de ganado por hectárea.
4. Restaurador de suelos que han sido gravemente afectados debido al sobrepastoreo.
5. Capacidad para optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales y mantener la productividad en los sistemas agropecuarios.
6. Hábitats para una gran variedad de aves y otros animales.

## **Impacto al Ecosistema**

El zacate buffel es una especie valiosa ya que presta servicios ambientales, al capturar una mayor cantidad de CO<sub>2</sub>, debido a su proceso fotosintético C4 y al sistema radicular que posee. Por lo que se le considera como una alternativa para enfrentar el cambio climático ya que es una especie con gran adaptabilidad en zonas donde prevalecen las altas temperaturas y graves problemas de sequía (Ruiz y Regalado, 2012).

Investigaciones realizadas indican que el establecimiento de esta gramínea forrajera incrementa el carbono presente en el suelo, debido al sistema radicular que posee que al descomponerse llega a aportar hasta un 90% de carbono al suelo (Morales-Romero *et al.*, 2015). Con el establecimiento de esta gramínea se logra controlar la erosión hídrica y eólica de las diversas zonas en las que se ha establecido (Loredo *et al.*, 2005).

## **Morfología del Zacate Buffel**

El zacate buffel es una planta perenne, amacollada con un proceso fotosintético C4, lo que le permite una mayor eficiencia fotosintética favorece un mayor crecimiento de la planta (Granados-Sánchez *et al.*, 1998).

### **Sistema Radicular**

El zacate buffel se caracteriza por tener un sistema radicular muy profundo y fuerte de 1.0-1.5 m, lo que favorece una fácil absorción de agua y nutrientes permitiéndole persistir por más tiempo cuando se presentan períodos prolongados de sequía y pastoreo (Garza *et al.*, 2010; Robles *et al.*, 1990). Su sistema radicular, contribuye a su capacidad de extraer agua a gran profundidad, esta es una de las principales características que contribuye a que esta gramínea se establezca, con facilidad en zonas con baja precipitación pluvial. Además, un sistema radicular profundo y bien desarrollado, les facilita a las plantas desarrollar diferentes tipos de hábitos de crecimiento que van desde tipos extendidos para pastizales, hasta tipos erectos para henos.

### **Hojas**

Las hojas son alargadas, delgadas, generalmente aplanadas y ligeramente pubescentes en la base, en especial cerca de la lígula. Miden de 8 a 30 cm de largo y de 2.5 a 8 mm de ancho, las hojas se forman en cada nudo del tallo (Cantú, 1989). Son de coloración verde, gris verdoso o verde azulado dependiendo de la variedad.

### **Tallos**

Como todas las gramíneas, los tallos del zacate buffel están compuestos por nudos y entrenudos, cuya longitud es más corta en la base, en contraste con la parte superior del tallo (Cantú, 1989). Los tallos generalmente son ramificados, están articulados y nacen de una corona nudosa en la base de planta, pueden medir de 1.5 a 1.7 m bajo condiciones favorables. Son alargados y suaves, con

las bases engrosadas, por lo que almacenan más carbohidratos que otras especies, esto les permite rebrotar después de heladas o sequías prolongadas, algunos cultivares presentan rizomas cortos (Paull y Lee 1978; Ibarra *et al.*, 2012). Los tallos en la madurez tienden a tornarse fibrosos y duros, posteriormente se secan sus hojas basales, sus hijuelos secundarios o terciarios (axilares o basales) pasan a una fase reproductiva.

## **Rizomas**

Los rizomas son tallos modificados que crecen de forma horizontal, y dan origen a nuevos brotes, estos son de gran importancia ya que les permite a las plantas tolerar heladas y lograr una mayor adaptación en sitios de mayor altitud, razón por la que son considerados el órgano invernal de las gramíneas. También sirven como órganos de almacenamiento y propagación, ya que la planta tiene la capacidad de producir nuevos brotes por medio de los rizomas y desarrollar una nueva planta con buenas características agronómicas (Bogdan, 1997; Bashaw, 1985; Mc Whorter, 1961). Otra de las ventajas de las especies rizomatosas es que tienen una mayor resistencia al pastoreo, así mismo prestan servicios ambientales, ya que tienen una mayor capacidad de captura de CO<sub>2</sub> mediante la producción de biomasa radicular, lo que contribuye a mitigar los efectos del cambio climático (Aguilar, 2013).

## **Inflorescencias**

La inflorescencia de *P. ciliare* es una panícula contraída de forma cilíndrica, de color púrpura, crema o gris. Al llegar a la madurez, puede tornarse de un color café, morado o marrón. La panícula es densa, generalmente flexible, oscila de 2 a 12 cm de longitud y de 10 a 15 mm de ancho. Las aristas o barbas miden 4 a 10 mm de largo, los involucros tienen de una a cuatro espiguillas, el pedúnculo es corto y grueso articulado en su base, se dispersa fácilmente al madurar (Robles *et al.*, 1990). El cariósipide es el fruto de las gramíneas, un involucro puede tener de 1-5 cariósipides (Bogdan, 1997).

## **Ecología del Zacate Buffel**

### **Clima**

Las fluctuaciones que se presentan año con año ocasionan que las plantas sufran estrés que trae como consecuencia una falta de desarrollo, reflejándose en su morfología y su tasa de desarrollo, por lo que no obtendrá la calidad nutritiva que se requiere (Martin *et al.*, 1995). La temperatura es resultado de las diferentes interacciones complejas entre la planta y el medio ambiente y tiene influencias en la calidad del forraje. Esta especie requiere de 15° a 30°C para un buen desarrollo de las plantas y una temperatura media anual de 16°C. No tiene buena tolerancia a temperaturas bajas y puede morir cuando se presentan temperaturas que van de los 5° a -7°C (Quero *et al.*, 2010).

Las altas temperaturas disminuyen el diámetro de los tallos aumentando la tasa de maduración y lignificación, durante el crecimiento promueven el desarrollo de tallos, más que el de las hojas y consecuentemente la relación de las hojas-tallo disminuyen la calidad del forraje (Deinum, 1984). Para que la planta realice su proceso fotosintético normal, requiere de temperaturas de 35°C con una mínima de 5-16°C.

El zacate buffel no tiene tolerancia al frío, por lo que su adaptación se limita a sitios menores a 2000 msnm a lo largo de las regiones subtropicales (Skerman y Riveros, 1990). El límite de la altitud recomendada en el estado de Sonora es 900 m y para el Desierto Chihuahuense en México, Sudamérica, África e India es de hasta 1500 msnm (Ibarra *et al.*, 2012).

### **Suelo**

El zacate buffel se adapta a suelos de mediana a baja calidad, pero tiene un mejor desarrollo en suelos profundos, de textura ligera y suelos arcillosos. Por su tipo de raíz requiere de suelos profundos y de textura liviana, debido a su capacidad de producir brotes horizontales, pero presenta un buen desarrollo en suelos arcillosos con un pH que puede ir de 5.5 a 8 (óptimo de 7 a 7.6). El zacate

buffel se adapta a un amplio rango de tipos de suelos desde arenosos, francos, areno-arcilloso, arcillo arenosos, migajón limoso, entre otros. Aunque tiene un mejor desarrollo en terrenos planos con lomeríos suaves y suelos profundos con buen drenaje (Ibarra *et al.*, 1991; Marshall *et al.*, 2012). El establecimiento de esta especie ha tenido muy buenos resultados en suelos con alto contenido de fósforo lo que le confiere un mayor grado de tolerancia a la sequía en contraste con suelos bajos en este elemento (Paull y Lee, 1978).

### **Época de Establecimiento**

La mejor época de siembra para esta especie es antes o después de las lluvias, con temperaturas óptimas que requiere para un buen establecimiento y desarrollo de las plantas (Hanselka y Jhonson, 1991).

El zacate buffel inicia el rebrote después de 10 a 20 mm de precipitación en el verano (Giraudó, 2003). La emergencia y establecimiento de las plántulas, y el posterior crecimiento y desarrollo de las plantas de zacate buffel dependen de las condiciones de humedad y temperatura en el suelo y el ambiente. Las semillas germinan cuando la temperatura del suelo alcanza los 25°C (Sharif-Zadeh y Murdoch, 2000).

Gutiérrez (2011) recomienda el trasplante, como una técnica para asegurar el establecimiento de las plantas de zacate buffel, independientemente si se utilizan genotipos rizomatosos o cespitosos.

### **Producción de Semilla**

Factores genéticos, bióticos y abióticos intervienen en la producción de semillas de las plantas. En las especies forrajeras la producción de semillas se ve severamente afectada por factores relacionados con su desarrollo como: altura de planta, número de panículas, número de hojas y grosor de los tallos. El zacate buffel inicia la producción de semillas aproximadamente a los tres meses de edad (Scott, 2008).

