

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Fertilización para el Establecimiento por Transplante y Desarrollo Temprano de
Pennisetum ciliare L. Variedad Pecos en un Suelo Arcilloso y Salino

Por:

ANGEL LÓPEZ DELGADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Fertilización para el Establecimiento por Transplante y Desarrollo
Temprano de *Pennisetum ciliare* L. Variedad Pecos en un Suelo Arcilloso y
Salino

Por:

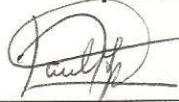
ANGEL LÓPEZ DELGADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada

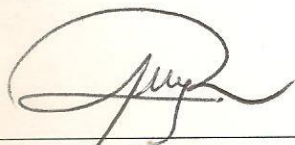


Dr. Jorge Raúl González Domínguez

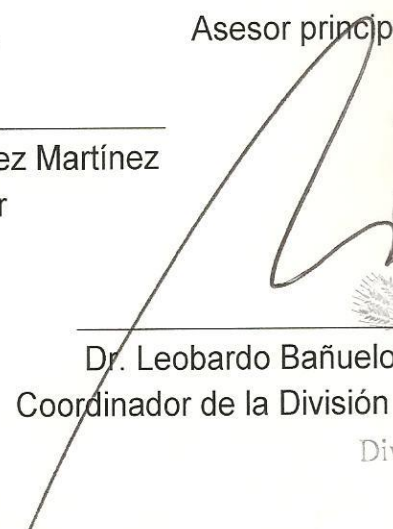
Asesor principal



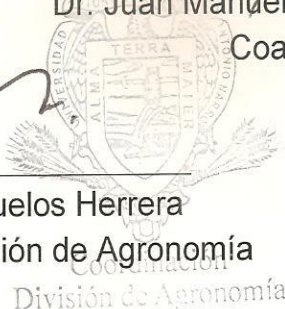
Dra. Susana Gómez Martínez
Coasesor



Dr. Juan Manuel Martínez Reyna
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



DEDICATORIAS

A mis padres: **Simona Delgado Granados y Amado López López**

Por darme la vida y parte de la suya, su apoyo, sus consejos, sus valores, por la motivación que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su paciencia y amor. Ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan, por el valor mostrado para salir adelante.

A mis hermanos: **Patricia, Armando y Sara Ibel**

Gracias por todo el apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mi tío: **Juan Delgado Granados**

Por apoyarme en mi formación académica para poder realizar un sueño más.

A mis sobrinos

Quienes son para mí lo mejor. Cuando pienso en el mayor regalo que han podido hacerme mis hermanos, no dudo en un instante en afirmar, que el ser tío ha sido para mí, la mayor alegría y bendición.

Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo

Por el apoyo brindado durante mi estancia en la Universidad.

M.C. Pedro Carrillo López

Por el apoyo incondicional brindado en este trabajo, principalmente por la amistad que se ha creado, por los conocimientos que has tenido que compartir para fortalecer mi vida profesional.

A Elizabeth Rubio González

Gracias por el tiempo que compartimos por los consejos y enseñanza que compartes, los momentos agradables que hemos pasado, alguien debería inventar nuevas palabras para definir los sentimientos de entrega, de devoción, de admiración, simplemente dos palabras que formen una sonrisa en tus labios, como dos cielos llenos de colores reflejados en tus ojos, como dos palabras infinitas que no deben dejar de sentirse.

A mis amigos

Que conocí durante el desarrollo de la carrera que siempre manifestaron palabras de aliento y motivación en los momentos difíciles.

El comienzo de un trabajo suele ser aterrador, pero también un reto, y aunque duro, siempre nos motiva obtener buenos resultados.

AGRADECIMIENTOS

A un ser supremo que es **Dios** por enseñarme el camino de la sabiduría y la felicidad, no podría llegar a ningún lado sin su guía. Te agradezco por todo lo positivo que pasa en esta vida.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Por haberme abierto sus puertas y dado la oportunidad de escalar un peldaño más en el campo del conocimiento.

Dra. Susana Gómez Martínez

Por el apoyo brindado durante el presente trabajo y su valiosa aportación.

Dr. Jorge Raúl González Domínguez

Por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación, por transferirme sus valiosos conocimientos y su valioso apoyo durante el desarrollo del mismo.

A todos y cada uno de los maestros que fueron parte de mi formación académica para ser un mejor profesionista

Sin importar que tan urbana sea nuestra vida, nuestros cuerpos viven de la agricultura; nosotros venimos de la Tierra y retornaremos a ella, y es así que existimos en la agricultura tanto como existimos en nuestra propia carne.

Wendell Berry

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	<i>ix</i>
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Descripción del Zacate Buffel	4
Distribución Geográfica y Agroecológica del Zacate Buffel	5
Adaptación del Zacate Buffel.....	7
Adaptación Climática.....	7
Adaptación Edáfica	9
Suelos Arcillosos	10
Materia Orgánica del Suelo	10
Salinidad.....	12
Rehabilitación de Agostaderos y Conservación de Suelos.....	15
Importancia del Zacate Buffel.....	17
Erosión Eólica	19
Fertilización Fosfatada.....	21
Cambio Climático	22

Variedades de Zacate Buffel	25
Laredo	25
Biloela.....	26
Texas 4464 (Común)	26
MATERIALES Y MÉTODOS	28
Sitio Experimental.....	28
Material Biológico	29
Metodología.....	30
Producción de Plántulas para Transplante.....	30
Labores de Campo.....	30
Transplante	31
Riego y Fertilización	32
Diseño Experimental	32
Variables Evaluadas	32
Establecimiento	32
Tallos por Planta	33
Tallos Vegetativos	33
Tallos Reproductivos.....	33
Peso de Forraje Verde por Planta	33
Peso de Forraje Seco por Planta	34

Análisis de Datos.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
Establecimiento	35
Producción de Tallos por Planta.....	39
Tallos Vegetativos por Planta.....	42
Tallos Reproductivos por Planta.....	42
Producción de Forraje Verde por Planta.....	47
Producción de Forraje Seco por Planta.....	50
CONCLUSIONES.....	54
LITERATURA CITADA	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Análisis del suelo del área experimental en el Ejido Las Norias, Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.....	31
2	Análisis de varianza para número de plantas establecidas por parcela de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido Las Norias, Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.....	35
3	Número de plantas establecidas por parcela de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido Las Norias, Ramos Arizpe, Coahuila 2012.....	36
4	Producción de tallos por planta de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido Las Norias Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.....	40
5	Producción de tallos vegetativos por planta en zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido Las Norias, Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.....	43
6	Producción de tallos reproductivos por planta de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido las Norias, Ramos, Arizpe, Coahuila, 2012.....	46
7	Producción de forraje verde en gramos por planta de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido las Norias, Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.....	49
8	Producción de forraje seco en gramos por planta de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido las Norias, Ramos, Arizpe, Coahuila, 2012.....	52

INTRODUCCIÓN

La población mundial llegará en poco tiempo a nueve mil millones de habitantes y se estima que será necesario duplicar, por lo menos, la producción de alimentos que requerirán los habitantes de este planeta. Existen otras tendencias globales que ejercerán presión sobre la tierra cultivable necesaria para lograr ese aumento en la producción de alimentos; entre ellas se ubican el cambio climático el cual es considerado el reto más importante para la humanidad durante el siglo XXI; dado que este fenómeno ha incidido marcadamente en el calentamiento global y este a su vez ha ocasionado cambios en la precipitación afectando la disponibilidad de humedad para la producción de cultivos, particularmente los establecidos bajo condiciones de temporal.

Las regiones ecológicas que se prevee sean afectadas negativamente con la presencia de sequías más frecuentes y de mayor intensidad resultado del calentamiento global son las zonas áridas y semiáridas del mundo. Como medida para contrarrestar los efectos del calentamiento global en el desarrollo de cultivos para la producción de alimentos es la **ADAPTACIÓN**. Particularmente en México se están buscando alternativas para el aseguramiento alimentario a través del desarrollo de nuevas variedades con mayor resistencia a la sequía y otros estreses ambientales y edáficos.

Entre los cultivos de temporal, las plantas forrajeras destacan porque pueden aportar alimento a la ganadería de las zonas áridas y semiáridas. La resistencia a la sequía es la característica principal del zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.), especie que ha mostrado buena adaptación en el noroeste, noreste y otras partes de México. Sin embargo, en las regiones áridas y semiáridas es común encontrar los problemas que son propios de los suelos pesados como resultado del exceso en la proporción de arcillas y además es frecuente la presencia de sales.

En años recientes se han desarrollado nuevas variedades de zacate buffel pero estas no han sido evaluadas para conocer su comportamiento en suelos arcillosos y salinos. Una de las variedades de zacate desarrollada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro es la variedad Pecos que se produce en el estado de Texas y se comercializa en Estados Unidos y México. Esta variedad ha sido evaluada en los Emiratos Árabes Unidos con buenos resultados. Es importante resaltar que para este país el aspecto de la salinidad es de gran interés.

Si bien el zacate buffel es menos difícil de establecer por semilla que otros zacates adaptados, las siembras tienen un alto nivel de riesgo. La investigación ha demostrado que el trasplante ofrece mucha mayor certeza para establecer pastizales inducidos de este zacate.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue conocer el comportamiento del zacate buffel variedad Pecos en cuanto a establecimiento, crecimiento y desarrollo temprano en condiciones de suelos salinos y arcillosos del Ejido Las Norias, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

Palabras claves:

Adaptación, Cambio Climático, Fertilización fosfatada, Salinidad, Zacate Buffel.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción del Zacate Buffel

El zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) es una gramínea forrajera perenne de origen africano, ampliamente adaptada a las zonas áridas, semiáridas e inclusive desérticas del mundo de las regiones tropicales y subtropicales (Mansoor *et al.*, 2002), debido principalmente a las siguientes características: buen potencial forrajero (De León, 2004), tolerancia a la sequía, facilidad de establecimiento, buena persistencia (Alcalá, 1995), además mejora las condiciones físicas del suelo y reduce la erosión (Rossi, 2005).

El zacate buffel es una planta amacollada, sus tallos son geniculados, emergen de una corona nudosa, su altura es entre 0.25 y 1.50 m (FAO, 2009). Posee un sistema radicular profundo y bien desarrollado que le confiere una mayor tolerancia a la sequía (Robles *et al.*, 1990). Algunas variedades poseen rizomas, tallos modificados, subterráneos, mediante los cuales el zacate buffel se dispersa, ya que en cada nudo de los rizomas se generan nuevos vástagos vigorosos (Bogdan, 1997). Los rizomas se consideran el órgano invernal de las gramíneas, ya que les permite sobrevivir en partes altas, protegen a la planta de las bajas temperaturas, lo que les brinda a los tipos rizomatosos mayores posibilidades de sobrevivencia al invierno (Bashaw, 1985).

