

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**EFFECTO DE ESCARIFICACIÓN QUÍMICA EN ESPECIES FORRAJERAS PARA
GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO MEDIANTE DOSIS DE FERTILIZACIÓN**

TESIS QUE PRESENTA:

Laura Ivette Barrita Bustamante

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS

DIRECTOR:

Dr. Yuri Villegas Aparicio

CODIRECTOR:

Dr. Filogonio Jesús Hernández Guzmán

Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca.
agosto 2023



Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

EFFECTO DE ESCARIFICACIÓN QUÍMICA EN ESPECIES FORRAJERAS PARA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO MEDIANTE DOSIS DE FERTILIZACIÓN

TESIS QUE PRESENTA:

Laura Ivette Barrita Bustamante

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS

DIRECTOR:

Dr. Yuri Villegas Aparicio

CODIRECTOR:

Dr. Filogonio Jesús Hernández Guzmán



Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca.
agosto 2023

La presente tesis titulada: **“Efecto de escarificación química en especies forrajeras para germinación y crecimiento mediante dosis de fertilización”** fue realizada bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN
AGROECOSISTEMAS**

DIRECTOR:

DR. YURI VILLEGAS APARICIO

CODIRECTOR

DR. FILOGONIO JESÚS HERNÁNDEZ GÚZMAN

ASESOR:

DR. JOSÉ CRUZ CARRILLO RODRÍGUEZ

ASESOR:

DR. VICENTE ARTURO VELASCO VELASCO

ASESOR:

DR. JOSÉ RAYMUNDO ENRÍQUEZ DEL VALLE

Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. agosto del 2023

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
CAPÍTULO INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo general	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	5
2.1 Generalidades y antecedentes de pastos para forraje	5
2.2 Importancia de la producción de forrajes	6
2.3 Factores que intervienen en la baja germinación de semillas	7
2.4 Viabilidad de semillas	7
2.5 Tratamientos pregerminativos	9
2.6 Características agronómicas y descripción de genotipos estudiados	10
2.6.1 <i>Bouteloua gracilis</i>	10
2.6.2 <i>Bouteloua repens</i>	10
2.6.3 <i>Bouteloua curtipendula</i>	11
2.6.4 <i>Cenchrus ciliaris</i>	11
2.6.5 Establecimiento y crecimiento de pastos forrajeros	12
CAPÍTULO III EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ESCARIFICACIÓN PARA LA GERMINACIÓN DE SEIS GENOTIPOS DE PASTOS FORRAJEROS	14
3.1 RESUMEN	14
3.2 ABSTRACT	15
3.3 INTRODUCCIÓN	16
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.4.1 Ubicación del sitio experimental y material genético	18
3.4.2 Periodo de germinación	19
3.4.3 Variables evaluadas	20
3.4.4 Diseño experimental	21

3.4.5 Análisis estadísticos	21
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.5.1 Porcentaje de humedad de semillas.....	22
4.5.2 Imbibición de semillas	23
4.5.3 Germinación de semillas sometidas a escarificación	24
4.5.4 Comportamiento de seis especies de pastos forrajeros en soluciones como tratamientos pregerminativos	26
4.5.5 Comportamiento de especies forrajeras, soluciones químicas y tiempo de inmersión para germinación	28
3.6 CONCLUSIÓN.....	30
3.7 BIBLIOGRAFÍA.....	31
CAPÍTULO IV EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE SEIS ESPECIES FORRAJERAS	34
4.1 RESUMEN.....	34
4.2 ABSTRACT	35
4.3 INTRODUCCIÓN.....	36
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS	38
4.4.1 Ubicación del sitio experimental	38
4.4.2 Establecimiento de las parcelas	39
4.4.3 Fertilización	39
4.4.4 Variables evaluadas	39
4.4.5 Diseño experimental.....	40
4.4.6 Análisis estadísticos	40
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.5.1 Comportamiento de las variables de seis especies de pastos forrajeros	40
4.5.2 Comportamiento de especies forrajeras respecto a fertilización	42
4.5.3 Comportamiento en el crecimiento y desarrollo de pastos forrajeros en respuesta a fertilización.....	44
4.5.4 Contenido de biomasa de materia seca de seis especies de pastos forrajeros.	47
4.5.5 Efecto de la fertilización en seis especies forrajeras para la producción de biomasa.....	48
4.6 CONCLUSIONES	49

4.7 BIBLIOGRAFÍA.....	50
CAPÍTULO V CONCLUSIONES GENERALES	53
CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA GENERAL	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.1	Contenido de humedad de seis especies de pastos nativos e introducidos en Valles Centrales de Oaxaca.	22
1.2	Análisis de varianza del comportamiento de seis especies de pastos forrajeros en soluciones químicas como tratamientos pregerminativos.	27
1.3	Comportamiento de especies forrajeras, soluciones químicas y tiempo de inmersión en las variables estudiadas.	29
2.1	Análisis de varianza del crecimiento de seis especies de pasto con fertilización 120-60-00 en condiciones de invernadero en Oaxaca, México.	41
2.2	Comportamiento de medias de las características fenológicas de seis genotipos de pastos forrajeros con fertilización 210-60-00 y el testigo en invernadero en Oaxaca, México.	43
2.3	Análisis de varianza de materia seca de seis especies de pastos forrajeros.	48
2.4	Comparación de medias de materia seca de seis pastos forrajeros.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página.
1.1	Curva de imbibición de semillas de seis especies de pastos forrajeros	24
1.2	Porcentaje de germinación de seis especies de pastos forrajeros en respuesta a tratamientos de escarificación con soluciones químicas.	25
2.1	Crecimiento semanal de seis especies de pastos forrajeros con aplicación de fertilizante y el testigo.	45

RESUMEN

Los pastizales tienen importancia alimenticia y ecológica pero la mayoría de las especies forrajeras presentan problemas de germinación. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar la escarificación química en semillas de pastos forrajeros para determinar el porcentaje de germinación y el crecimiento de plántulas en diferentes dosis de fertilización, se utilizaron seis especies de pastos forrajeros. primero se realizaron pruebas de viabilidad (porcentaje de humedad, porcentaje de imbibición y prueba de tetrazolio. se utilizaron seis sustancias químicas y un testigo con diferentes tiempos. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial 6x7x9, con tres repeticiones por tratamiento, se realizaron análisis de varianza y pruebas de Duncan (0.05) para ambos experimentos. Para evaluar el crecimiento, el cultivo se estableció en macetas aplicando dos dosis de fertilización, al principio de la siembra (60-60-00) y la segunda (60-00-60 cuando desarrollaron macollos, se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial 6x2 con 5 repeticiones cada tratamiento. La especie que mostró mayor porcentaje y velocidad de germinación, fue *Pappophorum vaginatum*, inmersa en

ácido sulfúrico y agua Oxigenada, de igual manera es la misma especie que fue más responsiva a la fertilización mostrando mayor altura, en comparación de *B. repens* quien mostró más follaje. Se concluye que la especie que obtuvo mayor germinación fue *P. vaginatum*, la mejor solución química fue ácido clorhídrico y agua oxigenada en un rango de tiempo 1-4 minutos.

ABSTRACT

Grasslands are of nutritional and ecological importance. However, most forage species present germination problems. For this reason, we propose to evaluate the scarification of forage grass seeds. To determine the germination rate and seedling growth at different fertilization doses, six forage grass species were used. For this purpose, viability tests (moisture percentage, imbibition percentage and tetrazolium test) were carried out. For scarification, six chemical substances and a control were used at different times. A completely randomized experimental design with a 6x7x9 factorial arrangement was used, with three replicates per treatment, analysis of variance and Duncan's test (0.05) were performed for both experiments. To evaluate growth, the crop was established in pots applying two doses of fertilization, at the beginning of sowing (60-60-00) and the second one (60-00-60 when they developed tillers, a completely randomized experimental design was used with a 6x2 factorial arrangement with 5 replicates per treatment. The species that showed the highest percentage and speed of germination was *Pappophorum vaginatum*, immersed in sulfuric acid and hydrogen peroxide, as

well as the same species that was more responsive to fertilization, showing greater height, compared to *B. repens*, which showed more foliage. It is concluded that the physical and physiological characteristics of the seeds will depend on the effectiveness of chemical scarification or the use of fertilizer as well as climatic and edaphic factors. The species that showed the highest percentage and speed of germination was *Pappophorum vaginatum*, immersed in sulfuric acid and hydrogen peroxide. sulfuric acid and hydrogen peroxide, and it is also the same species that was more responsive to fertilization, showing greater height, compared to *B. repens*, which showed more foliage. It is concluded that the species that obtained greater germination was *P. vaginatum*, the best chemical solution was hydrochloric acid and hydrogen peroxide in a range of time 1-4 minutes.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los pastizales son ecosistemas de importancia ecológica y alimenticia, albergan gran cantidad de especies que evitan la erosión del suelo y prevalecen su diversidad, asimismo es beneficio para el sector ganadero ya que es base de alimentación para el ganado Sosa-Montes *et al.*, (2021). Sin embargo, el problema que aqueja los pastizales es el exceso de carga animal, desencadenando el sobrepastoreo, ocasionando la funcionalidad del ecosistema, dañando la calidad y alterando las condiciones edafoclimáticas para la germinación de semillas y el establecimiento de plantas (Zaragoza-Quintana *et al.*, 2022).

México tiene gran diversidad de especies nativas forrajeras, los cuales incluyen los géneros *Bouteloua*, *pappophorum*, *Leptochloa*, *Lycurus*, *Digitaria*, *Andropogon*, entre otros, que se adaptan a diferentes condiciones Quero-Carrillo *et al.*, (2014), además favorecen el desarrollo de pastizales naturales, siendo estos que mayormente se encuentran en clima árido y semi árido que ocupa el

80% del total, mientras que los de clima templado, donde se desarrollan especies introducidos principalmente es un total del 20% es importante ampliar o diversificar especies, haciéndolas resistentes genéticamente ante el cambio climático (Quero-Carrillo *et al.*, 2017).

Del mismo modo existen otros factores como, el tipo de suelo, y el tipo de recipiente donde se almacenan las semillas que influyen parcialmente en la germinación, establecimiento y desarrollo de especies de pastos forrajeros, que incluyen los géneros *Bouteloua*, *Pappophorum* y *Cenchrus*; en consecuencia a ello los pastos no germinan debido a estructuras florales como las glumas lemas paleas que impiden la entrada del agua a la cariósida (Velásquez-Martínez *et al.*, 2022; Quero-Carrillo *et al.*, 2014).

En ese mismo contexto la escarificación física o química promueve la germinación ya que las semillas botánicas son liberadas de los apéndices accesorios antes mencionados Hernández-Guzmán (2015). Las semillas botánicas una vez liberadas de apéndices accesorios van a incrementar la velocidad de germinación, Quero-Carrillo *et al.*, (2017) determinaron que la germinación en el caso de navajita la emergencia sucedió a los siete días mientras que banderita lo hizo en cinco días.

Sin embargo, no existen un método para realizar tal actividad de manera industrial por lo que el uso de sustancias químicas como ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, acetona, alcohol, agua oxigenada y vinagre no se pueden aplicar a un gran volumen Hernández-Flores *et al.*, (2016), por lo anterior es necesario publicar un método de escarificación en el cual se pueda incrementar la germinación de semillas para rehabilitar agostaderos degradados.

Por otro lado, el rendimiento es otro factor que se determina para el crecimiento y desarrollo de las especies, en este caso cuando no existe producción máxima se ve afectada por la reducción de crecimiento; los factores que influyen en ello son la temperatura y precipitación (Villegas-Aparicio *et al.*, 2004).

Aunado a ello, el establecimiento e introducción de pastos nativos específicamente en zonas áridas, en donde se refleja la baja producción de dichas especies nativas, lo cual se debe al bajo manejo a semillas y suelo, así como el nulo manejo adecuado de las parcelas para que disminuya la competencia con otras malezas por nutrientes, así mismo, el principal factor que afecta el establecimiento de los pastos nativos es el cambio climático (Quero-Carrillo *et al.*, 2017; Moreno-Gómez *et al.*, 2012; Álvarez-Vázquez *et al.*, 2022).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar la escarificación en gramíneas forrajeras para determinar la tasa de germinación y el crecimiento de plántulas en diferentes dosis de fertilización.

1.1.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de diferentes tratamientos de escarificación para la germinación de seis genotipos de pastos forrajeros.