González y Gaytán (1992) mencionan que el número de inflorescencias por planta o por unidad de superficie es el componente más importante del rendimiento de semilla. Griffa *et al.* (2010) reportan al peso y la longitud de la panícula como los componentes más importantes del rendimiento de semilla en zacate buffel.

Bashaw (1980), menciona que Común es la variedad que predomina en nuestro país debido a su potencial de producción de semilla, razón por la que prácticamente toda la superficie sembrada en el sur de Texas y norte de México proviene de esta variedad. La variedad Común de zacate buffel bajo condiciones de riego puede llegar a producir de 335 a 770 kg/ha de semilla (Hanson, 1972).

Ferguson (1978) reporta de 50 a 100 kg/ha de semilla en México, Venezuela y Colombia. Se reportan mayores rendimientos de semilla con la variedad Biloela, 280 kg/ha en Australia y 175 kg/ha en México. Otros autores reportan rendimientos de semilla de 453 kg/h con fertilizaciones de 400-200-00 y sin fertilización rendimientos de 154.8 kg/ha (Cavazos y Cordero, 1991).

### **Valor Nutritivo**

Algunos minerales pueden afectar la calidad nutritiva del forraje, aunque no todos tienen efectos negativos, ya que no son nutrientes primordiales, que influyen en la eficiencia del ganado. Se ha encontrado relación de los nutrientes con el peso del ganado ya que casi el 5% del peso corresponde a minerales.

El zacate buffel es muy productivo, de buena digestibilidad y calidad nutritiva en su fase fenológica vegetativa. Sin embargo, en la etapa reproductiva es menos palatable (Judd, 1979). La proteína es un factor que determina la calidad nutritiva, digestibilidad y palatabilidad del forraje en el ganado (Ramírez *et al.*, 1997). La variedad y etapa fenológica son factores que también influyen en la calidad del forraje. Para el zacate buffel se han reportado valores de proteína de 7.26 y 9.82% con una digestibilidad de 51.93% a 64.32% de acuerdo con la etapa fenológica del forraje (Osuna, 1986).

Ayerza (1981) reporta porcentajes de proteína con base en materia seca del 12% durante la etapa vegetativa y 7% en su etapa de floración. El contenido de proteína cruda se encuentra en un rango de 16%, y cuando este se corta en seco tienen un 3%. Cantú (1989) menciona que el forraje del zacate buffel es de buena calidad cuando se encuentra verde y es el estado en el que es más comestible por los rumiantes. Sin embargo, cuando el zacate buffel se encuentra en estado seco sus nutrientes decrecen hasta un 2% del total en estado verde.

### **Reproducción Sexual**

La reproducción sexual se define como el proceso biológico de los seres vivos y requiere de la unión de los gametos masculino y femenino. Este modo de reproducción requiere de dos procesos importantes como son: la meiosis y la fertilización, siendo factores indispensables para el desarrollo del embrión, en este tipo de reproducción se llevan a cabo los procesos de recombinación, variabilidad genética y segregación, generando progenie genéticamente diversa (Hanna y Bashaw, 1987). Las especies sexuales para que completen el proceso de desarrollar frutos y semillas deben de contar con dos factores importantes que son: la polinización y posteriormente una doble fertilización (Koltunow y Grossniklaus, 2003).

La reproducción sexual presenta grandes ventajas a nivel poblacional, ya que con ella se logra incrementar la velocidad de adaptación o ajustes de las poblaciones a los cambios ambientales (Maynard-Smith, 1978); se evita que las mutaciones somáticas desfavorables pasen a la siguiente generación, ya que solo la información genética contenida en los gametos pasa a la siguiente generación (Richards, 1986), y se logra optimizar el uso de ambientes heterogéneos e impredecibles.

Una de las desventajas de la reproducción sexual es que consume más energía, debido a los procesos que lleva a cabo para cumplir con sus funciones que le permiten sobrevivir y asegurar su descendencia. Por otra parte, se considera ventaja el generar individuos genéticamente diferentes a sus progenitores, asegurando de esta manera la diversidad genética de la especie.

### **Reproducción Apomítica**

Bath *et al.* (2005) definen la apomixis como la reproducción asexual por semilla, por lo que la progenie resultante son copias genéticamente idénticas a la planta madre, debido a que la fertilización no es necesaria para producir un embrión apomítico. Este tipo de reproducción se encuentra ampliamente distribuido en las gramíneas forrajeras tropicales, está presente en más de 40 familias de plantas, principalmente en *Poaceae*, *Asteraceae* y *Rosaceae* (Noyes y Rieseberg, 2000).

La apomixis es un mecanismo reproductivo que pasa por alto el proceso sexual y permite que una planta se clone por medio de semillas. Comprende dos procesos que se desvían del patrón sexual normal: evade la meiosis y el desarrollo del embrión independiente de la fertilización (sin fusión de gametos). Sin embargo, también requiere de la fertilización de los núcleos polares para el desarrollo del endospermo (Quero *et al.*, 2010).

De acuerdo a Asker (1979) la reproducción apomítica tiene dos desviaciones principales al proceso sexual:

1. La formación de sacos embrionarios no reducidos.
2. La capacidad de la célula huevo para desarrollarse partenogénicamente para producir el embrión.

## **Ventajas de la Apomixis**

- La apomixis en la actualidad, es una herramienta de suma importancia ya que permite la selección de nuevos individuos que cuenten con las mejores características agronómicas.
- El desarrollo de híbridos es más rápido y a bajo costo ya que no se requieren condiciones adecuadas para el desarrollo de la semilla.
- Es un método muy práctico para la producción de semillas.
- Asegura la fijación de un genotipo superior, la semilla puede ser producida durante muchas generaciones sin pérdida del vigor o alteración del genotipo.
- Es una herramienta muy útil en el mejoramiento de plantas para obtener nuevas variedades mejoradas y liberándolas de inmediato debido a su pureza genética, con características agronómicas deseables.
- Dwivedi *et al.* (2007) mencionan que el transferir la apomixis a especies cultivadas podría traer consigo la revolución de la agricultura ya que aportaría beneficios tanto para países industrializados, como a países en desarrollo.

## **Reproducción del Zacate Buffel**

La reproducción apomíctica en zacate buffel fue reportado primero por Fisher *et al.* (1954); la apomixis obligada fue confirmada por Snyder *et al.* (1955). Estudios posteriores reportaron la existencia de apomixis facultativa en zacate buffel (Bray, 1978; Sherwood *et al.*, 1980). El modo de reproducción apomíctico limitó durante mucho tiempo el mejoramiento genético de la especie, a la selección de ecotipos.

Bashaw (1962) reportó el descubrimiento de una planta de zacate buffel de reproducción sexual (TAM-CRD B-1s), la cual segregaba progenie completamente sexual o apomíctica obligada. Estudios conducidos en esta planta, permitieron proponer que la herencia de la apomixis en zacate buffel está controlada por dos pares de genes, en los cuales: el gen B condiciona la

sexualidad y es epistático al gen A que condiciona la apomixis (Taliaferro y Bashaw, 1966).

### **Mejoramiento Genético en Gramíneas**

El descubrimiento de plantas sexuales ha sido la aportación más importante al mejoramiento de pastos; ya que la hibridación de plantas sexuales utilizadas como hembras cruzadas con materiales apomícticos como machos, permitió la combinación de características deseables. Los híbridos superiores pueden ser liberados como nuevas variedades debido a su pureza genética (Gómez, 1994).

Por otro lado, los híbridos sexuales pueden utilizarse como fuentes de germoplasma para incrementar la variabilidad genética de las especies. Hatch y Hussey (1991) mencionan que en las gramíneas forrajeras el uso de plantas sexuales continúa siendo una técnica de suma importancia para combinar características agronómicas superiores que se deseen de varios progenitores.

Poehlman y Allen (2005), mencionan que para que se pueda realizar un programa eficaz de mejoramiento genético de especies forrajeras, se debe de comprender algunos aspectos como: el comportamiento genético de las especies en diferentes ambientes, modo de reproducción y el número cromosómico de la especie.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Sitio Experimental**

La presente investigación se llevó a cabo en Saltillo, Coahuila, entre las coordenadas geográficas de 25°23'78" de latitud norte y 101°02'61" de longitud oeste, a una altitud de 1560 m. El clima de la región es muy seco, semicálido, con inviernos frescos, con una temperatura promedio de 17°C. Los inviernos son extremos, algunos días con temperaturas mínimas inferiores a cero grados centígrados, la precipitación promedio anual es de 350-400 mm, con una distribución de las lluvias de julio a octubre (García, 1986).