La inflorescencia del zacate buffel es una panícula densa, cilíndrica, de 2 a 12 cm de longitud y 1.3 a 1.6 cm de ancho. El color de la inflorescencia cambia con la madurez y puede ser marrón, rojizo, morado, café o crema (Alcalá, 1995). Las florecillas están encerradas en involucros, estos contienen de una a cuatro espiguillas, las espiguillas poseen dos florecillas una fértil y una estéril o estaminada (Gould, 1975). Produce un fruto seco e indehiscente llamado cariósido de forma ovoide, de 1.4 a 1.9 mm de largo y aproximadamente 1 mm de diámetro (Rodríguez, 1998).

Distribución Geográfica y Agroecológica del Zacate Buffel

El zacate buffel se ha establecido ampliamente en el sur de Texas, en México, Sudamérica, India, Australia y Sudáfrica (Cox *et al.*, 1988; Griffa, 2009). Es la especie más utilizada en los agostaderos de Etiopía y es reconocida en el norte de África como una especie con potencial forrajero. Se le encuentra a lo largo de África, Islas Canarias, Madagascar y en la región este de India (Pandeya y Jayan, 1970). Las coordenadas geográficas en las que el zacate buffel se distribuye de forma natural son 30° de latitud norte y 30° de latitud sur, sin embargo en Australia a 34° de latitud sur ha mostrado buen potencial (Flemons y Whalley, 1958).

El zacate buffel variedad Común, se colectó en el desierto de Turkana en Kenia, se introdujo a Estados Unidos en 1946 con el número de identificación PI 153671, se sembró en San Antonio, Texas y se liberó informalmente en 1949

cómo T-4464 o Común Americano (Holt, 1985). En 1954 se introdujo a nuestro país por dos partes: en el noreste por el estado de Nuevo León y por el sureste por Veracruz a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (Ibarra *et al.*, 1991), a partir de aquí se dispersó a los países sudamericanos. En Argentina es una especie pionera constituye un importante recurso forrajero para los pastizales de cría de ganado en la zona subtropical, semiárida y árida del noreste Argentino (NOA) (Pemán, 2003; Griffa, 2009). Ibarra *et al.* (2005); Gómez *et al.* (2007) consideran que la introducción del zacate buffel revolucionó la ganadería extensiva al aumentar considerablemente la productividad ganadera del norte del México y particularmente en el estado de Tamaulipas

Cox (1991) menciona que el zacate buffel se ha establecido en 25-30 millones de ha en los hemisferios norte y sur. En 1991 se estimó en México una superficie de 2,000,000 de ha ocupadas con zacate buffel: principalmente, en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sinaloa, Sonora y Yucatán (Saldívar, 1991).

Franklin *et al.* (2006) por medio de imágenes satelitales aéreas determinaron que en el estado de Sonora la superficie de tierras convertidas a pastizales de zacate buffel en 1973 fue de 7,700 ha, para el año 2000 la superficie se incrementó a 140,000 ha.

Adaptación del Zacate Buffel

El zacate buffel es especialmente productivo en zonas semiáridas con climas cálidos o templados clasificados como BS, significa que la humedad del suelo es limitante y la precipitación escasa e irregular. Se ha observado que con humedad puede desarrollarse desde marzo hasta las primeras heladas en septiembre y/o octubre; inicia el rebrote después de acumular 10 a 20 mm de precipitación en el verano (INIFAP, 2005). En algunas localidades, se desarrolla durante casi todo el año, esto depende de la variedad y de las condiciones climáticas de la región.

Adaptación Climática

Robles *et al.* (1990) mencionan que el zacate buffel tiene un buen desarrollo desde el nivel del mar hasta los 1000 m, sin embargo algunos autores reportan que la especie se adapta a una gran gama de alturas dependiendo de las distancias al ecuador. Se adapta a agostaderos con elevaciones que van desde el nivel del mar en ambos hemisferios hasta los 2000 m cerca del Ecuador. En el noreste y noroeste de México hasta los 700 m; en los estados del Centro y Sur de México hasta los 1500 m, y cerca de los 2000 m en las regiones ecuatoriales de Sudamérica y África (National Animal Husbandry Research Station Annual Report from Naivasha, Kenya, 1979).

El Programa de Pastos de la UAAAN estableció en la región de Navidad, N.L, a 1900 msnm, un experimento con híbridos apomícticos de zacate buffel y la variedad Común como testigo, los híbridos mostraron buena adaptación y

persistencia, sin embargo, la variedad Común, desapareció paulatinamente debido a su falta de tolerancia a las heladas (González, comunicación personal).

El zacate buffel es muy tolerante a la sequía, es capaz de propagarse con regímenes de precipitación de 300 a 1500 mm (Giraudó, 2003). Paull y Lee (1978) reportan que en Australia se desarrolla en áreas de 375 a 750 mm de precipitación anual. En Norteamérica se dispersa donde la precipitación anual varía de 330 a 550 mm y se adapta a altitudes comprendidas desde el nivel del mar hasta 1,800 m dependiendo de la variedad (McIlroy, 1973).

La temperatura adecuada para el crecimiento del zacate buffel es entre los 15 y 30 °C; no tolera temperaturas de congelación extremas (menos de -10 °C); a temperaturas menores a 4 °C la producción de hojas disminuye, puede morir con heladas severas de -5 a -7°C (Giraudó, 2003; Quero *et al.*, 2010). Los nuevos híbridos de zacate buffel son más tolerantes a heladas, lo que les permite establecerse más hacia al norte de Estados Unidos. Un ejemplo de ello es Llano, un híbrido apomíctico obligado, el cual presentó mayor tolerancia al frío en comparación con las variedades Común y Higgins (Bashaw, 1980; Bashaw, 1985). En Navidad N.L., este híbrido mostró en el año de establecimiento un 100% de sobrevivencia, con temperaturas de 0°C o menores en 130 ocasiones, y una mínima extrema alcanzó -12°C (González *et al.*, 1990). Otra de las variedades tolerantes a heladas es Pecos, un híbrido apomíctico desarrollado en la UAAAN, actualmente es una de las variedades más utilizadas en el sur de Texas, debido a su tolerancia a este factor abiótico (Pogue Agri Partners, s.f.).

Adaptación Edáfica

La variedad de suelos a los que se adapta el zacate buffel es muy amplia, pero son más favorables los profundos, bien drenados, de textura ligera mediana y menos favorables los suelos arcillosos (Bogdan, 1997). Se adapta a suelos francos, arenosos, pedregosos, terrenos planos o de topografía accidentada (McIlroy, 1973). Tiene un buen desarrollo en suelos con pH de 7 a 8, sin embargo también crece en pH tan bajos como 5.5 (Skerman y Riveros, 1990).

Cox *et al.* (1988) mencionan que los suelos más aptos para el establecimiento del zacate buffel son los de textura migajón-arenoso. Algunos autores reportan que la especie no se establece en suelos poco profundos y pesados con problemas de drenaje (Anderson, 1970; Holt, 1985). Los suelos extremadamente arenosos y arcillosos no son adecuados para el desarrollo del buffel. En algunos casos con 20% de arcilla se empieza a tener problemas y los suelos con 30% son completamente inadecuados (Williamson y Pinkerton, 1985). El Programa de Pastos de la UAAAN estableció bajo condiciones de riego en Ocampo, Coahuila, lotes experimentales de zacate buffel en suelos con textura de 52% de arcilla, las plantas de la mayoría de los genotipos se establecieron y persistieron por más de 10 años con buena producción de forraje, pero no se dispersaron, ni colonizaron áreas adyacentes. Por lo que de acuerdo a esta información se desprende, que los suelos arcillosos inhiben la dispersión de la especie, pero no afectan el establecimiento y persistencia.

Suelos Arcillosos

Se considera un suelo arcilloso aquel que contiene más de un 40% de arcilla, estos presentan una serie de problemas, principalmente:

- 1) Insuficiente aireación cuando están mojados.
- 2) Lenta infiltración del agua.
- 3) Un rango limitado de humedad durante el cual pueden ser satisfactoriamente cultivados.

Cuando el suelo está seco y agrietado, absorbe fácilmente varias pulgadas de precipitación, pero cuando está mojado con cerca de 8.9-10 cm, la lluvia adicional escurre en la superficie. El agrietado de los suelos arcillosos aumenta las pérdidas por evaporación 12 a 30% más que si no existiera ninguna grieta.

Otros problemas que presentan este tipo de suelos incluyen la reducción en la profundidad del enraizamiento, la formación de costras superficiales del suelo por la sequedad, la dureza y el gran tamaño de los terrones si el suelo es cultivado o arado en seco y la alta energía necesaria para ararlos (Donahue *et al.*, 1977).

Materia Orgánica del Suelo

La materia orgánica es una parte activa e importante de un suelo, ya que propicia una buena estructura del suelo, al aumentar la porosidad del suelo, mejora las relaciones de agua, aire y reduce la erosión eólica e hídrica. Desde un punto de vista químico, la materia orgánica del suelo es la fuente de casi todo

el nitrógeno, 5 a 60 por ciento del fósforo, hasta el 80 por ciento del azufre, y una gran parte del boro y molibdeno. Está en constante proceso de cambio por lo que para mantener la productividad del suelo se debe reponer continuamente.

Aunque la mayoría de los suelos cultivados contienen solamente 1 a 5 por ciento de materia orgánica en los primeros 25 cm de suelo, es suficiente para modificar las propiedades físicas de los suelos y por lo tanto afecta positivamente en gran medida sus propiedades químicas y biológicas.

Las raíces y las partes aéreas de las plantas sin utilizar son las principales fuentes de materia orgánica. Las plantas por lo regular producen casi tanto material radicular como aéreo. Se recomienda que cuando los residuos de las cosechas se eliminen, se apliquen grandes cantidades de estiércol o de otros desechos orgánicos para restaurar el contenido de materia orgánica del suelo.

La descomposición de la materia orgánica recae en materiales orgánicos, vivos o muertos, son fuente de nutrientes para la mayoría de los organismos vivos. Los microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, algas y otros) producen nutrientes y energía para sí mismos al descomponer la materia orgánica del suelo que da como resultado: 1) el uso de una parte del carbono, nitrógeno y otros elementos por los microorganismos, 2) la liberación de pequeñas cantidades de dióxido de carbono, agua, y otros elementos a la solución del suelo y/o a la atmósfera, y 3) un producto final de la descomposición

llamado humus. Estos juegan un papel importante en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas.

Los descomponedores de la materia orgánica más importantes, son las bacterias, hongos y actinomicetos (organismos intermedios entre bacterias y hongos). Algunos tipos de algas, lombrices, insectos y nemátodos también participan en la descomposición. Estos microorganismos trabajan óptimamente en suelo húmedo, con temperaturas promedio de 35° C y un pH neutro.

