

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



ELIMINACIÓN DE LATENCIA EN ZACATE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.)
UTILIZANDO PROMOTORES DE GERMINACIÓN FÍSICOS Y QUÍMICOS

Tesis

Que presenta MIGUEL ÁNGEL VELÁZQUEZ LÓPEZ

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

Saltillo, Coahuila

Julio 2016

ELIMINACIÓN DE LATENCIA EN ZACATE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.)
UTILIZANDO PROMOTORES DE GERMINACIÓN FÍSICOS Y QUÍMICOS

Tesis

Elaborada por MIGUEL ÁNGEL VELÁZQUEZ LÓPEZ como requisito parcial
para obtener el grado de Maestro en Tecnología de Granos y Semillas con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría

Dra. Leila Minea Vásquez Siller
Asesor Principal

M.C. Leopoldo Arce González
Asesor

Dra. Susana Gómez Martínez
Asesor

Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos
Asesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** agradezco infinitamente por darme la vida, por bendecirme, por guiar mi camino para llegar hasta donde me encuentro, por hacer realidad este sueño anhelado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por todo el apoyo económico, técnico y científico que ha hecho posible el desarrollo de esta investigación.

Al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas por brindarme los conocimientos necesarios para ejercer mi Maestría en Tecnología de Granos y Semillas.

A mi asesora la Dra. Leila Minea Vásquez Siller, por formar parte en el desarrollo de este trabajo de investigación, por la orientación, ayuda incondicional y consejos que me brindó, por sus conocimientos y apoyo.

Al MC. Antonio Valdez Oyervides, por ser parte fundamental en el comienzo y desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Dra. Alma Patricia García Villanueva, por brindar sus conocimientos y apoyo incondicional, por formar parte de este trabajo de investigación.

A mis Asesores: MC. Leopoldo Arce Gonzales, Dra. Susana Gómez Martínez y Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos, por el apoyo y colaboración en ésta investigación.

A mis profesores quienes me han brindado sus conocimientos, enseñado a ser mejor en la vida y a realizarme profesionalmente.

DEDICATORIA

A mi esposa **Ana Karen Solares López** el amor de mi vida, por su apoyo incondicional, por confiar en mí, pero sobre todo por su cariño y amor.

A mi hijo **Joshua Velázquez Solares**, mi orgullo y mi gran motivación, que me impulsa cada día a superarme, ya que sin él no habría logrado grandes éxitos.

A mi madre **Rosalva López Mejía**, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor y cariño.

A mi padre **Rigoberto Maximiliano Velázquez Briones**, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A mis hermanos **Yaneth del Carmen Velázquez López y Leiver Daniel Velázquez López**, por formar parte de lo más hermoso que tengo, mi familia, por comprenderme y por todo su amor, por estar siempre presentes en mi vida, por acompañarme y brindarme su apoyo.

A mis abuelos por todos sus consejos y estar presente en sus oraciones, con mucho cariño a toda mi familia; que me brindaron su apoyo, cariño, amor y consejos y en los momentos más difíciles me alentaron a seguir adelante; Hoy se ven culminados nuestros esfuerzos y mis deseos, iniciándose así una etapa en mi vida en la que siempre estarán en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General:	3
Objetivos Específicos:	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen del Zacate Buffel.....	4
Importancia de Zacate Buffel.....	4
Clasificación Taxonómica (Cenchrus ciliaris L.)	6
Características Morfológicas del Zacate Buffel	6
Tallo.....	7
Raíz	7
Hoja	7
Inflorescencia.....	7
Espiguilla	7
Propagación del Zacate Buffel	9
Reproducción del Zacate Buffel	9
Ecología del Zacate Buffel.....	9
Biología del Zacate Buffel.....	10
Producción de Semilla.....	11
Calidad de Semillas	12
Calidad Fisiológica de las Semillas.....	13
Germinación de las Semillas	14
Vigor de las Semillas	14

Latencia en Zacate Buffel.....	15
Métodos para Eliminar la Latencia	16
Métodos Químicos	16
Métodos Mecánicos	17
MATERIALES Y MÉTODOS	18
Ubicación de la Investigación	18
Material Genético	18
Experimento en Laboratorio	19
Capacidad de Germinación	20
Vigor	20
Experimento en Invernadero	21
Capacidad de Emergencia.....	21
Vigor	22
Análisis Estadístico	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
Experimento en Laboratorio	24
Correlación entre Variables de Germinación y Vigor	31
Regresión Lineal.....	32
Experimento en Invernadero	34
Correlación entre Variables de Germinación y Vigor	40
Regresión Lineal.....	41
CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS	46
ANEXOS.....	52

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1	Tratamientos para romper la latencia en zacate Buffel utilizando promotores físicos y químicos en condiciones de laboratorio e invernadero. -----	19
2	Comparación de Medias de las variables evaluadas en los tratamientos de laboratorio para capacidad de germinación. -----	25
3	Comparación de Medias de las variables evaluadas en los tratamientos de laboratorio para vigor. -----	26
4	Correlación de las variables del ensayo de germinación y vigor del experimento en laboratorio en semillas de zacate Buffel con aplicación de temperaturas alternas, ácido giberélico y su combinación. -----	32
5	Comparación de medias de las variables evaluadas en los tratamientos de invernadero para capacidad de emergencia. -----	35
6	Comparación de medias de la variable evaluada en los tratamientos de invernadero para el ensayo de vigor. ----	36
7	Correlación de las variables del ensayo de germinación y vigor del experimento en invernadero en semillas de zacate Buffel con aplicación de temperaturas alternas, ácido giberélico y su combinación. -----	41
8	Análisis de varianza de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	52
9	Análisis de varianza de la variable plántulas anormales en laboratorio en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	52

10	Análisis de varianza de la variable semillas sin germinar en laboratorio zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	53
11	Análisis de varianza de la variable longitud de plúmula en laboratorio en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	53
12	Análisis de varianza de la variable longitud de radícula en laboratorio en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	54
13	Análisis de varianza de la variable índice de velocidad de germinación en laboratorio en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. --	54
14	Análisis de varianza de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	55
15	Análisis de varianza de la variable plántulas anormales en invernadero en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	55
16	Análisis de varianza de la variable semillas sin germinar en invernadero zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	56
17	Análisis de varianza de la variable longitud de plúmula en invernadero en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	56
18	Análisis de varianza de la variable longitud de radícula en invernadero en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. -----	57
19	Análisis de varianza de la variable índice de velocidad de emergencia en invernadero en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas. --	57

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Zacate Buffel, inflorescencia y planta. -----	8
2	Medias generales de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio. -----	27
3	Medias generales de la variable semillas sin germinar en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio. -----	28
4	Medias generales de la variable longitud de plúmula en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio. -----	29
5	Medias generales de la variable índice de velocidad de germinación en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio. -----	30
6	Asociación entre la variable plántulas normales y la variable semillas sin germinar y su ecuación de predicción en el ensayo de laboratorio. -----	33
7	Asociación entre la variable plántulas normales y la variable índice de velocidad de germinación y su ecuación de predicción en el ensayo de laboratorio. -----	33
8	Asociación entre la variable semillas sin germinar y la variable índice de velocidad de germinación y su ecuación de predicción en el ensayo de laboratorio. -----	34
9	Medias generales de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en invernadero. -----	37
10	Medias generales de la variable semillas sin germinar en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en invernadero. -----	38

11	Medias generales de la variable índice de velocidad de emergencia en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en invernadero. -----	39
12	Asociación entre la variable plántulas normales y la variable semillas sin germinar y su ecuación de predicción en el ensayo de invernadero. -----	42
13	Asociación entre la variable plántulas y la variable longitud de plúmula y su ecuación de predicción en el ensayo de invernadero. -----	42
14	Asociación entre la variable plántulas normales y la variable índice de velocidad de emergencia y su ecuación de predicción en el ensayo de invernadero. -----	43
15	Asociación entre la variable semillas sin germinar y la variable longitud de plúmula y su ecuación de predicción en el ensayo de invernadero. -----	43
16	Asociación entre la variable semillas sin germinar y la variable índice de velocidad de emergencia y su ecuación de predicción. -----	44

RESUMEN

ELIMINACIÓN DE LATENCIA EN ZACATE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.)
UTILIZANDO PROMOTORES DE GERMINACIÓN FÍSICOS Y QUÍMICOS

POR

MIGUEL ÁNGEL VELÁZQUEZ LOPEZ

MAESTRÍA PROFESIONAL EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. LEILA MINEA VÁSQUEZ SILLER – ASESOR –

Saltillo, Coahuila

Julio 2016

La investigación se realizó en el laboratorio y en el invernadero en el Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista Saltillo, Coahuila, México, con el fin de determinar un método para romper la latencia en semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y evaluar las respuestas fisiológicas tales como la germinación y el vigor, usando los siguientes tratamientos: testigo sólo con agua, temperaturas alternantes (4 y 35 ° C), temperaturas alternantes (4 y 35 °C) más GA3 a 500 ppm, temperaturas alternantes (4 y 35 °C) más GA3 a 750 ppm, GA3 a 500 ppm y GA3 a 750 ppm. El efecto de los tratamientos se estimó a través de una prueba de germinación con las siguientes variables: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG). la respuesta del vigor se midió a través de la variable longitud de plúmula (LP), longitud de radícula (LR) e índice de velocidad de germinación (IVG).

En el laboratorio, los mejores resultados se obtuvieron mediante la aplicación de GA3 a 750 ppm con porcentajes más altos en plántulas normales de 31% ($P=0,0095$). Además, se obtuvieron más bajos porcentajes de semillas sin germinar de 68% ($P=0,0038$) y el índice de velocidad de germinación más elevada de 0.921 ($P=0,0584$). En el caso de la variable longitud de plúmula, el mejor desarrollo (7.050 cm) se obtuvo mediante la aplicación de temperaturas alternas más GA3 a 750 ppm

($P=0,0484$). En el invernadero, los mejores resultados se obtuvieron mediante la combinación de alternancia de temperaturas más GA3 a 500 ppm, lo que resulta con el mayor porcentaje de plántulas normales de 49% ($P<0,0001$), el porcentaje más bajo de semillas sin germinar de 51% ($P<.0001$) y mayor índice de velocidad de emergencia de 1.271 ($P=0,0073$). En cuanto a la variable longitud de radícula, y longitud plúmula no se encontró ninguna diferencia significativa entre los tratamientos ($P=0,5598$ y $0,2915$ respectivamente). El ácido giberélico tiene un papel crítico en la ruptura de la latencia de zacate Buffel.

Los análisis de correlación se realizaron con los resultados de laboratorio e invernadero. Además, se realizó análisis de regresión para las correlaciones con

significancia estadística con al menos 0.05 y un $r = 0.5-1$. Este análisis indicó que existe una correlación positiva entre las variables de germinación y vigor. Una correlación notable fue entre las plántulas normales y el índice de velocidad de germinación y emergencia en laboratorio e invernadero ($r=0,64793^{**}$, $r = 0,55890^{**}$, respectivamente).

La germinación de las semillas y el desarrollo de estas se ve influenciado por el vigor con que cuentan, permitiendo una rápida germinación y emergencia facilitando el desarrollo de las plántulas normales.

Palabras clave: latencia, ácido giberélico, temperaturas alternas, zacate Buffel, germinación, vigor.

ABSTRACT

ELIMINATION OF BUFFEL GRASS DORMANCY (*Cenchrus ciliaris* L.) USING
PROMOTERS OF PHYSICAL AND CHEMICAL GERMINATE

BY

MIGUEL ÁNGEL VELÁZQUEZ LÓPEZ

PROFESSIONAL MASTER IN GRAIN AND SEED TECHNOLOGY
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. LEILA MINEA VÁSQUEZ SILLER – ASESOR –

Saltillo, Coahuila

Julio 2016

The research was conducted in laboratory and greenhouse at the Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in Buenavista Saltillo, Coahuila, México, in order to determine a method to break dormancy in seeds of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). the evaluation of the physiological responses such as germination and vigor, using the following treatments: control with water only, alternating temperatures (4 y 35 °C), alternating temperatures (4 y 35 °C) plus GA3 at 500 ppm, alternating temperatures (4 y 35 °C) plus GA3 at 750 ppm, GA3 at 500 ppm, GA3 at 750 ppm. The effect of treatments was estimated through a germination test with the following variables: normal seedlings (PN), abnormal seedlings (PA) and seeds without germinating (SSG). the vigor response was measured through the variable length plumule (LP), length of radicle (LR) and germination speed index (IVG).

In the laboratory, best results were obtained by applying GA3 750 ppm with higher percentages in normal seedlings of 31% ($P=0.0095$). Additionally, lower percentage of seeds without germinating of 68% ($P=0.0038$) and higher germination rate index of 0.921 ($P=0.0584$) were obtained. In the case of variable length plumule, better the development (7.050 cm) was obtained by applying alternating temperatures plus GA3 at 750 ppm ($P=0.0484$). In the greenhouse, better results were gotten by combining alternating temperatures plus GA3 at 500 ppm, resulting with the highest percentage of normal seedlings of 49% ($P<.0001$), the lower percentage of seeds without germinating of 51% ($P<.0001$) and higher speed emergency index of 1.271 ($P=0.0073$) were obtained. As for variable length radicle, plumule length no significant difference between treatments were found ($P= 0.5598$ y 0.2915). The Gibberellic acid has a critical role in breaking dormancy Buffel.

Correlation analyses were done with laboratory and greenhouse results. In addition, regression analysis was done for correlations whit statistical significance with at least 0.05 and a $r= 0.5 - 1$. Such analysis indicated that there is a positive correlation between the variables germination and vigor. A remarkable correlation was that between normal seedlings and germination

speed index in both cases laboratory and greenhouse ($r=0.64793^{**}$, $r=0.55890^{**}$, respectively).

The germination of seeds and development is influenced by vigor effect they have, allowing rapid germination and emergence facilitating the development of normal seedlings.

Keywords: dormancy, gibberellic acid, alternating temperatures, Buffel grass, germination, vigor.

INTRODUCCIÓN

Las Poaceae constan de un gran número de especies, y son una de las familias de plantas más importantes. En la vida del ser humano estas han sido un factor importante en la evolución y desarrollo de las civilizaciones, pues se han usado como alimento primario tanto de seres humanos como de animales.

Las Poaceae ocupan el tercer lugar en cuanto al número de géneros taxonómicos. Se estima que a nivel mundial se registran un poco más de 700 géneros y alrededor de 10,000 especies. En México los pastizales ocupan más de 113.7 millones de hectáreas, equivalente al 57% del territorio nacional. Una de las especies de Poaceae con mayor éxito en términos de adaptación en las zonas áridas y semiáridas de México, ha sido el zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.).

Se estima que en México existe una superficie de 4 millones de ha establecidas con el zacate Buffel y que en su mayoría provienen de un solo genotipo, el T-4464 o Buffel común, principalmente en los estados de Sonora, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sinaloa y Yucatán; la superficie que ocupa tan solo en el estado de Sonora se ha establecido en una superficie de 1.2 millones de hectáreas donde se ha sembrado por más de 40 años y ha revolucionado la ganadería en la región central de este estado.

El zacate Buffel es originario de África, introducido a México en 1954. La planta de dicho pasto posee resistencia a sequías prolongadas, es tolerante al pastoreo, por lo que es utilizado en el establecimiento de pastizales para pastoreo de ganado bovino.