### **Material Genético**

#### **Híbridos Apomícticos**

En esta investigación se evaluaron cinco híbridos apomícticos de zacate buffel: HA, HB, HC, HD y HE, generados en el Programa de Pastos de la UAAAN, por cruzamientos realizados entre el clon sexual TAM CRD B-1s con la variedad Zaragoza 115 (Z-115). Estos híbridos se evaluaron y seleccionaron por características agronómicas deseables como: buena producción de forraje, semilla y resistencia al tizón del zacate buffel (*Pyricularia grisea*), se les realizó la prueba de progenie para determinar su modo de reproducción apomíctica. Como testigos se incluyeron a las variedades comerciales Buffel Común y Zaragoza-115.

### **Buffel Común (T-4464)**

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, liberó en 1949 el material Texas-4464 mejor conocido como Buffel Común o Buffel Americano. El nivel de ploídia de este genotipo es un tetraploide con  $2N=4X=36$  cromosomas (Gómez, 1994). Buffel Común es la variedad con la mayor superficie territorial en el norte de México y Sur de Texas, se caracteriza por su resistencia a la sequía, buena producción de semilla y buen rendimiento de forraje. Es de altura media, su follaje es de color verde claro y las inflorescencias de color púrpura (Cook *et al.*, 2005; Ayerza, 1981). Esta variedad presenta una alta susceptibilidad al tizón foliar del zacate buffel, causado por el hongo *Pyricularia grisea*, produciendo daños significativos en el rendimiento y la calidad de semilla y forraje de esta especie (González *et al.*, 1998).

### **Zaragoza -115 (Z-115)**

Zaragoza-115 es una variedad desarrollada por selección de ecotipos en 1986 por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Campo Experimental de Zaragoza, Coahuila (Osuna, 1986). Es un genotipo tetraploide con  $2N=4X=36$  cromosomas (Gómez, 1994), fue utilizado como progenitor macho en las cruzas con el clon sexual (TAM CRD B-1s) para generar los híbridos evaluados en esta investigación (Gómez, 2009). Es una variedad rizomatosa, de porte alto con una altura promedio de 1.55 m con inflorescencias de color crema y follaje verde cenizo, se caracteriza principalmente por su resistencia a la sequía, tolera heladas de  $-17^{\circ}\text{C}$ , se desarrolla bien en suelos salinos, se han reportado producciones de forraje de hasta 10 t/año de forraje seco (Osuna, 1986).

## **Metodología**

### **Siembra en Invernadero y Trasplante**

La siembra de los materiales se realizó en charolas para germinación con 200 cavidades, se depositaron dos semillas por cavidad para asegurar la emergencia, los materiales se mantuvieron en el invernadero 8, donde se les proporcionaron riegos y fertilizaciones necesarios para un buen desarrollo de las plántulas. Posteriormente cuando las plántulas alcanzaron una altura de 10 a 18 cm se llevó a cabo el proceso de trasplante. Este se realizó en macetas de plástico negras con una capacidad volumétrica de 5 L, las cuales fueron llenadas con 1 L de grava en el fondo, para brindarle soporte y estabilidad a la maceta y para proporcionar un mejor drenaje, que asegure un buen desarrollo de las plantas, y se agregaron 3 L de peat moss como sustrato. Las macetas se ubicaron a una distancia de 0.50 m entre plantas. Se aplicaron riegos de 1 L de agua por maceta cada tercer día. Se realizaron aplicaciones de fertilización semanalmente con FertiDrip® (20-30-10), a una dosis de 2gr/l de agua, se agregó 1 L de la solución a cada maceta, para promover un mejor desarrollo de las plantas.

## **Variables Registradas**

### **Características del Tallo**

Para evaluar las características del tallo, el 30 de agosto de 2018, se cortó el tallo más alto en las plantas 2 y 4 de cada unidad experimental. Los tallos se etiquetaron y se envolvieron en papel periódico para evitar que las plantas se secaran y dificultaran el registro de las variables.

### **Longitud del Tallo más Alto**

En las dos plantas se midió la longitud del tallo, desde la base hasta el nudo de la hoja bandera del tallo más alto, se obtuvo el valor promedio por unidad experimental.

### **Longitud del Entrenudo Superior**

Esta variable se midió en el tallo más alto de las dos plantas seleccionadas, a partir de la inserción de la hoja bandera hasta la base de la panícula, se obtuvo el valor promedio por unidad experimental.

### **Número de Ramificaciones**

Se realizó el conteo de las ramificaciones del tallo principal de las dos plantas y posteriormente se obtuvo el promedio de la unidad experimental.

### **Número de Nudos**

Se contabilizó el número de nudos del tallo principal en las dos plantas y se obtuvo el número de nudos promedio por unidad experimental.

### **Longitud de Entrenudos**

Se utilizó una regla graduada en centímetros, para medir la longitud de los entrenudos del tallo principal de las dos plantas. Se obtuvo el valor promedio por unidad experimental.

### **Grosor de Nudos**

Se midió con un vernier el grosor de los nudos 2, 3 y 4 de la base del tallo hacia arriba en los dos tallos. Se obtuvo el valor promedio por unidad experimental.

### **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. El ancho de la hoja bandera se midió en la parte media de la hoja, se obtuvieron los valores promedios por unidad experimental.

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

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

### **Número de Inflorescencias por Planta**

Se considera al número de inflorescencias por planta o por superficie como el componente principal del rendimiento de semilla. Se cortaron las inflorescencias directamente en las plantas 2, 3 y 4 de cada unidad experimental, se obtuvo el valor promedio por parcela. Esta variable se registró en cuatro ocasiones: 19 de agosto, 18 de septiembre, 14 de octubre y 25 de noviembre de 2018.

### **Características de la Inflorescencia**

Para el registro de las variables: longitud de la panícula, número y peso de involucros por inflorescencias, número y peso de cariósides por inflorescencia y longitud de la cerda más larga, se seleccionaron dos inflorescencias de cada unidad experimental, que estuvieran fuera de la hoja bandera y con todos sus involucros completos. Estas inflorescencias se cubrieron con glassines, se monitorearon diariamente para observar su desarrollo hasta alcanzar su madurez fisiológica.

### **Longitud de Panícula**

Se midió la longitud de las panículas, utilizando una regla graduada en cm, desde la inserción del primer involucro, partiendo de la base, hasta el ápice de la panícula. Se obtuvo el valor promedio por unidad experimental.

### **Número y Peso de Involucros por Panícula**

Para registrar esta variable, se contaron los involucros de las dos panículas y se obtuvo el valor promedio por unidad experimental. Posteriormente, los involucros se pesaron en una balanza analítica y se obtuvo el valor promedio del peso de involucros por panícula.

### **Número y Peso de Cariósides por Panícula**

Para la evaluación de estas variables, los involucros de las dos panículas se trillaron manualmente y se obtuvieron los cariósides, estos se contaron y se obtuvo el valor promedio por unidad experimental. Posteriormente estos cariósides se pesaron en una balanza analítica y se determinó el peso de cariósides por unidad experimental.

### **Densidad de Panícula**

Este parámetro se obtuvo de manera indirecta dividiendo el número de involucros entre la longitud de la panícula.

### **Longitud de la Cerda más Larga**

En las dos panículas que se seleccionaron y cubrieron 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 su valor promedio por unidad experimental.

### **Porcentaje de Fertilidad**

El porcentaje de fertilidad es una de las variables más importantes de la calidad de las semillas ya que nos indica, si los involucros cosechados tienen cariósides o están vacíos. Esta variable se obtuvo de manera indirecta, dividiendo el número de cariósides entre el número de involucros por panícula por 100.

## **Diseño Experimental**

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con siete genotipos y cinco bloques. La unidad experimental constó de cinco macetas dando un total de 35 UE y 175 macetas.