Evaluar el crecimiento de seis genotipos de pastos forrajeros con diferentes dosis de fertilización.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades y antecedentes de pastos para forraje

Las gramíneas han sido utilizadas principalmente como forraje para alimentación de los rumiantes y demás especies silvestres Enríquez-Quiroz *et al.*, (2021). La alimentación del ganado, se basa principalmente en pastoreo, por ello se necesita forraje de calidad para brindarle los requerimientos nutricionales que necesitan los animales Álvarez-Vázquez *et al.*, (2022). Sin embargo, el uso de las gramíneas también se dirige a la parte ecológica, ya que ayuda a la cobertura del suelo, disminuyendo la desertificación, además de darle funcionalidad y buena condición a los pastizales (Ramírez-Meléndez *et al.*, 2020).

No obstante, la adaptación de pastos en zonas áridas y semiáridas es complicada, ya que no existe un control para su establecimiento, en donde influyen factores como la evaluación de calidad de semillas y principalmente la competencia de nutrientes que sufren con otras especies silvestres Quero-Carrillo *et al.*, (2014). De esta manera el establecimiento de pastos forrajeros está influenciado principalmente por las condiciones edafoclimáticas, tales como,

temperatura, humedad, y tipo de suelo, en ello se refleja la adaptabilidad y el establecimiento adecuado de especies con alto potencial alimenticio para la ganadería (Enríquez-Quiroz *et al.*, 2021).

2.2 Importancia de la producción de forrajes

México cuenta con una amplia diversidad de climas, con mayor predominancia climas áridos y semiáridos, permitiendo que la diversidad de especies de plantas con adaptación a esas condiciones, permite la predominancia de especies nativas: navajita (*Bouteloua gracilis*), banderita (*Boueloua curtispindula*), sabanilla (*Boueteloua repens*), (*Pappophorum bicolor*), (*Pappophorun vaginatum*), e introducidas, buffel (*Cenchrus ciliaris*), y estas son principalmente empleadas para restaurar pastizales con deficiencias (Jurado-Guerra *et al.*, 2021).

A estas especies se les atribuye importancia ecológica, alimenticia y económica; el género *Bouteloua*, de los más importantes, en donde de este sobresale banderita (*Bouteloua curtispindila*), navajita (*Bouteloua gracilis*) y (*Bouteloua repens*), se ha incorporado a pastizales para su regeneración, a estas especies se les atribuye la capacidad de adaptarse a sequías prolongadas. Asimismo, a los géneros *Pappophorum* y *Cenchrus* también se les atribuye las mismas características, ya que contienen una gran cantidad de follaje el cual es seleccionado para el consumo del ganado, en épocas de es cases, además del contenido de nutrientes, aun en senescencia (Martínez Sifuentes *et al.*, 2020; Quero Carrillo *et al.*, 2017).

Sin embargo, algunas condiciones climáticas, edáficas o características fisiológicas de las semillas, determinan la baja germinación e incorporación de dichas especies para el establecimiento en los pastizales (Esqueda-Coronado *et al.*, 2005).

2.3 Factores que intervienen en la baja germinación de semillas

El principal problema de las gramíneas forrajeras es el mecanismo de latencia es una característica que presentan las semillas, y por tal motivo impide el proceso de germinación de las semillas, aun así, dándole condiciones favorables, sin embargo, la latencia se relaciona a diferentes condiciones que no favorecen a la semilla durante el periodo de diseminación (Figuroa *et al.*, 1996).

El clima y otros factores ambientales influyen principalmente a la germinación de las semillas. Los factores climáticos y ambientales también influyen de una manera importante en la calidad de la semilla y por ende en la exitosa germinación (Abril-Saltos *et al.*, 2017)

La calidad de las semillas de especies forrajeras varía en comparación con las semillas de las leguminosas, ya que las gramíneas presentan problemas de latencia, inmadurez del embrión, estos aspectos se relacionan con el tiempo y forma de almacenamiento (Palma-Rivero *et al.*, 2000).

2.4 Viabilidad de semillas

La baja germinación en pastos utilizados para forraje es una característica que esta siempre en las gramíneas para pastizal, se debe a que no son especies domesticadas, ya que las semillas no germinan de manera rápida aun dándole

las condiciones óptimas de humedad y temperatura. aunado a ello es importante mantener la buena calidad de las semillas, empleando pruebas germinativas y de vigor para determinar su calidad y garantizar la germinación (Rivas-Jacobo *et al.*, 2018).

En la etapa de germinación de las semillas interviene aspectos como la imbibición, la viabilidad y el vigor; ayudan a determinar por problemas para la germinación poco exitosa Monroy-Vázquez *et al.*, (2016); en cuanto a la prueba de viabilidad en semillas es un periodo en donde indica el potencial que puede presentar las semillas para seguir con el proceso de germinación (Rojo *et al.*, 2012).

De esta manera se considera que una semilla viable es cuando presenta tejidos para generar una plántula de vigor y calidad también se considera una medida de calidad. Sin embargo, hoy día, se considera que no existen suficientes estudios de viabilidad en especies nativas, ya que pueden influir diferentes factores para la nula germinación (Mancipe-Murillo *et al.*, 2018).

No obstante, las gramíneas en general, desarrollan una característica denominada latencia, es una propiedad que presenta la semilla, es decir, las condiciones ambientales en donde puede germinar están determinada por su genética Mancipe-Murillo *et al.*, (2018). Asimismo, existen otros factores que intervienen tales como, mecanismos fisiológicos, como puede ser embriones inmaduros, impermeabilidad y presencia de algunas sustancias inhibidores de germinación (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006).

Ante estas problemáticas para la germinación de las semillas de pastos forrajeros existe una alternativa para asegurar la germinación, primero realizando pruebas de viabilidad, ya que promueve la hidratación de las semillas y activar su actividad fisiológica. Iniciando con determina el porcentaje, ya que este es un factor que influye mayormente para la germinación de semillas (Beltrán-López *et al.*, 2002)

Desde otra perspectiva, existe el método de cloruro de tetrazolio, consiste en meter las semillas en esta solución, alrededor de 24 a 48 horas, el actuar del tetrazolio se refleja en la tinción del embrión de la semilla de rojo, indicando que el embrión está vivo y puede ser viable, sin embargo, esta prueba no garantiza la germinación de las semillas (ISTA, 2021).

2.5 Tratamientos pregerminativos

Los tratamientos pregerminativos son métodos utilizados para romper la latencia en semillas, desgastando la testa que rodea a la semilla, sin dañar al embrión, con el fin de permitir la permeabilidad de nutrientes, agua y oxígeno, para ello se aplican tratamientos como la escarificación, existen diferentes tipos de tratamientos para permitir la germinación en semillas, tales como: la escarificación de las cuales existen dos tipos, la mecánica, consiste en desgastar la cubierta de forma manual, con lija, limas u otro artefacto, sin embargo, para grandes cantidades es necesario el uso de máquinas (Coa-Urbaz *et al.*, 2014).

En tanto, la escarificación química, se realiza por medio de la inmersión de las semillas en soluciones químicas por determinado tiempo, algunas soluciones de uso común son ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, con estas sustancias si se

recomienda un tiempo de inmersión corto dependiendo de cada especie (Varela y Arana, 2011).

En consecuencia, la estratificación también se utiliza como método pregerminativo, consiste en someter las semillas en sustratos (arena o turba), que ayuden a conservar humedad y asemejar temperaturas ya sean altas o bajas simulando estaciones del año como invierno y verano (Hernández-Flores *et al.*, 2016; Viveros-Viveros *et al.*, 2015).

2.6 Características agronómicas y descripción de genotipos estudiados

2.6.1 Bouteloua gracilis

Bouteloua gracilis, su nombre común navajita, es un pasto perenne y de mayor importancia en México, está distribuida en la mayor parte del desierto ubicado en Chihuahua, que comprende Estados Unidos en el sur, el norte y centro de México (Beltrán-López *et al.*, 2013). *B. gracilis* es una especie adaptada a climas áridos y semiáridos, esta especie empieza su aparición con las primeras lluvias, sin embargo, con las condiciones limitantes de humedad. La importancia de esta especie radica en la introducción en pastizales para su rehabilitación (Moreno-Gómez *et al.*, 2012).

2.6.2 Bouteloua repens

Se distribuye ampliamente en la parte central de México principalmente se encuentra ubicada en estados como Jalisco, Aguas calientes, San Luis Potosí, Guanajuato, Colima, Michoacán, también en la parte sur del país, pero en menor proporción, en Oaxaca, Guerrero, entre otros (Martínez-Sifuentes *et al.*, 2020).

Esta especie como la mayoría del género *Bouteloua*, es de importancia ecológica y alimenticia, principalmente por que el ganado tiene preferencia a este género (Carrillo-Reyes *et al.*, 2019).

2.6.3 *Bouteloua curtipendula*

Su nombre común banderita, es un pasto amacollado, la planta presenta una altura desde la base de la inflorescencia originario de América, y se distribuye desde Canadá hasta Argentina esta gramínea generalmente crece en sitios entre 800 y 2400 metros sobre el nivel del mar, principalmente en climas áridos y semiáridos (Álvarez-Holguín *et al.*, 2022).

La especie *Bouteloua curtipendula*, es nativa de México, se encuentra principalmente en los estados del norte, se ha considerado una de las gramíneas nativas más importantes, para reestablecer pastizales. Esta especie se adapta climas áridos y semiáridos, y a prolongadas sequias (Morales-Nieto *et al.*, 2017)

Sin embargo, la producción de semilla de banderita como especie forrajera introducida a los pastizales con deterioro es importante ya que se considera es una especie con alta dominancia, regeneración y supervivencia, cabe mencionar, que es una de las especies más seleccionados por el ganado por el alto valor nutritivo, ya que contiene proteína cruda de 8.6% mientras que el contenido de proteína digestible es de 6.4 % (Beltrán-López *et al.*, 2013).

2.6.4 *Cenchrus ciliaris*

Es una especie de pasto forrajero, nativo de regiones tropicales y subtropicales de África, es tolerante a sequias prolongadas y al pastoreo excesivo (Polo, 2021).

Buffel es nombre común de esta especie, y es utilizada para alimentación de

ganado, es muy útil en época de poca precipitación, de esta manera es una alternativa introducirlo en climas bruscos por su fácil adaptación a cualquier tipo de clima y suelo (Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2020).

2.6.5 Establecimiento y crecimiento de pastos forrajeros

Los pastizales naturales, albergan una gran diversidad de especies principalmente pastos, ya que se caracteriza por presentar mayoritariamente gramíneas y pocos árboles y arbustos, simultáneamente es beneficio de los animales en pastoreo, hoy en día, ha aumentado la crianza de ganado en un periodo corto, lo que conlleva malas consecuencias para el bienestar del pastizal (Padilla *et al.*, 2009).

Sin embargo, el mal manejo de los pastizales como recurso ganadero suele tener consecuencias como la pérdida de la cobertura vegetal principalmente en climas áridos y semiáridos se refleja por manejos inadecuados en los pastizales, tales como, sobrepastoreo, el uso de zonas para la agricultura, incendios y factores climáticos atribuyendo a la desertificación (Carbajal-Morón *et al.*, 2017).

Asimismo, como consecuencia a la pérdida de la cobertura vegetal incluye la fragmentación del ecosistema, erosión del suelo y pérdida de la biodiversidad, sin embargo, existen alternativas para la restauración de ese ecosistema con cierto grado de deterioro, se sugiere incorporar especies nativas o introducidas, que ayuden a revertir el área dañada (Prado-Tarango *et al.*, 2019).

México cuenta con una gran diversidad de especies de gramíneas forrajeras que se distribuyen ampliamente en territorio nacional, principalmente en los estados

del norte en donde predominan climas árido y semiárido, albergan especies de importancia ecológica pero también por la importancia alimenticia como forraje para ganado (Ramírez-Meléndez *et al.*, 2020).

CAPÍTULO III

EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ESCARIFICACIÓN PARA LA GERMINACIÓN DE SEIS GENOTIPOS DE PASTOS FORRAJEROS

Laura Ivette Barrita-Bustamante¹, Yuri Villegas-Aparicio^{1§}, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán², José Cruz Carrillo-Rodríguez¹, Vicente Arturo Velasco-Velasco¹, José Raymundo Enríquez-del Valle¹

¹Estudiante, Investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71233. Tel. 9515170788. [§]Autor para correspondencia: yuri.va@voaxaca.tecnm.mx ²investigador, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Tepatepec, Hidalgo. yuri.va@voaxaca.tecnm.mx; fjesushg@hotmail.com.