Las semillas del zacate Buffel poseen características físicas y fisiológicas que hacen difícil su germinación debido a que presentan estructuras que rodean al cariósido como glumas, lema, palea y aristas, las cuales funcionan como aislantes, impidiendo el contacto entre el cariósido y el agua, limitando su germinación; además estas estructuras generan sustancias químicas conocidas como compuestos fenólicos particularmente las antocianinas, metabolitos

secundarios que inhiben la germinación cuando la semilla esta recién cosechada para protegerlos de ambientes de escasa precipitación.

Por otra parte, dichos inhibidores potenciales de la germinación son solubles en agua por lo que, al mezclarse con la humedad del suelo, tiende a perder su efecto inhibitor; sin embargo, existen otras especies que son altamente brozosas y en consecuencia tienen gran cantidad no solo de fenoles sino también de impurezas disminuyendo la calidad de la semilla; por lo que la falta de germinación trae como consecuencia un mecanismo de la planta denominado latencia.

La latencia se manifiesta en semillas recién cosechadas del zacate Buffel, que al sembrarlas resultan en bajos porcentajes de establecimientos en población de plántulas, reportándose problemas comerciales debido a la baja germinación. Sin embargo, la latencia de las semillas de zacate Buffel se puede eliminar a través de factores físicos, químicos y mecánicos, que incluyen la aplicación de temperaturas alternas y biorreguladores. Considerando que la latencia de la semilla del zacate Buffel es un problema para la comercialización de la misma, se desarrolló la presente investigación mediante los siguientes objetivos e hipótesis.

Objetivo General:

- Determinar un método para romper la latencia de la semilla de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.).

Objetivos Específicos:

- Evaluar la respuesta fisiológica de las semillas de zacate Buffel en la capacidad de germinación y vigor utilizando la aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas bajo condiciones de laboratorio.
- Evaluar la respuesta fisiológica de las semillas de zacate Buffel en la capacidad de emergencia y vigor utilizando la aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas bajo condiciones de invernadero.

Hipótesis:

- Al menos uno de los tratamientos a base de temperaturas alternas, y ácido giberélico o en su combinación es capaz de aumentar su capacidad germinativa y así eliminar la latencia de la semilla.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Zacate Buffel

La especie *Cenchrus ciliaris* L. conocida como Zacate Buffel es nativa de África del Norte Tropical y de África del Sur, la India e Indonesia (Whyte *et al.*, 1959).

Jiménez *et al.* (2005), también indicó que el Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) es originario del sur y centro de África y de regiones cálidas de la India e Indonesia; tiene raíces profundas hasta de 1.5 m. por lo que puede aprovechar eficientemente el agua y soportar sequías.

Por su parte Ayerza (1981), mencionó que el Zacate Buffel es originario de África ecuatorial, África del Sur, India e Indonesia.

Alcalá (1995), indicó que el Zacate Buffel es originario del sur y centro de África, y de las regiones cálidas de la India e Indonesia. Se ha diseminado por diversas regiones del mundo gracias a la acción del hombre. Esta dispersión, no obstante, ha sido unas veces intencional y otras accidental.

Bashaw (1985), señaló que esta especie se originó en África del Sur el cual se diseminó hacia el norte a través de las regiones más secas de África a los pastizales áridos del oeste de la India.

Importancia de Zacate Buffel

Se considera que la familia de la Poaceae ocupa el tercer lugar en nuestro país en cuanto a número de especies de plantas superiores. Se estima que a nivel mundial se registran un poco más de 700 géneros y alrededor de 10,000 especies. En México, existen 197 géneros y 1,127 especies, es decir aproximadamente 4.5% de la flora total del país (Beetle, 1987).

La agricultura basada en la producción de pastos, ha llegado a ser la ciencia de la agricultura forrajera, ya que comprende varios campos de acción como las ciencias del suelo, la agronomía y la zootecnia. Su integración en un programa agrícola satisface numerosos objetivos; entre estos destacan el terreno para protegerlo de los factores climáticos incluidos en la rotación de cosechas, enriquecen el suelo y aumentan los rendimientos de las cosechas que le siguen,

en forma de pastizales y praderas además de proporcionar alimento de alta calidad a bajo costo, en forma de forraje, heno o ensilaje (Hernández *et al.*, 1956). Además de su gran diversidad e importancia ecológica de los pastos, representan uno de los grupos vegetales con mayor interés económico. Diferentes especies de pastos se utilizan como alimento para el hombre, como forraje para el ganado, como plantas de ornato, en la fabricación de artesanías, así como en actividades relacionadas con la construcción, recreación y religión, entre otras (Valdez *et al.*, 1995).

El Zacate Buffel tiene varias cualidades que le permite sobrevivir y persistir en duras condiciones áridas: debido a su alta tolerancia a la sequía y la capacidad para soportar el pastoreo intensivo. Fuera de su área de distribución natural, el Zacate Buffel puede invadir rápidamente la vegetación nativa (Marshall *et al.*, 2012).

El Zacate Buffel tiene una clara categoría como especie forrajera. Esta categoría muy importante se le reconoce por cuatro características claves: su relativa facilidad de establecimiento, su habilidad para sobrevivir a períodos prolongados de sequía, su buena respuesta al pastoreo y su producción y calidad forrajera. Estas cuatro cualidades lo colocan arriba entre los zacates de climas cálidos (Alcalá, 1995).

La aceptación del Zacate Buffel como una especie forrajera de gran importancia en las regiones áridas y semiáridas se debe a que es posible establecerlo fácilmente y a su capacidad de tolerar períodos prolongados de sequía (Hanselka *et al.*, 1996).

En México, el Zacate Buffel es una especie importante desde que se introdujo la variedad Común, ya que elevó el potencial ganadero en áreas con poca precipitación pluvial. En lugares donde la productividad ganadera es relativamente baja debido al tipo de vegetación, se ha podido incrementar el rendimiento por hectárea permitiendo un incremento en la carga animal de hasta un 400 por ciento, principalmente en las áreas que reciben una precipitación superior a los 800 mm (Saldívar, 1990).

Burquez (2007), indicó que el Zacate Buffel como forraje para el ganado, incrementa entre dos y cinco veces el coeficiente de agostadero (capacidad de carga).

El Zacate Buffel es la especie forrajera más importantes en nuestro país, actualmente ocupa una superficie aproximada de 2.0 millones de ha (Ibarra *et al.*, 1991).

Clasificación Taxonómica (Cenchrus ciliaris L.)

El Zacate Buffel se clasifica de la siguiente manera según el célebre botánico Carlos Linneo, fue quien primero recolectó el zacate Buffel y lo clasificó. Esto ocurrió en el Cabo de Buena Esperanza en el año de 1771 (Alcalá, 1995).

Reino: Vegetal

Subreino: Embryophyta

División: Spermatophyta

Subdivisión: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Glumiflorae

Familia: Poaceae

Sub-familia Panicoideae

Tribu: Paniceae

Género: Cenchrus

Especie: *Cenchrus ciliaris*. (sin. *Pennisetum ciliaris*)

Características Morfológicas del Zacate Buffel

El zacate Buffel es perenne, amacollado, su altura varía de 15-150 cm dependiendo de la variedad, sus tallos son erectos a veces postrados, lisos sin vellosidades, dispersos, con frecuencia geniculados (Whiteman *et al.*, 1974).

Tallo

Sus tallos son alargados y suaves, éstos a menudo son ramificados y en las variedades más altas pueden crecer hasta 1.7 m bajo condiciones favorables; las bases de éstos son hinchadas, lo que le permite almacenar más hidratos de carbono que otras especies, los tallos se tornan fibrosos y duros, secándose sus hojas basales; otros macollos secundarios o terciarios (axilares o basales) comienzan a pasar a fase reproductiva posteriormente, a la vez que los rebrotes axilares superiores se presentan en forma de bulbillos de hojas cortas y ásperas (Machado *et al.*, citado por López y López, 2011).

Raíz

La raíz está formada por un sistema radicular largo, fuerte y abundante, es fibrosa con una corona fuerte y nudosa, y puede alcanzar hasta 2.40 metros o más de profundidad (Cantú, 1989).

Hoja

Las hojas son ásperas, estrechas (5-8 mm), de 3 a 12 cm de largo, terminadas en punta (Hernández y Simón, 1980).

Inflorescencia

Su inflorescencia es una panícula, cilíndrica, densa, con espiguillas en grupos de 1, 2 ó 3 rodeadas por cerdas; el pedúnculo es corto y grueso, articulado en su base, de 5 a 10 mm de longitud, desprendiéndose junto con las espiguillas. Estas pueden contener de 1 a 5 semillas según la variedad (Hernández y Simón, 1980).

Espiguilla

La espiguilla está formada por uno o más flósculos cubiertos parcial y totalmente por dos brácteas que se encuentran en su base llamadas primera y segunda gluma, la primera gluma comúnmente es más corta que la segunda y aún en algunos géneros es vestigial o no existe, las espiguillas se diferencian de los flósculos por la presencia de las glumas

y poseen un eje llamado raquila sobre el cual se insertan los flósculos y glumas, tiene dos florecillas: una hermafrodita, llamada fértil y otra estaminada o estéril (Maldonado, 2015).

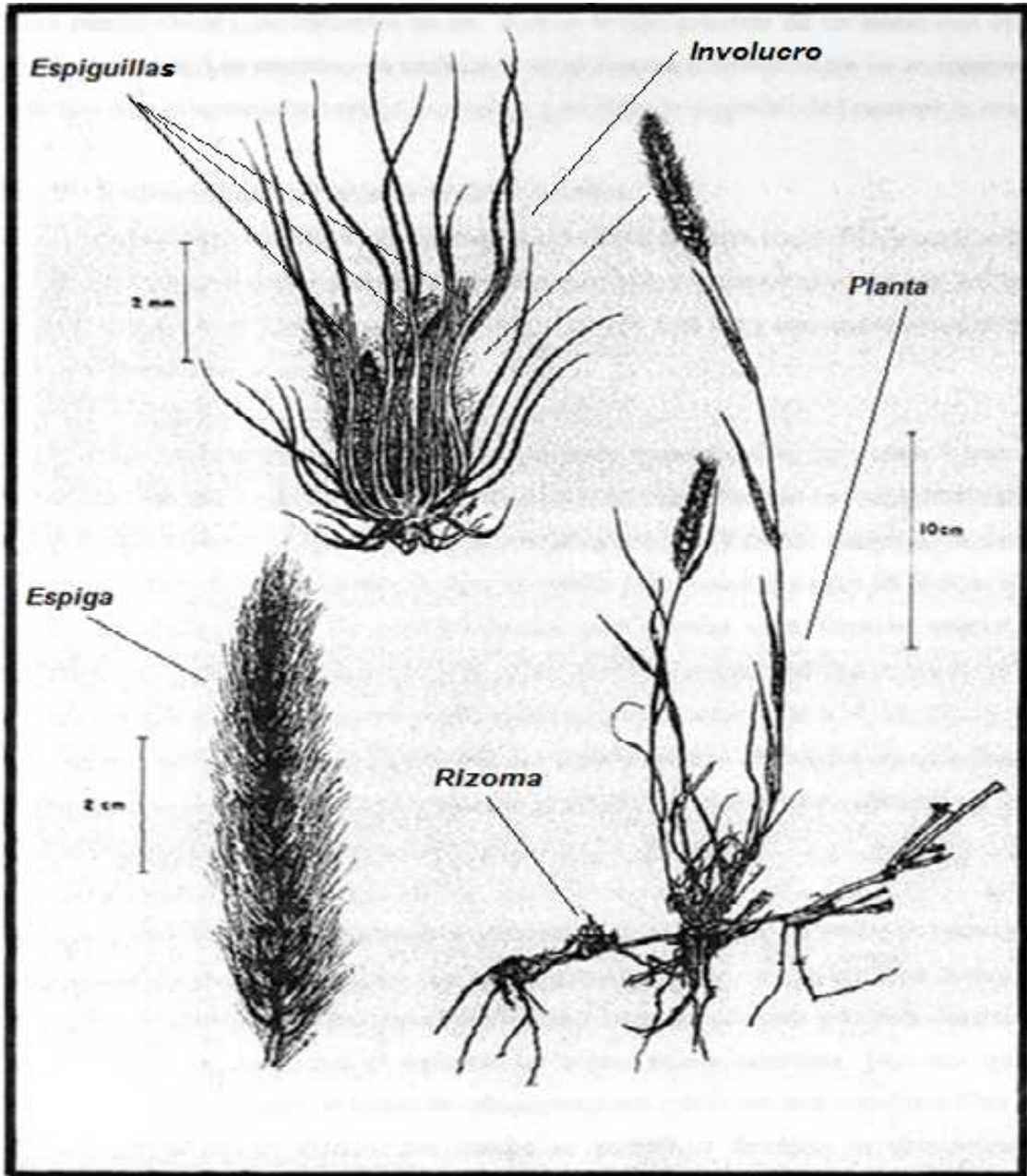


Figura 1. Zacate Buffel, inflorescencia y planta (tomado de Beltrán *et al.*, 2008)

Propagación del Zacate Buffel

EL zacate Buffel se propaga por semilla y/o rizoma lo que explica su fácil dispersión. Inicia su crecimiento siempre y cuando se presenten dos condiciones: humedad en el suelo y temperatura mínima que sobrepase los 15°C en el verano (Jiménez *et al.*, 2005).

Alcalá (1995), afirmó que la reproducción del zacate Buffel se desarrolla de dos formas. Una es mediante la producción de nuevas yemas de crecimiento y rizomas para su dispersión. La otra forma es mediante la producción de semilla.

Reproducción del Zacate Buffel

El Zacate Buffel se reproduce por apomixis, por el mecanismo de aposporia seguido de pseudogamia (Snyder *et al.*, 1955).

Pritchard (1967), indicó que las especies de gramíneas forrajeras tropicales tienen un sistema de reproducción apomictico, en el cual no es necesaria la polinización para la formación del embrión, por lo cual la nueva planta originada por ese embrión tiene una constitución genética idéntica a la de la planta que originó la semilla, pero los núcleos polares si requieren ser fertilizados para dar origen al endospermo de la semilla.

Por su parte (Bath *et al.*, 2005), mencionó que la apomixis se clasifica en: esporofítica y gametofítica. En la apomixis esporofítica o embrionía adventicia no se forma un saco embrionario, el embrión se desarrolla directamente de los integumentos del óvulo o de la región del núcleo.

Ecología del Zacate Buffel

Cox *et al* (1988), Indicaron que el zacate Buffel se desarrolla en sitios de clima cálido, libre de heladas con una precipitación anual entre 150 y 600 mm concentrada en el verano.

Por su parte Loredó *et al.* (2005), mencionaron que el zacate Buffel es una especie que resiste condiciones de humedad deficiente y es susceptible al pastoreo extensivo, tradicional en los sistemas de producción de la zona semiárida; por lo que es importante incluir este zacate, en las opciones de

resiembr para reconvertir a uso pecuario tierras de bajo potencial agrícola o bien, para la resiembra de agostaderos, donde la cobertura de pastos nativos sea pobre o nula.

No es una especie resistente al frío, por lo cual su calidad se reduce en invierno con la presencia de heladas; el crecimiento se acelera cuando la temperatura es superior a los 15°C. Su desarrollo se ve afectado por la competencia de nutrimentos y humedad con otros zacates menos deseables o con maleza de hoja ancha, las cuales dificultan el establecimiento de la gramínea. En la zona semiárida, la fase de establecimiento en condiciones de temporal es lenta; puede ser mayor a un año, mientras la planta desarrolla su sistema radical. El primer año es crítico para la sobrevivencia del zacate Buffel y depende de la humedad disponible y de temperaturas adecuadas (Loredo *et al.*, 2005).