### **Análisis Estadístico**

Se realizaron análisis de varianza a cada una de las variables evaluadas, cuando se detectaron diferencias significativas, se realizaron comparación de medias con la Prueba de Diferencia Mínima Significativa ( $DMS \leq 0.05$ ). Para estos análisis se utilizó el programa estadístico Statical Analysis System versión 9.4 (SAS, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características del Tallo de Zacate Buffel

#### Longitud del Tallo más Alto

El análisis de varianza realizado para longitud del tallo más alto, detectó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos, entre bloques no se presenta significancia estadística, manteniendo su coeficiente de variación (9.4%) en un rango aceptable (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios de longitud del tallo más alto, longitud del entrenudo superior y números de ramificaciones de siete genotipos del zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Longitud del Tallo más Alto cm	Longitud del Entrenudo Superior cm	Ramificaciones/ por Tallo No
Tratamientos	6	190.973**	4.460 <sup>NS</sup>	5.033**
Bloques	4	33.772 <sup>NS</sup>	3.325 <sup>NS</sup>	1.439 <sup>NS</sup>
E. Exp.	24	21.391	2.207	1.518
Total	34			
CV (%)		9.4	10.1	24.1

\*\* = Altamente Significativo NS= No Significativo

Debido a la alta significancia detectada para longitud del tallo más alto, se realizaron las pruebas de comparación de medias ( $DMS \leq 0.05$ ). Se formaron dos grupos de medias muy definidos. El genotipo HD fue el que presentó el valor más alto (53.60 cm) y fue estadísticamente igual a HC, HB, HA y Z-115 con valores 52.60, 52.05, 51.57 y 51.55 cm respectivamente. En el segundo grupo se encuentran Común y HE con 43.10 y 37.25 cm respectivamente, siendo iguales estadísticamente entre sí y diferentes al resto de los genotipos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de longitud del tallo más alto, longitud del entrenudo superior y número de ramificaciones por tallo, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Longitud del Tallo más Alto cm	Longitud del Entrenudo Superior cm	Ramificaciones/ por Tallo No.
HD	53.60 a	14.85	4.90 b
HC	52.60 a	15.63	4.80 b
HB	52.05 a	14.60	4.60 b
HA	51.57 a	15.42	4.20 b
Z-115	51.55 a	15.45	4.40 b
Común	43.10 b	13.54	5.70 ab
HE	37.25 b	13.28	7.10 a

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente ( $DMS \alpha 0.05$ ).*

En la altura del tallo más alto, Común se distinguió de cuatro híbridos apomícticos y de Z-115. La altura promedio de los híbridos fue de 49.4 cm muy similar a Z-115 su progenitor paterno, superaron a Común en un 14.6%.

Aguilar (2019) en un experimento realizado en la misma localidad con 11 genotipos incluyendo cuatro variedades comerciales como testigos, reporta una altura de 40.43 cm para Común, valor similar al obtenido en esta investigación.

### **Longitud del Entrenudo Superior**

El análisis de varianza para longitud del entrenudo superior no detectó diferencias significativas entre las fuentes de variación tratamientos y bloques (Cuadro 1).

El valor promedio de los siete genotipos fue de 14.68 cm, con un rango de 13.28 cm para el híbrido HE hasta 13.54 cm para Común. La diferencia entre el valor mínimo y máximo fue de 2.35 cm (Cuadro 2). Aguilar (2019) reporta una longitud del entrenudo superior de 12.45 cm para Común, menor al encontrado en esta investigación (13.54 cm).

### **Número de Ramificaciones**

El análisis de varianza realizado para número de ramificaciones del tallo principal detectó diferencias altamente significativas entre genotipos, y diferencias no significativas entre bloques (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias del número de ramificaciones por tallo. HE y Común ocuparon el primer y segundo lugar con valores de 7.10 y 5.70 respectivamente, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí. A su vez Común fue estadísticamente igual a cinco genotipos. HA y Z-115 obtuvieron el menor número de ramificaciones con valores de 4.20 y 4.40 respectivamente.

El número de ramificaciones promedio por planta de los híbridos fue de 5.12, superaron a su progenitor paterno en un 16.36%, a su vez la variedad Común superó al promedio de los híbridos en un 11.3%. El valor de 5.70 ramificaciones obtenido por Común en esta investigación, fue superior al valor de 4.90 reportado

por Aguilar (2019), pero menor a 7.7 ramificaciones del tallo principal reportado por Aldaco (2017).

### Número de Nudos

El análisis de varianza para el número de nudos, detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.01$ ), no se detectaron diferencias significativas entre bloques. El coeficiente de variación se mantuvo en un nivel aceptable de 5.8 % (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios de número de nudos, longitud de entrenudos y grosor de los nudos, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Número de Nudos	Longitud de Entrenudos	Grosor de los Nudos
Tratamientos	6	2.978**	0.272 <sup>NS</sup>	1.167 <sup>NS</sup>
Bloques	4	0.314 <sup>NS</sup>	0.227 <sup>NS</sup>	2.003 <sup>NS</sup>
E. Exp.	24	6.264	0.213	0.794
Total	34			
CV (%)		5.8	7.4	23.8

\*\*Altamente significativo NS= No significativo

En el Cuadro 4 se observa la comparación de medias para el número de nudos, se formaron dos grupos de medias. El primer grupo estuvo formado por los genotipos HD, HA, Z-115 y HB con 9.60, 9.40, 9.20 y 9.20 nudos respectivamente. El último grupo estuvo formado por Común y HE con 7.90 y 7.60 nudos por tallo respectivamente, los cuales fueron iguales entre sí y diferentes al resto de los genotipos. Común se distinguió de Z-115 y de cuatro híbridos apomícticos en el número de nudos. Z-115 es el progenitor macho de los híbridos por lo cual se observa una mayor similitud entre ellos en esta variable

(Cuadro 4). Aguilar (2019) obtuvo 7.60 nudos en el tallo principal para Común, valor muy similar al obtenido en esta investigación, pero difiere un poco al valor de 6.2 nudos reportado por Aldaco (2017).

Cuadro 4. Comparación de medias de número de nudos, longitud de entrenudos y grosor de los nudos, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Nudos No	Longitud de Entrenudos cm	Grosor de los Nudos mm
HD	9.60 a	6.41	3.86
HA	9.40 ab	6.18	3.67
Z-115	9.20 ab	6.23	3.79
HB	9.20 ab	6.47	4.67
HC	8.90 b	6.07	3.51
Común	7.90 c	6.18	3.59
HE	7.60 c	5.77	3.08

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS  $\leq$  0.05).*

### Longitud de Entrenudos

El análisis de varianza para longitud de entrenudos no detectó diferencias significativas entre tratamientos, ni entre bloques, manteniendo su coeficiente de variación (7.4%) en un rango aceptable (Cuadro 1). La importancia de esta variable es la correlación positiva que mantiene con el rendimiento del forraje y la altura de planta.

En el Cuadro 4 se presentan las medias para longitud de entrenudos, el valor promedio de los siete genotipos fue de 6.19 cm, con un rango de 5.77 para HE hasta 6.47 cm para HB, la diferencia entre el valor mínimo y máximo fue de 0.7

cm. Común obtuvo una longitud entrenudos de 6.18 cm y no se distinguió de los híbridos apomícticos en esta variable. Aguilar (2019) en un estudio realizado con 11 genotipos de zacate buffel incluyendo cuatro variedades comerciales, reporta para Común una longitud de entrenudos de 5.91cm similar al obtenido en esta investigación. Sin embargo, difieren del tamaño de los entrenudos de (7.9 cm) reportados para Común por otros autores (Aldaco, 2017; Hernández, 2016; Gómez *et al.*, 2016).

### **Grosor de los Nudos**

Para la variable grosor de los nudos, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre las fuentes de variación tratamientos y bloques (Cuadro 3).

El valor promedio de los siete genotipos para el grosor de los nudos fue 3.74 mm, el rango fue de 3.08 para el genotipo HE, hasta 4.67 para HB quien presentó los nudos más gruesos (Cuadro 4). La diferencia entre estos valores es de 1.59mm. La variedad Común obtuvo 3.59 mm en el grosor de los nudos, no se distinguió de los híbridos apomícticos en esta variable.

Este valor es similar a los reportados por Aguilar (2019) y Aldaco (2017) quienes presentan un grosor de nudos para la variedad Común de 3.36 y 3.40 mm respectivamente, lo que nos indica que esta es una variable controlada genéticamente. El híbrido HB presenta un grosor de los nudos de 4.67 mm, valor similar al de la variedad Biloela (4.58), obtenido por Aguilar (2019). Esta es una característica deseable, ya que genotipos con nudos gruesos son más resistentes al acame.

### **Ancho de la Hoja Media**

El análisis de varianza realizado para el ancho de la hoja media detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos y no presentó significancia para bloques (Cuadro 5).

El híbrido HD obtuvo el valor más alto (0.65 cm) y fue estadísticamente igual a cuatro genotipos incluyendo Z-115 y a Común que presentaron el mismo ancho de las hojas (0.58 cm). Las hojas más reducidas fueron para los híbridos HA y HE con 0.55 y 0.46 cm respectivamente. En esta variable, Común se distinguió solamente de un híbrido (Cuadro 6).

Cuadro 5. Cuadrados medios de ancho y longitud de la hoja media, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Ancho de la Hoja Media	Longitud de la Hoja Media
Tratamientos	6	0.019**	22.503 <sup>NS</sup>
Bloques	4	0.013 <sup>NS</sup>	35.780 <sup>NS</sup>
E. Exp.	24	0.005	19.870
Total	34		
CV (%)		13.1	23.2

\*\* = Altamente Significativo    NS= No significativo

### Longitud de la Hoja Media

Para la longitud de la hoja media el ANVA no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos ni entre bloques (Cuadro 5).