3.1 RESUMEN

La mayoría de los pastos forrajeros, presentan problemas de germinación debido a latencia que presentan las semillas. En este sentido, el objetivo de la presente investigación fue aplicar sustancias químicas para escarificar unidades de dispersión completas de *P. vaginatum*, *P. bicolor*, *B. repens*, *B. gracilis*, *B. curtipendula* y *Cenchrus ciliaris* para evaluar el porcentaje y velocidad de germinación. Se realizaron pruebas de viabilidad (porcentaje de humedad, porcentaje de imbibición y la prueba de tetrazolio). se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de 6x7x9 con tres repeticiones por tratamiento. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de Duncan (0.05). La escarificación química consistió en someter semillas de pasto

a diferentes tiempos a la acción del ácido clorhídrico (96%) (30 seg., 1 min., 4 min.), ácido acético (vinagre casero) (15 min., 5 h., y 12 h.), agua oxigenada (3.5%) (15 min, 1 h., 6 h.), alcohol (96%) (20 min., 5 h., 12 h.), acetona (62.04%) (1 h., 5 h., 12 h.), ácido sulfúrico (98%) (30 seg., 1 min., 4 min), después, se establecieron en cajas Petri sobre papel en ambiente controlado (25°C). Las especies del género *Pappophorum* mostraron mayor porcentaje de germinación tanto ácido sulfúrico y agua oxigenada. En conclusión, mejor especie fue *Pappophorum vaginatum*, mejor solución química en efecto de escarificación fue ácido clorhídrico (96%) y agua oxigenada (3.5%), en consecuencia, el mejor tiempo fue de un rango de 1-4 minutos.

Palabras clave: Dormancia, forraje, tratamientos pregerminativos, *Bouteloua*, *Pappophorum*, *Cenchrus*, imbibición, viabilidad.

3.2 ABSTRACT

Most forage grasses present germination problems due to seed dormancy. In this sense, the objective of this research was to apply chemical substances to scarify complete dispersal units of *P. vaginatum*, *P. bicolor*, *B. repens*, *B. gracilis*, *B. curtipendula* and *Cenchrus ciliaris* to evaluate the percentage and speed of germination. Viability tests (percent moisture, percent imbibition and the tetrazolium test) were performed. A completely randomized design was used with a 6x7x9 factorial arrangement with three replicates per treatment. Analysis of variance and Duncan's test (0.05) were performed. Chemical scarification consisted of subjecting grass seeds at different times to the action of acidic acid. at different times to the action of hydrochloric acid (96%) (30 sec., 1 min., 4 min.), acetic acid (homemade vinegar) (15 min., 5 h., and 12 h.), hydrogen peroxide (3.5%) (15 min, 1 h., 6 h.), alcohol (96%) (20 min., 5 h., 12 h.), 5 h., 12 h.), acetone (62.04%) (1 h., 5 h., 12 h.), sulfuric acid (98%) (30 sec., 1 min., 4 min), then set up in Petri dishes on paper in a controlled environment (25°C). The species of the genus *Pappophorum* showed higher germination percentages in both sulfuric acid and hydrogen peroxide. In conclusion, best species was *Pappophorum*

vaginatum, best chemical solution in scarification effect was hydrochloric acid (96%) and hydrogen peroxide (3.5%), consequently, the best time was in the range of 1-4 minutes.

Key words: Dormancy, forage, pregerminative treatments, *Bouteloua*, *Pappaphorum*, *Cenchrus*, imbibition, viability.

3.3 INTRODUCCIÓN

Los pastizales son ecosistemas de importancia ecológica y alimenticia, albergan gran cantidad de especies que evitan la erosión del suelo, captura de CO₂ y son beneficio para el sector ganadero ya que es base de alimentación para el ganado rumiante (Sosa-Montes *et al.*, 2021). Sin embargo, el problema que aqueja los pastizales es el exceso de carga animal, desencadenando el sobrepastoreo, alterando la funcionalidad del ecosistema, y el establecimiento de plantas (Zaragoza-Quintana *et al.*, 2022).

México tiene gran diversidad de especies nativas forrajeras para zonas de escasa precipitación, los cuales incluyen los géneros *Bouteloua*, *Pappaphorum*, *Leptochloa*, *Lycurus*, *Digitaria*, *Andropogon*, entre otros Quero-Carrillo *et al.*, (2014), los cuales, son útiles para reconversión agrícola a ganadero, se encuentran como tipos vegetativos y favorecen a la fertilidad de suelo y también prevalece la cobertura vegetal (Hernández-Guzmán *et al.* 2021).

Para el establecimiento de pastos es importante estudiar la germinación, y desarrollo tanto en laboratorio como invernadero para determinar el éxito de la germinación de semillas llamadas unidades de dispersión completas, para ello

deben tener buena calidad física y fisiológica para expresar su potencial germinativo (Velázquez-Martínez *et al.*, 2015; Quero-Carrillo *et al.*, 2014),

Sin embargo, la causa principal de la baja o nula germinación de las semillas es la latencia cuyo estado impide germinar incluso en condiciones favorables debido a mecanismos físicos y fisiológicos tales como, embriones inmaduros, impermeabilidad causada por estructuras accesorias como la (glumas, lemas y paleas) que impiden la entrada del agua y gases al cariósido y la presencia de sustancias que actúan como inhibidores a la germinación (Hernández-Flores *et al.*, 2016).

Las semillas botánicas una vez liberadas de apéndices accesorios van a incrementar la velocidad de germinación así como el uso de sustancias hormonales tales como el ácido giberélico que rompe la latencia en semillas y promueve en mejor medida la germinación, de la misma manera el ácido abscísico que regula diferentes procesos en la maduración de embriones (Quero-Carrillo *et al.*, 2017).

En ese mismo contexto, la escarificación física o química es una alternativa para romper la latencia empleando sustancias como ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, acetona, alcohol, agua oxigenada y vinagre cuya función es el desgaste de los apéndices accesorios de la semilla y de esta manera incrementar la velocidad de germinación (Hernández-Guzmán *et al.*, 2015).

Sin embargo, no existen un método para realizar la escarificación de manera industrial con el uso de sustancias químicas ya que presenta riesgos de seguridad para el manejo y aplicación de las mismas. De la misma manera se debe tomar en cuenta el tiempo de inmersión puesto que algunas sustancias

como los ácidos pueden ser perjudicial para algunas especies, por el contrario, para mejorar el porcentaje de germinación Usberti y Martins, (2007), por lo anterior es necesario publicar un método de escarificación química adecuado en el que se pueda incrementar la germinación de semillas para rehabilitar agostaderos degradados. Del mismo modo, el objetivo del trabajo es evaluar acetona, alcohol, vinagre, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y agua oxigenada para escarificar unidades de dispersión completa de gramíneas forrajeras del semiárido mexicano en germinación y velocidad de germinación.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Ubicación del sitio experimental y material genético

El estudio se desarrolló en el laboratorio de agroecosistemas del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, ubicado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, perteneciente a la región de valles Centrales de Oaxaca, situado en las coordenadas 16° 57' - 17° 04' de latitud norte y 96° 42' - 96° 49' de longitud oeste.

Se utilizaron propágulos (semillas) de seis especies de pastos forrajeros, *Bouteloua gracilis* (navajita), *Bouteloua curtipendula*, (banderita) *Bouteloua repens*, *Pappophorum bicolor*, *Pappophorum vaginatum* y *Cenchrus ciliaris* (buffel) cosechadas en el año 2021 en el área agrícola del “Grupo El Quebracho de Ahuehuetitla SPR de RL” ubicado en la localidad de Ahuehuetitla, Tulancingo de Bravo, Estado de Hidalgo, México, por conducto del Dr. Filogonio Jesús Hernández Guzmán y Dr. Leodan Tadeo Rodríguez Ortega.

Dicho material genético se caracterizó para contenido de humedad y pruebas de viabilidad con tetrazolio e imbibición de humedad, además de escarificación química, con la finalidad de promover, aumentar y uniformizar la tasa de germinación y velocidad de germinación. Para el contenido de humedad se pesó 0.50 gramos de semilla de cada especie, permanecieron en una estufa (30°C) durante tres días, posterior a ello se determinó el porcentaje de humedad (tomando en cuenta el peso inicial con la diferencia del peso final entre el peso final multiplicado por 100 (ISTA, 2022; Mápula-Larreta *et al.*, 2008).

Por su parte para la curva de imbibición de agua se tomó 1 gramo de semilla por especie y se sometieron en un vaso de precipitado (con capacidad de 300 mL) con 150 mL de agua, se pesaron cada 2 horas durante 14 horas donde obtuvieron peso uniforme, el volumen embebido de agua se determinó con la diferencia de peso entre el peso inicial y el peso final de la semilla de acuerdo al agua absorbida (Espitia-Hernández *et al.*, 2019).

En la prueba de viabilidad de cariósides (100 semillas) se sometieron a una concentración de (1%) tetrazolio por 48 horas mantenidas en obscuridad a temperatura ambiente y una vez concluido el tiempo de inmersión, se enjuago el material biológico con abundante agua potable, posteriormente se cuantificaron las semillas viables, se tomó como indicador la tinción intensa del embrión indicando su actividad respiratoria (Salazar-Mercado *et al.*, 2018).

3.4.2 Periodo de germinación

El proceso de escarificación consistió en la inmersión de las semillas en ácido clorhídrico durante 30 segundos, 1 minuto y 4 minutos, vinagre por 15 minutos, 5

horas y 12 horas, agua oxigenada 15 minutos, 1 hora y 6 horas, alcohol 20 minutos, 5 horas y 12 horas, acetona durante 1 hora, 5 horas, y 12 horas y ácido sulfúrico durante 30 segundos, 1 minuto y 4 minutos (Hernández-Sánchez *et al.*, 2019; Martínez Sánchez *et al.*, 2013), posterior a la inmersión de las semillas se enjuagaron durante un minuto con abundante agua potable, enseguida se colocaron 100 semillas en cajas Petri de plástico de 60 x 15 mm con algodón húmedo como base, las muestras con semillas se incubaron en una estufa de secado durante 30 días a una temperatura constante de 25 °C. También, se cuantificó el número de semillas que germinaron diariamente, se consideró la germinación de las semillas con la aparición de radículas (Martínez-Sánchez *et al.*, 2013).

3.4.3 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron en la etapa de escarificación fueron día de germinación después de la siembra (DDS), se calculó monitoreando diariamente hasta los días donde hubo germinación de las semillas, velocidad de germinación (VG), se determinó contabilizando las semillas que germinaban monitoreando en las mañanas y en las tardes. índice de velocidad de germinación (IVG), se determinó con la germinación acumulada dividido entre los días de germinación. Porcentaje de humedad (H%), las semillas se sometieron a una temperatura de 30°C durante tres días, se calculó peso inicial menos el peso final multiplicado por 100 Viabilidad por la prueba de tetrazolio (TZ), porcentaje de germinación (PG).

3.4.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 6x7x9. Donde el factor A son seis especies *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua repens*, *Pappophorum bicolor*, *Pappophorum vaginatum* y *Cenchrus ciliaris*, el factor B son las soluciones químicas para la escarificación, se utilizó acetona, alcohol (96%), agua oxigenada (5%), ácido sulfúrico (95%), ácido clorhídrico (98%), vinagre y el testigo inmerso solo en agua y el factor C son los tiempos de inmersión (30 segundos, 1 minuto, 4 minutos, 15 minutos, 20 minutos, 1 hora, 5 horas, 6 horas y 12 horas) por especie respectivamente, cabe resaltar que en cada unidad experimental fueron 100 semillas en cada caja Petri con tres repeticiones por tratamiento.

3.4.5 Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se sometieron a un proceso de verificación de homogeneidad de varianza y supuestos de normalidad, mediante pruebas de Bartlett y Shapiro-Wilk, se realizó análisis de varianza y prueba de medias Duncan ($\alpha=0.05$). Las variables que no cumplieron los criterios de normalidad se sometieron a una transformación ($\log =x+1$). Se utilizó el paquete estadístico SAS/STAT® 9.4 (SAS Institute Inc., 2016).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1 Porcentaje de humedad de semillas

El porcentaje de humedad determinada en las unidades de dispersión completas de las seis especies de pastos (cuadro 1), muestra que *Bouteloua repens* (5.20%) está dentro del rango adecuado en condiciones de humedad, sin embargo, *B. curtipendula* y *C. ciliaris*, (3.24 y 3.46), respectivamente, obtuvieron los porcentajes más bajos respecto a las otras especies evaluadas

cuadro 1. Contenido de humedad de seis especies de pastos nativos e introducidos en Valles Centrales de Oaxaca.