Buxton y Fales (1994), mencionaron que la temperatura usualmente es el factor más determinante y tiene una gran influencia en la calidad del forraje más que otros factores ambientales. La temperatura de la planta es el resultado de interacciones complejas entre las plantas y su medio ambiente y es influenciada por el flujo de la densidad de la radiación, calor de conducción, calor de convección, calor latente y también las características anatómicas y morfológicas.

En un sentido amplio, la temperatura afecta la calidad del forraje en determinadas especies que crecen en diferentes regiones y es el factor determinante en la adaptación geográfica de las especies de plantas. Esto se manifiesta particularmente en las temperaturas extremas ya que pueden causar muerte de la planta o una severa debilidad. Bajo condiciones de campo, el estrés debido a la alta temperatura frecuentemente ocurre junto con el estrés hídrico lo que dificulta separar los dos efectos (Dirven y Deinum, 1977).

Biología del Zacate Buffel

El zacate Buffel inicia su crecimiento siempre y cuando se presenten dos condiciones: humedad en el suelo y una temperatura mínima que sobrepase los

15°C en el verano. Su máximo crecimiento se presenta en el verano, cuando la temperatura en el día fluctúa entre 29°C y 35°C y durante la noche entre 26°C y 30°C (Ivory y Whiteman, 1978).

En el invierno la temperatura crítica durante el día, que limita el crecimiento del Buffel, es de 12°C a 19°C durante la noche este rango es de 4°C a 2°C. cuando estas temperaturas permanecen constantes por un período de 10 días, el crecimiento del zacate se detiene. Se ha encontrado que a temperaturas menores de los 4°C la producción de hojas disminuye (Ivory y Whiteman, 1978). El zacate Buffel crece en verano y, según la variedad, alcanza alturas superiores al metro y medio (150 cm). Sus tallos son articulados y nacen de una corona nudosa en la base de la planta. No obstante, existen yemas con capacidad de rebrote en las partes superiores de la planta. Los tallos son alargados y suaves, con las bases engrosadas. Con esto almacenan más carbohidratos que otras especies y pueden así rebrotar después de heladas o sequías (Ayerza, 1981).

El zacate Buffel crece más activamente a mediados del verano hasta entrado el otoño; después de este período, cuando la temperatura empieza a descender, la planta disminuye su crecimiento activo. Su mayor porcentaje de crecimiento y producción de forraje se da durante julio, agosto y septiembre. Sin embargo, con un invierno moderado, la planta puede continuar produciendo forraje verde de noviembre a febrero (Martín, 1994).

Producción de Semilla

Es importante conocer la fecha óptima de cosecha de la semilla de acuerdo a su estado fenológico para obtener la máxima producción y calidad de la semilla. El momento idóneo para la cosecha, es cuando los involucros se desprenden con facilidad de la panícula. La producción de semilla es de 10 a 60 kg ha⁻¹, conservando buena viabilidad durante tres años (Lozano *et al.*, 2011).

Sin embargo, Eguiarte y González (2004), reportaron producciones de semilla de las variedades del zacate Buffel Biloela y Formidable de 130 y 104 kg ha⁻¹, respectivamente.

De igual modo Selvaraj *et al.* (1984), encontraron que hubo diferencias significativas en el rendimiento de semillas entre variedades de Zacate Buffel, así como entre cosechas dentro de cada variedad. Los factores que contribuyeron al rendimiento y formación de semillas fueron el verano (temperatura) y el período de humedad.

En lo que respecta a la propagación y obtención de especies forrajeras, se requiere de una tarea indispensable para la producción óptima y cuantiosa de semillas forrajeras de origen silvestre principalmente. En relación con la producción de semillas, en la actualidad no existe en México un programa gubernamental o privado responsable de la producción de semillas forrajeras nativas. En gran medida, la semilla que se utiliza para sembrar en zonas forrajeras es comprada en el extranjero y proviene casi toda de especies introducidas (Dávila y Sánchez, 2012).

Las producciones de semillas en México requieren del reconocimiento de ciertos atributos de las especies, como sus requerimientos ambientales (climas y suelos), interacciones bióticas (resistencia a plagas, insectos, etc.), así como información de tipo fenológico (producción continua y prolongada de forraje y facilidad de establecimiento y manejo), calidad nutricional del forraje, palatabilidad, posibles sustancias tóxicas presentes, etc. (Hernández y Ramos, 1987).

Calidad de Semillas

De acuerdo al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1991), la calidad de las semillas es el conjunto de cualidades fisiológicas, genéticas, físicas y sanitarias, que dan su capacidad para dar origen a plantas productivas.

La calidad de una semilla es la suma de los atributos genéticos, físicos, biológicos y sanitarios que llevan a producir plántulas exitosas cuando se brindan las condiciones necesarias (Pérez, 1996).

Calidad Fisiológica de las Semillas

El zacate Buffel al igual que las semillas de otros zacates introducidos, requieren un período de reposo en el almacén de por lo menos seis meses antes de sembrarlas ya que el Buffel variedad Común presenta su mayor capacidad germinativa entre seis y dieciocho meses después de cosechar la semilla. En el zacate Buffel, el nivel bajo de la germinación en semilla recién cosechada se debe a la presencia de sustancias químicas conocidas como compuestos fenólicos, particularmente antocianinas, que están presentes en las glumas, afortunadamente estas son solubles en agua por lo que, al mezclarse con la humedad del suelo, tiende a perderse su efecto inhibidor (Jiménez *et al.*, 2005). La germinación de las semillas de los pastos y forrajes es generalmente baja, lo cual pudiera atribuirse entre otras causas a que no han alcanzado su completo desarrollo en el momento de la cosecha o que están en un estado de latencia (Hernández y Simón, 1980).

En muchas semillas de pastos se presenta reposo causado por un inhibidor de la actividad metabólica presente en el embrión. Su influencia es más fuerte en semillas frescas y decae con la edad (Harty *et al.*, 1983). También se presenta reposo debido a impermeabilidad de la cubierta seminal al agua (Gutiérrez *et al.*, 2006).

Aspectos importantes a considerar en la compra de semilla de Zacate Buffel es el porcentaje de germinación, influenciado este por inhibidores químicos de la misma que están en las envolturas seminales, y en el porcentaje de pureza. El término de porcentaje de pureza se refiere al peso de las semillas respecto al peso total de lo que le están vendiendo. Con frecuencia, las envolturas de la semilla traen muchas impurezas, tales como hojas, tallos, semillas de otras especies e inclusive hasta tierra o piedras. La multiplicación del porcentaje de germinación por el porcentaje de pureza da el porcentaje de semilla pura viable que es el que proporciona la calidad real de la semilla (Guiraudó, 2003).

Germinación de las Semillas

Desde el punto de vista morfológico germinación de las semillas, se define como la reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, lo cual provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta (Meyer *et al.*, 1972);

Desde el punto de vista de tecnología de semillas (ISTA, 1985), es la emergencia y el desarrollo a partir del embrión de aquellas estructuras esenciales de acuerdo al tipo de semillas de que se trate, son indicadores de su habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables.

La germinación de semillas de especies forrajeras tropicales se lleva a cabo solamente bajo ciertas temperaturas, y esta puede variar de acuerdo a la especie que se trate, para el caso de *Cenchrus ciliaris* L. varía de 25 a 35 °C, siendo la óptima de 30 °C mejorándose notablemente la germinación con el uso de temperaturas alternas (Jiménez, 1990).

La germinación se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1996).

Vigor de las Semillas

La AOSA (1983), consideró el vigor de las semillas como aquellas propiedades de la semilla, que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales, bajo un amplio rango de condiciones de campo.

Vigor fue definido como una propiedad fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el ambiente, la cual determina la habilidad de una semilla para producir rápidamente una plántula en el suelo, además de tolerar un amplio rango de factores ambientales (Perry, 1973).

Latencia en Zacate Buffel

García (2003), mencionó que la mayoría de las especies pasan durante un período en estado de latencia, durante el cual el crecimiento de determinado órgano vegetal queda temporalmente interrumpido; y permanecen en este, hasta que se presentan las condiciones favorables para reanudar su desarrollo.

La latencia, dormición, letargo, reposo o vida latente; es el estado en el cual las semillas a pesar de tener las condiciones normales para su germinación, no lo hacen, debido a mecanismos físicos y fisiológicos internos de la semilla. Bloqueo interno propio de la semilla que determina que la misma no germine en condiciones consideradas como favorables durante determinado período de tiempo. Característica adaptativa que determina que las semillas germinen en un momento o lugar favorables a su sobrevivencia (Mérola y Díaz, 2012).

Entre las causas principales de la presencia de la latencia de la semilla son: 1) presencia de un embrión inmaduro; 2) que la cubierta seminal sea impermeable al agua o al oxígeno; 3) presencia de sustancias que actúen como inhibidores de la germinación y 4) resistencia mecánica que representan las cubiertas (glumas) que cubren los cariósides, al sellarla en forma hermética e inhibir la germinación (Finch y Leubner, 2006).

Harty *et al.*, citado por Gutiérrez *et al.* (2006), mencionaron que en muchas semillas de pastos se presenta reposo causado por un inhibidor de la actividad metabólica presente en el embrión. Su influencia es más fuerte en semillas frescas y decae con la edad; también se presenta reposo debido a impermeabilidad de la cubierta seminal al agua. Los tratamientos usuales para remover la latencia son: soluciones de nitrato de potasio, escarificación ácida y escogencia de una apropiada temperatura en el germinador.

Características tales como el estado de latencia que presenta la semilla de zacate Buffel, determinan que éste debe sembrarse hasta pasados los 6 ó 12 meses de su cosecha para obtener un porcentaje de germinación aceptable, aun así, éste es bajo debido tal vez a que la semilla no se encuentra en condiciones fisiológicas óptimas para su germinación, por la presencia de inhibidores químicos en las semillas o embriones inmaduros (Becerra, 1981).

Butler (1985), indicó que la latencia de los cariósides de *Cenchrus ciliaris* L. se debe principalmente a la presencia de inhibidores de la germinación en las envolturas (cerdas, glumas, lema y palea).

Valdez (1993), mencionó que la latencia es un mecanismo valioso para diseminar las plantas en tiempo y espacio, contribuyendo esto a la sobrevivencia de las especies; pero desde el punto de vista del agricultor al establecer una pradera resulta un problema, ya que la emergencia no es la esperada.

Métodos para Eliminar la Latencia

El método a utilizar va a depender del tipo de latencia, a la vez esta puede tener dos mecanismos: la cual implicaría utilizar tratamientos combinados. Entre las técnicas y tratamientos más empleados pueden citarse los siguientes: pre-refrigeración, distintas combinaciones de temperaturas, solución de nitrato de potasio al 0,2 %, ácido giberélico, prelavado y pre secado, ácido sulfúrico, entre otros, (Faria *et al.*,1996).

Métodos Químicos

La Asociación Internacional de Ensayos de semillas, recomienda el ácido giberélico, que es una hormona vegetal utilizada para el rompimiento de latencia. El ácido giberélico es una hormona para romper latencia fisiológica que es ocasionada por requerimientos de luz y temperatura. Este actúa en la inducción de enzimas de los cromosomas y activa enzimas que actúan en la movilización de las reservas (ISTA,1985).

Las hormonas vegetales tienen una función crítica en el desarrollo de las plantas, ya que según su presencia en el sitio y momento adecuado pueden estimular o inhibir procesos fisiológicos específicos para tener un cierto crecimiento, diferenciación y metabolismo, entre otros que se reflejan en la fenología (Mérola y Díaz, 2012).

Métodos Físicos

La Asociación Internacional de Ensayos de semillas, describe que el tratamiento para romper la latencia en semillas con latencia fisiológica es: Almacenamiento en Seco: Este es utilizado en especies en donde la latencia es de corta duración. Para lo cual solo se requiere que la semilla sea almacenada en un lugar seco por un período corto, para que la latencia pueda ser rota en forma natural (ISTA, 1985).

Bilbao y Matías (1979), recomendaron tratar la semilla de zacate Buffel con temperaturas alternas de 3 °C por 24 a 36 horas y 30 a 37 °C por 24 horas, ya que fue el tratamiento con que se tuvo mejor porcentaje de germinación en ésta especie.

Por otra parte, Enríquez *et al.* (1999), mencionaron que la inmersión de las semillas de pastos en agua durante períodos de 12 a 24 h permite el lavado de las sustancias que inhiben la germinación y se reinicie este proceso, constituyéndose este procedimiento como uno de los más prácticos y económicos para superar este fenómeno.

Métodos Mecánicos

Es una técnica utilizada en gramíneas y se realiza manualmente retirando la lema y la patea que recubren el embrión facilitando así la absorción de agua y el intercambio gaseoso. La remoción de las cubiertas florales del Zacate Buffel cv. Bilioela incrementó cinco veces la germinación de las semillas frescas (Mérola y Díaz, 2012).

En diversas investigaciones se ha reportado que en las semillas de pastos a las que se eliminan las glumas que cubren los cariósides presentan incrementos significativos en la germinación, respecto a las semillas que no se les retiran dichas estructuras (Cordero y Oliveros, 1983; González *et al.*, 1994).

Netherlands (1977), mencionó que con la escarificación mecánica puede haber otros cambios en la semilla, como, por ejemplo, el incremento de la sensibilidad a la luz y temperatura, así mismo, la permeabilidad a gases, los cuales pueden favorecer el metabolismo y por consecuencia la germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la Investigación

La presente investigación se desarrolló en dos fases: laboratorio e invernadero los cuales tuvieron lugar en el laboratorio del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) y en invernadero, ambos ubicados en la sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Que se localiza entre las coordenadas geográficas 25° 21' 13" Latitud Norte y 101° 01' 56" Longitud Oeste y con una altitud de 1743 msnm. Con el propósito de determinar un método para romper la latencia de las semillas de zacate Buffel y evaluar la respuesta fisiológica.

Material Genético

Se utilizó semilla de Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) variedad Común, cosechada en el año 2014. La semilla se obtuvo de una sola cosecha de manera artesanal en Saltillo Coahuila, posteriormente se seleccionó por el método de soplado para eliminar impurezas y estructuras no deseables, obteniendo semilla limpia.

Selección de Tratamientos

Para implementar el trabajo en condiciones de laboratorio e invernadero se seleccionaron los tratamientos utilizando la aplicación de ácido giberélico (AG3), temperaturas alternas y su combinación, que se indican en el Cuadro 1. Para ambas condiciones se aplicaron los mismos, diferenciándose únicamente en el método de siembra.

Cuadro 1. Tratamientos para romper la latencia en zacate Buffel utilizando promotores físicos y químicos en condiciones de laboratorio e invernadero.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo sin aplicación, únicamente imbibición en agua destilada durante 10 minutos.
T2	Semillas sometidas a temperaturas alternas: a 4°C durante 8 horas y enseguida sometidas a 35°C durante 16 horas, posteriormente embebidas en agua destilada durante 10 minutos.
T3	Semillas sometidas a temperaturas alternas: a 4°C durante 8 horas y enseguida sometidas a 35°C durante 16 horas, posteriormente embebidas con ácido giberélico a una concentración de 500 ppm durante 10 minutos.
T4	Semillas sometidas a temperaturas alternas: a 4°C durante 8 horas y enseguida sometidas a 35°C durante 16 horas, posteriormente embebidas con ácido giberélico a una concentración de 750 ppm durante 10 minutos.
T5	Semillas embebidas con ácido giberélico a una concentración de 500 ppm durante 10 minutos.
T6	Semillas embebidas con ácido giberélico a una concentración de 750 ppm durante 10 minutos.