Los siete genotipos obtuvieron un valor promedio de 19.21 cm. El rango en la longitud de las hojas fue de 15.01 cm para el híbrido HE hasta 21.53 cm para HD, con una diferencia entre el valor mínimo y máximo de 6.52 cm. Común obtuvo una longitud de 18.62 cm similar, al valor de 18.90 cm reportado por Aguilar (2019).

Cuadro 6. Comparación de medias de ancho y longitud de la hoja media, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Ancho de la Hoja Media cm	Longitud de la Hoja Media cm
HD	0.65 a	21.53
HB	0.64 ab	20.63
Z-115	0.58 ab	18.88
Común	0.58 ab	18.62
HC	0.58 ab	19.35
HA	0.55 bc	20.43
HE	0.46 c	15.01

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS  $\alpha$  0.05).*

### Longitud de la Hoja Bandera

Para la longitud de la hoja bandera el análisis de varianza no detectó diferencias significativas para tratamientos y bloques (Cuadro 7).

Cuadro 7. Cuadrados medios de longitud y ancho de la hoja bandera de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Longitud de la Hoja Bandera	Ancho de la Hoja Bandera
Tratamientos	6	12.156 <sup>NS</sup>	0.003 <sup>NS</sup>
Bloques	4	8.100 <sup>NS</sup>	0.005 <sup>NS</sup>
E. Exp.	24	9.366	0.006
Total	34		
CV (%)		25	20

\*\* = Altamente Significativo    NS= No significativa

La longitud promedio de la hoja bandera de los siete genotipos fue de 12.22 cm, con el valor más bajo (9.66 cm) para HE, hasta 13.84 cm para HC. La diferencia entre estos valores fue de 4.18 cm (Cuadro 8).

La variedad Común obtuvo una longitud de 10.75 cm, inferior al valor de 11.53 cm reportado por Aguilar (2019). Común no se distinguió de ningún genotipo en esta variable.

Cuadro 8. Comparación de medias de longitud y ancho de la hoja bandera, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Longitud de la Hoja Bandera cm	Ancho de la Hoja Bandera cm
HC	13.84 a	0.44
HA	13.67 a	0.40
Z-115	13.15 ab	0.38
HD	12.60 ab	0.37
HB	11.85 ab	0.38
Común	10.75 ab	0.37
HE	9.66 b	0.37

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS  $\alpha$  0.05).*

### **Ancho de la Hoja Bandeja**

El análisis de varianza realizado para la variable ancho de la hoja bandera, no detectó diferencias significativas para tratamientos y bloques (Cuadro 7).

En el Cuadro 8 se presentan las medias para ancho de la hoja bandera, el valor promedio fue de 0.38 cm, con un rango de 0.37 para HE, HD y Común hasta 0.44

cm para HC, con una diferencia entre el valor mínimo y máximo de 0.06 mm, en esta investigación Común presentó un valor de 0.37 mm similar al ancho de hoja bandera (0.36) reportado por Aguilar (2019).

### Número de Panículas por Planta

Los análisis de varianza realizados para el número de panículas por planta en las cuatro evaluaciones indicaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos y diferencias no estadísticas entre bloques (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios de panículas por planta de siete genotipos de zacate buffel en cuatro evaluaciones. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Panículas por Planta (No)			
		Evaluación 1 19/8/2018	Evaluación 2 18/9/2018	Evaluación 3 14/10/2018	Evaluación 4 25/11/2018
Tratamientos	6	2797.971**	7466.047**	10560.072**	9775.991**
Bloques	4	238.185 <sup>NS</sup>	689.593 <sup>NS</sup>	462.472 <sup>NS</sup>	674.139 <sup>NS</sup>
E. Exp.	24	125.319	272.930	184.880	597.044
Total	34				
CV		28	27	14	25

\*\*= *Altamente Significativo* NS = *No Significativo*

En la primera evaluación realizada el día 19 de agosto, el número de panículas por planta más alto lo obtuvo el híbrido HE (89.86) y fue estadísticamente diferente al resto de los materiales. En segundo lugar, la variedad Común con 46.33 que fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. El valor más bajo lo obtuvo el híbrido HB (30.43) y fue estadísticamente igual a cuatro genotipos incluyendo al progenitor masculino Z-115 que obtuvo 22.13 panículas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias de panículas por planta de siete genotipos de zacate buffel en cuatro evaluaciones. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	No. Panículas por Planta			
	Evaluación1 19/8/2018	Evaluación 2 18/9/2018	Evaluación 3 14/10/2018	Evaluación 4 25/11/2018
HE	89.86 a	144.00 a	189.26 a	185.47 a
Común	46.33 b	73.33 b	121.73 b	118.93 b
HA	31.23 c	49.20 c	74.67 c	92.33 bc
HD	26.20 c	40.47 c	73.06 c	78.47 bcd
HC	27.40 c	41.70 c	73.93 c	89.13 cde
Z-115	22.13 c	37.07 c	61.46 c	60.20 de
HB	30.43 c	40.73 c	70.33 c	56.47 e

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS  $\leq 0.05$ )*

En la segunda evaluación realizada un mes después, los genotipos se comportaron de una manera similar, HE y Común obtuvieron los valores más altos con 144 y 73.33 panículas por plantas respectivamente, los cuales fueron estadísticamente diferentes entre sí y diferentes al resto de los genotipos.

Nuevamente los valores más bajos los obtuvieron HB y Z-115 con 40.73 y 37.07 panículas por plantas respectivamente, fueron estadísticamente iguales entre sí y a tres genotipos más. El promedio en el número de panículas por plantas de los genotipos evaluados fue de 60.92, este valor se incrementó en un 55.88%, con respecto al valor promedio obtenido en la primera evaluación (39.08).

Para la tercera evaluación nuevamente el comportamiento de los materiales fue el mismo, el híbrido HE y Común en primero y segundo lugar con 189.26 y 121.73 panículas por plantas respectivamente, fueron diferentes estadísticamente entre sí y diferentes al resto de los genotipos evaluados. El número de panículas más bajo nuevamente fue obtenido por HB y Z-115 con 70.33 y 61.46 los cuales fueron

iguales estadísticamente entre sí y a tres genotipos más. El número promedio de panícula por planta en la tercera evaluación fue de 94.2, superó en un 55.8% al valor obtenido en la segunda evaluación (60.92). Este incremento en la producción fue similar al obtenido en la segunda y primera evaluación.

En la cuarta evaluación HB ocupó el primer lugar con 185.47 panículas por planta y fue estadísticamente diferente a Común que ocupó el segundo lugar con 118.93 panículas, y fue estadísticamente igual a HA y HD con 92.33 y 78.47 panículas por plantas respectivamente. El último lugar fue ocupado por HB con 56.47 y fue estadísticamente igual a Z-115 y HC (Cuadro 10).

El número promedio de panículas por planta de la cuarta evaluación (97.28) no se incrementó con respecto a la tercera evaluación (94.92), debido posiblemente a que, en noviembre, fecha en que se realizó esta evaluación, las plantas de zacate buffel empiezan a detener su desarrollo por efecto de las bajas temperaturas. Sin embargo, de la primera a la cuarta evaluación (tres meses), se observó un incremento en el número de panículas por plantas de 48.98%, con un comportamiento similar a los genotipos en las cuatro evaluaciones realizadas. Así mismo en la cuarta evaluación se observa una amplia variabilidad genética entre los siete genotipos para esta variable. El número de panículas por planta fue de 56.47 hasta 185.47 con una diferencia entre estos valores de 129 panículas.

En la cuarta evaluación los híbridos apomícticos produjeron un promedio de 100.37 panículas, superaron en un 12.70% al valor promedio obtenido por las variedades comerciales (89.56 panículas). Aguilar (2019) reporta para Común un valor de 139 panículas por planta, 16.9% más al encontrado en esta investigación.

Hernández (2016) evaluó nueve materiales de zacate buffel en la misma localidad, él reporta un rango de 51.6 para el genotipo 10 hasta 164 panículas

por planta para Común, 37.93% más panículas para esta variedad que en esta investigación.

## Características de la Inflorescencia

### Longitud de Panícula

El análisis de varianza para longitud la panícula detectó diferencias altamente significativas ( $P=0.01$ ) entre genotipos, pero no se detectaron diferencias estadísticas para bloques. El coeficiente de variación (8.5%) se mantuvo en un rango aceptable (Cuadro 11).