Especies	Humedad (%)
<i>Bouteloua gracilis</i>	4.26
<i>Bouteloua curtipendula</i>	3.24
<i>Bouteloua repens</i>	5.20
<i>Pappophorum bicolor</i>	4.81
<i>Pappophorum vaginatum</i>	4.20
<i>Cenchrus ciliaris</i>	3.46

Humedad relativa de especies nativas e introducidas de pastos.

Los porcentajes de las especies evaluadas, (cuadro 1) están por debajo del rango requerido para ser viables a germinación, Mápula-Larreta *et al.* (2008), mencionan que las semillas para mantener su calidad, deben almacenarse a un porcentaje de humedad con un rango de 8-14%, ya que por el contrario menor a 5% de humedad puede sufrir una deshidratación y a ello se les atribuye la baja viabilidad y germinación.

Por el contrario, Quero-Carrillo *et al.*, (2017), determina que el rango adecuado de humedad para Banderita y navajita es de 11.4 % y para Buffel 12.3 %, indican

que estos porcentajes ayudan a reducir el deterioro de las semillas así como la pérdida de vigor. De este mismo modo también le atribuyen a la humedad y el tamaño de cariósides determinan mayor porcentaje de germinación.

Los porcentajes de humedad obtenidos, solo una especie (*B. repens*), se encuentra dentro del rango adecuado de humedad (5.20 %), en consecuencia las demás especies (*B. curtipendula*, *B. gracilis*, *P. vaginatum*, *P. bicolor* y *Cenchrus ciliaris*), (cuadro 1), se encuentran por debajo de lo requerido y están propensas a sufrir deshidratación (Álvarez-Holguín *et al.*, 2016)

4.5.2 Imbibición de semillas

Las especies evaluadas, se muestran en la Figura 1, donde se determina que la especie que menor absorción de agua fue *Bouteloua curtipendula*, y esto se le atribuye a que la especie crece en condiciones de escasas de agua, además es tolerante a condiciones extremas de sequía y estrés, es por ello que fisiológicamente está adaptada condiciones pobres de humedad (Yáñez-Chávez *et al.*, 2018).

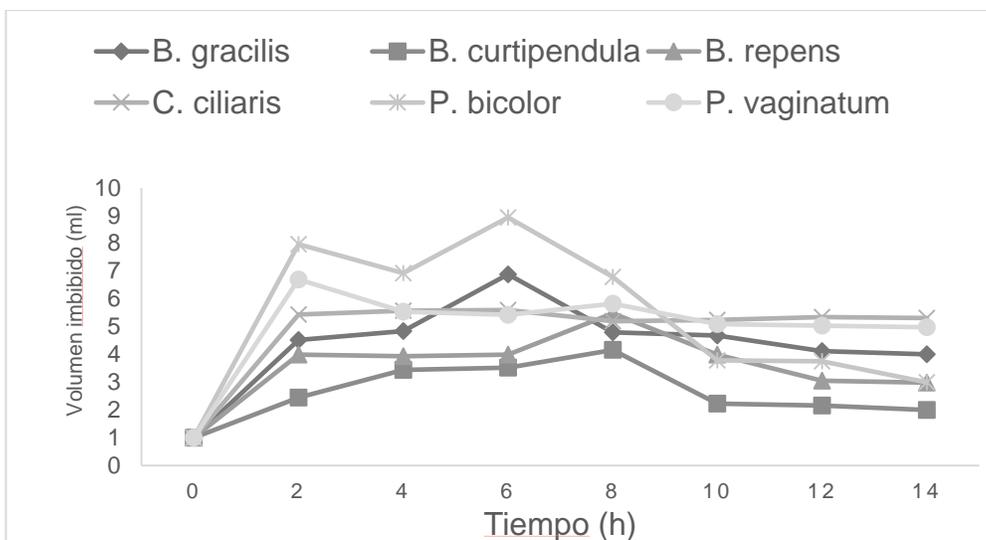


Figura 1. Curva de imbibición de semillas de seis genotipos de pastos forrajeros

Sin embargo, Álvarez-Holguín *et al.*, (2016) mencionan que durante los escasos de agua algunas especies tienden a ejercer mayor turgencia para disponer de agua, sin embargo, otras no lo hacen. A lo que se le puede atribuir que *B. curtipendula* es una de las especies que no es capaz de ejercer mayor presión osmótica.

En cambio, la especie *Pappophorum bicolor* obtuvo mayor absorción a partir de las seis horas de inmersión, obteniendo un aumento mayor de su peso inicial, absorbiendo un 90 % de agua en total en comparación con las otras especies, a ello se le atribuye que las glumas, las paleas son más esponjosas a diferencia del género *Bouteloua* y por ello la absorción de agua es mayor (Reino *et al.*, 2008).

4.5.3 Germinación de semillas sometidas a escarificación

Se observaron diferencias ($p < 0.01$) significativas de germinación entre especies respecto a los tratamientos aplicados, la germinación para *P. bicolor* y *P*

vaginatum fue de 90 a 95% sometidos en acetona, agua oxigenada, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico e incluso el testigo obtuvieron mayor porcentaje de germinación (figura 2) en comparación a las otras especies evaluadas, mientras que las semillas de las mismas especies sometidas en alcohol y vinagre obtuvieron un porcentaje de 40 a 45% de germinación.

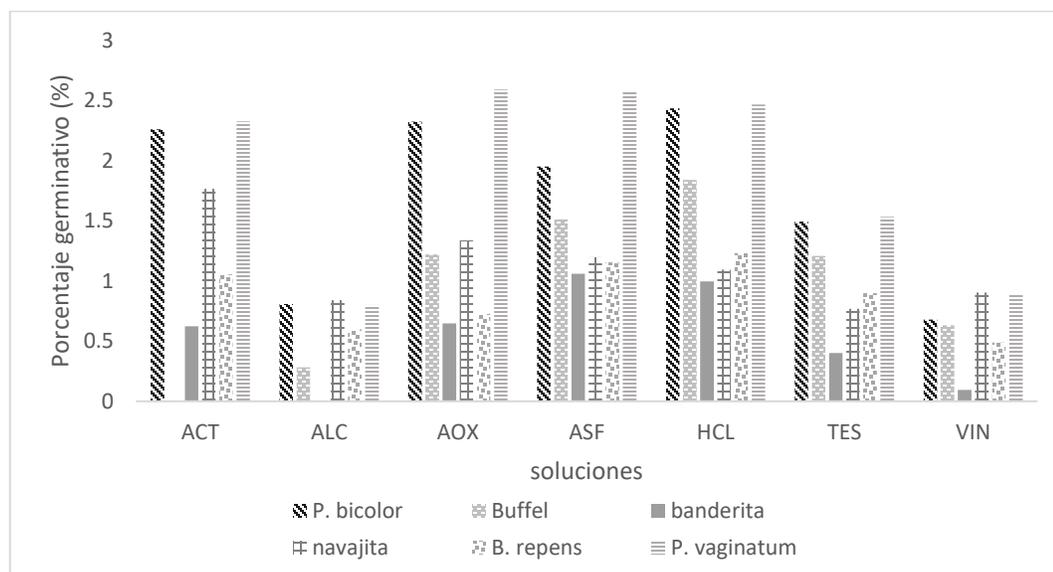


Figura 2. Porcentaje de germinación de seis especies de pastos forrajeros en respuesta a tratamientos de escarificación con soluciones químicas.

A ello se le atribuye que el género *Pappophorum* cuando se aportan las condiciones adecuadas como temperatura y humedad de 25 a 30°C., ya que especies de este género estimula su germinación en zonas cálidas principalmente tienden a aumentar el porcentaje de germinación Ruíz *et al.*, (2013).

Así mismo la aplicación de sustancias químicas, como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, acetona, son sustancias con mayor corrosividad para desgastar y romper las brácteas accesorias. De este mismo modo, el agua oxigenada además de debilitar la testa de las semillas también la desinfecta, eliminando

sustancias o microorganismos que impida la germinación, y prevenir enfermedades a la semilla (Hernández-Flores *et al.*, 2016).

Los resultados obtenidos concuerdan con los declarados por Martínez-Sánchez *et al.*, (2013), ya que determinaron que el uso de sustancias químicas principalmente ácido sulfúrico y ácido clorhídrico aumentan el porcentaje y velocidad de germinación de semillas, del mismo modo se considera que el ácido sulfúrico es una sustancia química más utilizada y eficaz para romper la latencia en semillas recalcitrantes de especies forrajeras Quero-Carrillo *et al.*, (2017).

4.5.4 Comportamiento de seis especies de pastos forrajeros en soluciones como tratamientos pregerminativos

El efecto de procedimientos pregerminativos aplicados a las seis especies de pastos forrajeros mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en los factores especie, tratamientos y tiempo, (cuadro 2), se observó mayor proporción en GA, en el factor de los tratamientos que se aplicaron para la escarificación química de las semillas fue altamente significativo en todas las variables a excepción de (IVG) índice de velocidad de germinación; para el factor tiempo las variables GA, PE Y VG son altamente significativas, en el caso de DDS y de IVG, resultaron variables no significativas; de la misma manera en la relación SP*TRAT, TRAT*TIME, SP*TIME, SP*TRAT*TIME se obtuvo mayor proporción en GA, sin embargo, estadísticamente no son significativas ($p > 0.05$) ninguna de las interacciones evaluadas

Cuadro 2. Análisis de varianza del comportamiento de seis especies de pastos forrajeros en soluciones químicas como tratamientos pregerminativos

Fuentes de variación	GL	Cuadrados medios				
		Error	DDS	GA (%)	PE	VG
SP	12	35.58**	1604.78**	71.98**	35.58**	18.25**
TRAT	12	29.98**	412.64**	320.57**	29.98**	3.29ns
TIEMPO	12	14.94ns	210.6**	162.52**	14.94**	1.05ns
SP*TRAT	12	10.99ns	91.38ns	31.74ns	10.99ns	3.9ns
TRAT*TIEMPO	12	5.71ns	121.45ns	36.26ns	5.71ns	3.29ns
SP*TIEMPO	12	9.47ns	42.33ns	15.94ns	9.47ns	4.82ns
SP*TRAT*TIEMPO	12	4.32ns	32.22ns	6.36ns	4.32ns	4.72ns
ERROR	12	4.77	46.94	13.77	4.77	2.21
CV (%)	12	50.34	61.79	30.31	50.34	144.72
RCME	12	2.18	6.85	3.71	2.18	1.48

SP= especie; TRAT= tratamientos de inmersión; TIME= tiempo de inmersión; SP*TRAT= interacción de especie con tratamiento; TRAT*TIME=interacción tratamiento tiempo; SP*TRAT*TIME= interacción especie tratamiento y tiempo; CV= coeficiente de variación; RCME= cuadrado medio del error; GL=grados de libertad, DDS= Días después de la siembra; GA= germinación acumulada; PE= periodo de energía; VG= velocidad germinativa; IVG= índice de velocidad de germinación; ns= no significativo; *=significativo; **=altamente significativo; (Duncan $P < 0.05$).

De tal manera que se indica (cuadro 2) que el efecto que tuvieron los tratamientos aplicados a las semillas se determina en función a las características físicas y fisiológicas de las semillas, asimismo, el tiempo de inmersión determina la sobrevivencia de la semilla (Martínez-Sánchez *et al.*, 2013).

Por su parte Hernández-Guzmán *et al.*, (2015), reportaron datos mayores en germinación y emergencia de propágulos en respuesta a pruebas de vigor a ello se le atribuye los resultados obtenidos de nuestro estudio, (cuadro 2) ya que no se realizó la selección de semillas en tamaño, es una característica visible que define la viabilidad (Ramírez-Meléndez *et al.*, 2020).