Los hongos toleran condiciones ácidas (pH menos de 5.5) y de sequía mejor que la mayoría de las bacterias, pero cuando las condiciones son favorables estas son los descomponedores más activos del tejido normal de la planta que los hongos. Los viveros utilizan suelos para macetas con 30 a 60% de peat moss u otros materiales orgánicos (Donahue *et al.*, 1977).

Salinidad

La tolerancia del zacate buffel a la salinidad es variable en los genotipos, Biloela ha sido reportada como la variedad más tolerante a este factor abiótico. En un experimento realizado con variedades de zacate buffel se obtuvieron rendimientos relativamente altos con Biloela a una concentración de 80 miniequivalentes de NaCl (Graham y Humphreys, 1970).

La contaminación del suelo por sales solubles ha causado problemas durante toda la historia, en el mundo millones de hectáreas son afectadas por salinidad y a través de los años crece aún más el número de tierras que se vuelven improductivas por el efecto de acumulación de sales. Los problemas de salinidad generalmente son más fuertes en zonas áridas y semiáridas del mundo, donde la precipitación no es suficiente para transportar las sales fuera de la zona explorada por las raíces (Ochoa, 1994). Los efectos de la devastación de la sal son evidentes en muchas áreas y se están convirtiendo más prevalentes y graves a medida que se intensifica el uso del suelo, el agua se vuelve más limitante y más contaminada con sales solubles. La agricultura intensiva y la expansión hacia tierras áridas significan más riego con agua alta en sales (Donahue *et al.*, 1977).

De acuerdo a Rhoades *et al.* (1992) el 20 por ciento de la superficie cultivada y la mitad de zonas de riego son afectados por la salinidad. En zonas áridas o semiáridas, la disposición de sales se debe a un inadecuado drenaje, que origina la presencia de una capa friática elevada, que saliniza continuamente el perfil del suelo, ya que el balance hídrico es regulado por transpiración y/o evaporación y no por drenaje (Ochoa, 1994).

El incremento paulatino de la salinidad del suelo o la necesidad de utilizar aguas de riego con una concentración de sales superior a la permitida limita el potencial de producción de los cultivos (Maas, 1986). Además de la limitación en la disponibilidad de agua, la salinidad afecta las propiedades estructurales y

físico-químicas del suelo, que pueden imponer un estrés adicional al crecimiento de los cultivos (Evangelou, 1994).

El estrés salino produce en las plantas efectos osmóticos, nutricionales y tóxicos.

- a) Efecto Osmótico. Es debido a una disminución del potencial osmótico del suelo que propicia una menor disponibilidad de agua para la planta, aunque exista humedad en el suelo se presenta la llamada “sequía fisiológica”.
- b) Efecto Nutricional. La absorción de nutrientes esenciales puede ser modificada por las concentraciones elevadas de iones salinos.
- c) Efecto Tóxico. Es la absorción de iones salinos específicos, y acumulación de sus tejidos en concentraciones que llegan a ser tóxicas e inducen desórdenes fisiológicos.

La salinidad interacciona con otros factores del medio, incrementando o aminorando el efecto nocivo de las sales sobre diferentes etapas del desarrollo de las plantas: germinación, establecimiento de plántulas, o planta madura (Ochoa, 1994). Las sales son generalmente más perjudiciales para las plantas jóvenes, pero no necesariamente en el momento de la germinación, sin embargo, altas concentraciones pueden retardar la germinación de la semilla varios días o pueden inhibirla completamente, ya que las sales solubles se mueven fácilmente con el agua. La evaporación mueve sales a la superficie del suelo donde se

acumulan, a veces visibles como costras de sal blanca polvorientas. Las especies de plantas presentan tolerancias variables a la presencia de sal en los suelos y los efectos específicos en varias partes de la planta también son variables (Donahue *et al.*, 1977).

De acuerdo a la tolerancia o susceptibilidad las plantas se han clasificado en dos grupos:

- Glicófitas. Este grupo incluyen la mayoría de las plantas cultivadas. Se incluyen aquellas plantas que toleran solamente una baja concentración de sales.
- Halófitas. Este tipo de plantas son capaces de soportar, sin daño, concentraciones relativamente elevadas de sales, por medio de diferentes mecanismos.

Entre las plantas glicófitas y halófitas existe un amplio espectro en cuanto a la salinidad, ya que la tolerancia o sensibilidad a la salinidad es un parámetro que varía gradualmente entre las especies (Ochoa, 1994).

Rehabilitación de Agostaderos y Conservación de Suelos

La ganadería extensiva es la principal actividad en los agostaderos de las zonas áridas y semiáridas. Sin embargo esta se lleva a cabo sin ningún control de la carga animal, no se implementa ningún sistema rotacional de pastoreo lo

que ha originado la sobreutilización de los recursos, principalmente debido al sobrepastoreo, sequías frecuentes y prolongadas que ha provocado altas tasas de erosión, pérdida de germoplasma forrajero, incremento de especies indeseables, drástica disminución de forraje y por lo tanto, baja productividad ganadera. Aunado a lo anterior, cada año se roturan áreas de pastizal, para abrirlas al cultivo y establecer especies agrícolas; sin embargo, debido a las condiciones extremas de las zonas áridas y semiáridas, como la escasa y errática precipitación (sequía), topografía abrupta y poca profundidad de los suelos, los resultados frecuentemente son cosechas raquíticas, por lo que estas tierras son abandonadas, sin cubierta vegetal y expuestas a los procesos erosivos. Debido a este fuerte deterioro prevalente en los agostaderos, existe la necesidad de recuperar sitios que aún conservan potencial para ser rehabilitados, a través de la siembra de especies forrajeras que contribuyan a mejorar la capacidad de producción de forraje y carne y hacer la actividad ganadera más rentable (Maldonado, 1993).

Una de las alternativas para la recuperación de áreas degradadas es la siembra de zacates nativos, ya que están adaptados a las condiciones de clima y suelo de nuestro país, sin embargo estas no son muy atractivas debido al bajo potencial productivo de estas especies y al alto costo y riesgo para establecerlas (Cox *et al.*, 1982). Las especies introducidas, se presentan como una mejor opción debido a su facilidad de establecimiento, rápida respuesta a la precipitación y alto potencial de producción.

Importancia del Zacate Buffel

El zacate buffel ha mostrado buenos resultados en la rehabilitación de agostaderos del sur de Texas (Hussey y Bashaw, 1996). En el estado de Sonora su producción de forraje es de 2 a 3 veces superior a la de los zacates nativos y presenta una mayor palatabilidad y calidad nutritiva (Figueroa, 2003).

Williamson y Pinkerton (1985) reportan que el zacate buffel en el sur de Texas en muchos casos aparece como automático. Esta especie se ha naturalizado bajo las condiciones agroecológicas del norte de México y sur de Texas, lo que nos indica que las condiciones de clima y suelo de Sudáfrica, donde el zacate buffel se desarrolla en forma natural, son similares a las nuestras (Bashaw, 1985). Por las características agronómicas deseables que presenta el zacate buffel, sobre todo su habilidad para sobrevivir períodos prolongados de sequía, se ha convertido en una especie deseable para resiembras en ranchos y rehabilitación de agostaderos (Hanselka *et al.*, 2004; Hussey y Bashaw, 1990). El zacate buffel en Zapata, Texas, incrementó un 75% la carga animal bajo un sistema de pastoreo de cuatro potreros y un hato (Hanselka y Johnson, 1991).

Saldívar (1990) reporta que la resiembra de zacate buffel, en el estado de Tamaulipas, en áreas de baja precipitación pluvial incrementó el potencial ganadero y en áreas de alta precipitación (800 mm) se incrementó un 400% la carga animal. El zacate buffel es una especie digestible y de buena calidad, su producción de forraje es de 2 a 10 veces mayor que la de las especies de

agostaderos nativos, lo que contribuye a incrementar la carga de 12 a 4 ha/UA (Ibarra *et al.*, 1991; Hanselka, 1988).

Un ejemplo es en el norte de Guanajuato donde cada año se siembran 175,000 ha de maíz y de frijol de temporal, el 47.6% de esta superficie (83, 500 ha) se pierde por siniestro. En esta región lo más preocupante es la tasa de erosión del suelo que llega a más de 25 toneladas por ha por año. Se ha considerado que se podría cambiar el uso del suelo utilizando pastos aludiendo que la manera más económica y efectiva de reducir e incluso de evitar la erosión es con cobertura vegetal, ya que con una cobertura vegetal de 50% la erosión se reduce en más del 80% y con un 90% de cobertura vegetal la protección es mayor del 98%. El zacate buffel ha sido propuesto para utilizarse en mezcla con otras gramíneas; cuando se dispone solo de semilla de zacate buffel se recomienda utilizarla a razón de 4 a 6 kg/ha de semilla. Con 300 a 450 mm de lluvia se puede producir un kilogramo de materia seca por cada 300 a 429 litros de agua (Aguilar, 2004).

Ibarra *et al.* (2005) realizaron un estudio económico comparativo para evaluar la rentabilidad actual en producción de carne de un rancho con agostaderos deteriorados y poco productivos en el estado de Sonora con dos opciones que incluyen la siembra del zacate buffel. Ellos recomiendan a los ganaderos con pastizales en condición pobre incrementar la capacidad de producción de forraje y carne para hacer la actividad ganadera más rentable y sustentable y concluyen que el mejoramiento de agostaderos mediante la

siembra de zacate buffel es una buena alternativa para rehabilitar agostaderos deteriorados en ranchos con poca capacidad de producción.

Erosión Eólica

La erosión por viento ocurre en sitios que poseen suelos arenosos no protegidos. En la naturaleza, la erosión del suelo siempre ha existido y es llamada **erosión geológica** (pérdidas por erosión natural). El hombre ha acelerado esta pérdida removiendo la cubierta protectora a través del arado, quema y sobrepastoreo. En muchas áreas la erosión puede ser reducida significativamente con un manejo correcto del suelo.

O' Hara *et al.* (1993) mencionan que la pérdida de cubierta vegetal reduce la protección del suelo y la infiltración de agua y promueve la pérdida de suelo por efecto de agua y viento, ocasionando la reducción de fertilidad del mismo y finalmente provoca deterioro.

El Servicio de Conservación de Suelos, Agencia Federal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, estima que 14 millones de acres (5.7 millones de ha.) susceptibles a erosión por viento en las Grandes Llanuras que ahora están produciendo cultivos deberían reconvertirse a zacates perennes para reducir la erosión por viento.