Cuadro 11. Cuadrados medios de longitud de panícula, número de involucros por panícula y densidad de panícula, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Longitud de Panícula	Número de Involucros por Panícula	Densidad de Panícula
Tratamientos	6	3.574**	3257.507**	22.846**
Bloques	4	0.357 <sup>NS</sup>	69.903 <sup>NS</sup>	1.019 <sup>NS</sup>
E. Exp.	24	0.786	339.182	1.463
Total	34			
CV (%)		8.5	14.4	9.9

\*\* = Altamente Significativo

NS= No significativo

En el Cuadro 12 se presentan las comparaciones de medias. Común obtuvo las inflorescencias más largas (11.55cm) y fue estadísticamente igual a Z-115, HA, HC con 10.84, 10.84 y 10.55 cm respectivamente. El genotipo HE obtuvo las inflorescencias más pequeñas (8.83 cm) y fue estadísticamente diferente a todos los materiales. Común se diferenció de tres híbridos en esta variable.

La longitud de panícula obtenida para Común en esta investigación, es mayor a la reportada por otros autores en esta misma localidad, valores de 10 y 6.83 cm son reportados por Aguilar (2019) y Aldaco (2017) respectivamente.

Cuadro 12. Comparación de medias de longitud de panícula, número de involucros por panícula y densidad de panícula, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipo	Longitud de Panícula cm	Número de Involucros por Panícula	Densidad de Panícula
Común	11.55 a	118.8 b	10.16 c
Z-115	10.84 ab	136.0 ab	12.44 b
HA	10.84 ab	147.2 a	13.50 ab
HC	10.55 ab	141.0 ab	13.27 ab
HB	10.19 b	146.3 a	14.40 a
HD	10.17 b	130.2 ab	12.84 ab
HE	8.83 c	74.3 c	8.30 d

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS  $\alpha$  0.05).*

### **Número de Involucros por Panícula**

El análisis de varianza para el número de involucros por panícula detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P=0.01$ ), no se detectaron diferencias significativas entre bloques(Cuadro 11).

El genotipo HA obtuvo el mayor número de involucros por panícula (147.2) y fue estadísticamente igual a cuatro genotipos incluyendo al progenitor paterno Z-115 que obtuvo 136 involucros. Común ocupó el sexto lugar con 118.8 involucros y fue estadísticamente igual a los genotipos HC, Z-115 y HD. El híbrido HE obtuvo

el valor más bajo (74.3) y fue estadísticamente diferente al resto de los genotipos. Común se diferenció de tres híbridos en esta variable (Cuadro 12).

Aguilar (2019) reporta un valor de 80.6 involucros por panícula para Común y el mayor número de involucros en los 11 materiales evaluados fue de 149.3. González *et al.* (2016) reportan para Común 57 involucros por panícula y 145 involucros para el material más alto. En esta investigación, Común obtuvo un valor de 118.80 involucros, muy superior al reportado por estos autores; así mismo el valor promedio de los híbridos superó en 81.6% al valor promedio de 65.4 involucros reportado por Conde *et al.* (2011).

González *et al.* (1998) en una evaluación realizada con seis híbridos apomícticos de zacate buffel en Zaragoza, Coahuila reportan un valor promedio de 257 involucros con un rango de 216 hasta 280 involucros, valores muy superiores a los reportados en esta investigación.

### **Densidad de Panícula**

La importancia de esta variable, obtenida de manera indirecta, es que nos determina el número de involucros que hay en un cm de raquis. El análisis de varianza realizado a la densidad de la panícula detectó diferencias altamente significativas para la fuente de variación genotipos y diferencias no significativas entre bloques, el coeficiente de variación fue de 9.9%.

En el Cuadro 12 se presenta la comparación de medias para la densidad de panícula. Se formaron cuatro grupos de medias, los genotipos que conforman el primer grupo son: HB, HA, HC y HD con 14.40, 13.50, 13.27 y 12.84 involucros/cm respectivamente, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí. En el último y penúltimo grupo se encuentran Común con una densidad de 10.16 y HE con 8.30 involucros por cm, estos genotipos fueron diferentes entre sí y diferentes al resto de los materiales.

Como ha sido reportado por otros investigadores Común posee inflorescencias con involucros muy separados (Hernández, 2016; Aldaco, 2017 y Aguilar 2019), quienes reportan densidades de panícula de 8.4, 8.85 y 7.90 respectivamente para esta variedad. El valor de 10.16 involucro/cm obtenido en esta investigación para Común fue más alta a la de estos autores. Común se distinguió de cinco híbridos apomícticos, en esta variable.

### **Peso de Involucros por Panícula**

El análisis de varianza para peso de involucros por panícula no indicó diferencias significativas entre las fuentes de variación genotipos y bloques (Cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadrados medios de peso de involucros por panícula, número de carióspsides por panícula y peso de carióspsides por panícula. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Peso de Involucros por Panícula	Número de Carióspsides por Panícula	Peso de Carióspsides por Panícula
Tratamientos	6	7279.947 <sup>NS</sup>	1985.740*	657.083 <sup>NS</sup>
Bloques	4	2294.334 <sup>NS</sup>	78.553 <sup>NS</sup>	358.456 <sup>NS</sup>
E. Exp.	24	3970.310	852.499	642.246
Total	34			
CV (%)		22.5	25	28

\*\* = Altamente Significativa NS= No significativo

El peso de involucros por panícula promedio de los siete genotipos fue de 279.52 mg, con un rango de 244.03 mg para el genotipo HD hasta 353.83 mg para Común, la diferencia entre el valor mínimo y máximo fue de 109.8 mg (Cuadro 14).

El valor de 353.83 mg obtenido por Común, es más alto al reportado en otras investigaciones. Aguilar (2019) reporta para esta variedad un peso de involucros por panícula de 287.88 mg, este valor fue superado en un 22.8% en esta investigación. Aldaco (2017) reporta un peso de 152 mg, Hernández (2016) obtuvo un peso de 204.6 mg para Común, superado por esta investigación en un 72.93%.

Cuadro 14. Comparación de medias de peso de involucros por panícula, número y peso de cariósides por panícula, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Peso de Involucros/ Panícula mg	Cariósides/ Panícula No.	Peso de Cariósides/ Panícula mg
Común	353.83 a	99.5 bc	88.03 a
HC	297.70 ab	128.5 ab	102.10 a
HA	288.45 ab	146.2 a	103.35 a
Z-115	264.74 b	124.1 ab	96.72 a
HB	256.81 b	120.9 abc	84.79 a
HE	251.06 b	85.2 c	70.39 a
HD	244.03 b	113.1 abc	87.85 a

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS  $\alpha$  0.05)*

### **Número de Cariósides por Panícula**

Para la variable número de cariósides por panícula, el análisis de varianza indicó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre genotipos y diferencias no significativas entre bloques (Cuadro 13).

En la comparación de medias para el número de cariósides por planta se observa que el genotipo HA fue el que obtuvo el mayor número de cariósides

por panícula (146.2) y fue estadísticamente igual a cinco genotipos incluyendo Z-115 que obtuvo 124.1 carióspsides. La variedad Común obtuvo 99.5 carióspsides ocupando el sexto lugar, en esta variable se distinguió únicamente de un genotipo. El valor promedio de los siete genotipos fue de 116.78 carióspsides por panícula con un rango de 85.20 hasta 146.20, con una diferencia entre estos valores de 61 carióspsides (Cuadro 14).

El valor 99.5 carióspsides por panícula para la variedad Común, obtenido en esta investigación es similar al valor reportado por Aguilar (2019) de 90.30 carióspsides, pero supera al reportado por Briones (1991), el obtuvo 58 carióspsides y al valor de 56 carióspsides obtenido por Aldaco (2017).

### **Peso de Carióspsides por Panícula**

Los resultados del análisis de varianza realizado al peso de carióspsides por panícula, no indicaron diferencias significativas entre tratamientos ni entre bloques (Cuadro 13).

El peso promedio de carióspsides por panícula de los siete genotipos fue de 90.46 mg con un rango 70.39 mg, para el genotipo HE hasta un 103.4 para HA, con una diferencia entre el valor mínimo y máximo de 33.6 mg (Cuadro 14).

El valor de 88.03 mg encontrado para Común en esta investigación supera al reportado por Aguilar (2019), el presenta un peso de 74.74 mg, similar al valor de 74 mg reportado por Hernández (2016). En una evaluación realizada en Navidad, Nuevo León, se obtuvo un peso de carióspsides para Común de 44.7 mg (Martínez, 1996). Este valor es superado en un 96.93% en esta investigación. Conde *et al.* (2011) reporta un peso de carióspsides de 8 mg para esta variedad, superado en esta investigación en un 1000%.

### **Porcentaje de Fertilidad**

El análisis de varianza para porcentaje de fertilidad no detectó diferencias estadísticas entre las fuentes de variación tratamientos y bloques (Cuadro 15).