4.5.5 Comportamiento de especies forrajeras, soluciones químicas y tiempo de inmersión para germinación

El comportamiento de cada factor (especie, tratamiento y tiempo) se mostraron diferencias en las variables evaluadas (cuadro 3). En el factor especie se encontraron diferencias ($P < 0.05$), en GA, *P. vaginatum*, destaco con un valor de (24.85) mayor que *P. bicolor* (18.90) en la variable GA en comparación con el resto de las especies, se interpreta que la germinación acumulada es la acumulación de días que se requiere para alcanzar el máximo de la germinación de las especies, en vista de que el género *Pappophorum* se caracteriza por su importancia forrajera con valor nutritivo alto y por crecer principalmente en zonas áridas y semiáridas, además se pueden establecer en suelos pobres, salinos y arcillosos, ante estas características se le atribuye la mayor proporción a dichas especies (Entio *et al.*, 2014).

Cuadro 2. Comportamiento de especies forrajeras, soluciones químicas y tiempo de inmersión en las variables estudiadas.

Tratamientos	GA	PE	VG	IVG
<i>B. gracilis</i>	7.76 ± 1.43 c ^F	14.52 ± 0.75 a	5.90 ± 0.63 a	2.15 ± 0.73 a
<i>B. curtipendula</i>	2.71 ± 0.55 d	10.04 ± 1.62 b	5.80 ± 1.62 a	2.11 ± 0.69 a
<i>B. repens</i>	5.33 ± 0.94 cd	11.90 ± 1.44 ab	11.90 ± 1.44 ab	1.17 ± 0.28 ab
<i>C. ciliaris</i>	6.95 ± 1.40 cd	10.19 ± 1.68 b	10.19 ± 1.68 b	0.40 ± 0.08 b
<i>P. vaginatum</i>	24.85 ± 3.54 a	13.61 ± 1.47a	13.61 ± 1.47 b	0.16 ± 0.04 b
<i>P. Bicolor</i>	18.90 ± 2.60 b	13.19 ± 1.45 a	13.19 ± 1.45 a	0.16 ± 0.02 b
ASF	14.61 ± 2.77 a	14.66 ± 0.59 a	5.27 ± 0.55 a	0.75 ± 0.18 ab
HCL	16.66 ± 2.98 a	16.1 ± 0.43 a	5.11 ± 0.44 a	0.72 ± 0.19 ab
AOX	14.66 ± 3.23 a	14.27 ± 1.21 a	5.11 ± 0.81 a	0.99 ± 0.30 ab
TES	7.16 ± 1.72 b	14.66 ± 0.95 a	5 ± 0.57 a	1.35 ± 0.36 ab
ACT	13.33 ± 3.11 a	13.62 ± 1.50 a	4.83 ± 0.80 a	0.99 ± 0.38 ab
VIN	5.88 ± 2.53 b	6.88 ± 1.90 b	3.11 ± 1.11 b	1.81 ± 1.09 a
ALC	5.27 ± 2.37 b	5.5 ± 1.77 b	1.94 ± 0.60 b	0.57 ± 0.34 b
TES (0)	7.16 ± 1.72 bcd	14.66 ± 0.95 b	5 ± 0.57 b	1.35 ± 0.36 a
30 seg	16.16 ± 2.79 a	16.08 ± 0.28 a	4.75 ± 0.50 ab	0.51 ± 0.18 a
1 min	15.91 ± 3.73 b	15.08 ± 0.89 a	5.25 ± 0.59 a	0.71 ± 0.20 a
4 min	14.83 ± 4.12 c	15 ± 0.68 a	5.58 ± 0.72 a	0.99 ± 0.28 a
15 min	15.75 ± 3.85 b	15.5 ± 0.86 a	6.08 ± 1.18 a	1.95 ± 1.15 a
20 min	15.16 ± 5.30 b	13.33 ± 2.78 b	3.83 ± 0.79 ab	0.37 ± 0.18 a
1 h	13.83 ± 4.18 c	12.75 ± 2.02 b	4.08 ± 0.89 ab	0.85 ± 0.37 a
5 h	2.47 ± 1.24 d	4.64 ± 1.69 c	2.52 ± 0.92 b	0.94 ± 0.48 a
6 h	14.5 ± 4.64 abc	16.33 ± 0.49 a	5.16 ± 1.40 ab	0.66 ± 0.28 a
12 h	5.94 ± 2.97 cd	6.22 ± 1.90 c	2.55 ± 0.96 b	1.24 ± 0.84 a

^F Letras minúsculas iguales por factor, son promedios similares ($P > 0.05$). GA=germinación acumulada; PE=periodo de energía; VG= velocidad de germinación; IVG= índice de velocidad de germinación; *B. gracilis*= *Bouteloua gracilis*; *B. curtipendula*= *Bouteloua curtipendula*; *B. repens*= *Bouteloua repens*; *P. vaginatum*= *Pappophorum vaginatum*; *P. bicolor*= *Pappophorum bicolor*; ASF= ácido sulfúrico; HCL= ácido clorhídrico; AOX=agua oxigenada; TES= testigo; ACT= acetona; VIN= vinagre; ALC= alcohol; Los promedios se acompañan de \pm error estándar; letras distintas en una misma hilera representan diferencias estadísticas significativas (Duncan, 0.05).

Por el contrario *B. gracilis* se determinó que obtuvo mayor efecto en PE y VG (14.52) (5.90), respectivamente (cuadro 3), en comparación con las demás especies evaluadas considerando que el periodo de energía se refiere a la cantidad de días que se requieren para llegar al punto máximo de germinación, y VG, se define el número de días y semillas germinadas acumulados, se le atribuye que *B. gracilis* es una especie nativa de México adaptada a crecer en

climas secos y zonas áridas y semiáridas, además es una de las especies con mayor resistencia a las sequías (Ramírez-Meléndez *et al.*, 2020).

En consecuencia *B. curtispindula* destacó en la variable IVG (2.15) en comparación con las demás especies, a ello se le atribuye que al igual que *B. gracilis*, pertenecen al mismo género y comparten los mismos hábitos de crecimiento sin embargo *B. curtispindula* tiene ventaja en cuanto al IVG (puesto que tiene ventaja ya que sus semillas son más grandes en comparación con las de *B. gracilis* (Beltrán-López *et al.*, 2013).

Por otro lado, las soluciones si bien son una alternativa para acelerar la germinación también surgen problemas para su uso, ya que los más efectivos son sustancias químicas, pero también son corrosivas es por ello que se debe seguir un protocolo correcto de uso; tal es el caso de los ácidos sulfúrico y clorhídrico (Coa-Urbaz *et al.*, 2014). También cabe resaltar que es importante tener en cuenta el tiempo de inmersión para las semillas en estas sustancias, ya que puede causar daños en el embrión, y ya no es viable para su proceso de germinación (Hernández-Flores *et al.*, 2016).

3.6 CONCLUSIÓN

Los tratamientos de escarificación mejoraron el porcentaje y velocidad de germinación de las especies evaluadas. Los mayores valores de germinación se obtuvieron en la especie *Pappophorum vaginatum* con inmersión en ácido sulfúrico, y agua oxigenada en una concentración del 95% y 98%

respectivamente. Sin embargo, el porcentaje y velocidad de germinación también es determinado por características físicas y fisiológicas de las semillas.

En general, es importante realizar métodos pregerminativos en semillas para pastos forrajeros ya que incrementan y aceleran la germinación. Asimismo, se asegura la disponibilidad de estos forrajes en pastizales naturales ya que contribuye no solo a la alimentación sino también a mantener la diversidad de especies y a la conservación de ecosistemas de zonas áridas y semiáridas.

3.7 BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Melgoza-Castillo, A. y Méndez-Zamora, G. (2016). Germinación de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua Curtipendula*) bajo diferentes presiones osmóticas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 161–168.
- Beltrán-López, S., García-Díaz, C. A., Hernández-Alatorre, J. A., Laredo-Ostic, C., Urrutia-Morales, J., González-Eguiarte, L., & Gámez-Vázquez, H. G. (2013). “Banderilla Diana” *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 217–221.
- Coa-Urbáez, M., Méndez-Natera, J. R., Silva-Acuña, R. y Mundarain-Padilla, S. (2014). Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var: Catuaí Rojo. *Idesia (Arica)*, 32(1), 43–53.
- Entio, L. J., De la merced Mujica, M., Busso, C. A., Torres, Y. A., Montenegro, O. A., Ithurrat, L. S., Giorgetti, H. D., Rodríguez, G. D., Bentivegna, D., Brevedan, R. E., Fernández, O. A., Baioni, S. S., Fioretti, M. N., & Tucut, G. (2014). variabilidad y correlaciones de caracteres vinculados con el vigor de plantula en dos poblaciones naturales de *Pappophorum*. *Rev. FCA UNCUYO*, 46(2), 223–230.
- Espitia-Hernández, P., Ruíz-Torres, N. A., Vázquez-Badillo, M. E. y Sánchez-Aspeytia, D. (2019). Respuesta fisiológica de semillas de chile ancho (*Capsicum annuum* L.) a reguladores de crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 829–837.

- Hernández-Flores, E., Quero-Carrillo, A. R., Joaquín-Torres, B. M., Hernández-Garay, Alfonso y Hernández-Guzmán, F. J. (2016). Métodos de escarificación y germinación en *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(1), 173–184.
- Hernández-Guzmán, F. J., Hernández-Garay, A., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J. F., & Velázquez-Martínez, M. (2015). Comportamiento productivo del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en respuesta al pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 33.
- Hernández-Guzmán, F. J., Rodríguez-Ortega, L. T., Velázquez-Martínez, M., Landa-Salgado, P., Rodríguez-Ortega, A. y Castrellón-Montelongo, J. L. (2021). Influencia del tamaño de cariósida y embrión en el desarrollo de plántulas de pastos. *Interciencia*, 46(7–8), 309–316.
- ISTA. (2022). International rules for seed testing 2022. *International Rules for Seed Testing*, 2022(1), i-1–14.
- Mápula -Larreta, M., López -Upton, J., Jesús Vargas -Hernández, J. J. y Hernández -Livera, A. (2008). Germinación y vigor de semillas en *Pseudotsuga menziesii* de México. 4(1), 119–134.
- Martínez Sánchez, J., Villegas Aparicio, Y., Enríquez-del Valle, J. R., Carrillo Rodríguez, J. C. y Vásquez Dávila, M. A. (2013). Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1263–1272.
- Quero-Carrillo, A. R., Miranda-Jiménez, L., Hernández-Guzmán, F. J., & Rubio-Aguirre, F. A. (2014). Mejora del establecimiento de praderas de temporal.
- Quero-Carrillo, A. R., Hernández-Guzmán, F. J., Pérez-Rodríguez, P., Pool, D., Landa-Salgado, P. y Nieto-Aquino, R. (2017). Germinación y emergencia diaria de cariósidas y diásporas de pastos nativos e introducidos. *Rev. Fitotec. Mex* (Vol. 40, Issue 1).
- Quero Carrillo, A. R., Miranda Jiménez, L. y Villanueva-Ávalos José Francisco. (2017). Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Investigación y Difusión Científica Agropecuaria*, 21(3), 63–65.
- Ramírez-Meléndez, E. J., Hernández-Guzmán, F. J., López-Castañeda, C., Miranda-Jiménez, L., Carrillo-Llanos, Ma. de J., & Quero-Carrillo, A. R. (2020). Crecimiento de plántulas de nueve genotipos de *Bouteloua curtipendula* con dos tamaños de cariósida. *Rev. Fitotec. Mex*, 43(2), 171–180.

- Reino, J., González, Y., & Sánchez, J. A. (2008). temperatura optima de germinación y patrones de imbibición de las semillas de *Albizia lebbbeck*, *Gliricidia sepium* y *Bauhinia purpurea*. *Pastos y Forrajes*, 31(3), 209–216.
- Ruíz, O. M., Luna, H. R., Bacha, E. F., Pedranzani, H. E. y Gabutti, E. G. (2013). Effect of stripe clearing on 4 grasses species and 2 broadleaves of caldenal. *Revista de La Facultad de Agronomía UNL Pam*, 22(supl, 2), 147–156.
- Salazar-Mercado, S. A., Maldonado-Bayona, H. A. y Quintero-Caleño, J. D. (2018). Evaluación de la calidad fisiológica de las semillas de *Linum usitatissimum* L. con la prueba de tetrazolio. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 22(3), 25–35.
- Sosa-Montes, E., Mendoza-Pedroza, S. I., Ramos-Velázquez, A., Álvarez-Vázquez, P., Ortega- Jiménez, E., & Sánchez- Hernández, M. A. (2021). Composición nutricional de tres pastos colectados en el estado de Morelos, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(II).
- Usberti, R. y Martins, L. (2007). Sulphuric acid scarification effects on *Brachiaria brizantha*, *B. humidicola* and *Panicum maximum* seed dormancy release. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(2), 143–147.
- Yáñez-Chávez, L. G., Pedroza-Sandoval, A., Martínez-Salvador, M., Sánchez-Cohen, I., Echavarría-Chairez, F. G., Velásquez-Valle, M. A. y López-Santos, A. (2018). Use of soil moisture retainers on the survival and growing of two grass species *Bouteloua curtipendula* [Michx.] Torr. And *Chloris gayana* Kunth. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 9(4), 702–718.
- Zaragoza-Quintana, E. P., Cotería-Correa, M., Scott-Morales, L. M., Pando-Moreno, M., Estrada-Castillón, A. E., & González-Rodríguez, H. (2022). Salud del ecosistema de pastizal y biomasa en áreas naturales protegidas para el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) en Nuevo León, México. *Acta Universitaria*, 32, 1–19.