De acuerdo a Donahue *et al.* (1977), de manera general para un buen manejo, conservación y mejoramiento del agostadero para evitar la erosión se recomienda:

1. Dejar un gran porcentaje de forraje para reserva y residuos, 20 a 50%, dependiendo de las circunstancias particulares.
2. Respetar el coeficiente de agostadero y calcular la carga animal óptima.
3. Proporcionar lugares adicionales de bebederos para el ganado y evitar que áreas adyacentes al agua sean sobrepastoreadas.
4. Colocar saladeros para promover pastoreo uniforme.
5. Dispersar el agua de escurrimientos, para evitar la formación de arroyuelos, erradicando arbustos no útiles que utilizan agua e inhiben el crecimiento de los zacates.
6. Resembrar áreas favorables con zacates deseables.
7. Pastoreo rotacional y diferido especialmente para darle a la planta la oportunidad de crecer y desarrollarse hasta la producción de semilla.

Fertilización Fosfatada

El zacate buffel responde bien a la fertilización, sin embargo, sus requerimientos son menores a los de otras gramíneas forrajeras. El fósforo (P) es esencial en el establecimiento del sistema radicular secundario de los zacates de agostadero permitiendo un incremento en la sobrevivencia de las plántulas. Sin embargo si las sequías se presentan antes de que la planta desarrolle su sistema radicular secundario la probabilidad de sobrevivencia será menor (Olmsted, 1941). En zacate buffel, la fertilidad con fósforo de un suelo pobre en este nutriente resultó en mayor peso radicular principalmente del sistema radicular secundario, mayor amacollamiento, penetración radicular y sobrevivencia a la sequía (Chistie, 1975). El efecto positivo del fósforo sobre el sistema radicular se manifiesta también en otras fases del crecimiento y desarrollo de las plantas.

El P es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas que mejora la calidad y promueve la precocidad. Es absorbido por las plantas en forma de fosfatos mono y diácidos. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. El P se clasifica como un nutriente primario, los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración de fósforo en los cultivos varía de 0.1 a 0.5% (Informaciones Agronómicas s.f.).

El P se encuentra en toda la planta, y especialmente en los tejidos jóvenes y órganos de reserva. En los primeros interviene en la síntesis proteica y contribuye al desarrollo radicular. En los órganos de reserva (semillas) forma parte de fosfolípidos y ácidos nucleicos. Desempeña un papel indispensable como acumulador de energía y combustible para todas las actividades bioquímicas de las células vivientes al formar parte del adenosín trifosfato (Khasawneh, 1980).

Cambio Climático

A nivel mundial es aceptado actualmente que el planeta Tierra está experimentando un fenómeno de calentamiento atmosférico global. El cambio climático global implica perturbaciones en la temperatura, en la precipitación, nubosidad y todos los elementos del sistema atmosférico. El IPCC (2007) señala que la temperatura promedio se ha incrementado 0.6°C durante los últimos 100 años como consecuencia del aumento de la concentración atmosférica de los llamados “gases de efecto invernadero”. En México, como en la mayoría de los países del mundo, existe preocupación por el cambio climático y sus posibles impactos sobre el sector productivo primario. El cambio climático está generando alteraciones en las condiciones agroclimáticas de las áreas agrícolas y pecuarias del país las cuales están imponiendo la necesidad de evaluar los impactos de estos cambios sobre el potencial de producción de cultivos en México (Ruiz *et al.*, 2010).

Los ecosistemas de pastizales de las zonas desérticas y semidesérticas son muy sensibles a los cambios y a la variabilidad climática. Las altas temperaturas y la baja disponibilidad de agua mantienen a la flora y fauna en los límites de supervivencia. Cambios climatológicos repentinos han alterado la composición, abundancia y distribución de las especies así como los productos y servicios que estos ecosistemas ofrecen. Las proyecciones de intensidad y duración de períodos de sequía reducen la humedad en el suelo y aumentan la erosión hídrica y eólica (Pinedo *et al.*, 2013).

Ruiz (2012) menciona que una de las alternativas para enfrentar el cambio climático en nuestro país, es la generación de variedades que se adapten al estrés por sequía y altas temperaturas. Las especies forrajeras tienen mayor capacidad para adaptarse a estas condiciones de estrés. Por otra parte, estas especies además de ser fuente de alimento para animales domésticos, proporcionan cobertura al suelo que reduce la erosión hídrica y eólica, lo que favorece la infiltración de agua de lluvia y un aumento en la recarga de mantos acuíferos, captura de carbono para reducir el dióxido de carbono (CO_2) (Ortega-Ochoa, 2012).

Conant *et al.* (2005) mencionan que los pastizales juegan un papel importante en la disminución de niveles de CO_2 atmosférico, lo que contribuye a mitigar el cambio climático global, a través del almacenamiento de carbono en la biomasa resultado del proceso fotosintético y en el suelo por el ciclo del carbono.

Sin embargo, existe poca información sobre especies de pastizales con potencial para la captación de CO₂.

Para lograr una adecuada planeación del desarrollo agropecuario a corto, mediano y largo plazo en una región, es necesario estimar en escenarios climáticos futuros, la disponibilidad de recursos agroclimáticos, entre ellos la temperatura y la precipitación, y contar con suficiente información para diseñar e implementar medidas de adaptación que eviten o minimicen en lo posible los impactos negativos del cambio climático y aprovechar los efectos positivos (Medina *et al.*, 2012).

Se estima que el estado de Zacatecas tiene actualmente alrededor de 5.6 millones de ha donde se desarrollan pastos (pastizales, bosques, selva baja y matorral). Los pastizales, además de sustentar la producción de carne bajo condiciones de pastoreo, también ayudan a conservar la humedad, evitar la erosión y disminuir los escurrimientos. Medina *et al.* (2012) realizaron un estudio predictivo a futuro en el estado de zacatecas sobre el efecto del cambio climático en la temperatura y precipitación en la especies vegetales que se cultivan en este estado. Ellos concluyeron que la temperatura media anual incrementó y la precipitación se mantuvo constante. Bajo este escenario los efectos del cambio climático pueden resultar desfavorables para algunas especies pero favorables para otras, en este caso al aumentar la temperatura, las condiciones son más adecuadas para un mejor desarrollo y una mayor dispersión del zacate buffel en el estado de Zacatecas. Esta especie tiene importantes cualidades que le

permiten ser una buena alternativa para enfrentar los retos del cambio climático, resaltando su alto potencial forrajero y su resistencia a la presencia de sequías.

Variedades de Zacate Buffel

Laredo

Es una mezcla de varios genotipos que implementa un mecanismo de resistencia durable para prolongar la estabilidad de los genes de resistencia a las plagas y enfermedades. La tolerancia al tizón del zacate buffel que presenta Laredo proporciona mayor seguridad frente a los efectos perjudiciales y devastadores de este patógeno. Actualmente esta variedad está siendo comercializada en Estados Unidos por Pogue Agri Partners, Inc. (Cook *et al.*, 2005). Cabe resaltar que la variedad Laredo se seleccionó y desarrolló con la finalidad de obtener una mayor producción de forraje, y por su ventaja adicional de ser tolerante al tizón del zacate buffel y las sequías. Laredo tiene el mismo valor nutricional que Común, sin embargo alcanza entre un 25-30% más producción anual de forraje en comparación con Común y otras variedades de zacate buffel disponibles en el mercado. Para los ganaderos del siempre difícil medio ambiente del sur de Texas y norte de México, la mezcla de líneas de zacate buffel representa una nueva solución por ser esta una variedad con altos índices productivos y excelente calidad, además de ser altamente tolerante a las enfermedades (Pogue Agri Partners, s.f.).

Biloela

Semilla de esta variedad fue introducida de Dodoma, Tanganika en 1927 como CPI 6934. Se evaluó en la Estación Experimental de Biloela en 1950 y se liberó como material comercial en 1955 (Paull y Lee, 1978). Es una de las variedades de porte alto más utilizadas en Argentina y Australia (Griffa, 2009).

Esta variedad posee rizomas, por lo que tiene un buen comportamiento en suelos arcillosos, además es muy resistente a la sequía (Ayerza, 1981; Cook *et al.*, 2005). Es una de las variedades de zacate buffel más tolerantes a salinidad (Barnard, 1972). Sus inflorescencias son largas y relativamente estrechas, hojas de color verde brillante, una gran proporción de sus espiguillas están vacías (no tienen cariósido) (Humphreys, 1986).

Texas 4464 (Común)

Esta variedad fue seleccionada por el Departamento de Agricultura y el Servicio de Conservación de Suelos de E.U.A. de un grupo de ecotipos introducidos de África en 1948. Actualmente el 99% del buffel disperso en el sur de Texas y norte de México proviene de esta variedad (Ayerza, 1981).

Es una variedad de porte intermedio, produce abundante follaje y se comporta bien en suelos livianos hasta semipesados, soporta cierta inundación (Ayerza, 1981; Cook *et al.*, 2005). Su follaje es verde claro e inflorescencias púrpura, sus características principales son su buena producción de semilla y su

tolerancia a la sequía. Sin embargo es una variedad altamente susceptible al tizón de la hoja causado por el hongo *Pyricularia grisea* que disminuye drásticamente la producción de forraje y semilla (Gómez, 1994; González, 2002; Rodríguez *et al.*, 1999). Se establece muy fácilmente en suelos pobres y responde rápidamente a los aportes de fósforo y nitrógeno (Semillas San Francisco).

Nueces (PI 476989)

La variedad Nueces es un híbrido F1 derivado de la cruce del clon sexual B-1S (reg. No. GP1) por un apomíctico rizomatoso del tipo azul, fue desarrollada por la Estación Experimental de Texas y el Departamento de Agricultura de E.U.A. Posee un follaje azul verdoso, inflorescencia marrón oscuro con reflejos rojizos. Tiene una buena producción de forraje y debido a que desarrolla rizomas vigorosos presenta resistencia a bajas temperaturas (hasta -13°C) y se comporta bien en suelos semipesados (Bashaw, 1980; Ayerza, 1981).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Ejido Las Norias municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, que colinda con los municipios de Castaños, Cuatro Ciénegas, Saltillo, General Cepeda y con el estado de Nuevo León (<http://www.vivemx.com/colonia/las-norias>). El Ejido Las Norias tiene 1806 ha de las cuales 144 son de riego, 216 de temporal y 1446 de agostadero, con una dotación agrícola de 15 ha por ejidatario.

El clima de la región es muy seco: semicálido (50%), semiárido (30.8%), semiseco templado (13%), seco templado (6%) y templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año (0.2%), con un rango de temperaturas promedio 12 - 22°C, y de precipitación 100 - 600 mm anuales (INEGI, 2010).

En las partes planas el suelo está formado de arena, arcilla y aluviones, la roca superficial es predominantemente caliza. La región está surcada por pequeñas serranías dispersas que sobresalen de la llanura. La altitud media de estas serranías es de 2200m y las llanuras de 1100 msnm (Pérez, 1964).