Cuadro 15. Cuadrados medios de porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

FV	GL	Porcentaje de Fertilidad	Longitud de la Cerda más Larga
Tratamientos	6	660.065 <sup>NS</sup>	0.015 <sup>NS</sup>
Bloques	4	17.675 <sup>NS</sup>	0.005 <sup>NS</sup>
E. Exp.	24	288.021	0.007
Total	34		
CV (%)		18	7.6

\*\* = Altamente Significativo      NS= No significativo

En el Cuadro 16 se presentan las medias para porcentaje de fertilidad. El valor promedio para los siete genotipos evaluados fue de 93% con un rango que va de 83.23 para Común hasta 115.52% para HE, con una diferencia entre los valores mínimo y máximo de 32.29% (Cuadro 16.). Todos los genotipos obtuvieron altos porcentajes de fertilidad, esta es una buena característica, que nos indica que un gran porcentaje de los involucros poseen cariósides, y, por lo tanto, estos genotipos tienen una alta calidad de semilla.

En la mayoría de los reportes de investigación queda de manifiesto la alta fertilidad de Común. El valor de 83.23 % para Común obtenido en esta investigación fue superado por otros investigadores. García (2018) reportó 148%, González *et al.* (2016) reportan un valor de 151% y Aldaco (2017) obtuvo un porcentaje de fertilidad de 95.69%. El valor de 64% reportado por González y Gómez (1992) fue superado en esta investigación en un 30.04%.

### **Longitud de la Cerda más Larga**

El análisis de varianza realizado para longitud de la cerda más larga no detectó diferencias significativas entre tratamientos y entre bloques, mantuvo su coeficiente de variación (7.6%) en un rango aceptable (Cuadro 15).

Cuadro 16. Cuadro de medias de porcentaje de fertilidad y longitud de la cerda más larga, de siete genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2018.

Genotipos	Porcentaje de Fertilidad %	Longitud de la Cerda más Larga cm
HE	115.52	1.10
HA	100.41	1.15
HC	92.94	1.14
Z-115	88.49	1.19
HD	86.58	1.19
HB	84.45	1.10
Común	83.23	1.03

*Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS  $\alpha$  0.05).*

El promedio en la longitud de la cerda más larga de los siete genotipos fue de 1.12 cm, con un rango de 1.03 para Común hasta 1.19 para HD, la diferencia entre estos valores fue de 0.16 cm (Cuadro 16). El valor de Común obtenido en esta investigación fue similar al valor de 1.04 cm obtenido por Aguilar (2019). Hernández (2016) y Aldaco (2017) reportan una longitud de la cerda más larga de Común de 1.20 cm superior al reportado en esta investigación.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Todos los híbridos apomícticos cumplen con el requisito de distinción en al menos una variable.
2. La distinción de los nuevos híbridos apomícticos con base en características morfológicas es variable, no todas son útiles para distinguirlos de la variedad Común.
3. Cuatro híbridos apomícticos incluyendo a Z-115 se distinguieron de la variedad Común, en longitud del tallo más alto, ramificaciones por tallo y número de nudos.
4. Todos los híbridos apomícticos tienen un alto porcentaje de fertilidad, pero esta variable no permitió distinguir a los híbridos de Común.
5. Las características de la hoja no permitieron distinguir a los híbridos de la variedad Común.
6. Todos los genotipos tienen una buena producción de panículas por planta, lo que asegura una producción rentable en la industria semillera.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar P., D. (2013). Comportamiento del zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) variedad Laredo, otras variedades comerciales y líneas experimentales en el norte de Coahuila. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 75 p.
- Aguilar P., C. (2019). Caracterización morfológica de Nuevos híbridos apomícticos adaptados al semidesierto. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 72 p.
- Aldaco G.,D. (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.
- Asker, S. (1979). Progress in apomixis research. *Hereditas* 9:231-240.
- Ayerza R. (1981). El buffelgrass: Utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Editorial Hemisferio Sur. S. A. Buenos Aires, Argentina. 139 p.
- Bashaw, E.C. (1962). Apomixis and sexuality in buffelgrass. *Crop Sci.* 2:412-415.
- Bashaw, E.C. (1980). Registration of Nueces and Llano buffelgrass. *Crop Sci.* 2:212.
- Bashaw, E.C. (1985). Buffelgrass origins. In: E.C.A. Range 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.
- Bath, V., K.K. Diwivedi, J.P. Khurana and S.K. Sopory. (2005). Apomixis: An enigma with potential applications. Special Section: Embriology of Flowering Plants. *Current Sci.* 89 (11) 1879-1893.
- Beltrán L., S., y C. Loredó O. (2002). Reconversión de áreas agrícolas marginales a praderas de pasto buffel. Folleto Técnico Núm. 36 INIFAP-CIRNE-C.E. San Luis Potosí. S.L.P. 16 p.

- Bogdan, A. V. (1997). Pastos tropicales y plantas forrajeras. AGT Editor, S. A. México, D.F. 461p.
- Bray, R. A. (1978). Evidence for facultative apomixis in *Cenchrus ciliaris*. *Euphytica* 27:801-804.
- Briones R., M. A. (1991). Caracterización de producción de semillas de 10 materiales de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* L. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 57 p.
- Brockett, G. M. and N. N. Garay (1984). The performance of tropical pastures in the drier phase of the Highland Sourveld of Natal. *J. Grassl. Soc. S. Afr.* 1:4-8.
- Cantú B., J. E. (1989). 150 gramíneas del norte de México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila, México. 116p.
- Cavazos, R. O. y Cordero, O. H. (1991). Producción de semillas y forraje del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) var. Americano fertilizado con nitrógeno y fósforo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, México 1-32 p.
- 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.
- Deinum, B. (1984). Chemical composition and nutritive value of herbage in relation to climate. In: H. Riley and A. Skjelvag (ed.) The impact of climate on grass production and quality. Proc. 10th General Mtg. European Grassl. Federation. 26-30 june. A.S, Norway. pp 338-350.
- De León M. (2004). Ampliando la frontera ganadera. Informe Técnico INTA No. 1:28p.
- Dwivedi, K. K., S. R. Bhat, B. V. Bhat and M. G. Gupta (2007). Identification of a SCAR marker linked to apomixis in buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). *Plant Sci.* (172) 788-792.
- FAO (2005). Grasslands of the world. Plant production and protection series. No 34. Rome, Italy.
- Ferguson (1978). Sistemas de producción de semillas de especies forrajeras en

- América Latina. Seminario sobre producción y utilización de forrajes en suelos tropicales ácidos e infértiles. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 180 p.
- Fisher, W. D., E.C. Bashaw and E.C. Holt (1954). Evidence for apomixis in *Pennisetum ciliare* and *Cenchrus setigerus*. *Agronomy Journal* 401-404 p.
- Ford-Lloyd B. and M. Jackson (1986). Plant genetic resources. An introduction to their conservation and use. Edward Arnold, Public Baltimore 152 p.
- Franco T., L. y R. Hidalgo (2003). Análisis estadísticos de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p.
- Garcillán, P. P., C. E. González- Habraham, E. López-Reyes F. Casillas (2013). Crossing the fence? Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) Spreading along the coastal Scrub of Baja California, México. *The Southwestern Naturalist* 58 (3):370-375.
- García, E. (1986). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. UNAM, México D. F. pp. 246-247.
- García R., E. (2018). Determinación de las características de tallos e inflorescencias útiles para distinguir nuevas variedades de zacate buffel. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 72 p.
- Garza C., R. D., J. Flores T. y P. Zárate F. (2010). Alternativas forrajeras para los sistemas de producción animal en el norte del Tamaulipas. En: Memoria Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Campeche, Camp. México 394 p.
- Garza, T.R., G.G. Martínez, M.S. Treviño, J.L. Monroy, V.C. Pérez, G. O. Chapa (1973). Evaluación de 14 Zacates de la Región de Hueytamalco, Puebla. *Téc. Pec. Méx.* 24: 7-15.
- Giraud, M. (2003). Buffelgrass, El Pasto. Sitio Argentino de Producción Animal. Marca Líquida Agropecuaria. Córdoba 13 (121): 17-21.
- Gómez M., S. (1994). Autofecundación e hibridación en un clon sexual del zacate apomítico *Cenchrus ciliaris* L. Tesis Maestría. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 110p.
- Gómez M., S. (2009). Desarrollo de híbridos simples de reproducción sexual y determinación de su compatibilidad en cruza con variedades apomíticas de zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. Tesis Doctorado. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 125 p.