Experimento en Laboratorio

Las semillas para cada tratamiento se sembraron en cajas petri con papel filtro humedecido, se utilizaron 100 semillas por tratamiento divididas en cuatro repeticiones de 25 semillas cada una. Una vez aplicados los tratamientos mencionados anteriormente, las cajas petri fueron colocadas en una cámara germinadora a una temperatura constante de 25°C ± 1°C. El efecto de los tratamientos seleccionados (Cuadro 1) en las semillas de zacate Buffel se estimó a través de un ensayo de capacidad de germinación a través de las siguientes

variables: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), y semillas sin germinar (SSG). También se estimó el vigor de las semillas a través de las variables longitud de plúmula (LP), longitud de radícula (LR), e índice de velocidad de germinación (IVG).

Capacidad de Germinación

La germinación de las semillas se evaluó en el laboratorio mediante un ensayo de germinación por un período de 28 días, se determinó plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar.

Plántulas normales: se realizó conteos de las plántulas de cada tratamiento y se consideraron aquellas plántulas que contenían sus estructuras esenciales como sistema radicular y plúmula intacta bien desarrollada y los datos se transformaron a porcentajes.

Plántulas anormales: se realizó conteos de las plántulas de cada tratamiento y se consideraron aquellas plántulas con alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, lo que le impidió su desarrollo normal, los datos obtenidos se transformaron a porcentajes.

Semillas sin germinar: se realizó conteos de las semillas de cada tratamiento y se consideraron aquellas semillas que no tuvieron desarrollo de ninguna de las estructuras esenciales y los datos se transformaron a porcentajes.

Vigor

Este se determinó mediante las variables longitud media de plúmula, longitud media de radícula e índice de velocidad de germinación.

Longitud de plúmula: Para la evaluación de esta variable se tomaron en cuenta las plántulas normales a los veintiocho días después de la siembra, para ello se tomaron cinco plántulas obtenidas al azar en las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Las cuales se midieron con una regla en cm.

Longitud de radícula: Para la evaluación de esta variable se tomaron en cuenta las plántulas normales a los veintiocho días después de la siembra, se realizó la

medición de la longitud de la raíz de cinco plántulas tomadas al azar de las cuatro repeticiones en cada tratamiento, las cuales se midieron con una regla en cm.

Índice de velocidad de germinación: Esta variable se determinó con conteos de semillas germinadas, al cuarto, séptimo, décimo y décimo cuarto día. Una semilla se consideró como germinada cuando presento una longitud de plúmula o radícula de 3 mm. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$IVG = (D_i - D_j) / i$$

Donde:

IVE = Índice de velocidad de germinación

D_i = Número de semillas germinadas en el día i

D_j = Número de semillas germinadas en el conteo anterior al día i

i = Número de días al momento del conteo desde la siembra

Experimento en Invernadero

Las semillas de zacate Buffel se sembraron en charolas de unicel, se sembraron 100 semillas por tratamiento con cuatro repeticiones de 25 semillas por tratamiento, establecidas en invernadero con sustrato peat moss a una profundidad de 0.5 cm se aplicaron los mismos tratamientos que para laboratorio. El efecto de los tratamientos seleccionados (Cuadro 1) en las semillas de zacate Buffel se estimó a través de un ensayo de emergencia de las siguientes variables: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), y semillas sin germinar (SSG). También se estimó el vigor de las semillas a través de las variables longitud de plúmula (LP), longitud de radícula (LR) y dada la situación que se presentó en la diferencia de siembra, con sustrato peat moss para invernadero, se sustituyó la variable índice de velocidad de germinación (IVG) por la variable índice de velocidad de emergencia (IVE).

Capacidad de Emergencia

Se evaluó mediante un ensayo de emergencia por un periodo de 28 días especificado en las reglas de análisis para zacate Buffel, se realizaron dos conteos el primero en el día siete y el segundo en el día 28, anotando plántulas

normales que estima la capacidad de germinación, también se anotó plántulas anormales y semillas sin germinar.

Plántulas normales: En el caso de plántulas normales, estas se consideraron normales al emerger del sustrato y presentar una longitud de plúmula de 5 mm además de poseer sus estructuras esenciales bien desarrolladas, para este caso plúmula intacta bien desarrollada, los datos obtenidos se transformaron a porcentajes.

Plántulas anormales: se realizó conteos de las plántulas de cada tratamiento y se consideraron aquellas plántulas con alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, lo que le impidió su desarrollo normal, los datos obtenidos se transformaron a porcentajes.

Semillas sin germinar: se realizó conteos de las semillas de cada tratamiento y se consideraron aquellas semillas que no tuvieron emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales, los datos se transformaron a porcentajes.

Vigor

Este se determinó mediante las variables longitud de plúmula, longitud de radícula e índice de velocidad de germinación.

Longitud de plúmula: Para la evaluación de esta variable se tomaron en cuenta las plántulas normales a los veintiocho días después de la siembra, para ello se tomaron cinco plántulas obtenidas al azar en las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Las cuales se midieron con una regla en cm.

Longitud de radícula: Para la evaluación de esta variable se tomaron en cuenta las plántulas normales a los veintiocho días después de la siembra, se realizó la medición de la longitud de la raíz de cinco plántulas tomadas al azar de las cuatro repeticiones en cada tratamiento, las cuales se midieron con una regla en cm.

Índice de velocidad de emergencia: Esta variable se obtuvo con los conteos diarios de las plántulas emergidas, Considerando aquellas que sobresalían de tres mm sobre la superficie del suelo. Se utilizó la siguiente ecuación.

$$IVE = \text{No P/d} + \dots + \text{No P/d}$$

Donde:

IVE = índice de velocidad de emergencia

No P = Número de plántulas emergidas

d = días después de la siembra

Análisis Estadístico

Para analizar la información obtenida de las variables estudiadas en los experimentos de laboratorio e invernadero, se utilizó un diseño completamente al azar, a través de un análisis de varianza (ANOVA) y en los casos que se detectó diferencia significativa, se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha < 0.05$) utilizándose el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2004) versión 9.4. El modelo estadístico para realizar el análisis de varianza (ANOVA) se presenta a continuación. También se realizó un análisis de correlación múltiple (Correlación de Pearson) para observar la relación entre las variables del ensayo de germinación y las variables de vigor, posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal con los resultados que fueron estadísticamente significativos.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado.

μ = Efecto de la media general.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

$i = 1, 2, \dots, n$ tratamientos

$J = 1, 2, \dots, n$ repeticiones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento en Laboratorio

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza y comparación de medias de los parámetros evaluados en el ensayo de germinación (Cuadro 2) demostraron que las variables plántulas normales (PN) y semillas sin germinar (SSG) arrojaron diferencias altamente significativas (Cuadro 8 y 10 respectivamente) entre los tratamientos ($P=0.0095$ y $P=0.0038$ respectivamente), donde el mejor tratamiento correspondió con aplicación de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm con un porcentaje de plántulas normales de 31%, con menor porcentaje de plántulas normales resulto el testigo con un porcentaje de 13% (Figura 2) . Para la variable plántulas anormales los resultados demostraron que no hubo diferencias significativas ($P=0.5740$) entre tratamientos (Cuadro 9). Considerando los resultados previamente descritos, estos son concordantes con la variable semillas sin germinar, ya que el menor porcentaje de semillas sin germinar 68%, se obtuvo con la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm mientras que el mayor porcentaje de semillas sin germinar correspondió al testigo con 86% (Figura 3).

Estos resultados demuestran que el ácido giberélico a 750 ppm, elimina la latencia de las semillas, aumentando el porcentaje de plántulas normales, capaces de desarrollarse en condiciones ambientales adecuadas y disminuye el porcentaje de semillas sin germinar, esto probablemente es debido a que las giberelinas son los promotores de la iniciación enzimática en el proceso de germinación, por otra parte, el tratamiento testigo en el cual solo se aplicó agua demostró mayor porcentaje de semillas sin germinar. Los resultados obtenidos concuerdan con las observaciones de Weaver (1987), quien indica que las giberelinas modifican el RNA producidos en los núcleos, y así puede este ejercer su control sobre la expansión celular, así como otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal, así mismo mencionan que las giberelinas pueden terminar con el período de reposo en semillas de muchas especies. Por su parte Le Page

(1990), indica que las giberelinas son esenciales para los tratamientos de germinación y eliminación de latencia ya que pueden inducir la síntesis o un cambio en su comportamiento, o en la insensibilidad de los tejidos permitiendo a si la germinación de las semillas. Por su parte Osborne, citado por Merola y Díaz (2012), mencionan que las giberelinas provocan cambios a nivel genético que estimulan a su vez la síntesis enzimática en las células generando mayor desarrollo.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables evaluadas en los tratamientos de laboratorio para capacidad de germinación.

Tratamientos	% Plántulas normales		% Semillas sin germinar	
AG3 750 ppm	31	A	68	C
TA + AG3 500 ppm	30	AB	69	BC
TA+AG3 750 ppm	29	AB	69	BC
TA	25	AB	75	ABC
AG3 500 ppm	16	AB	84	AB
T S/A	13	B	86	A

Tukey 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. T S/A= testigo sin aplicación, TA= temperaturas alternas, TA+AG3 500 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 500 ppm, TA+AG3 750 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 750 ppm, AG3 500 ppm= ácido giberélico 500 ppm, AG3 750 ppm= ácido giberélico 750 ppm.

En cuanto a las variables evaluadas de la prueba de vigor en el análisis de varianza, y comparación de medias (Cuadro 3), longitud de plúmula (LP) e índice de velocidad de germinación (IVG) indicaron diferencias significativas (Cuadro 11 y 13) entre los tratamientos ($P=0.0484$ y $P=0.0584$ respectivamente), siendo el tratamiento con aplicación de temperaturas alternas en combinación con ácido giberélico a una concentración de 750 ppm el mejor con un desarrollo de plúmula de 7.050 cm, mientras que el menor desarrollo de plúmula se encontró en el testigo con una longitud de 3.925 cm (figura 4). Para la variable longitud de radícula (LR), los resultados indicaron que no hubo diferencia significativa ($P=0.0917$) entre los tratamientos (Cuadro 12). En cuanto a la variable índice de

velocidad de germinación se observaron mejores resultados con aplicación únicamente de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm con un índice de velocidad de 0.921, contrastando con el menor índice de velocidad de germinación observado en el testigo con 0.117. (Figura 5).

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables evaluadas en los tratamientos de laboratorio para vigor.

Tratamientos	Longitud de Plúmula cm		Índice de velocidad de Germinación	
TA+AG3 750 ppm	7.050	A	0.539	AB
TA+AG3 500 ppm	5.750	AB	0.437	AB
TA	5.050	AB	0.633	AB
AG3 750 ppm	5.050	AB	0.921	A
AG3 500 ppm	5.025	AB	0.421	AB
T S/A	3.925	B	0.117	B

Tukey 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. T S/A= testigo, TA= temperaturas alternas, TA+AG3 500 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 500 ppm, TA+AG3 750 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 750 ppm, AG3 500 ppm= ácido giberélico 500 ppm, AG3 750 ppm= ácido giberélico 750 ppm.

Con estos resultados se reafirma que el ácido giberélico a 750 ppm induce la germinación en un periodo menor de tiempo, aumentando la velocidad de esta en las semillas de zacate Buffel, pero además al combinarlo con un tratamiento físico como temperaturas alternas, mejora el desarrollo de estructuras esenciales como la longitud de plúmula que acelera el metabolismo fotosintético potenciando el vigor de las semillas, aspecto que ha sido indicado por Faria *et al.* (1996), quienes indicaron que las semillas a la vez pueden tener dos o más mecanismos de latencia por cual se debe utilizar tratamientos combinados, como diferentes combinaciones de temperaturas, solución de nitrato al 0.2%, ácido giberélico, prelavado, ácido sulfúrico, entre otros. Por otra parte, Vázquez y Orozco (1987), mencionan que la alternancia de temperatura mejora el balance y la interacción de las hormonas con las enzimas, al parecer las semillas que responden a la

alternancia de temperaturas presentan mecanismos enzimáticos que funcionan en diferentes temperaturas. Merola y Díaz (2012), indicaron también que las semillas que van a ser sembradas inmediatamente después de la recolección, deben ser tratadas con temperaturas alternas (3-30°C) durante 24 horas, con lo que se logra incrementar la germinación de las semillas totales en un 9 %.

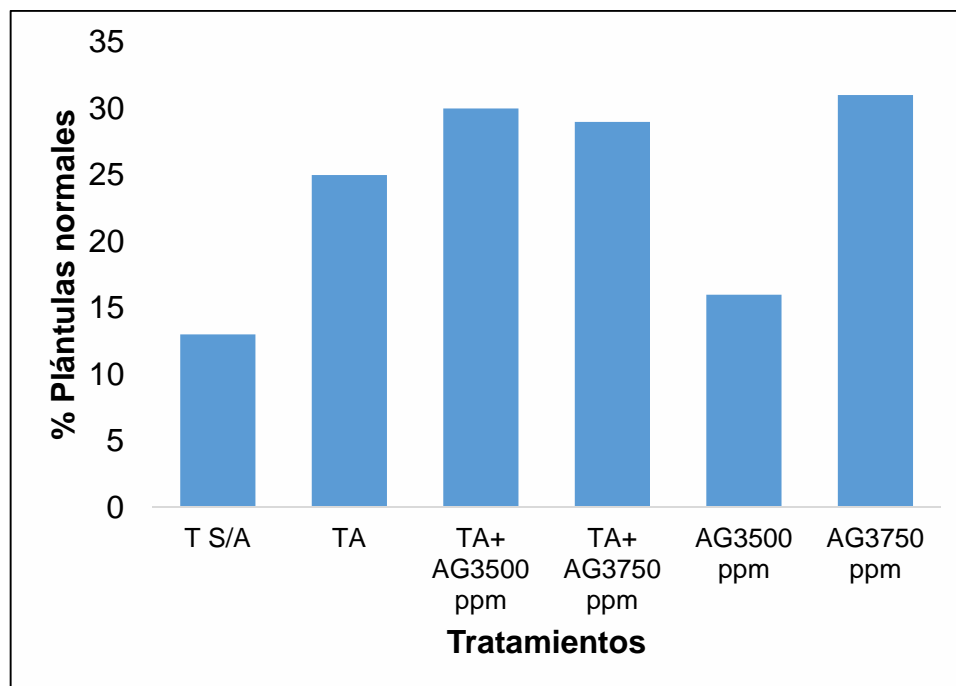


Figura 2. Medias generales de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio.

Todos los tratamientos presentaron mayor porcentaje de plántulas normales en comparación con el testigo. De acuerdo a la comparación de medias existe diferencias altamente significativas entre el testigo con un 13 por ciento de plántulas normales y el tratamiento con aplicación de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm con un 31 por ciento de plántulas normales, siendo este el mejor tratamiento. Según Weaver (1987), indica que las giberelinas modifican el RNA producidos en los núcleos, y así puede este ejercer su control sobre la expansión celular, así como otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal, así mismo mencionan que las giberelinas pueden terminar con el período

de reposo en semillas de muchas especies; esto coincide con los resultados obtenidos en la investigación, mejores resultados se obtuvieron al aplicar ácido giberélico.