Material Biológico

El material biológico utilizado fue el híbrido AN17PS (Pecos), es un genotipo apomíctico generado en el Programa de Pastos de la UAAAN, resultado de los cruzamientos realizados entre el clon sexual TAM CRD B1s con Zaragoza 115. AN17PS fue evaluado en las localidades de Ocampo, Coah; Zaragoza Coah; Matehuala, S.L.P; Cuencamé, Durango y Lake Farm, Texas. Las características principales que presenta este genotipo son: buena producción de forraje, buena tolerancia a temperaturas congelantes que le permite resistir heladas más intensas (-12 a -13°C) que las que resiste buffel Común (-9 a -10°C) (Pogue Agri Partners, s.f. Folleto). Presenta resistencia al tizón del zacate buffel causado por el hongo *Pyricularia grisea*, por lo que este híbrido es una buena alternativa para substituir a buffel Común en las zonas áridas y semiáridas de México, por ser esta última variedad altamente susceptible al tizón (González y Gómez, 2000; Gómez y González, 2002). Por otra parte la variedad Pecos produce menos semilla que Común por lo que su potencial de invasión es más reducido o no existente.

Es el primer híbrido apomíctico de zacate buffel desarrollado en México, conocido como H17 en nuestro país y comercializado con el nombre de Pecos en Estados Unidos, Argentina, Australia y otros países. Pecos es una variedad protegida en Estados Unidos; los derechos de propiedad intelectual son compartidos entre la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y la empresa Pogue Agri Partners Inc. (Morales, 2013).

Metodología

Producción de Plántulas para Transplante

La siembra se realizó los días 10 y 11 de junio de 2012 con cariósides desglumados (grano limpio) de zacate buffel variedad Pecos en charolas de nieve seca de 200 cavidades que contenían turba (peat moss) como medio de crecimiento. Se depositaron tres cariósides por cavidad para asegurar la emergencia de las plántulas y posteriormente se realizó el aclareo, dejando la plántula más vigorosa.

Las charolas permanecieron en el invernadero donde se les proporcionó el cuidado necesario para la emergencia y crecimiento de las plántulas, hasta su trasplante al campo. Para satisfacer las necesidades nutricionales se aplicó riego diario fertilizando dos veces por semana, con una solución a razón de 2g de fertilizante Ferti Drip® (20- 30- 10) por litro de agua.

Labores de Campo

Se realizó un desmonte en el área experimental en mayo de 2012 en una superficie de aproximadamente 3 ha. Para el trazo de riego se cuadrículó a marco de 25 m, el levantamiento topográfico se llevó a cabo el 24 de junio y el trabajo de gabinete en los días posteriores. Para tener una buena cama de siembra las labores de preparación del terreno, como barbecho se realizó el 18 de julio y el rastreo, cruza, surcado y bordeado en el mes de agosto.

Se tomaron tres muestras de suelo para determinar la textura, contenido de materia orgánica, fertilidad, pH y conductividad eléctrica del sitio experimental. Los resultados del análisis se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis del suelo del área experimental en el Ejido Las Norias, Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.

Muestra N°	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	PH	CE mmhos/cm	Textura %			Clase Textural
							arena	arcilla	limo	
1	< 1	0.02	61	340	8.2	9.9	32	40	28	Arcilla
2	<1	0.02	62	380	8.2	9.9	24	60	16	Arcilla
3	<1	0.02	44	340	8.3	8.9	24	50	26	Arcilla

Transplante

Previo al transplante se preparó el terreno donde se estableció el experimento, se delimitaron las parcelas experimentales, se formaron cuatro melgas de seis surcos cada una. El transplante se llevó a cabo el sábado 6 de octubre de 2012 una vez que las plantas alcanzaron una altura de 12-15 cm, para el procedimiento del transplante se midió el área, se distribuyó la planta y se transplantó de manera manual, en suelo seco.

Riego y Fertilización

Al término del trasplante, se aplicó a cada planta, un litro de agua. Las parcelas tratadas recibieron fertilizante Ferti Drip® (12- 60- 00) a razón de 2g/l; un segundo auxilio con fertilizante se realizó el martes 9 de octubre es decir tres días después del trasplante, posteriormente a los seis días después se aplicó (viernes 12 de octubre) el primer riego pesado (riego rodado) y dos riegos más fueron aplicados a los 16 y 34 días posteriores al trasplante (domingo 28 de octubre y jueves 15 de noviembre de 2012 respectivamente).

Diseño Experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con dos tratamientos: Fertilización y no Fertilización, distribuidos en 36 bloques, con 40 plantas por bloque y una separación entre plantas de 0.50m y una separación entre surcos de 1m.

Variables Evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

Establecimiento

Para determinar el porcentaje de establecimiento se contaron y registraron, a los 21 días después del trasplante, el número de plantas verdes establecidas satisfactoriamente y el número de plantas secas, por medio de una regla de tres simple se obtuvo el porcentaje de establecimiento por parcela.

Tallos por Planta

Para determinar el número de tallos por planta se muestrearon dos plantas por surco, se cuantificó todos los tallos tanto vegetativos como reproductivos.

Tallos Vegetativos

Esta variable se obtuvo muestreando dos plantas por surco, una planta de cada extremo del surco, se cuantificó los tallos que no tenían panícula directamente sobre la planta.

Tallos Reproductivos

Para los tallos reproductivos se realizó la misma dinámica de los tallos vegetativos, pero en estos se cuantificó los tallos que contaban con panícula.

Peso de Forraje Verde por Planta

Para medir esta variable se cortaron, el 8 de diciembre de 2012, dos plantas por surco, considerando una planta por extremo del surco, el forraje de las dos plantas se pesó en una báscula Juguadin® de 10kg para obtener el peso verde del forraje, una vez registrado el peso, el material se colocó en bolsas de papel destreza rotuladas con número de franja, melga, surco, localidad y fecha de corte del forraje.

Peso de Forraje Seco por Planta

Para determinar el peso de forraje seco, las muestras se trasladaron del sitio experimental a la bodega del Programa de Pastos en Saltillo, Coahuila para su secado a temperatura ambiente. Diez días después del corte, las muestras se pesaron en una balanza Ohuadin® de triple barra.

Análisis de Datos

Se realizó un análisis de varianza para los datos correspondientes a porcentaje de establecimiento. Las variables: número de tallos por planta, tallos vegetativos, tallos reproductivos, peso de forraje verde por planta y peso de forraje seco por planta se analizaron por medio de pruebas de “*T*” con parcelas apareadas a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento

En el análisis de varianza para esta variable se puede observar que no existe diferencia significativa, tanto en tratamientos como en bloques (Cuadro 2). Los datos registrados sobre establecimiento de las plantas se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Análisis de varianza para número de plantas establecidas por parcela de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante. Ejido Las Norias, Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F α	
					0.05	0.01
Bloques	35	60.778	1.736	0.673 ^{ns}	1.765	2.250
Trat.	1	2.722	2.722	1.055 ^{ns}	4.125	7.435
E. Exp.	35	90.278	2.579			
Total	71	153.778	4.393			

C.V. = 8.4%

ns= No significativo

Cuadro 3. Número de plantas establecidas por parcela de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido Las Norias, Ramos Arizpe, Coahuila 2012.

Bloques	T1	T2	Total
1	20	20	40
2	20	20	40
3	14	19	33
4	18	19	37
5	19	20	39
6	20	19	39
7	20	19	39
8	18	19	37
9	20	17	37
10	20	15	35
11	15	20	35
12	20	14	34
13	19	16	35
14	19	19	38
15	20	19	39
16	20	17	37
17	20	19	39
18	20	20	40
19	20	20	40
20	19	19	38
21	20	19	39
22	20	19	39
23	20	20	40
24	18	20	38
25	17	20	37
26	20	17	37
27	20	18	38
28	19	17	36
29	20	20	40
30	19	20	39
31	20	19	39
32	20	19	39
33	17	19	36
34	18	19	37
35	20	19	39
36	20	20	40
Total	689	675	1364
\bar{X}	19.13	18.75	18.94

La capacidad de establecimiento de las especies forrajeras ya sea por semilla o por trasplante es de suma importancia para lograr buenas poblaciones de plantas en una pradera. Una población ideal con la semilla sembrada o de las plántulas transplantadas, depende también de una buena preparación de la cama de siembra, selección de variedades adecuadas, humedad disponible en el suelo, manejo de la pradera, etc.

En el experimento de la variedad Pecos se establecieron 1364 plantas de zacate buffel de un total de 1440 trasplantadas, lo que corresponde a un promedio de 95 por ciento de establecimiento por parcela experimental. Tratándose de un suelo demasiado arcilloso y además salino, por lo tanto establecer 19 plantas de cada 20 plantas transplantadas es excelente.

Este resultado coincide con los obtenidos por Aguilar (2013) y Acalco (2013). El primero reportó 95 por ciento al establecerse 114 plantas de un total de 120 trasplantadas en un suelo arcilloso no salino de Zaragoza, Coahuila. Acalco (2013) en el mismo suelo arcilloso y salino de Las Norias reportó el 100 por ciento de establecimiento para la misma variedad Pecos, al obtener 120 plantas establecidas de un total de 120 plantas transplantadas. El análisis de suelo del sitio experimental reportó 9.5 mmhos/cm lo que indica que se trata de un suelo altamente salino (Cuadro 1). De lo anterior se desprende que la variedad Pecos, además de superar el “shock” del trasplante, tiene la capacidad de establecerse en suelos problema de poca fertilidad, con exceso de arcilla y exceso de sales en el suelo y el agua de riego.

En un estudio realizado en invernadero con varios genotipos de zacate buffel bajo condiciones de salinidad las variedades Biloela y Americana fueron las más tolerantes a 300 mM de NaCl en estado de plántula (Griffa, 2009). En este estudio Pecos bajo condiciones de suelo más estresantes, por salinidad, arcilla y pH, logró un excelente porcentaje de establecimiento (Cuadro 1).

Es importante mencionar que en Zaragoza, Coahuila, se dio el riego de aniego inmediatamente después del transplante y sin aplicar fertilizante (Aguilar, 2013). En el experimento de Acalco (2013), se aplicó fertilizante en solución a razón de un litro por planta y el riego de aniego se realizó 24 horas después, en tanto que en el presente trabajo el riego de aniego se dio 6 días después del transplante, aun así el establecimiento inicial alcanzado resultó altamente satisfactorio.

Se ha reportado que el zacate buffel no se establece en suelos poco profundos y pesados, que suelos con 30% de arcilla son completamente inadecuados (Holt, 1985, Anderson, 1970). Sin embargo las variedades de hábito rizomatoso como Pecos, tienen mayor capacidad de establecerse por transplante que variedades no rizomatosas como Común o las progenies segregantes de esta variedad al cruzarse con materiales rizomatosos (Gutiérrez, 2011), como quedó demostrado en este experimento donde el suelo del área experimental tiene un contenido de arcilla del suelo fue de 50% (Cuadro 1).