CAPÍTULO IV

EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE SEIS ESPECIES FORRAJERAS

Laura Ivette Barrita-Bustamante¹, Yuri Villegas-Aparicio^{2§}, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán³, José Cruz Carrillo-Rodríguez², Vicente Arturo Velasco-Velasco², José Raymundo Enríquez-del Valle² §Autor para correspondencia: yuri.va@voaxaca.tecnm.mx

^{1,2}Estudiante, Investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71233. Tel. 9515170788. ³investigador, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Tepatepec, Hidalgo. yuri.va@voaxaca.tecnm.mx; fjesushg@hotmail.com.

4.1 RESUMEN

Los pastizales tienen importancia alimenticia y ecológica, puesto que ayudan a regenerar y conservar los ecosistemas, sin embargo, el sobre pastoreo es un problema que aqueja a estos ecosistemas ya que provoca erosión y pérdida de la diversidad de especies. En este sentido, el objetivo fue evaluar la respuesta a dos dosis de fertilización en especies de pastos forrajeros. El cultivo se estableció en macetas aplicando dos dosis de fertilización, al momento de la siembra (60-60-00) y la segunda cuando se desarrollaron macollos (60-00-60). Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial de 6x2 con

5 repeticiones por tratamiento. La especie *Pappophorum vaginatum* fue la más responsiva a la fertilización ya que mostro mayor altura en comparación con las demás especies, sin embargo, *Bouteloua repens* mostró menor altura, pero obtuvo mayor follaje y producción de espiga. El crecimiento de las especies sembrados en masetas limitó su crecimiento y desarrollo.

Palabras clave: zonas áridas, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilia*, *Bouteloua repens*, *Pappophorum bicolor*, *Ppoppphorum vaginatum*, *Cenchrus ciliaris*. Sobrepastoreo, ecosistema.

4.2 ABSTRACT

Pastures have nutritional and ecological importance, since they help to regenerate and conserve ecosystems, however, overgrazing is a problem that afflicts these ecosystems because it causes erosion and loss of species diversity, which is why the objective of this research was to evaluate the response to two doses of fertilization in forage grass species. The crop was established in pots applying two doses of fertilization, at the time of sowing (60-60-00) and the second one when tillers developed (60-00-60). A completely randomized experimental design was used with a 6x2 factorial arrangement with 5 replicates per treatment. The *Pappophorum vaginatum* species was the most responsive to fertilization since it showed greater height compared to the other species; however, *Bouteloua repens* showed less height, but obtained greater foliage and spikelet production. The growth of the species planted in pots limited their growth and development.

Keywords: arid zones, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilia*, *Bouteloua repens*, *Pappophorum bicolor*, *Ppoppophorum vaginatum*, *Cenchrus ciliaris*.
Overgrazing, ecosystem.

4.3 INTRODUCCIÓN

Los pastizales que se localizan en zonas áridas y semiáridas de México, son ecosistemas que albergan gran diversidad vegetal y ofrece beneficios ambientales y para la sociedad (Jurado-Guerra et al., 2021). Sin embargo, se considera que el 95% encuentran en un severo deterioro, provocando principalmente por el sobrepastoreo que deriva la ganadería extensiva y trae consigo diferentes consecuencias como la disminución de la cobertura vegetal, pérdida de la diversidad de especies nativas y erosión del suelo (Quiroga et al., 2009; Enríquez-Quiroz et al., 2021).

En este contexto, una alternativa para la rehabilitación es la introducción de especies forrajeras que cumplan con atributos que permitan aumentar la producción de forraje para la alimentación; es importante considerar factores que desfavorecen el establecimiento de plantas forrajeras, como el clima, la temperatura, sequias prolongadas y condiciones edáficas (Hernández-Sánchez et al., 2019).

Pastos del género *Bouteloua*, *Pappophorum*, y *Cenchrus*, entre las más abundantes de los pastizales son gramíneas de alto impacto para la ganadería, son de alta calidad y con excelente valor nutritivo, aportan una gran cantidad de

nutrientes para el ganado, por su parte su principal característica de estas especies es la excelente resistencia que tienen a la sequía prolongada, (Beltrán-López *et al.*, 2013; Álvarez-Vázquez *et al.*, 2022).

México cuenta con gran diversidad genética de diferentes especies entre ellas destaca, el género *Bouteloua* que cuenta amplia distribución en dicho territorio Morales-Nieto *et al.*, (2017), cuenta con alrededor de 60 especies, de las cuales sobresalen en su población *B. gracilis*, *B. curtipendula* y *B. repens*, estas especies son muy tolerantes a las sequías y al pastoreo Haga clic o pulse aquí para escribir texto. Martínez-Sifuentes *et al.*, 2020), además son preferidas por el ganado Peterson *et al.*, (2015). Por su parte, el crecimiento y desarrollo del género *Pappophorum* es en pastizal y matorral xerófilo a 1780 -2070 m de altitud, se destina su uso para la conservación de pastizales; destacan especies como *Pappophorum vaginatum* y *Pappophorum bicolor*, se caracterizan por ser un buen forraje para el ganado y excelente cobertura de la fauna silvestre (Herrera-Arrieta *et al.*, 2010).

Otra especie cuya importancia radica en la nutrición del ganado es *Cenchrus ciliaris*, contiene un valor nutritivo alto principalmente en proteína cruda de 3 a 16%, (Polo, 2021) por ello es que es seleccionado como fuente de alimentación de ganado, además porque tiene la capacidad de producir forraje en abundancia, así como la persistencia que tiene en la época de sequía, y tolerante a suelos salinos, (Wasim y Naz, 2020); cabe mencionar que esta especie fue introducida en América y hoy día se distribuye ampliamente en México (Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2020).

Por otro lado, es importante, implementar estas especies ya mencionadas en diferentes zonas ya que contribuyen ecológicamente en los pastizales diversificándolos y reducir el impacto de deterioro, asimismo, también se ve beneficiado el sector ganadero, en este sentido existe una especie que se adecua a diferentes condiciones ambientales (Quiroga *et al.*, 2009)

Asimismo, es de máxima importancia conocer la velocidad de crecimiento y de rebrote en defoliaciones sucesivas, de esta manera se entiende su frecuencia de corte e intensidad de cosecha, permitiendo una producción más eficiente (Villegas-Aparicio *et al.*, 2004; Olivera *et al.*, 2006). El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento de seis genotipos de gramíneas nativas e introducidas mediante dosis de fertilización.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.4.1 Ubicación del sitio experimental

El estudio se realizó en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, ubicado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, perteneciente a la región de valles Centrales de Oaxaca, situado en las coordenadas 16° 57' - 17° 04' de latitud norte y 96° 42' - 96° 49' de longitud oeste. Sus climas predominantes son cálido subhúmedo, templado subhúmedo, su temperatura media anual de 22°C, y la temperatura máxima es de 31°C. con una precipitación de 1 550 mm (INEGI, 2020).

4.4.2 Establecimiento de las parcelas

Para este estudio se utilizaron semillas de seis especies cosechadas en el año 2021, *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua repens*, *Pappophorum bicolor*, *Pappophorum vaginatum* y *Cenchrus ciliaris* provenientes del campo experimental del Grupo El Quebracho de Ahuehuetitla SPR de RL, en Tulancingo, Hidalgo.

En el experimento se utilizaron 10 macetas cilíndricas de polietileno con drenaje de 30 cm de profundidad por 15 cm de diámetro, las cuales se llenaron de suelo de monte a 25 cm de profundidad. En cada maceta se sembró a 10 semillas de cada especie y de las plántulas emergidas se dejaron dos por maceta. Las macetas fueron colocadas sobre un plástico y se distribuyeron por especie con sus repeticiones. Se aplicaron riegos tres veces por semana para mantener la humedad a saturación con agua potable del lugar.

4.4.3 Fertilización

La fertilización química se realizó de acuerdo a lo recomendado por INIFAP (2016), 120-60-60 (kg ha⁻¹ N, P, K, respectivamente) en dos aplicaciones, la primera dosis fue de 60-60-00 al momento de la siembra y la segunda 60-00-60 en la etapa de amacollamiento.

4.4.4 Variables evaluadas

En el desarrollo vegetal se evaluaron variables fenológicas que describen el crecimiento y desarrollo de las plantas de gramíneas establecidas, Altura de planta (AP), largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH), número de hojas (NH),

diámetro de tallo (DT), número de macollos (NM). Biomasa total (Bt) Los datos se tomaron cada 7 días durante tres meses y medio, hasta que las plantas desarrollaron espiga.

4.4.5 Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 6x2. Donde el factor A son las seis especies, *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua repens*, *Pappophorum bicolor*, *Pappophorum vaginatum* y *Cenchrus ciliaris*, el factor B es la aplicación de dos dosis de fertilización, (primera dosis fue de 60-60-00 al momento de la siembra y la segunda 60-00-60 en la etapa de amacollamiento), donde se evaluó la respuesta de las especies respecto con o sin fertilizante químico. Cada tratamiento constó de cinco repeticiones, es decir, un total de 60 macetas.

4.4.6 Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se sometieron a un proceso de verificación de homogeneidad de varianza y supuestos de normalidad, mediante pruebas de Bartlett y Shapiro-WILK, también se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Duncan ($\alpha=0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SAS/STAT® 9.4 (SAS Institute Inc., 2016).

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1 Comportamiento de las variables de seis especies de pastos forrajeros

El factor especie presentó diferencias altamente significativas ($p<0.01$) en cuanto a las variables de crecimiento (AH, NH, GT, NM), sin embargo, en la variable (LH)

la diferencia fue significativa, (cuadro 1), el crecimiento y desarrollo de las hojas fue menor puesto que características morfológicas de cada especie son diferentes, aunado ello los factores edafoclimáticos también influyen en el crecimiento y desarrollo (Vargas-Rodríguez y Boschini-Figueroa, 2011).

Cuadro 1. Análisis de varianza del crecimiento de seis especies de pasto con fertilización 120-60-00 en condiciones de invernadero en Oaxaca, México.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios				
		Error	LH	AH	NH	GT
SP	46	0.566*	0.0398**	11.9077**	0.0148**	0.4889**
TRAT	46	0.1530*	0.0011*	1.6991*	0.0013*	0.0584*
SP*TRAT	46	0.1962sn	0.0011*	0.4816*	0.0010*	0.0971*
Error	46	0.3083	0.0012	0.3313	0.0132	2.677
CV(%)	46	31.2773	3.017	16.1676	1.5736	11.7057
RCME	46	0.5552	0.0349	0.5755	0.0169	0.2412

SP = especie, Trat = tratamiento, SP*TRAT= interacción de especie con tratamiento; CV= coeficiente de variación; RCME= cuadrado medio del error GL=grados de libertad, LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, NH= número de hojas, GT= grosor de tallo, NM= número de macollos; **=altamente significativo; *=significativo; ns=no significativo; (Duncan P<0.05).

De la misma manera el ancho de las hojas, indica la importancia para el desarrollo y crecimiento de las plantas, de acuerdo a los resultados obtenidos (cuadro 1) los valores de AH presentan diferencias altamente significativas ($P<0.01$) en el factor especie, en comparación con los factores TRAT y la interacción SP*TRAT obtuvieron un resultado similar con diferencias significativas ($P<0.05$) con el factor SP. Atribuyéndole que dentro de las especies evaluadas pertenecen a diferentes géneros y por ello habrá diferencias en cuanto a variables morfológicas.