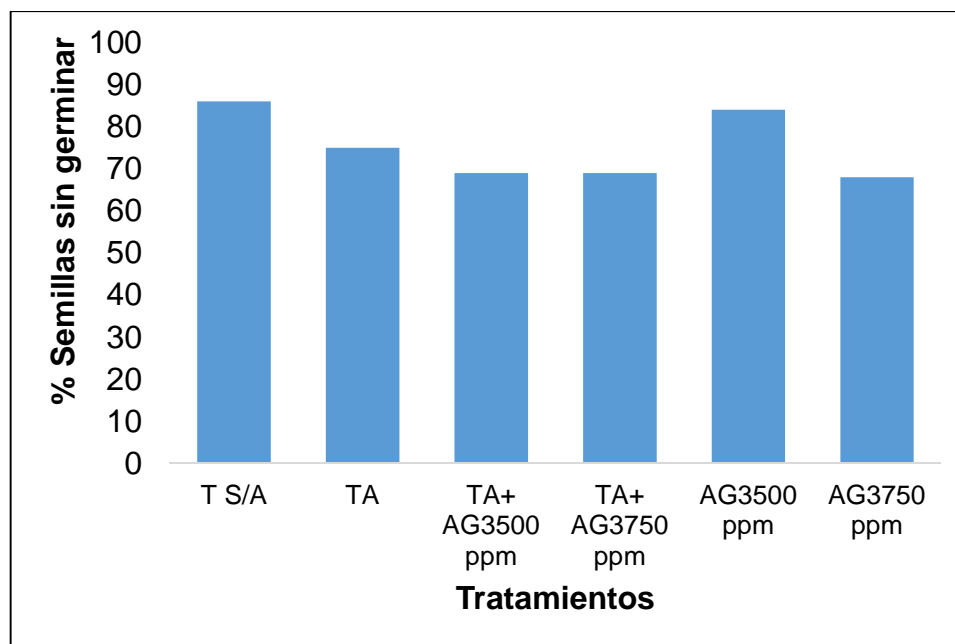


Figura 3. Medias generales de la variable semillas sin germinar en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio.

La comparación de medias indicó que todos los tratamientos presentan menor porcentaje de semillas sin germinar en comparación con el testigo, siendo este el que presenta mayor porcentaje con un 86 % y con un porcentaje menor de semillas sin germinar se obtuvo al aplicar ácido giberélico a una concentración de 750 ppm con un porcentaje de 68%, de esta manera se comprueba que el uso del ácido giberélico estimula la germinación de las semillas en concentraciones de 750 ppm en zacate Buffel promoviendo la acción enzimática que induce la ruptura del almidón y otras sustancias de reserva favoreciendo el desarrollo y germinación. Le Page (1990), indicó que las giberelinas son esenciales para los tratamientos de germinación y eliminación de latencia ya que pueden inducir la síntesis o un cambio en su comportamiento, o en la insensibilidad de los tejidos permitiendo así la germinación de las semillas.

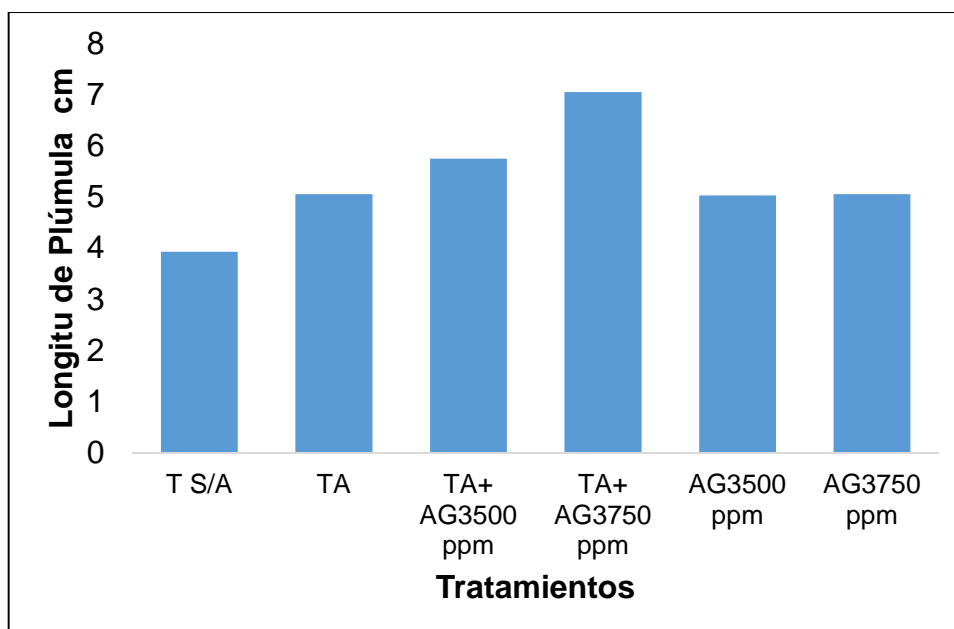


Figura 4. Medias generales de la variable longitud de plúmula en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio.

La comparación de medias en la variable longitud de plúmula indicó que todos los tratamientos fueron superiores en comparación al testigo, sin embargo, el tratamiento que se estableció bajo la aplicación de temperaturas alternas más AG3 a una concentración de 750 ppm fue el que obtuvo mejores resultados con una longitud de plúmula de 7.050 cm y con una longitud menor se encuentra el testigo con una longitud de 3.925 cm. Con esto se demuestra que el desarrollo de las plántulas requiere de temperaturas alternas en su desarrollo y al combinarlas con ácido giberélico a 750 ppm los resultados son aún mejores ya que se mejora el balance y la interacción de las hormonas con las enzimas, esto coincide con lo indicado por Merola y Díaz (2012), quienes mencionaron que las semillas que van a ser sembradas inmediatamente después de la recolección, deben ser tratadas con las temperaturas alternas (3-30°C) durante 24 horas, con lo que se logra incrementar la germinación de las semillas totales en un 9 %. Por otra parte, Ivory y Whiteman (1978), en una investigación indican que las temperaturas óptimas para el crecimiento de las hojas y el desarrollo del área

foliar en *Cenchrus ciliaris* L. fueron más altas que las temperaturas óptimas para el crecimiento de toda la planta, mientras que las temperaturas óptimas para el crecimiento de los tallos fueron más bajas, esto demuestra que una planta se desarrolla bajo diferentes temperaturas en cada etapa fenológica.

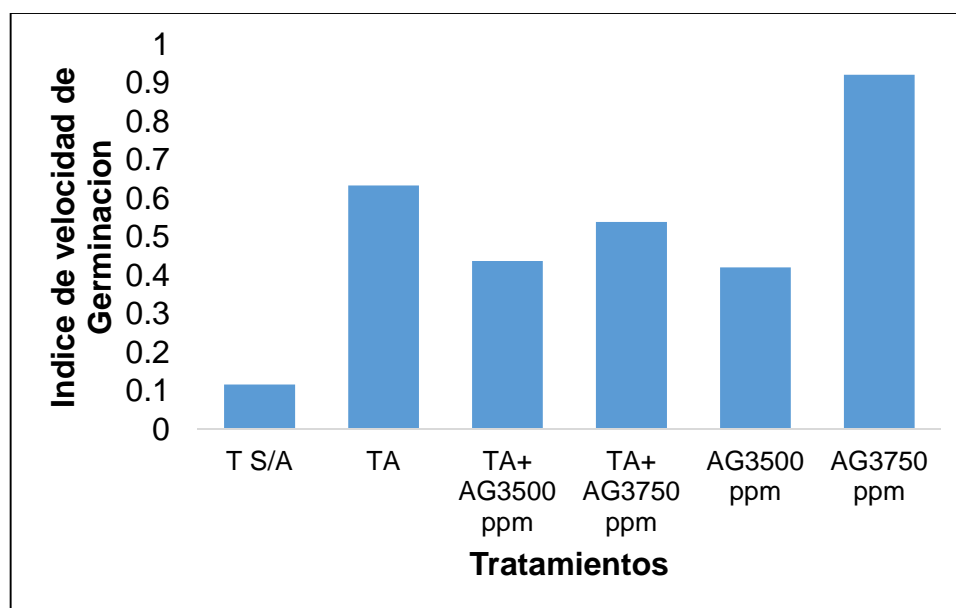


Figura 5. Medias generales de la variable índice de velocidad de germinación en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio.

En la variable índice de velocidad de germinación los resultados indicaron que todos los tratamientos fueron mejores en comparación al testigo sin embargo el tratamiento con aplicación de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm fue el mejor con un IVG de 0.9214, mientras que el testigo sin aplicación demuestra un resultado menor con un IVG de 0.1339. Esto demuestra que el uso de ácido giberélico, promueve una rápida germinación de las semillas, dichos resultados son similares a lo encontrado por Bhattacharya y Khuspe (2001), reportando la efectividad del ácido giberélico aplicado exógenamente en el control y promoción de la germinación de semillas dada su habilidad de interrumpir estados de latencia y reemplazar estímulos ambientales como la luz

o la temperatura dando como resultado incrementos en los porcentajes de germinación y disminución de tiempo de germinación en especies como *Carica papaya* L.

Correlación entre Variables de Germinación y Vigor

Los resultados del análisis de correlación (Cuadro 4) de las variables del ensayo de germinación y las variables de vigor, indicaron que existe una relación negativa ($r = -0.98545$) altamente significativa ($P < .0001$) entre las variables plántulas normales y semillas sin germinar, lo cual es evidente ya que entre más aumente los porcentajes de una variable la otra disminuye, como el caso de plántulas normales cuando este aumenta, el porcentaje de semillas sin germinar disminuye o viceversa, también se encontró una correlación positiva ($r = 0.64793$) altamente significativa ($P = 0.0006$) entre plántulas normales e índice de velocidad de germinación, ya que entre más pronto suceda la germinación las plántulas tienen la capacidad de desarrollarse mejor debido a que realizan más rápido la fotosíntesis aprovechando la energía lumínica, así mismo se encontró una relación negativa ($r = -0.64632$) altamente significativa ($P = 0.0006$) entre las variables semillas sin germinar e índice de velocidad de germinación ya que entre mayor sea la latencia que presenten las semillas de zacate Buffel existirán problemas de germinación des uniformes y pobres, lo cual se ve reflejado con una velocidad de germinación muy lenta y porcentajes altos de semillas sin germinar.

Estos resultados comprueban que la germinación de las semillas del zacate Buffel están muy relacionado con el vigor con que estas cuentan, ya que entre mejor sea el vigor y la calidad, estas tienen la suficiente capacidad de desarrollar plántulas normales.

Cuadro 4. Correlación de las variables del ensayo de germinación y vigor del experimento en laboratorio en semillas de zacate Buffel con aplicación de temperaturas alternas, ácido giberélico y su combinación.

VARIABLES	PN	PA	SSG	LP	LR
PA	-0.08620				
SSG	-0.98545 **	-0.08442			
LMP	0.25613	0.24124	-0.29733		
LMR	0.09313	0.10967	-0.11186	0.34911	
IVG	0.64793 **	-0.00999	-0.64632 **	0.04841	-0.11350

Niveles de significancia al 0.05 % * y 0.01% **. PN= Plántulas normales, PA= Plántulas anormales, SSG= Semillas sin germinar, LP= Longitud de plúmula, LR= Longitud de radícula, IVG= Índice de velocidad de germinación.

Regresión Lineal

Se realizó el análisis de regresión lineal para cada resultado significativo en el análisis de correlación que se comentó previamente con el objetivo de predecir o estimar la asociación entre las variables del ensayo de germinación y vigor medidas en laboratorio. (Figura 6, 7 y 8). Los resultados del análisis de regresión indicaron que el modelo de predicción confiable fue la asociación entre plántulas normales y semillas sin germinar ya que su valor de R^2 (coeficiente de correlación) se acerca más a uno ($R^2= 0.9711$), mientras que para las asociaciones entre plántulas normales e índice de velocidad de germinación y entre semillas sin germinar e índice de velocidad de germinación la predicción no es tan confiable ya que el R^2 en ambas asociaciones resultaron ser bajos ($R^2= 0.4217$, $R^2 = 0.4197$ respectivamente).

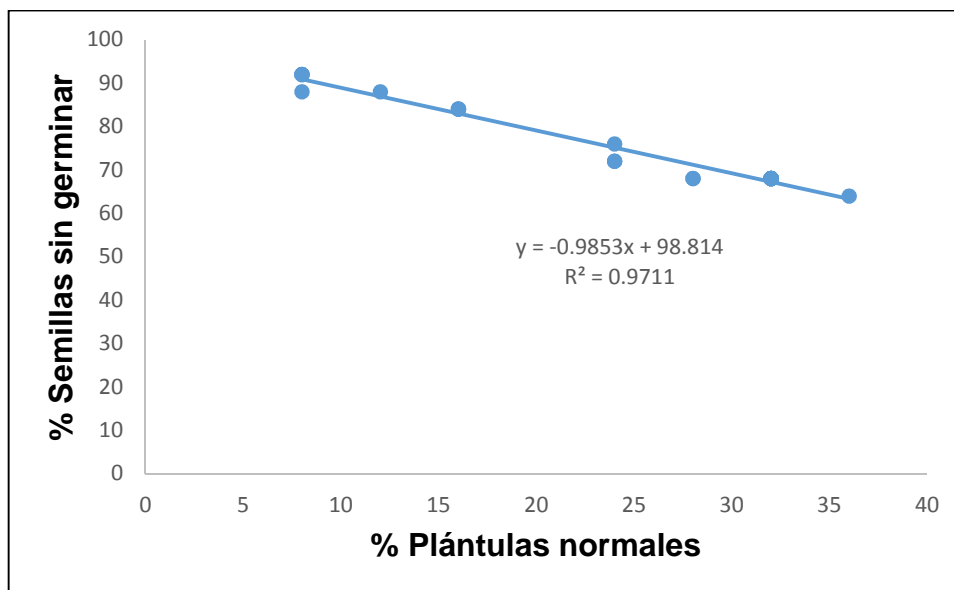


Figura 6. Asociación entre la variable plántulas normales y la variable semillas sin germinar y su ecuación de predicción en el ensayo de laboratorio.