Producción de Tallos por Planta

Los datos registrados para producción de tallos por planta se muestran en el Cuadro 4. La producción de tallos promedio utilizando fertilizante alto en fósforo y sin fertilizante fueron 44.7 y 23.1 tallos respectivamente. Para la comparación de las medias se utilizó una prueba de “*t*” con parcelas apareadas, resultando la diferencia de 21.6 tallos altamente significativa.

La aplicación de fósforo influyó el comportamiento vegetativo de las plantas. Como se sabe el fósforo tiene una gran importancia en el sistema radicular secundario lo cual se manifiesta en el crecimiento de las plantas principalmente en el amacollamiento (Christie, 1975).

Las plantas que recibieron fósforo produjeron desde 10 hasta 107 tallos, promediando las 36 plantas muestreadas, 44.7 tallos por planta. Las plantas que no recibieron fósforo tuvieron un rango de 7 hasta 62 tallos por planta con una media de 23.1 tallos por planta. Por cada tallo que produjo una planta sin haber recibido fósforo, las plantas que si lo recibieron produjeron 1.93 tallos por planta, prácticamente se obtuvo el doble de tallos aplicando fósforo.

Cuadro 4. Producción de tallos por planta de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido Las Norias Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.

Parcela	T1	T2	Total	Media
1	101	25	126	63
2	107	17	124	62
3	10	15	25	12.5
4	32	28	60	30
5	40	37	77	38.5
6	47	34	81	40.5
7	48	20	68	34
8	28	28	56	28
9	39	33	72	36
10	83	16	99	49.5
11	85	34	119	59.5
12	44	41	85	42.5
13	40	27	67	33.5
14	36	39	75	37.5
15	37	62	99	49.5
16	32	22	54	27
17	29	7	36	18
18	31	16	47	23.5
19	21	18	39	19.5
20	87	17	104	52
21	71	17	88	44
22	24	9	33	16.5
23	28	18	46	23
24	36	9	45	22.5
25	16	16	32	16
26	22	11	33	16.5
27	23	12	35	17.5
28	71	8	79	39.5
29	49	21	70	35
30	92	23	115	57.5
31	38	32	70	35
32	52	38	90	45
33	24	34	58	29
34	16	18	34	17
35	31	14	45	22.5
36	40	18	58	29
Total	1610	834	2444	1222
\bar{X}	44.7	23.1	33.9	

Para el cálculo de t se utilizó la fórmula:

$$t = \frac{d}{sd}$$

Dónde:

d = diferencia de las medias de los tratamientos.

sd = desviación estándar de las diferencias.

Para obtener sd se requiere calcular la varianza:

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

Sustitución de fórmulas

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 44.722 - 23.166 = \mathbf{21.556}$$

$$sd^2 = \frac{43,370 - 16,727.111}{36(36-1)} = \frac{26,643}{1,260} = \mathbf{21.145}$$

$$sd = \sqrt{21.145} = \mathbf{4.5983}$$

$$t = \frac{d}{sd} = \frac{21.556}{4.5983} = \mathbf{4.687}$$

t calculada	t ∞	
	0.05	0.01
4.687**	2.03	2.73

** Altamente significativo

Tallos Vegetativos por Planta

Los datos registrados para tallos vegetativos por planta se presentan en el Cuadro 5. El rango de tallos vegetativos por planta en aquellas plantas que recibieron fósforo, fue de 7 hasta 85 tallos, en tanto que para las plantas que no recibieron fósforo el rango fue más estrecho siendo de 5 hasta 59 tallos. Las medias para los tratamientos con y sin fósforo fueron de 34.7 y 20.0 tallos vegetativos por planta; por cada tallo vegetativo que produjeron las plantas sin fósforo, las plantas con fósforo produjeron 1.7 tallos vegetativos. El valor calculado para t resultó altamente significativo.

Tallos Reproductivos por Planta

Los datos registrados para tallos reproductivos por planta se muestran en el Cuadro 6. No obstante el corto tiempo que las plantas tuvieron para establecerse, amacollar, crecer y reproducirse durante el otoño, en ambos tratamientos las plantas alcanzaron a producir panículas. Los rangos de producción de panículas por planta por los tratamientos con y sin fósforo fueron desde 0 hasta 22 y desde 0 hasta 10 tallos reproductivos respectivamente. Solo una de las 36 plantas muestreadas en el tratamiento con fósforo no produjo panículas en tanto que en el tratamiento sin fósforo cuatro plantas no produjeron panículas. Las medias de tallos reproductivos con fósforo y sin fósforo fueron de 10.0 y 3.1 tallos reproductivos por planta respectivamente, por cada panícula producida sin fósforo, tres fueron producidas con la aplicación de fósforo. El valor de " t " resultó altamente significativo indicando que la aplicación de fósforo tuvo un efecto verdadero en la promoción de la reproducción.

Cuadro 5. Producción de tallos vegetativos por planta en zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido Las Norias, Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.

Parcela	T1	T2	Total	Media
1	85	24	109	54.5
2	85	12	97	48.5
3	8	11	19	9.5
4	25	24	49	24.5
5	24	30	54	27
6	32	28	60	30
7	43	20	63	31.5
8	22	26	48	24
9	30	27	57	28.5
10	68	11	79	39.5
11	68	32	100	50
12	40	38	78	39
13	33	24	57	28.5
14	23	30	53	26.5
15	20	59	79	39.5
16	30	22	52	26
17	23	5	28	14
18	22	15	37	18.5
19	16	17	33	16.5
20	83	16	99	49.5
21	60	16	76	38
22	14	6	20	10
23	15	15	30	15
24	28	9	37	18.5
25	9	15	24	12
26	11	9	20	10
27	10	9	19	9.5
28	53	7	60	30
29	45	18	63	31.5
30	80	20	100	50
31	35	32	67	33.5
32	52	33	85	42.5
33	14	26	40	20
34	7	15	22	11
35	14	11	25	12.5
36	23	8	31	15.5
Total	1250	720	1970	985
\bar{X}	34.7	20	27.3	

Para el cálculo de t se utilizó la fórmula:

$$t = \frac{d}{sd}$$

Dónde:

d = diferencia de las medias de los tratamientos.

sd = desviación estándar de las diferencias.

Para obtener sd se requiere calcular la varianza:

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

Sustitución de fórmulas

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 34.722 - 20 = \mathbf{14.722}$$

$$sd^2 = \frac{30,452 - 7,802.777}{36(36-1)} = \frac{22,649.223}{1,260} = \mathbf{17.975}$$

$$sd = \sqrt{17.975} = \mathbf{4.23}$$

$$t = \frac{d}{sd} = \frac{14.722}{4.23} = \mathbf{3.480}$$

t calculada	t ∞	
	0.05	0.01
3.480**	2.03	2.73

** Altamente significativo

Cuadro 6. Producción de tallos reproductivos por planta de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido las Norias, Ramos, Arizpe, Coahuila, 2012.

Parcela	T1	T2	Total	Media
1	16	1	17	8.5
2	22	5	27	13.5
3	2	4	6	3.0
4	7	4	11	5.5
5	16	7	23	11.5
6	15	6	21	10.5
7	5	0	5	2.5
8	6	2	8	4.0
9	9	6	15	7.5
10	15	5	20	10.0
11	17	2	19	9.5
12	4	3	7	3.5
13	7	3	10	5.0
14	13	9	22	11.0
15	17	3	20	10.0
16	2	0	2	1.0
17	6	2	8	4.0
18	9	1	10	5.0
19	5	1	6	3.0
20	4	1	5	2.5
21	11	1	12	6.0
22	10	3	13	6.5
23	13	3	16	8.0
24	8	0	8	4.0
25	7	1	8	4.0
26	11	2	13	6.5
27	13	3	16	8.0
28	18	1	19	9.5
29	4	3	7	3.5
30	12	3	15	7.5
31	3	0	3	1.5
32	0	5	5	2.5
33	10	8	18	9.0
34	9	3	12	6.0
35	17	3	20	10.0
36	17	10	27	13.5
Total	360	114	474	237
\bar{X}	10.0	3.1	6.5	

Para el cálculo de t se utilizó la fórmula:

$$t = \frac{d}{sd}$$

Dónde:

d = diferencia de las medias de los tratamientos.

sd = desviación estándar de las diferencias.

Para obtener sd se requiere calcular la varianza:

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

Sustitución de fórmulas

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 10 - 3.166 = \mathbf{6.834}$$

$$sd^2 = \frac{2,622 - 1,681}{36(36-1)} = \frac{941}{1,260} = \mathbf{0.746}$$

$$sd = \sqrt{0.746} = \mathbf{0.863}$$

$$t = \frac{d}{sd} = \frac{6.834}{0.863} = \mathbf{7.918}$$

t calculada	t ∞	
	0.05	0.01
7.918**	2.03	2.73

** Altamente significativo

El efecto positivo de la aplicación de fósforo durante el transplante en la producción total de tallos, producción de tallos vegetativos y producción de tallos reproductivos, está relacionado a la promoción de mayor biomasa radicular por el fósforo en los primeros 10 cm del suelo (Puri *et al.*, 1977).

Conde-Lozano *et al.* (2012) realizaron un estudio con cuatro variedades de zacate buffel (Común, Nueces, T-1754 y Formidable) en dos localidades de Tamaulipas, obtuvieron un promedio de 17.1 espigas por planta. Ellos concluyeron que el ambiente tuvo un efecto significativo en la producción de espigas, ya que sitios con temperaturas más bajas afectan negativamente la producción de espigas.

Producción de Forraje Verde por Planta

Los datos registrados para producción de forraje verde por planta en gramos se muestran en el Cuadro 7. En cuanto a la producción de forraje verde en los tratamientos con y sin fósforo, en las plantas que recibieron fósforo se tiene un rango de 20 hasta 153 g de forraje verde por planta, con respecto a las plantas que no recibieron fósforo su rango es de 23 hasta 114 g de forraje verde por planta. Las que recibieron fósforo produjeron 1.38 g de forraje verde por cada gramo que produjeron las plantas sin fósforo. Se tiene el valor de “*t*” y el resultado es significativo.

Cuadro 7. Producción de forraje verde en gramos por planta de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido las Norias, Ramos Arizpe, Coahuila, 2012.