Sin embargo, Molina-Montenegro (2008), indica que las plantas modifican sus estructuras como el grosor de hojas y la densidad estomática lo que influye en las condiciones de estrés medioambientales que se encuentre la planta. Asimismo, la aplicación de fertilizante influye de manera preponderante en la producción de hojas.

En la variable número de hojas (NH) hubo diferencias significativas en el factor TRAT y en SP*TRAT, no obstante, la interacción SP*TRAT, obtuvo valores bajos respecto a SP y TRAT, considerando que se refleja en la implementación del fertilizante y por la respuesta que tiene cada especie fisiológicamente. El número de hojas indica la calidad y la cantidad de la materia seca, así mismo determina la frecuencia de corte para alimentación de ganado, puesto es uno de los factores más influenciados en la producción (Rossi y Privitello, 2019).

4.5.2 Comportamiento de especies forrajeras respecto a fertilización

El crecimiento y desarrollo de las seis especies de pastos evaluadas, tuvieron comportamientos diferentes, respecto a las dosis de fertilización aplicadas, ($P < 0.05$), donde influyó de manera importante el establecimiento de las plantas en masetas, ya que limita su desarrollo, (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comportamiento de medias de las características fenológicas de seis genotipos de pastos forrajeros con fertilización 120-60-00 y el testigo en invernadero en Oaxaca, México.

Tratamientos	LH	AH	NH	GT	NM
<i>B. gracilis</i>	1.72±0.28 ba	1.06±0.01 d	2.66±0.59 c	1.04±0.01 d	2.18±0.53 ab
<i>B. curtipendula</i>	1.68±0.10 ba	1.13±0.02 c	3.38±0.73 b	1.04±0.007 d	2.16±0.21 ab
<i>B. repens</i>	1.371±0.16 b	1.11±0.02 c	5.70±3.75 a	1.07±0.01 c	2.31±0.33 a
<i>C. ciliaris</i>	1.91±0.05 ba	1.24±0.02 a	3.45±0.91 b	1.14±0.02 a	2.07±0.23 ab
<i>P. vaginatum</i>	2.02±0.13 a	1.18±0.01 b	3.12±0.72 bc	1.07±0.01 c	1.67±0.34 c
<i>P. Bicolor</i>	1.94±0.21 a	1.20±0.04 b	2.91±0.63 bc	1.10±0.017 b	1.96±0.23 b
CNFT	1.82±0.11 a	1.15±0.01 a	3.71±0.23 a	1.08±0.007 a	2.09±0.04 a
SNFT	1.72±0.09 a	1.16±0.01 a	3.40±0.205 b	1.07±0.007 a	2.02±0.06 a

Letras minúsculas iguales por factor, son promedios similares ($P>0.05$). LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, NH= número de hojas, GT= grosor de tallo, NM= número de macollos; *B. gracilis*= *Bouteloua gracilis*; *B. curtipendula*= *Bouteloua curtipendula*; *B. repens*= *Bouteloua repens*; *P. vaginatum*= *Pappophorum vaginatum*; *P. bicolor*= *Pappophorum bicolor*; CNFT= con fertilizante; SNFT= sin fertilizante; Los promedios se acompañan de \pm error estándar; letras distintas en una misma hilera representan diferencias estadísticas significativas (Duncan, 0.05).

Existen diferencias estadísticamente en la variable LH respecto a las especies, *B. repens*, obtuvo diferencias estadísticas significativas, para el caso de los tratamientos, CNFT Y SNFT no hubo diferencia estadísticamente significativa, respecto a la variable AH, existió diferencias significativas entre las especies, *B. gracilis*, *B. curtipendula*, *C. ciliaris*, y las dos especies del género *Pappophorum*, sin embargo la especie *C. ciliaris* tiene las hojas más anchas que las otras especies, esto se debe de la capacidad fotosintética de la planta y de ello depende el rendimiento (Beltrán-López *et al.*, 2002).

En la variable NH entre especies, existió diferencia significativa estadísticamente, la mayor diferencia la obtuvo *B. repens*, puesto que es una especie que se caracteriza por su abundante follaje, así como la ramificación de tallos, es decir,

el abundante número de macollos, esto cuando se le proporciona factores edáficos y climáticos benéficos para la especie Hernández-Sánchez *et al.*, 2019. De este mismo modo, en la variable NM, hubo diferencias significativas, ya que por el contrario a *B. repens*, tiene gran cantidad de hojas como de macollos, por su parte el género *Pappophorum* con sus dos especies evaluadas, no tuvieron ramificaciones de tallo y de hojas, de esta manera a la temperatura y a la humedad se les atribuye el bajo desarrollo de la planta de estas especies, puesto que se considera una especie decreciente Entio *et al.*, (2014), cabe mencionar que existen pocos estudios realizados sobre el género *Pappophorum* por tal motivo es difícil adjudicar un comportamiento para las variables.

Del mismo modo en los tratamientos aplicados con fertilización y sin fertilización (CNFT SNFT), obtuvieron diferencias significativas estadísticamente en las variables NH y NM, puesto que la fertilización ayudo al aumento de la producción de hojas y de macollos.

4.5.3 Comportamiento en el crecimiento y desarrollo de pastos forrajeros en respuesta a fertilización

El crecimiento de los genotipos estudiados con aplicación de fertilizante desde el día de la siembra hasta el desarrollo de espiga en condiciones de invernadero en Valles Centrales de Oaxaca, mostraron diferencias ($P < 0.05$), (figura 1), puesto que en las especies *Bouteloua gracilis*, *Pappophorum bicolor*, *Pappophorum vaginatum*, se observó el efecto del aumento de crecimiento en plántulas, en comparación al testigo (sin fertilización).

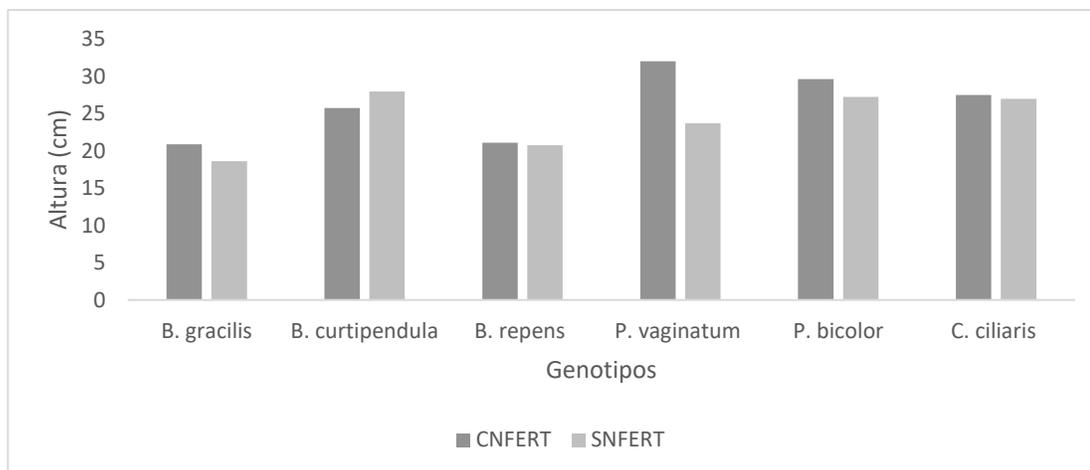


Figura 1. Crecimiento semanal de seis especies de pastos forrajeros con aplicación de fertilizante y el testigo.

La especie que mostro mayor crecimiento fue *Pappophorum vaginatum* con fertilización, en la primera dosis (60-60-00) y en la segunda dosis (60-00-60), el crecimiento prolongado de dicha especie en comparación con las demás se debe a las características de crecimiento de la especie, *P. vaginatum* tiene hábitos de crecimiento en ambientes extremos tanto puede crecer en zonas áridas como tropicales y en suelos salinos así mismo se adapta con facilidad a cambios climáticos repentinos.

Sin embargo, Morales-Nieto *et al.*, 2012, mencionan que la dosis adecuada de fertilizante que se debe aplicar a los pastos forrajeros es de 120-40-00, realizando dos aplicaciones, la primera de (60-40-00) y la segunda de (60-00-00), y después de aplicar el fertilizante se debe regar, ya que de esta manera ayudara al crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas.

Por su parte *B. repens* y *C. ciliaris* mostraron un comportamiento de crecimiento similar en los tratamientos con y sin aplicación de fertilizante, en el caso de *B.*

repens es una especie de crecimiento medio que está habituada en zonas áridas y semiáridas además, es resistente a sequías prolongadas, sin embargo la temperatura influye también en su crecimiento; de esta manera a ello se le atribuye la similitud de crecimiento que mostro con la aplicación de fertilizante y el testigo (sin fertilización), Ramírez-Meléndez *et al.*, (2020) en este mismo contexto, influye de manera gradual que las plantas se sembraron en masetas, y de alguna manera limito su crecimiento Martínez-Sifuentes *et al.*, (2020).

El comportamiento de crecimiento que mostro la especie *B. curtipendula* fue mayor en el testigo en comparación con la aplicación de fertilizante, demostrando que el fertilizante no aumento el crecimiento de las plantas, López-Collado *et al.*, (2018), mencionan que el incremento del testigo se debe a la demanda de nutrientes de la especie, y el suministro que aporta el suelo, asimismo recomienda que se debe tomar en cuenta las condiciones del suelo, así como la necesidad que tiene la planta de elementos esenciales principalmente N, P y K; el suministro de fertilizante se determina por la cantidad de nutrientes que aporta el suelo y la eficiencia de absorción de la planta (Torres-Moya *et al.*, 2016).

Del mismo modo, Cerdas, (2011), concuerda con Collado *et al.*, (2018), puesto que indica que el suelo es un factor importante que determina el crecimiento de las plantas, lo cual es determinado por el PH, la conductividad eléctrica y la textura del suelo.

Lo antes mencionado se refleja en los resultados obtenidos, puesto que el pH del suelo donde se sembraron las plántulas con fertilización fluctúa entre 7.8 y 9.3,

sin embargo, lo óptimo debe ser entre 6.5 y 7.0 Ibarra-Castillo *et al.*, (2009), por otro lado el pH del suelo que o se le aplico fertilización fluctúa entre 7.5 y 7.7, lo que indica que es un suelo alcalino que a su vez indica que presenta un exceso de sodio y generalmente son impermeables, provocando que la infiltración de agua sea más lenta impidiendo el desarrollo de las plantas (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011).

4.5.4 Contenido de biomasa de materia seca de seis especies de pastos forrajeros.

La producción de biomasa de las seis especies forrajeras evaluadas, no fue significativa debido a que su crecimiento estuvo limitado por diferentes factores, en este sentido no hubo diferencias ($p \leq 0.05$) en las especies respecto a la aplicación de las dosis de fertilización, tal como se muestra en el (cuadro 3), en la variable MS de planta completa no hubo significancia en ninguno de los factores REP, SP, TRAT, y la interacción SP*TRAT, de igual manera en la variable de peso de hoja (PH), no hubo significancia en ninguno de los factores mencionados; por el contrario en el factor SP*TRAT si hubo diferencia en la variable peso de tallo,

Cuadro 3. Análisis de varianza de materia seca de seis pastos forrajeros

	GL	MS	PH	PT
REP	4	0.3444 ns	1.1491ns	7.6810ns
SP	5	0.3612 ns	3.512ns	5.6181ns
TRAT	1	0.1549 ns	1.8369ns	8.7113ns
SP*TRAT	5	0.0751 ns	2.4602ns	1.3706*
ERROR	40	0.3934 ns	1.7229	0
CV%		75.3	40.125	48.23
RCME		0.6272	0.0004	0.0007

REP= repeticiones; SP=especie; TRAT=tratamiento; SP*TRAT= especie interacción tratamiento; CV= coeficiente de variación; RCME=cuadrado medio del error; GL=grados de libertad; MS= materia seca planta completa, PH= peso hoja, PT=peso tallo; CNFT= con fertilizante; SNFT= sin fertilizante; **=altamente significativo; *=significativo; ns= no significativo (Tukey, 0.05).