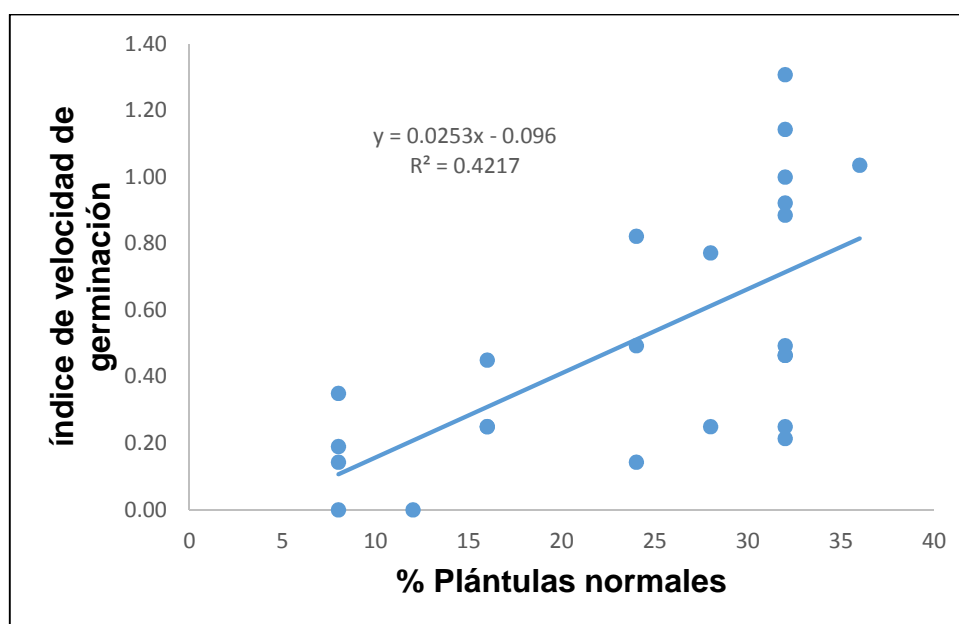


Figura 7. Asociación entre la variable plántulas normales y la variable índice de velocidad de germinación y su ecuación de predicción en el ensayo de laboratorio.

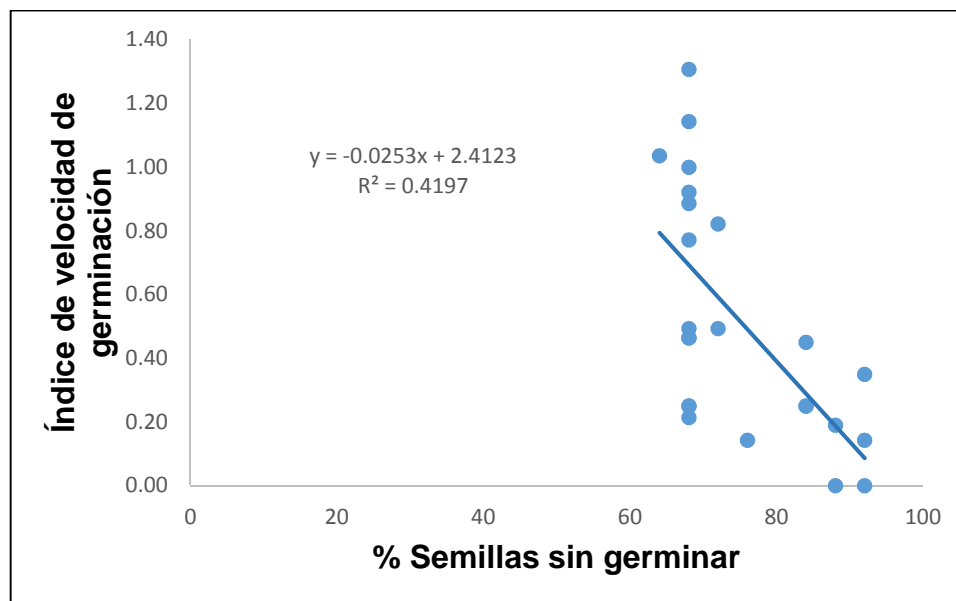


Figura 8. Asociación entre la variable semillas sin germinar y la variable índice de velocidad de germinación y su ecuación de predicción en el ensayo de laboratorio.

Experimento en Invernadero

De los datos obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Cuadro 5) de los parámetros evaluados en la prueba de capacidad de germinación indicaron que las variables plántulas normales (PN) y semillas sin germinar (SSG) presentaron diferencias altamente significativas (Cuadro 14 y 16 respectivamente) entre los tratamientos ($P < .0001$), estadísticamente tres tratamientos fueron superiores al testigo, el tratamiento con temperaturas alternas más ácido giberélico a una concentración de 500 ppm, el tratamiento con temperaturas alternas más ácido giberélico a una concentración de 750 ppm y el tratamiento únicamente con aplicación de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm; sin embargo numéricamente el tratamiento con mejores resultados fue al aplicar temperaturas alternas más ácido giberélico a una concentración de 500 ppm obteniendo 49 % de plántulas normales siendo este el mayor y con el porcentaje más bajo de plántulas normales resulto el testigo con un porcentaje de 16 % (Figura 9).

Los resultados son concordantes para la variable semillas sin germinar, se obtuvo un porcentaje menor con un 51 % de semillas sin germinar al aplicar temperaturas alternas más ácido giberélico a una concentración de 500 ppm y con mayor porcentaje de semillas sin germinar se obtuvo en el testigo con 84 % (Figura 10). Con respecto a la variable plántulas anormales los resultados indicaron que no hubo diferencia significativa (Cuadro 15) entre tratamientos ($P= 0.1637$). Harty y Butler, (1975). Mencionaron que en cuanto al régimen de temperaturas, la mayoría de las especies que poseen latencia alcanzan porcentajes de germinación más altos cuando se las somete a temperaturas alternas como es el caso de *Panicum maximum var. Trichoglume*.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables evaluadas en los tratamientos de invernadero para capacidad de emergencia.

Tratamientos	%Plántulas normales		% Semillas sin germinar	
TA + AG3 500 ppm	49	A	51	C
TA+AG3 750 ppm	46	A	53	C
AG3 750 ppm	44	A	56	C
AG3 500 ppm	35	AB	63	BC
TA	23	BC	77	AB
T S/A	16	C	84	A

Tukey 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. T S/A= testigo, TA= temperaturas alternas, TA+AG3 500 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 500 ppm, TA+AG3 750 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 750 ppm, AG3 500 ppm= ácido giberélico 500 ppm, AG3 750 ppm= ácido giberélico 750 ppm.

En la prueba de vigor los resultados del análisis de varianza y comparación de medias (Cuadro 6) indicaron que el índice de velocidad de emergencia (IVE) tuvo únicamente diferencia altamente significativa (Cuadro 19) entre los tratamientos ($P=0.0073$), siendo el mejor tratamiento cuando se aplica temperaturas alternas más ácido giberélico a una concentración de 500 ppm con un índice de velocidad

de emergencia de 1.271, y con respuesta menor en la velocidad correspondió al testigo con 0.472 (Figura 11). Mientras que para las variables longitud de radícula (LR) y longitud de plúmula (LP) no existió diferencia significativa (Cuadro 17 y 18 respectivamente) entre los tratamientos ($P= 0.5598$ y 0.2915 respectivamente).

Cuadro 6. Comparación de medias de la variable evaluada en los tratamientos de invernadero para el ensayo de vigor.

Tratamientos	Índice de velocidad de emergencia	
TA+AG3 500 ppm	1.271	A
TA+AG3 750 ppm	1.165	AB
AG3 500 ppm	1.033	AB
TA+AG3 750 ppm	1.013	AB
TA	0.748	AB
T S/A	0.472	B

Tukey 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. T S/A= testigo, TA= temperaturas alternas, TA+AG3 500 ppm= temperaturas alternas más ácido giberelico 500 ppm, TA+AG3 750 ppm= temperaturas alternas más ácido giberelico 750 ppm, AG3 500 ppm= ácido giberelico 500 ppm, AG3 750 ppm= ácido giberelico 750 ppm.

Con estos resultados se reafirma que el ácido giberélico a 750 ppm induce la germinación en un periodo menor de tiempo aumentando la velocidad de esta en las semillas de zacate Buffel, pero además al combinarlo con un tratamiento físico como temperaturas alternas, mejora la velocidad de emergencia de las semillas, mismos resultados han sido observados por Faria *et al.* (1996), quienes indicaron que las semillas a la vez pueden tener dos o más mecanismos de latencia por cual se debe utilizar tratamientos combinados, tratamientos como distintas combinaciones de temperaturas, solución de nitrato de potasio, ácido giberélico, entre otros. Así mismo Harty y Butler (1975), quienes indicaron que la temperatura y la luz son determinantes en la expresión del máximo potencial germinativo, pero las magnitudes y regímenes más favorables deben ser establecidos para cada especie. Por otra parte, Vázquez y Orozco (1987),

mencionaron que la alternancia de temperatura mejora el balance y la interacción de las hormonas con las enzimas, al parecer las semillas que responden a la alternancia de temperaturas presentan mecanismos enzimáticos que funcionan en diferentes temperaturas.

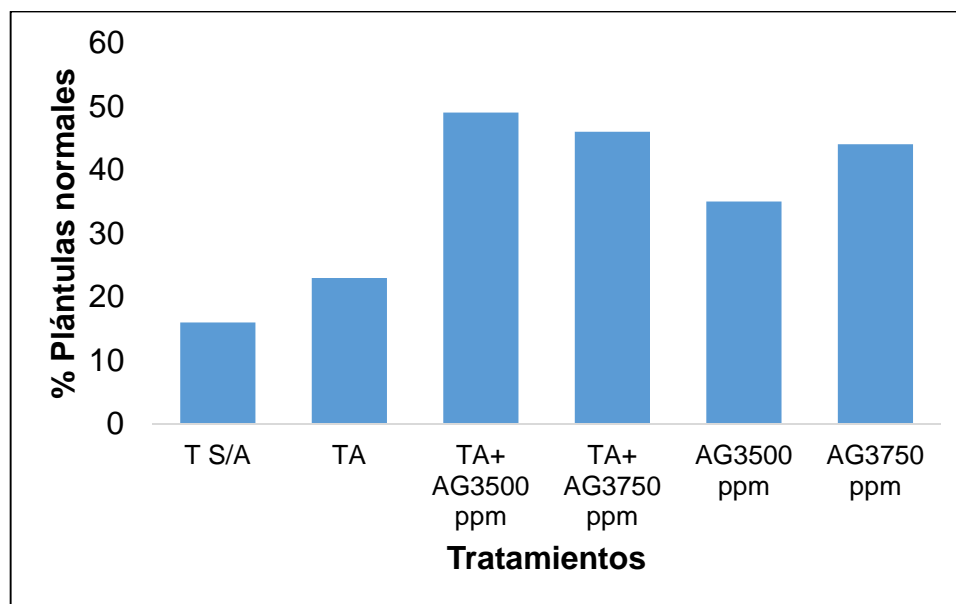


Figura 9. Medias generales de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en invernadero.

Todos los tratamientos fueron superiores al testigo, estadísticamente resaltaron tres tratamientos con mayores porcentajes de plántulas normales, el tratamiento con temperaturas alternas más ácido giberélico a una concentración de 500 ppm, el tratamiento con temperaturas alternas más ácido giberélico a una concentración de 750 ppm y el tratamiento únicamente con aplicación de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm; sin embargo numéricamente el tratamiento con mejores resultados fue al aplicar temperaturas alternas más ácido giberélico a una concentración de 500 ppm, obteniendo 49% de plántulas normales siendo este el mayor y con menor porcentaje de plántulas normales se obtuvo en el testigo con un porcentaje de 16% de plántulas normales.

Estos resultados confirman que las combinaciones de algunos tratamientos pre germinativos dan resultados beneficiosos en la germinación y el desarrollo de plántulas. En cuanto al régimen de temperaturas, la mayoría de las especies que poseen latencia alcanzan porcentajes de geminación más altos cuando se las somete a temperaturas alternas como es el caso de *Panicum maximum var. trichoglume* (Harty y Butler, 1975).

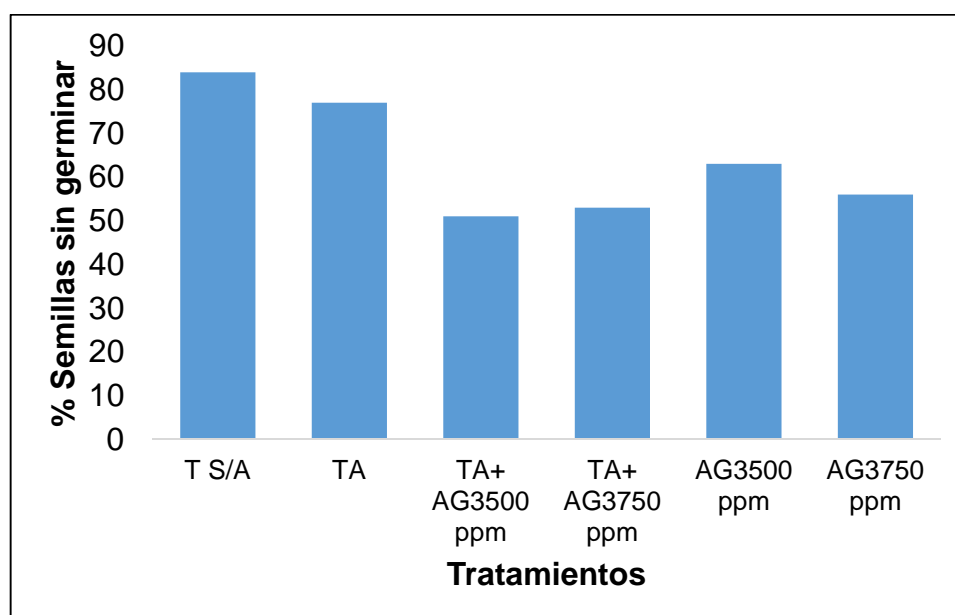


Figura 10. Medias generales de la variable semillas sin germinar en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en invernadero.

Todos los tratamientos superaron al testigo, sin embargo, el mejor tratamiento fue con aplicación de ácido giberélico a una concentración de 500 ppm y temperaturas alternas con 51% de semillas sin germinar y con mayor porcentaje de semillas sin germinar se obtuvo en el testigo con 84%. Esto demuestra que para algunas especies forrajeras como el zacate Buffel, la combinación de tratamientos pregerminativos favorece la germinación.

Le Page (1990), indica que las giberelinas son esenciales para los tratamientos de germinación y eliminación de latencia ya que pueden inducir la síntesis o un

cambio en su comportamiento, o en la insensibilidad de los tejidos permitiendo a si la germinación de las semillas.

Jiménez (1990), mencionó que la germinación de semillas de especies forrajeras tropicales se lleva acabo solamente bajo ciertas temperaturas, y esta puede variar de acuerdo a la especie que se trate, para el caso de *Cenchrus ciliaris* L. varía de 25 a 35 °C, siendo la óptima de 30 °C mejorándose notablemente la germinación con el uso de temperaturas alternas.

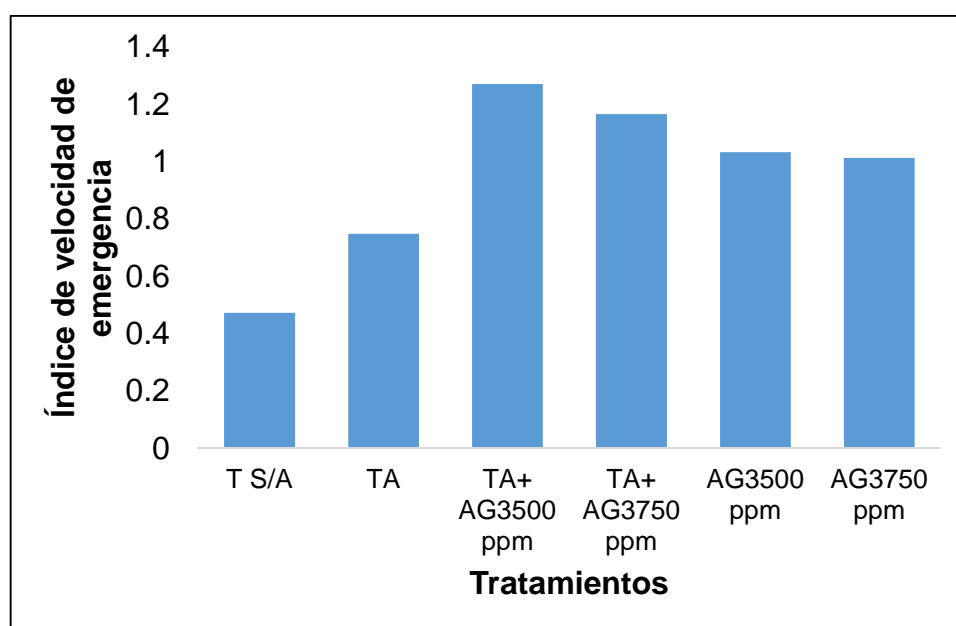


Figura 11. Medias generales de la variable índice de velocidad de emergencia en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en invernadero.