Parcela	T1	T2	Total	Media
1	80	68	148	74
2	54	80	134	67
3	36	30	66	33
4	36	38	74	37
5	70	80	150	75
6	87	113	200	100
7	114	33	147	73.5
8	53	28	81	40.5
9	53	55	108	54
10	56	31	87	43.5
11	60	49	109	54.5
12	93	84	177	88.5
13	111	45	156	78
14	94	55	149	74.5
15	69	68	137	68.5
16	73	94	167	83.5
17	39	28	67	33.5
18	142	29	171	85.5
19	28	114	142	71
20	153	31	184	92
21	74	24	98	49
22	100	24	124	62
23	36	44	80	40
24	44	34	78	39
25	24	25	49	24.5
26	30	26	56	28
27	50	35	85	42.5
28	158	25	183	91.5
29	145	90	235	117.5
30	108	41	149	74.5
31	80	84	164	82
32	67	45	112	56
33	63	26	89	44.5
34	20	39	59	29.5
35	65	70	135	67.5
36	33	98	131	65.5
Total	2598	1883	4481	2240.5
\bar{X}	72.1	52.3	62.2	

Para el cálculo de t se utilizó la fórmula:

$$t = \frac{d}{sd}$$

Dónde:

d = Diferencia de las medias de los tratamientos.

sd = Desviación estándar de las diferencias.

Para obtener sd se requiere calcular la varianza:

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

Sustitución de fórmulas

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 72.166 - 52.305 = \mathbf{19.861}$$

$$sd^2 = \frac{91,507 - 14,200.694}{36(36-1)} = \frac{77,306}{1,260} = \mathbf{61.354}$$

$$sd = \sqrt{61.354} = \mathbf{7.832}$$

$$t = \frac{d}{sd} = \frac{19.861}{7.832} = \mathbf{2.535}$$

t calculada	t ∞	
	0.05	0.01
2.535*	2.03	2.73

* Significativo

El resultado que se obtiene en la producción de forraje verde por hectárea en el tratamiento que recibió fósforo es 2,886.64 k/ha, teniendo una producción de 46.55 k/día/ha, la producción que se obtuvo es considerando 62 días para el desarrollo de forraje, este resultado es superior al obtenido por Acalco (2013) quien reportó una producción de 3,625 k/ha, teniendo una producción de 40.27 k/día/ha, considerando que tuvo 90 días para la producción de forraje en el mismo suelo salino y arcilloso. En el tratamiento que no recibió fósforo se obtuvo un rendimiento de 2,092.2 k/ha, teniendo una producción de 33.74 k/día/ha de forraje verde. Estos resultados nos indica que si tuvo un impacto considerable la aplicación de fósforo en la producción de forraje verde.

Producción de Forraje Seco por Planta

Los datos registrados para producción de forraje seco por planta en gramos se muestran en el Cuadro 8. En cuanto a la producción de forraje seco en los tratamientos con y sin fósforo, en las plantas que recibieron fósforo se tiene un rango de 1 hasta 45 g de forraje seco por planta muestreada, las plantas que no recibieron fósforo su rango es de 0 hasta 28 g de forraje seco por planta. De las 36 plantas muestreadas que recibieron fósforo solo 2 plantas produjeron 1 g de forraje seco, en cuanto a las plantas que no recibieron fósforo se tiene 2 plantas que no produjeron ningún gramo de forraje. Por cada gramo que produjeron las plantas sin fósforo las que recibieron fósforo produjeron 2.05 g de forraje seco. El valor de “*t*” resultó altamente significativo esto indica que la aplicación de fósforo tuvo un efecto en cuanto a la producción del forraje seco.

Cuadro 8. Producción de forraje seco en gramos por planta de zacate buffel variedad Pecos con y sin fertilizante, Ejido las Norias, Ramos, Arizpe, Coahuila, 2012.

Parcela	T1	T2	Total	Media
1	15	10	25	12.5
2	9	14	23	11.5
3	3	1	4	2
4	7	6	13	6.5
5	16	18	34	17
6	20	28	48	24
7	27	1	28	14
8	5	0	5	2.5
9	5	2	7	3.5
10	8	1	9	4.5
11	13	7	20	10
12	20	14	34	17
13	25	7	32	16
14	21	9	30	15
15	13	12	25	12.5
16	17	16	33	16.5
17	2	1	3	1.5
18	34	1	35	17.5
19	1	22	23	11.5
20	34	1	35	17.5
21	16	0	16	8
22	24	1	25	12.5
23	6	7	13	6.5
24	8	4	12	6
25	2	1.5	3.5	1.75
26	3	1	4	2
27	6	3	9	4.5
28	45	1	46	23
29	35	18	53	26.5
30	26	5	31	15.5
31	18	17	35	17.5
32	13	7	20	10
33	14	2	16	8
34	3	2	5	2.5
35	14	13	27	13.5
36	1	4	5	2.5
Total	529	257.5	786.5	393.25
\bar{X}	14.6	7.1	10.9	

Para el cálculo de t se utilizó la fórmula:

$$t = \frac{d}{sd}$$

Dónde:

d = Diferencia de las medias de los tratamientos.

sd = Desviación estándar de las diferencias.

Para obtener sd se requiere calcular la varianza:

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

Sustitución de fórmulas

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 14.694 - 7.152 = \mathbf{7.541}$$

$$sd^2 = \frac{7,717.25 - 2,047.562}{36(36-1)} = \frac{5,669.688}{1,260} = \mathbf{4.499}$$

$$sd = \sqrt{4.499} = \mathbf{2.121}$$

$$t = \frac{d}{sd} = \frac{7.541}{2.121} = \mathbf{3.555}$$

t calculada	t∞	
	0.05	0.01
3.555**	2.03	2.73

** Altamente significativo

La producción de forraje seco por hectárea en el tratamiento que recibió fósforo es de 548 k/ha de forraje seco, que significa una producción de 9.41 k/día/ha, considerando que las plantas tuvieron 62 días para la producción de forraje. En el tratamiento que no recibió fósforo se obtuvo una producción de 284 k/ha de forraje seco, se tuvo una producción de 4.58 k/día/ha.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en la investigación realizada se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El trasplante permite establecer inicialmente praderas inducidas de zacate buffel variedad Pecos aún en fecha tardías de principios de otoño en suelos arcillosos y salinos cuando dispone de la humedad necesaria.
2. Transplantando a inicio de otoño, el zacate buffel variedad Pecos es capaz de establecerse, amacollar y reproducirse en 60 días.
3. La aplicación de fósforo favoreció el amacollamiento, el crecimiento vegetativo y principalmente el proceso reproductivo promoviendo hasta tres veces más la producción de panículas.
4. El zacate buffel variedad Pecos es bastante rústico como lo demuestra el haber producido panículas aún sin el beneficio del aporte de fósforo.

LITERATURA CITADA

- Acalco H., M. 2013. Potencial forrajero de variedades comerciales y líneas élite experimentales de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) en un suelo arcilloso y salino del sureste de Coahuila. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 60p.
- Aguilar G., R. 2004. Rediseño de sistemas de producción agropecuaria en el norte de Guanajuato: Los pastos de temporal una posibilidad. Programa de Pastos del Campo Experimental Norte de Guanajuato.
- Aguilar P., D. 2013. Comportamiento del zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) variedad Laredo, otras variedades comerciales y líneas experimentales en el noreste de Coahuila. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 75p.
- Alcalá G., C. H. 1995. Origen geográfico y características biológicas del pasto buffel. En: Guía para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora A. C. Hermosillo, Son. México. pp. 9-14.
- Anderson, E.R. 1970. Effect of flooding on tropical grasses. In: Proc. 11 Int. Grasslands Congress. Surfer Paradise pp: 591-594.
- Ayerza, R. 1981. El buffelgrass: Utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Editorial Hemisferio Sur. S.A. Buenos Aires, Argentina. 139 p.
- Barnard, C. 1972. Register of Australian herbage plant cultivars. Canberra, CSIRO Austr. Division of Plant Industry. Scientific and Industrial Research Organization.
- Bashaw, E.C. 1980. Registration of Nueces and Llano buffel grass. Crop Sci.2:112.
- Bashaw, E.C. 1985. Buffel grass origins. In: E.C.A. Runge and J.L. Schuster (eds). Buffel grass: Adaptation, management and forage quality. The Texas Agr. Exp. Sta. in cooperation with the Texas Agric. Ext. Service; U. S. Department of Agriculture-Soil Conservation Service. College Station, Texas. MP-1575. pp. 6-8.
- Bogdan, A.V. 1997. Pastos tropicales y plantas forrajeras. AGT Editor, S.A. México, D.F. 461 p.

- Christie, E.K. 1975. Physiology response of semiarid grasses II. The pattern of root growth in relation to external phosphorus concentration. *Aust. J. agric. Res.* 26: 473- 446.
- Conde–Lozano, J.C., Martínez–González, F., Briones–Encina, y A. J. Saldivar-Fitzmaurice, 2011. Seed production of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) under different agroecological environments from Tamaulipas, México. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 28:360-375.
- Conant, R. T., K. Paustian, S. J. Del Grosso and W. J. Parton. 2005. Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 71:239-248.
- Cook, B.G., B. Pengelly, S. D. Brown, J.L. Donnelly, D.A. Eagles, M.A. Franco, J. Hanson, B. F. Mullen, I. J. Patrige, M. Peters and R. Schultze-Kraft. 2005. Tropical forages: An interactive selection tool. (CD-ROM) CSIRO, DPI & F, CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- Cox, J.R. 1991. El zacate buffel: Historia y establecimiento, un acercamiento internacional para seleccionar sitios de siembra e implicaciones en la agricultura del futuro. En: A. Aguirre, E. Candanosa y E. Gómez (Eds.), *Simposium Internacional Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. Séptimo Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamp. México.* pp. 60-66.
- Cox, J.R., M.H. Martín-R, F.A. Ibarra-F., J.H. Fourie, N.F.G. Rethman and D.G. Wilcox. 1988. The influence of climate and soils on the distribution of four African Grasses. *J. Range Manage.* 41:127139.
- Cox, S. R, H.L Mortum, T.N. Johnsen, Jr.G.L Jordan, s.c. Martin y L.C. Fierro. 1982. Vegetación restoration in the Chihuahuan and Sonora Deserts of North America. *USDA Agr. Rec. Sevr. ARM-W-28*
- De León, M. 2004. Ampliando la frontera ganadera. Informe Técnico INTA No.1: 28 p.
- Donahue, R.L., R.W. Miller and J.C. Shicklunco. 1977. *Soils an introduction to soils and plant growth.* Fourth Edition. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Evangelou, V.P. 1994. Influence of sodium on soils of humid regions. In: *Handbook of plant and crop stress* M. Pessarakli, (ed) Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 31-62.
- FAO. 2009. *Cenchrus ciliaris* L.
<http://www.fao.org/Ag/agp/agpc/doc/Gbase/DATA/Pf000196.htm>