- 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 M. Gaytán A. (1992). Fertilización, rendimiento, pureza y calidad de semilla de dos variedades de zacate banderilla. Rev. Fitotec. Méx. 15: 159-168.
- 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. 467 p.
- González D., J. R., S. Gómez M. y L. Pérez P. (1998). Componentes del rendimiento de semilla en híbridos apomícticos de *Cenchrus ciliaris* resistentes a *Pyricularia grisea*. Memorias XVII Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Acapulco, Guerrero p. 60.
- González D., J. R., S. Gómez M., J. M. Martínez R. y A. J. Hernández V. (2016). Características morfológicas de panículas de 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.
- Gutiérrez V., A. A. (2011). Establecimiento de 90 cruza triples de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) y digestibilidad *in vitro* de nueve variedades utilizadas como progenitores masculinos en las cruza triples. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 70 p.
- Griffa, S., A. Ribotta., C. Luna., E. López C., E. Tommasio., E. Carloni., M. Quiroga y K. Grunberg (2010). Evaluación de componentes de producción de semillas mediante análisis de coeficiente de sendero en *Cenchrus spp*. Jornada de Mejoramiento Genético de Forrajeras, Instituto Fitogenético de Santa Catalina. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina 133 p.
- Hanna, W. W. and E. C. Bashaw. (1987). Apomixis: its identification and use in plant breeding. Crop. Sci. 27:1136-1139
- Hanselka, C. W. (1988). Buffelgrass South Texas Wonder grass. Rangelans. 10: 279-281.
- Hanselka, C. W. y D.Jhonson (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.

- Hanson, A. A. (1972). Grass varieties in the United States. Agricultural Research Service. USDA. Agriculture Handbook No 170.39-40 p.
- Hatch, S. L. y M. A. Hussey (1991). Origen, Taxonomía y oportunidades de mejora genética del zacate buffel y especies afines. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP. Simposium Internacional. Aprovechamiento Integral de Zacate Buffel. 20-23 agosto. Cd. Victoria, Tamps. Pp. 3-13.
- Hernández V., A. J. (2016). La propiedad intelectual de nuevas variedades de *Pennisetum ciliare* L. con base en la caracterización morfológica. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 54 p.
- Hussey M. A. y E. C. Bashaw. (1990). Avances en el mejoramiento genético de zacate buffel. IV Conferencia Internacional de Ganadería Tropical. 19 oct. Cd. Victoria, Tamp.
- Ibarra F., F., J. R. Cox., y M. Martin R. (1991). Efectos del suelo y clima en el establecimiento y persistencia del zacate buffel en México y sur de Texas. Séptimo Congreso Nacional SOMMAP. Simposium Internacional Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. 20-23 agosto. 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. *Pennisetum ciliare* Lam.). 2da Reunión Internacional conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. pp. 111-113.
- Ibarra S., M. Moreno., M Martin R., F. Denogean B. y L. E. Gerlach B. (2005). El zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos en la zona serrana de Sonora. Revista Mexicana de Agronegocios. pp 522-523.
- Judd, I. B. (1979). Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). Handbook of Tropical Forage Grasses pp. 6-68.
- Koltunow, A. M. and U. Grossniklaus (2003). Apomixis: A developmental perspective. Ann. Rev. Plant Biol. 54:547-574.
- Ku Vera J. C., F. Aguilar C., J. Ayala A., G. Briceño E y L. Ramírez (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. Revista Cubana de Ciencias Agrícola 48 (1):43-45.
- 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 (*Dhalia spp.*) en la caracterización de clones seleccionados. Ciencias Agrícola Informa 4:24-29.

- López S. J., R. Nieto A., Barrientos-Priego A. F., E. Rodríguez P., Colinas-León MT Borys MW y F.González-Andrés (2008). Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus spp.*). Revista Chapingo Serie Horticultura 14 (2): 97-111.
- Loredo O., C., S. Beltrán L., J. Villanueva D. y J. Urrutia M. (2005). Establecimiento de pasto buffel para el control de la erosión hídrica. Folleto Técnico Núm 26. INIFAP CIRNE C.E. San Luis Potosí, S.L.P. 32 p.
- Maldonado A., L. J. (1993). Conversión de terrenos agrícolas de temporal a praderas. En: Memorias de IX Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. Hermosillo, Sonora, México. p. 86.
- Marshall V., M., M. M. Lewis and B. Ostendorf (2012). Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) as an invader and threat to biodiversity in arid environment: A review. Journal of Arid Environments 78:1-12.
- Martin R., M.H., R. J. Cox and F. Ibarra F. (1995). Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonora desert. J. of Range Manage. 48:60-63.
- Martínez V., J. (1996). Adaptación de zacate buffel de lugares altos en la región templada de Navidad Nuevo león. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 60 p.
- Martínez-López J. R., M. A. Barrera S., E. Gutiérrez O., R. Retes L. (2014). Simulación estocástica para praderas de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en Marín, N.L., México. Tropical and Subtropical Agroecosystems 17:87-105.
- Maynard-Smith J. (1978). The evolution of sex. Cambridge University Press, Cambridge.
- 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.
- Morales-Romero D., J. Campo., H. Godinez-Alvarez and Molina-Freanera F. (2015). Soil carbon, nitrogen and phosphorus changes from conversion of thorn scrub to buffelgrass pasture in northwestern México. Agriculture, Ecosystems & Env. 199 (1): 231-237.
- Mc Whorther E.G. (1961). Morphology and development of johnson-grass plants from seeds and rhizomes. Weeds 9:558-556.
- Noyes, R. D. and Rieserberg L. H. (2000). Two independent loci control agamospermy (apomixis) in the triploid flowering plant *Eigeron annus*. Genetics 155:379.390.

- Osuna R., O. M. (1986). Validación de nueve materiales de zacate buffel bajo condiciones de temporal en Zaragoza, Coah. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste (CIAN). Avances de Investigación Agrícola en Zonas de Riego y Temporal. pp 141-142.
- Poehlman, J. M. y D. Allen S. (2005). Mejoramiento genético de cultivos forrajeros de polinización cruzada. En: Mejoramiento genético de las cosechas. 2da. Edición. Ed. Limusa. pp. 403-432.
- Paull, C. J. and G. R. Lee. (1978). Buffelgrass in Queensland. Queensland Agric. Journal 104:57-75. Australia.
- Quero C., A.R. (2013). Gramíneas introducidas importancia e impacto en ecosistemas ganaderos. Estado de México. Colegio de Postgraduados. 167 p.
- Quero C., A. R., J. F. Enríquez Q., C. R. Morales N. y L. Miranda J. (2010). Apomixis y su importancia en la selección y mejoramiento de gramíneas forrajeras tropicales. Revisión. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 1 (1) :25-42.
- Ramírez R., G., Aranda J., Quintanilla J.B. (1997). White-tailed deer food habits in northeastern México. Small Rumin. Res. 25:142-148.
- Richards, A. J. (1986). Plant breeding systems. G. Allen & Unwin, Boston 1986.
- Robles S., R., O. Eichelmann B. y O. Alvarado A. (1990). Cultivo de 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.
- Ruíz C., J. A. y J. R. Regalado. (2012). Cambio climático y su impacto sobre la producción de alimentos de origen agrícola en Jalisco en el mundo contemporáneo. Enciclopedia de la época.
- Saldívar F., A. (1990). Genética de gramíneas y sus efectos a corto y mediano plazo en productividad. Memorias de la IV Conferencia Internacional de Ganadería Tropical. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Agronomía. 19 oct. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. p. 5-6.
- SAS (Statistical Applied System). 204. SAS/STAT 9.4 Guide Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- Scott, A. H. (2008). *Pennisetum ciliare*. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Consultado en julio en: <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/pencil/all.html>.
- Sharif-Zadeh, F. and A. Murdoch. (2000). The effects of different maturation conditions on seed dormancy and germination of *Cenchrus ciliaris*. Seed Sci. Res. 10:447-457

- Sherwood, R. T., B. A. Young and E. C. Bashaw (1980). Facultative apomixis in buffelgrass. *Crop Sci.* 20:375-379.
- Skerman, P. J. and F. Riveros (1990). *Tropical grasses*. FAO. Roma.
- SNICS (2016). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas. ¿Qué son los derechos de obtentor de variedades vegetales? <https://www.gob.mx/snics/articulos/que-son-los-derechos-de-obtentor-de-variedades-vegetales>
- Snyder, L. A., A. R. Hernández and H. E. Warmke. (1955). The mechanism of apomixis in *Pennisetum ciliare*. *Botanical Gazette* 116:209-221.
- Taliaferro C. M. and E.C. Bashaw (1966). Inheritance and control of obligate apomixis in breeding buffelgrass *Pennisetum ciliare*. *CropSci.* 6:473-476.
- UPOV. (2018). Unión Internacional para la Protección de las obtenciones Vegetales. [http://www.upov.int/edocs/pubdocs/es/upov\\_pub\\_437.pdf](http://www.upov.int/edocs/pubdocs/es/upov_pub_437.pdf)
- USDA. (2020). Classification for kingdom plantae. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation. USA. Consultado en <https://plants.usda.gov> septiembre 2018.