Todos los tratamientos fueron superiores en comparación al testigo, sin embargo, el tratamiento el cual corresponde al uso de temperaturas alternas en combinación con ácido giberélico a una concentración de 500 ppm fue el mejor con un índice de velocidad de emergencia de 1.165 y con el índice más bajo se encontró el testigo con un Índice de velocidad de emergencia de 0.4723. con esto se comprueba que el uso del ácido giberélico en combinación con temperaturas

alternas trae un resultado beneficioso en la germinación y emergencia de las semillas. Harty y Butler (1975), indicó que la temperatura como la luz son determinantes en la expresión del máximo potencial germinativo, pero las magnitudes y regímenes más favorables deben ser establecidos para cada especie.

Correlación entre Variables de Germinación y Vigor

Los resultados del análisis de correlación (Cuadro 7) de las variables del ensayo de germinación y las variables de vigor, indicaron que existe una relación negativa ($r = -0.99537$) altamente significativa ($P < 0.0001$) entre las variables plántulas normales y semillas sin germinar, estos resultados fueron observados también en laboratorio y la relación que existe entre estas variables es evidente, entre más aumente los porcentajes de una variable la otra disminuye, como el caso de plántulas normales cuando este aumenta el porcentaje de semillas sin germinar disminuye, también se encontró una correlación positiva ($r = 0.52152$) altamente significativa ($P = 0.0090$) entre plántulas normales y longitud de plúmula, entre más desarrollada se encuentre una plántula más pronto aprovechara la energía lumínica para realizar la fotosíntesis, así mismo se encontró una relación positiva ($r = 0.55890$) altamente significativa ($P = 0.0045$) entre las variables plántulas normales e índice de velocidad de emergencia ya que entre más rápido sea la emergencia es más posible asegurar un buen desarrollo de las plántulas debido a lo antes mencionado con el aprovechamiento más rápido de energía lumínica y realizar la fotosíntesis. También se encontró una relación negativa ($r = 0.0045$ y $r = 0.0035$ respectivamente) altamente significativa ($P = 0.0045$ y $P = 0.0035$ respectivamente) para las variables semillas sin germinar con longitud de plúmula y semillas sin germinar con índice de velocidad de germinación ya que para ambos casos entre mayor sea el porcentaje de semillas sin germinar se ve afectado la germinación de las semillas, así como el desarrollo de estas. Estos resultados demuestran que las variables del ensayo de germinación de las semillas del zacate Buffel están muy relacionados con las variables de vigor, ya que entre mejor sea el vigor y la

calidad de las semillas, estas tienen la suficiente capacidad de germinar y desarrollar plántulas normales.

Cuadro 7. Correlación de las variables del ensayo de germinación y vigor del experimento en invernadero en semillas de zacate Buffel con aplicación de temperaturas alternas, ácido giberélico y su combinación.

Variabes	PN	PA	SSG	LMP	LMR
PA	0.01382				
SSG	-0.99537 **	-0.10987			
LMP	0.52152 **	0.42477	-0.55925 **		
LMR	0.30191	0.49598	-0.34779	0.37178	
IVE	0.55890 **	0.17220	-0.57213 **	0.20782	0.31808

Niveles de significancia al 0.05 % * y 0.01% **. PN= Plántulas normales, PA= Plántulas anormales, SSG= Semillas sin germinar, LMP= Longitud media de plúmula, LMR= Longitud media de radícula, IVE= Índice de velocidad de emergencia.

Regresión Lineal

Se realizó el análisis de regresión lineal para cada resultado significativo en el análisis de correlación que se comentó previamente con el objetivo de predecir o estimar la asociación entre las variables del ensayo de germinación y vigor medidas en invernadero (Cuadro 12, 13, 14 y 15). Los resultados del análisis de regresión indicaron que el modelo de predicción confiable fue la asociación entre plántulas normales y semillas sin germinar ya que su valor de R^2 (coeficiente de correlación) se acerca más a uno ($R^2= 0.9908$), mientras que para las asociaciones entre plántulas normales y longitud de plúmula, plántulas normales e índice de velocidad de emergencia, semillas sin germinar y longitud de plúmula y entre semillas sin germinar e índice de velocidad de emergencia la predicción no es tan confiable ya que el R^2 en estas asociaciones resultaron ser bajos ($R^2 =0.272$, $R^2 =0.3144$, $R^2 =0.3128$, $R^2 =0.3296$).

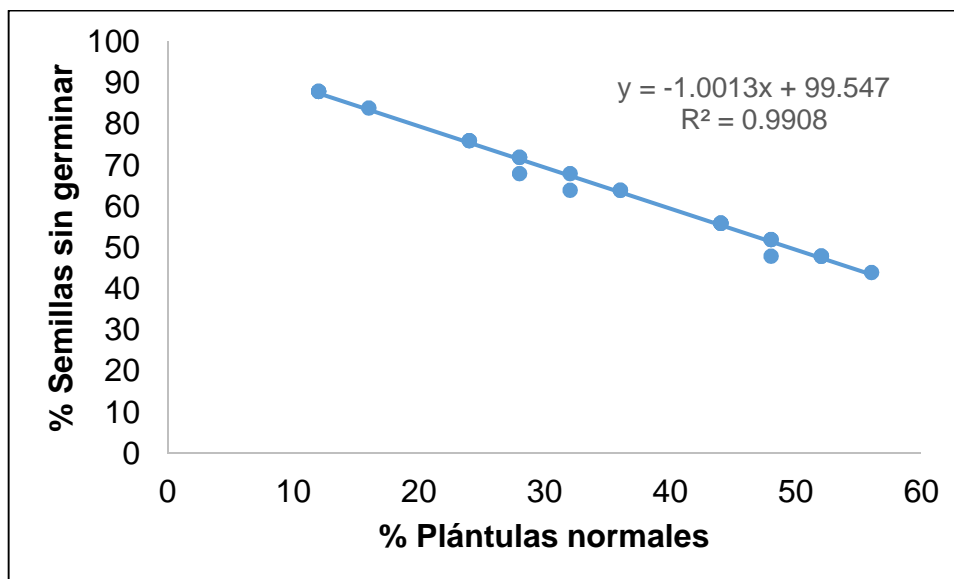


Figura 12. Asociación entre la variable plántulas normales y la variable semillas sin germinar y su ecuación de predicción en el ensayo de invernadero.

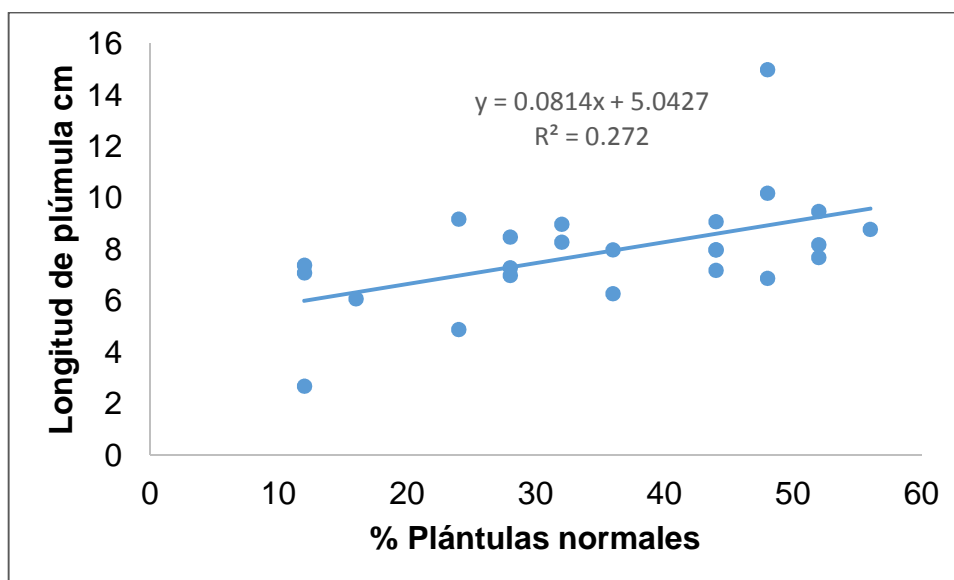


Figura 13. Asociación entre la variable plántulas y la variable longitud de plúmula y su ecuación de predicción en el ensayo de invernadero.

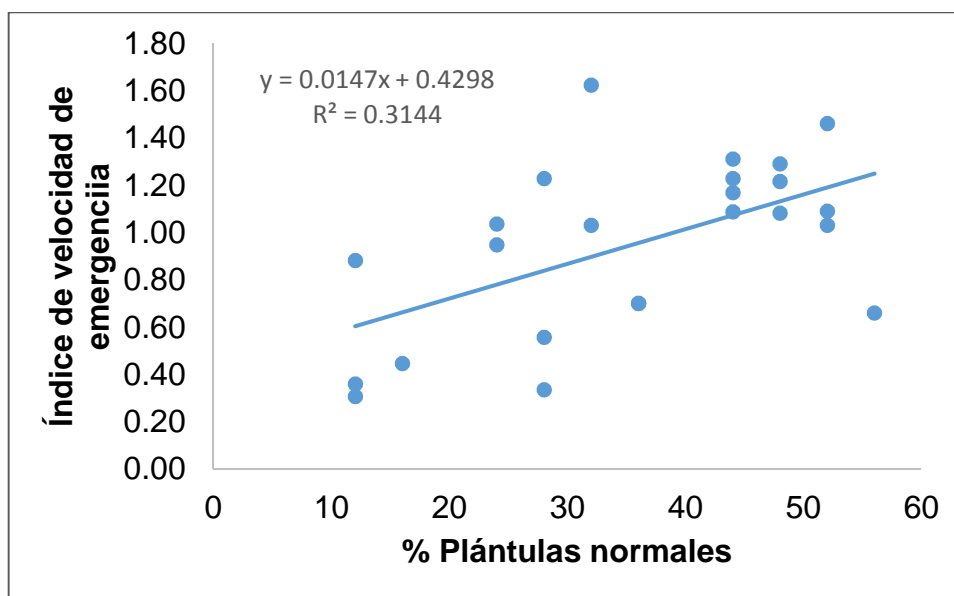


Figura 14. Asociación entre la variable plántulas normales y la variable índice de velocidad de emergencia y su ecuación de predicción en el ensayo de invernadero.

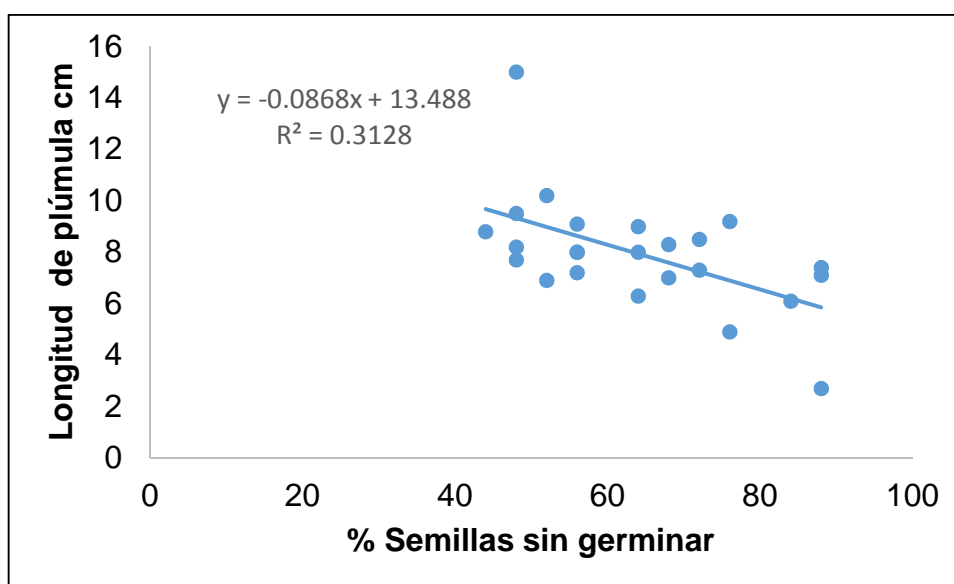


Figura 15. Asociación entre la variable semillas sin germinar y la variable longitud de plúmula y su ecuación de predicción en el ensayo de invernadero.

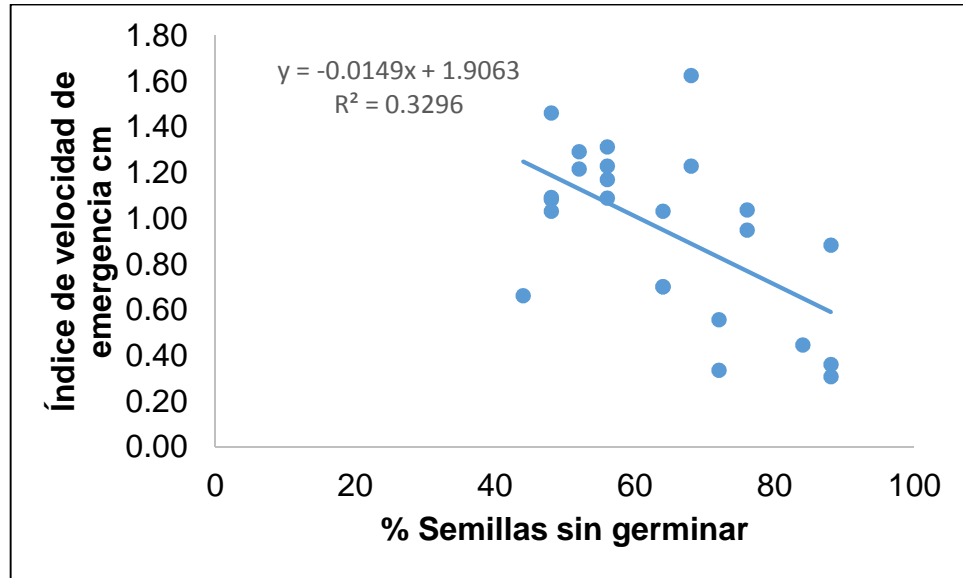


Figura 16. Asociación entre la variable semillas sin germinar y la variable índice de velocidad de emergencia y su ecuación de predicción.