- Figuroa P.J. Valor nutritivo y preferencia animal de tres variedades de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en la región de Cananea, Sonora. 2003. Tesis licenciatura. Santa Ana, Sonora, México. Universidad de Sonora.
- Franklin, K. A., K. Lyons., P.L. Nagler., D. Lampkin, E. P. Glenn., F. Molina Freaner, T. Markow, and A.R. Huete. 2006. Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico. *Biological Conservation* 127:62-
- Flemons, K.F. and R.D. Whalley. 1958. Buffel grass *Cenchrus ciliaris*. *Agricultural Gazette New South Wales* 69:449-460.
- Giraudó, M. 2003. Buffelgrass, el pasto. *Marca Líquida Agropecuaria*, Córdoba, 13(121):17-21.
- Griffa, M. S. 2009. Caracterización bioquímica y molecular de germoplasma, evaluación de la tolerancia a la salinidad y obtención de híbridos en buffel grass. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 144. p.
- Gómez F., E., H. Díaz S., A. Saldívar F., F. Briones E., V. Vargas T. y W. Grant. 2007. Patrón de crecimiento de pasto buffel [*Pennisetum ciliare* L. (Link.) Sin. *Cenchrus ciliaris* L.] en Tamaulipas, México. *Tec. Pec. Mex.* 45(1):117.
- 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, Coah. 110p.
- Gómez M., S. y J.R. González D. 2002. Fertilización nitrogenada y fechas de aplicación en la producción de semilla de zacate buffel. Memoria X Congreso Nacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 1 al 5 de sep. Saltillo, Coah. México. p 207.
- González D., J.R. 2002. El tizón del zacate buffel. Una nueva enfermedad que amenaza a los pastizales de las zonas semiáridas. *Boletín Divulgativo Especial*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México 20p.
- González D., J. R. y S. Gómez M. 2000. Nuevos híbridos del zacate apomítico buffel. *Memorias Foro de Investigación: Avances y Resultados*, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dirección de Investigación. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 19-24.
- González D., J. R, S. Gómez M. y M.L. Cortes J. 1990. Tolerancia a heladas y producción de forraje y semilla de líneas y variedades de zacate buffel. *Rev. Fitot. Mex.* 13: 79-86.

- Gould, F. W. 1975. The Grasses of Texas. College Station, Texas. Texas A&M University Press.
- 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. Saltillo, Coah. México.
- Graham, T. W. G. and L. R. Humphreys. 1970. Salinity response of cultivars of buffel grass. Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb. 10:725–728.
- Hanselka, C.W. 1988. Buffelgrass South Texas wonder grass. Rangeland 10: 279 – 281.
- Hanselka, C.W., M.A. Hussey, and F. Ibarra F. 2004. Buffelgrass. In: Segoe Rd. (ed.) Warm-Season (C4) Grasses. Agronomy Monograph No. 45. pp. 477- 502. American Society of America.
- Hanselka, C. W. and D. Johnson. 1991. Establecimiento y manejo de praderas de zacate buffel Común en el sur de Texas y en México. Simposium Internacional. Séptimo Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamps. México. pp. 54-55.
- Holt, E.C. 1985. Buffel grass-a brief history. In: E.C.A. Runge and J. L. Schuster (eds.) Buffel grass. Adaptation, management and forage quality. The Texas Agr. Exp. Sta. in cooperation with the Texas Agric. Ext. Service; U.S. Department of Agriculture-Soil Conservation Service. College Station, Texas MP-1575. pp. 1-5.
- Hussey, M.A. y E.C. Bashaw. 1990. Avances en el mejoramiento genético del zacate buffel. En Memoria de la IV Conferencia Internacional de Ganadería Tropical. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamps., México. pp. 12–15.
- Hussey, M.A., and E.C. Bashaw. 1996. Performance of buffel grass germplasm with improved winter survival. Agronomy J; 88: 944-946.
- Ibarra F. F., J.R. Cox y M. Martin R. 1991. Efecto del suelo y clima en el establecimiento y persistencia del zacate buffel en México y sur de Texas. Simposium Internacional. Séptimo Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamps. pp. 14-28.
- Ibarra F., F., Moreno, S.M., Martín, M. R., Denogean, F.B. and Gerlach, LEB. 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. Técnica Pecuaria en México 43(2):173-183.

- INEGI, 2010. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=5>
- Informaciones Agronómicas Tomado de: Functions of Phosphorus in Plants. Better crops 83(1):6-7.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional norte centro Campo Experimental Pabellón Folleto para productores núm. 37, Noviembre de 2005.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave and L. Meyer, (eds.). Cambridge University Press, U.K. and U.S.A. 851 p.
- Khasawneh, F. E. 1980. The role of phosphorus in agriculture. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc.
- 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.
- Mansoor U., Mansoor, H., Wahid, A. and Rao, A. R. 2002. Ecotypic variability for drought resistance in *Cenchrus ciliaris* L. germplasm from Cholistan Desertin Pakistan. International Journal of Agriculture and Biology 4 (3): 392-397.
- Medina G., A., J. Ruiz, G. Díaz, N. y. Z Ramírez. 2012. Potencial productivo del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) ante el cambio climático en el estado de Zacatecas. 2da Reunión Internacional conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. Zacatecas, México. pp. 272-276.
- Morales T., L. 2013. Caracterización de genotipos apomícticos de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) derivados por cruzamiento de hembra sexual por macho apomíctico. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coah. 92 p.
- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. Applied Agricultural Research 1:12-27
- Mcllroy R., J. 1973. Introducción al cultivo de pastos tropicales. Ed. Limusa. México. pp. 1-168.
- National Animal Husbandry Research Station Annual Report from Naivasha Kenya.1979. Annual Report of the Scientific Research Division1975. Ministry of Agr. Res. Rep. pp. 162–178.

- Ortega-Ochoa, C. D. 2012. El rol de los pastos en períodos recurrentes de sequía: retos y oportunidades en el manejo de pastizales. 2da. Reunión Internacional conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. Zacatecas, México. pp. 159-164.
- Ochoa M., A. 1994. Producción forrajera en suelos salinos. Agro de Cuyo n° 4 pp: 64-67. INTA.
<http://www.inta.gov.ar/ramacaida/info/documentos/bovinos/prodforr.htm>
- Olmodt, C.E. 1941. Growth and development in range grasses.I. Early development of *Bouteloua curtipendula* as affected by drought periods. Bot. Gaz. 103:531-542.
- Paull, C. J. and G .R. Lee. 1978. Buffel grass in Queensland. Queensland Agric. Journal 104: 57-75. Australia.
- Pérez R., S. 1964. Los suelos y la vegetación del Campo Experimental “La Sauceda” en la Zona Árida de Coahuila. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Subsecretaria de Recursos Forestales Instituto Nacional de Investigación- Forestal. Boletín No. 16.
- Pemán, O. y Asociados S. A. 2003. Buffel grass. En: Sitio Argentino de producción animal. Producción y manejo de pasturas megatérmicas. Folleto Jesús María, Cuba. Monografía
<http://www.produccionanimal.com.ar/portal.htm>
- Pogue Agri Partners Inc. (s.f.). Laredo Buffel grass. Blight and drought tolerant. Tríptico.
- Pogue Agri Partners Inc. (s.f.). Pecos Buffel grass. Blight and drought tolerant. Tríptico.
- Puri, D. N., M. L. Khybrí, M. K Paliwal, and T. Singh. 1977. Preliminary studies of the effect of phosphotic fertilizers on forage yield and rootdevelopment of grasses. Annals of Arid Zones 16: 73-78.
- Quero C., A.R., J.F. Enríquez Q., C. R. Morales N. y L. Miranda J. 2010. Apomixis y su importancia en la selección y mejoramiento de gramíneas forrajeras tropicales. Revisión. Rev. Mex. de Ciencias Pecuarias 1(1):25- 42.
- Rhoades, J.D., Kandiah, A. and Mashali, Am.M. 1992. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage paper 48.

- Rodríguez B., O. 1998. Producción y acondicionamiento de semillas de zacate buffel. Memorias. Primer Simposium Internacional de Semillas Forrajeras. 23-25 de Septiembre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Rodriguez O., J. González-Dominguez., J. P. Krausz, G. N. Odvody, J. P. Wilson W. W. Hanna and M. Levy. 1999. First Report and epidemic of buffelgrass blight caused by *Pyricularia grisea* in South Texas. Plant Disease 83:398.
- Rossi, C. 2005. Utilización de "Buffel grass" (*Cenchrus ciliaris* L.) para la recuperación de pastizales degradados en la región árida subtropical. En Producción bovina de carne. Sitio Argentino de Producción Animal. (http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/34_buffel_grass_en_chaco_arido_argentino.htm).
- Ruiz C., J. A. 2012. Adaptar la agricultura al cambio climático. En: Cambio climático. Revista Ciencia. Vol 63 (4) 76-83.
- Ruiz, C., J. A., Medina, G. G.; Manríquez, O. J. D. y Ramírez, D. J. L. 2010. Evaluación de la vulnerabilidad y propuestas de medidas de adaptación a nivel regional de algunos cultivos básicos y frutales ante escenarios de cambio climático. Informe final proyecto INIFAP-INE. Guadalajara, Jalisco, México. 108 p.
- Robles S., R., O. Eichelmann, B y O. Alvarado A. 1990. Cultivo del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). En: Producción de granos y forrajes. Robles S., R. (ed.). Quinta edición. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 442-465.
- Saldívar F., A, 1990. Genética de gramíneas y sus efectos a corto plazo en la productividad. IV Conferencias Internacional de Ganadería Tropical. Cd. Victoria. Tamp. Mexico. pp 5-7.
- Saldívar F., A. 1991. Ecosistemas del zacate buffel en Tamaulipas: Aprovechamiento Integral del Zacate buffel. En: A. Aguirre, E. Candanosa y E. Gómez (eds.), Simposium Internacional. Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. Séptimo Congreso Nacional, SOMMAP. Cd. Victoria, Tamps, México. pp. 42-51.
- Semillas San Francisco. <http://www.semillassanfrancisco.com/?p=374>
- Skerman, P.J. and F. Riveros. 1990. Tropical grasses. FAO, Rome.

Pandeya, S.C. and P.K. Jayan. 1970. Population differences in buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) at Ahmedab, India: Productivity under various agronomic conditions. Proceedings of the XI International Grasslands Congress. Pp239-244.

Pinedo, A.C., Q.N.S. Hernández, C.A Melgoza, V.M. Rentería, S.V.C. Vélez, N.C. Morales, R.M. Quintana, E.E. Santellano y E. Esparza. 2013. Diagnóstico Actual y Sustentabilidad de los Pastizales del estado de Chihuahua ante el Cambio Climático. Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Ecología (UACH-CA16). Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Mex.

Williamson, J. and B. Pinkerton. 1985. Buffelgrass establishment. In E. C. A. Runge and J.L. Schuster (eds.). Buffelgrass: Adaptation, management, and forage quality. The Texas Agr. Exp. Sta. in cooperation with the Texas Agric. Ext. Service; U.S. Department of Agriculture – Soil Conservation Service. College Station, Texas MP-1575. pp. 25-29.

<http://www.vivemx.com/colonia/las-norias>