CONCLUSIONES

- En condiciones de laboratorio el tratamiento que más destaco en el rompimiento de la latencia fue ácido giberélico a una concentración de 750 ppm.
- El tratamiento que indujo mayor vigor en longitud de plúmula fue al aplicar, temperaturas alternas más ácido giberélico 750 ppm.
- En invernadero el tratamiento que destaco en el rompimiento de la latencia y vigor de las semillas fue al aplicar ácido giberélico a una concentración de 500 ppm más temperaturas alternas.
- El ácido giberélico tiene un papel crítico en la ruptura de la latencia de zacate Buffel. A una concentración de 500 o 750 ppm promueve la germinación en un menor periodo de tiempo acortando o eliminando la latencia que las semillas presentan, pero al combinarlo con temperaturas alternas se tiene efecto positivo en las variables de vigor.
- En laboratorio e invernadero se detectaron correlaciones entre las variables de germinación y vigor, destacándose la correlación entre la variable plántulas normales e índice de velocidad de germinación y emergencia, así mismo entre plántulas normales y semillas sin germinar, en base a la cual se definió ecuaciones de predicción.
- Los resultados del análisis de regresión indicaron que el modelo de predicción confiable tanto para laboratorio como invernadero fue la asociación entre plántulas normales y semillas sin germinar ya que su valor de R^2 (coeficiente de correlación) se acerca más a uno ($R^2=0.9711$, $R^2= 0.9908$), mientras que en las demás asociaciones en ambas condiciones el R^2 fueron bajos.

REFERENCIAS

- Alcalá, G. C. 1995. Origen geográfico y características biológicas. en: Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate Buffel. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora, A.C. PATROCIPES. Sonora, México. <http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P95009.php>.
- Association of Official Seed Analyst (AOSA). 1983. Seed Vigour Testing Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing. USA. pp. 20-24.
- Ayerza, R. 1981. El buffelgrass: Utilidad y manejo de una promisorio gramínea. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 139 p.
- Bath, V., Dwivedi, K.K., Khurana, J.P. and Sopory, S.K. 2005. Apomixis: An enigma with potential applications. Special Section: Embriology of Flowering Plants. Current Sci. 89 (11) 1879-1893.
- Bashaw, E. C. 1985. Buffel Grass Origins. In Buffel Grass: Adaptation, Management and Forage Quality. The Texas Agricultural Experimental Station in Cooperation with the Texas Agricultural Extension Service; U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service. College Station, Texas 77843. pp. 6-8.
- Becerra, D.J.A. 1981. resumen de avances de investigación del centro de investigaciones pecuarias del estado de Sonora. efecto de diversos tratamientos escarificadores sobre la germinación de la semilla de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Disponible en: <http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/p81003.php>.
- Beetle, A. A. 1987. Noteworthy grasses from Mexico. XIII. Phytologia 63(4): 209-297.
- Beltrán, L. S., Loredó, O. C., Núñez, Q. T., González, E. L. A., García, D. C. A., Hernández, A. J. A., Urrutia, M. J. y Gámez, V. H. G. 2008. Buffel Titán y Buffel Regio nuevas variedades de pastos para el Altiplano de San Luis Potosí (Establecimiento y Producción de semilla). INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 35. San Luis Potosí, S. L. P. México. 36 p.
- Bilbao, B. y Matías, C. 1979. Efecto de las Temperaturas Alternas en la Germinación de las Semillas de *Cenchrus Ciliaris* L. Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba, pp. 411-419.

- Burquez, A. 2007. El Zacate Buffel: Transformación Ecológica y Social. CONABIO. Biodiversidad 74:8-12.
- Butler, J. E. 1985. Germination of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). Seed Sci. & Technol. 13: 538-591.
- Buxton, D. R. and Fales, S.L. 1994. Plant environment and quality. In: Fahey G.C. Jr. (Ed) National Conference on Foraje Quality. Evaluation and utilization Lincoln Nebraska. pp. 155-199.
- Bhattacharya, J. and Khuspe, S. (2001). In vitro and in vivo germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. Scientia Horticulturae. 91: 39-49.
- Cantú, B., J. E. 1989. 150 Gramíneas del Norte de México. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. pp. 116.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1991. Elementos Esenciales para el Éxito de un Programa de Semillas. Guía de Estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio tutorial. Cali. Colombia. pp. 7-9.
- Cordero, M. J. y Oliveros, M. 1983. Evaluación de temperatura y tiempo para conducir pruebas de germinación en semillas de *Andropogon gayanus*. Agronomía Tropical 33(1-6):357-366.
- Cox, J. R., Martin, M. H., Ibarra, J. H., Fourie, N. F., Rethoman, G. R. and Wilcox, D. G. 1988. The Influence of Climate and Soils on the Distribution of Four African Grasses. Journal of Management Vol. 41:127-139. USA.
- Dávila, A. P. y Sánchez, K. J. 2012. La importancia de las gramíneas como forraje en México. *Ciencias*, no 044. Consultado: 26/04/2016. <http://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/viewFile/11527/10852>
- Dirven, J. G. and Deinum, B. 1977. The effect of temperature on the digestibility of grasses: Ananalysis. Forage Res. 3: 1-17.
- Eguiarte, V. J. A. y González, S. A. 2004. Validación de tecnología para la producción de semilla de pastos en el trópico seco. México Ganadero 507:40-43.
- Enríquez, Q. F. J.; Meléndez, N. F. y Bolaños, A. E. D. 1999. Tecnología para la producción de forrajes tropicales en México. INIFAP. Campo Experimental Papaloapan. CIRGOC. Libro técnico Núm. 7. Veracruz, México. 262 pp
- Faria, J., García, A. L. y González, B. 1996. Efecto de métodos químicos de escarificación sobre la germinación de seis gramíneas forrajeras tropicales. Revista de la facultad de Agronomía (LUZ) 13: 387- 393.

- Finch, S. W. E. and Leubner, M. G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* 171:501-523
- García, B. F. 2003. Latencia de Yemas y Semillas. *Biología y Botánica*. Universidad politécnica de Valencia. Consultado: 26/04/2016. Disponible en: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_16.htm.
- González, Y., Mendoza, F. y Torres, R. 1994. Efecto del almacenamiento y la escarificación química y mecánica sobre las semillas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilik. *Pastos y Forrajes* 17(1):35-43.
- Guiraudó, M. 2003. Marca Líquida Agropecuaria, Córdoba, 13(121):17-21. Consultado: 26/04/2016. Disponible: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/74-buffel.pdf.
- Gutiérrez, C., Herrera, J. y Alizaga, R. 2006. Optimización de las condiciones de germinación de cuatro especies de pastos tropicales II *Brachiaria humidicola* y *Panicum maximum*. *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 19, no 3, p. 27.
- Hanselka, C.W.; Northup, B. and McKnown, D. 1996. Common Buffelgrass stand establishment as affected by seed treatment and seedbed preparation. In: La Copita research area: consolidated progress report. TAES. Texas A&M Univ., College Station. CPR-5047. p. 197
- Harty, R. L. and Butler, J. E. 1975. Temperature requirements for germination of green panic, *Panicum maximum* var. *trichoglume*, during the after-ripening period. *Seed science and technology*.
- Harty, R. L., Hopkinson, J. M., English, B. H. and Alder, J. 1983. Germination, dormancy and longevity in stored seed of *Panicum maximum*. *Seed Science and Technology* 11, 341-351.
- Hernández, M. y Simón, L. 1980. Hierba Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Pastos y Forrajes*, *Pastos y Forrajes* Vol. 3, No. 1. 24 p.
- Hernández, X. E. y Ramos, S. A. 1987. Mejoramiento de las plantas forrajeras en México, en *Xolocotzia* II. Hernández X. (Ed.). *Revista de Geografía Agrícola*, Universidad Autónoma de Chapingo, México, pp. 533-551.
- Hernández, X.E., Tapia, J.C. y Buller, R.E. 1956. Los pastizales del noroeste. *Agricultura. Técnica en México*. México, D.F. N°3 pp. 6-7,42-43.

- Ibarra, F. F., Cox, J. R. y Martín, R. 1991. Efecto del Suelo y Clima en el Establecimiento y Persistencia del Zacate Buffel en México y Sur de Texas. Séptimo Congreso Nacional. SOMMAP: Simposium Internacional. Aprovechamiento Integral del Zacate Buffel. Cd. Victoria, Tamaulipas. pp. 14-28.
- International Seed Testing Association (ISTA) 1985. International Rules For Seed Testing. Seed Sci. and Tech. 4:1-177.
- Ivory, D. A. and Whiteman, P. C. 1978. Effect of temperature on growth of five subtropical grasses. I. Effect of day and night temperature on growth and morphological development. Functional Plant Biology, 5(2), 131-148.
- Jiménez, G. C., Maciel, P. L. H., De Alba, A. A. y González, C. F. 2005. Siembra de Zacate Buffel. Campo Experimental Pabellón. Centro de Investigación regional norte centro. Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias. Folletos para productores. Núm. 37. 3 p.
- Le Page, D. M. T. 1990. Role des gibberellines et de l'acide abscissique dans la germination et la dormance des semences: pour une approche dynamique. Seed science and technology, 18(2), 345-356.
- López, C. U. J. y López, D. U. 2011. Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Un estudio sobre los efectos de pastoreo simulado y fertilización sobre su productividad y calidad nutritiva.
- Loredo, O. C., S. Beltrán, L., Villanueva, D. y Urrutia, M. 2005. Establecimiento del pasto Buffel para el control de la erosión hídrica. Folleto Técnico No. 26.
- Lozano, E. C., Martínez-González, J., Encinia, F. B. y Fitzmaurice, A. S. 2011. Producción de semilla de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo diferentes ambientes agroecológicos en Tamaulipas, México. Revista de la Facultad de Agronomía, 28(3).
- Maldonado, J. D. 2015. Métodos de análisis de pureza física para determinar semilla pura viable en cinco gramíneas forrajeras. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila. México.
- Martin, R. M. H. 1994. The Effect of Climate and Spittlebug (*Aeneolamia albofasciata*) on Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) Productivity in the Sonoran Desert.
- Marshall, V. M., Lewis, M. M., y Ostendorf, B. 2012. Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: a review. Journal of Arid Environments. 78: 1-12.

- Mérola, R., y Díaz, S. 2012. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Trabajo final curso de post-grado: Producción de semillas de plantas forrajeras. UNIVERSIDAD DE LA EMPRESA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. MONTEVIDEO URUGUAY. <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/inhibir-dormancia-semillas-plantas-forrajeras/inhibir-dormancia-semillas-plantas-forrajeras.pdf>.
- Meyer, B. S., Anderson, D. B. y Bohning, R. H. 1972. Introducción a la Fisiología Vegetal. Universidad de Buenos Aires, Argentina. pp. 596.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. UNAM. 3ª Edición. México.
- Netherlands, K. A. A. 1977. The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination. The Sevier/North Holland Biomedical Press, USA. pp. 30-50.
- Pérez, H. 1996. Pasturas cultivadas: Implantación y manejo de pasturas cultivadas subtropicales. INTA. Estación Experimental Santiago del Estero: 7.
- Perry, D. A. 1973. Seed vigour and establishment. Hort. Abst. Vol 42: 334-342. England.
- Pritchard, A. J. 1967. Apomixis in *Brachiaria decumbens* Stapf. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 33: 264-265.
- Saldivar, 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. Ciudad Victoria Tamaulipas, México. pp. 5-6.
- Sánchez, J. M., Aparicio, Y. V., Enríquez, d V. J. R., Rodríguez, J. C. C. y Dávila, M. A. V. 2013. Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiari abrizantha* cv. *Marando*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1263-1272.
- Selvaraj, J., Bhupathi, P., Ramaswamy, K. R. 1984. Influence of season on seed yield in five clones of *Cenchrus ciliaris* L. *Madras Agricultural Journal* 71(10):664-668.
- Snyder, L.A., Hernandez, A.R. and Warmke, H.E. 1955. The mechanism of apomixis in *Pennisetum ciliare*. *Bot. Gaz.* 116: 209-221.

- Statistical Applied System. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.4 User's Guide
Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- Valdez, O. A. 1993. Establecimiento y manejo de zacate Klein, bajo condiciones de riego en el Sur y Centro de Coahuila. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de México. Folleto para productores No. 8
- Valdez, R. J., Dávila, A. y Patricia, D. 1995. Clasificación de los géneros de gramíneas (POACEAE) mexicanas. Acta Botánica Mexicana, núm. 33. pp. 37-50. Instituto de Ecología, A. C. Pátzcuaro, México.
- Vázquez, Y. C. y Orozco, S. A. Fisiología ecológica de semillas en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México. Revista de Biología Tropical, Costa Rica, v.35, n.1, p.85-96, 1987.
- Weaver, R. 1987. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trillas, México, p.249- 421
- Whiteman, P. C., L. R. Humphreys and V. H. Nanteith. 1974. *Cenchrus ciliaris* L. (Buffel Grass). A Course Manual in Tropical Pasture Science. pp. 306-312. USA.
- Whyte, R.O., Moir, T.R.G. y Cooper, J.P. 1959. Las gramíneas en la agricultura. FAO. Roma, Italia. 464 p.

ANEXOS

Experimento en Laboratorio

Cuadro 8. Análisis de varianza de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	S C	C M	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	1184	236.80	4.30	0.0095
Error	18	992	55.11		
Total	23	2176			
Media	24				
C.V.	30.93				

Cuadro 9. Análisis de varianza de la variable plántulas anormales en laboratorio en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	S C	C M	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	11.33	2.26	0.78	0.5740
Error	18	52	2.88		
Total	23	63.33			
Media	0.83				
C.V.	203.96				

Cuadro 10. Análisis de varianza de la variable semillas sin germinar en laboratorio zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	1291.33	258.26	5.26	0.0038
Error	18	884	49.11		
Total	23	2175.33			
Media	75.16				
C.V.	9.32				

Cuadro 11. Análisis de varianza de la variable longitud de plúmula en laboratorio en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	21.42	4.28	2.80	0.0484
Error	18	27.53	1.52		
Total	23	48.95			
Media	5.30				
C.V.	23.29				

Cuadro 12. Análisis de varianza de la variable longitud de radícula en laboratorio en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	10.27	2.054	2.27	0.0917
Error	18	16.31	0.90		
Total	23	26.58			
Media	2.07				
C.V.	45.88				

Cuadro 13. Análisis de varianza de la variable índice de velocidad de germinación en laboratorio en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	1.40	0.28	2.64	0.0584
Error	18	1.91	0.10		
Total	23	3.32			
Media	0.51				
C.V.	63.85				

Experimento en Invernadero

Cuadro 14. Análisis de varianza de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	3606	721.20	14.69	<.0001
Error	18	884	49.11		
Total	23	4490			
Media	35.50				
C.V.	19.74				

Cuadro 15. Análisis de varianza de la variable plántulas anormales en invernadero en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	14	2.80	1.80	0.1637
Error	18	28	1.55		
Total	23	42			
Media	0.50				
C.V.	249.44				

Cuadro 16. Análisis de varianza de la variable semillas sin germinar en invernadero zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	3696	739.20	15.69	<.0001
Error	18	848	47.11		
Total	23	4544			
Media	64				
C.V.	10.72				

Cuadro 17. Análisis de varianza de la variable longitud de plúmula en invernadero en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	29.73	5.94	1.34	0.2915
Error	18	79.72	4.42		
Total	23	109.45			
Media	7.93				
C.V.	26.52				

Cuadro 18. Análisis de varianza de la variable longitud de radícula en invernadero en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	14.78	2.95	0.81	0.5598
Error	18	65.97	3.66		
Total	23	80.75			
Media	3.89				
C.V.	49.17				

Cuadro 19. Análisis de varianza de la variable índice de velocidad de emergencia en invernadero en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	1.71	0.34	4.56	0.0073
Error	18	1.35	0.07		
Total	23	3.07			
Media	0.950625				
C.V.	28.87				