4.5.5 Efecto de la fertilización en seis especies forrajeras para la producción de biomasa

Por su parte en la comparación de medias, de igual manera no hubo diferencias significativas entre factores en las variables evaluadas, puesto que no existió efecto de la fertilización en las plantas (cuadro 4), ninguna de las seis especies evaluadas obtuvo diferencias en la variable MS materia seca de planta completa, así mismo en la variable peso total de tallo PTT, en cambio en la variable peso de hoja total PHT, si existió diferencias entre especies, siendo *B. gracilis* y *C. ciliaris* que obtuvieron mayor diferencia en comparación de las demás especies. En la aplicación de fertilizante no existieron diferencias ($P > 0.05$) con el testigo. La producción de biomasa está relacionada con diferentes factores que influyen en el crecimiento de las plantas forrajeras, la temperatura, humedad y tipo de suelo, en este caso, otro factor que influyó mucho en el crecimiento de las plantas

fue el establecimiento de las plantas en masetas el cual limito el crecimiento, así como la aplicación del fertilizante no tuvo efecto en el desarrollo de las mismas.

Cuadro 4. Comparación de medias de materia seca de seis pastos forrajeros

Tratamientos	MS	PHT	PTT
<i>B. gracilis</i>	0.5197±0.1573 a	0.0013±0.0001 a	0.0015±0.0002 a
<i>B. curtipendula</i>	1.1500±0.2768 a	0.0010±0 ab	0.0014±0.0001 a
<i>B. repens</i>	0.7623±0.1047 a	0.0009±0.0001 ab	0.0015±0.0001 a
<i>C. ciliaris</i>	0.7537±0.1697 a	0.0013±0.0001 a	0.0017±0.0004 a
<i>P. vaginatum</i>	0.8083±0.1416 a	0.0011±0.0001 ab	0.001±0 a
<i>P. bicolor</i>	0.8780±0.2360 a	0.0008±0.0001 b	0.0016±0.0002 a
cnfert	0.9084±0.0425 a	0.0009±0.0000 a	0.0014±0.0001 a
snfert	0.7656±0.0351 a	0.0011±0.0000 a	0.0015±0.0001 a

Letras minúsculas iguales por factor, son promedios similares ($P>0.05$). MS= materia seca de planta completa; PHT= peso hoja total; PTT= peso total de tallo; CNFT= con fertilizante; SNFT= sin fertilizante; Los promedios se acompañan de \pm error estándar; letras distintas en una misma hilera representan diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

4.6 CONCLUSIONES

El género *Pappophorum* mostraron un comportamiento similar en el largo de hoja con *C. ciliaris* en respuesta al fertilizante. Por el contrario que *B. repens* fue la especie que mayor número de hojas mostró al igual que número de hojas, cabe mencionar que esta especie mostro menor altura en comparación con las demás especies. En consecuencia, el efecto de la fertilización con la fórmula 120-60-00 fue importante para mostrar mayor biomasa en cada componente morfológico de las plantas de pastos. La especie *Pappophorum vaginatum* fue la más responsiva a la fertilización, seguido de buffel, banderita, navajita y *B. repens*.

Para la biomasa no existieron diferencias estadísticas, pero se le atribuye a *B. curtipendula* mayor biomasa de planta completa en comparación con las demás especies.

4.7 BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Vázquez, P., Rojas-García, A. R., Joaquín-Cansino, S., Velázquez-Martínez, M., Rodríguez-Ortega, L. T. y Hernández-Guzmán, F. J. (2022). Producción de forraje y semilla de ocho pastos al establecimiento en Tulancingo, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(6), 1041–1053.
- Beltrán-López, S., Pérez-Pérez, J., Hernández-Garay, A., García-Moya, E., Kohashi-Shibata, J. y Herrera-Haro, J. G. (2002). Respuesta fisiológica del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a diferentes alturas de defoliación. *Agrociencia*, 36(5), 547–556.
- Celaya-Michel, H. y Castellanos-Villegas, A. E. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343–356.
- Cerdas, R. (2011). Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes*, 24(XII), 109–128.
- Enríquez-Quiroz, J. F., Esqueda-Esquivel, V. A. y Martínez-Méndez, D. (2021). Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. In *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* (Vol. 12, Issue 3, pp. 243–260).
- Entio, L. J., De la merced Mujica, M., Busso, C. A., Torres, Y. A., Montenegro, O. A., Ithurrat, L. S., Giorgetti, H. D., Rodríguez, G. D., Bentivegna, D., Brevedan, R. E., Fernández, O. A., Baioni, S. S., Fioretti, M. N. y Tucac, G. (2014). Variabilidad y correlaciones de caracteres vinculados con el vigor de plántula en dos poblaciones naturales de *Pappophorum*. *Rev. FCA UNCUYO*, 46(2), 223–230.
- Hernández-Sánchez, L., Villegas-Aparicio, Y., Gómez-Vásquez, A. y Cruz-Carrillo Rodríguez, J. (2019). Germinación y adaptabilidad de gramíneas forrajeras en los valles centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(2), 178–189.
- Herrera-Arrieta, Y., Peterson, P. M. y Cortés-Ortiz, A. (2010). Gramíneas 46 Zacatecas, México.
- Ibarra-Castillo, D., Ariel Ruiz Corral, J., González-Eguiarte, D. R., Flores-Garnica, J. G. y Díaz-Padilla, G. (2009). Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan Jalisco, México. *Agricultura Técnica*, 35(3), 267–276.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Mapas territoriales. (Consultado:

- 16/02/22). Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo>.
- INIFAP. 2016. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Libro técnico Núm. 16. ISBN 978-607-37-0667-4
- Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., Garza-Cedillo, R. D., Luna-Luna, M. y Chávez-Ruiz, M. G. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 12(3), 261–285.
- López-Collado, C. J., De Dios-León, G. E., Guerrero-Peña, A., Ortega-Jiménez E., Alonso-López, A. y Bolaños-Aguilar, E. D. (2018). Importancia de la fertilización en el manejo sustentable de pastos tropicales. *Agroproductividad*, 11(5), 130–133.
- Martínez-Sifuentes, J. A., Duran-Puga, N., Ruíz-Corral, J. A., González Eguiarte, D. R. y Mena-Munguía, S. (2020). Impacto del cambio climático en las áreas con aptitud ambiental para *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua repens* en México. *REVISTA BIO CIENCIAS*, 7, 2020.
- Morales-Nieto, C. R., Etiquez-Quiroz, J. F., Villanueva-Avalos, J. F., Herrera-Cedano, F., Quero-Carrillo, A. R., Becerra-Becerra, J., Sánchez-Gutiérrez, R. a., Jurado-Guerra, P. (2012). Manual para el establecimiento y manejo de semilleros de especies forrajeras en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico. 21(1:71).
- Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Álvarez-Holguín, A., Villarreal-Guerrero, F. y Santellano-Estrada, E. (2017). Caracterización de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) de México para seleccionar genotipos con potencial para producción de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(3), 309–316.
- Olivera, Y., Machado, R., & Del Pozo, P. P. (2006). Botanical and agronomic characteristics of important forage species of the *Brachiaria* genus. *Pastos y Forrajes*, 29(1), 1–13.
- Peterson, P. M., Romaschenko, K. y Herrera-Arrieta, Y. (2015). Phylogeny and subgeneric classification of *Bouteloua* with a new species, *B. herrera-arrietae* (*Poaceae: Chloridoideae: Cynodonteae: Boutelouinae*). *Journal of Systematics and Evolution*, 53(4), 351–366.
- Polo, E. A. (2021). Rendimiento y valor nutritivo de la gramínea buffel (*cenchrus ciliaris*) a diferentes épocas de corte. *Periodicidad: Semestral*, 4(2), 2021.
- Quiroga, E., Blanco, L. y Oriente, E. (2009). Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos.

- Ramírez-Meléndez, E. J., Hernández-Guzmán, F. J., López-Castañeda, C., Miranda-Jiménez, L., Carrillo-Llanos, Ma. de J., & Quero-Carrillo, A. R. (2020). Crecimiento de plántulas de nueve genotipos de *Bouteloua curtipendula* con dos tamaños de cariósido. *Rev. Fitotec. Mex*, 43(2), 171–180.
- Rossi, R. E. y Privitello, L. M. J. (2019). Defoliación de *Digitaria Eriantha steudel*: producción forrajera, estructura y eficiencia de uso de las radiaciones y el agua Defoliation of *Digitaria eriantha* Steudel: forage production, structure and radiation and water use efficiency (Vol. 42, Issue 2).
- Sánchez-Gutiérrez, R. A., Hanson, J., Chris Jones, Jurado-Guerra, P., Santellano-Estrada, E., Melgoza-Castillo, A. y Morales-Nieto, C. (2020). Caracterización morfológica de genotipos de pasto Buffel con potencial para producción de forraje y semilla. *Revista Mexicana de Fitotecnia*, 43(3), 343–347.
- Torres-Moya, E., Ariza-Suárez, D., Baena-Aristizabal, C. D., Cortés-Gómez, S., Becerra-Mutis, L. y Riaño-Hernández, C. A. (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos y Forrajes*, 39(2), 102–110.
- Vargas-Rodríguez, C., y Boschini-Figueroa, C. (2011). Producción forrajera del *Trypsacum laxum*, fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 99–108.
- Villegas-Aparicio, Y., Hernández-Garay, A., Pérez-Pérez, J., López-Castañeda, C., Herrera-Haro, J. G., Enríquez-Quiroz, J. F. y Gómez-Vázquez, A. (2004). Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L. *Técnica Pecuaria*, 42(2), 145–158.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES GENERALES

Evaluar la germinación de semillas, de las especies estudiadas, mostro variabilidad en respuesta a las soluciones, puesto que algunas son más corrosivas que otras, sin embargo, la escarificación química es un método eficaz que asegura la germinación y por consecuencia el exitoso establecimiento de las plantas.

La aplicación de fertilizante no genero un efecto para el desarrollo y crecimiento de las planas, en consecuencia, de la baja producción de biomasa, algunas especies como *P. vaginatum* y *P. bicolor* obtuvieron mayor crecimiento en tallos, pero no en número de hojas, por el contrario, la especie, *B. repens* y *B. curtispendula* obtuvieron mayor número de macollos y de hojas.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Abril-Saltos, R., Ruiz-Vásquez, T., Alonso-Lazo, J., y Cabrera-Murillo, G. (2017). Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 703.
- Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Melgoza-Castillo, A. y Méndez-Zamora, G. (2016). Germinación de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua Curtipendula*) bajo diferentes presiones osmóticas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 161–168.
- Álvarez-Vázquez, P., Rojas-García, A. R., Joaquín-Cansino, S., Velázquez-Martínez, M., Rodríguez-Ortega, L. T. y Hernández-Guzmán, F. J. (2022). Producción de forraje y semilla de ocho pastos al establecimiento en Tulancingo, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(6), 1041–1053.
- Beltrán-López, S., García-Díaz, C. A., Hernández-Alatorre, J. A., Laredo-Ostic, C., Urrutia-Morales, J., González-Eguiarte, L., y Gámez-Vázquez, H. G. (2013). “Banderilla Diana” *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 217–221.
- Beltrán-López, S., Pérez-Pérez, J., Hernández-Garay, A., García-Moya, E., Kohashi-Shibata, J., y Herrera-Haro, J. G. (2002). Respuesta fisiológica del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a diferentes alturas de defoliación. *Agrociencia*, 36(5), 547–556.
- Carbajal-Morón, N. A., Manzano, M. G., y Mata-González, R. (2017). Soil hydrology and vegetation as impacted by goat grazing in Vertisols and Regosols in semi-Arid shrublands of northern Mexico. *Rangeland Journal*, 39(4), 363–373.

- Carrillo-Reyes, A., Martínez-Menez, M. R., Granados-Rubio, E., Moya-García, E., y Exebio-García, A. A. (2019). Impact of the ditch check dam system over the vegetation coverage of grasslands in the Mixteca region, State of Oaxaca. *Terra Latinoamericana*, 37(3), 231–242.
- Celaya-Michel, H. y Castellanos-Villegas, A. E. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343–356.
- Cerdas, R. (2011). Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes*, 24(XII), 109–128.
- Coa-Urbáez, M., Méndez-Natera, J. R., Silva-Acuña, R. y Mundarain-Padilla, S. (2014). Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var: Catuaí Rojo. *Idesia (Arica)*, 32(1), 43–53.
- Enríquez-Quiroz, J. F., Esqueda-Esquivel, V. A. y Martínez-Méndez, D. (2021). Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. In *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* (Vol. 12, Issue 3, pp. 243–260).
- Entio, L. J., De la merced Mujica, M., Busso, C. A., Torres, Y. A., Montenegro, O. A., Ithurrat, L. S., Giorgetti, H. D., Rodríguez, G. D., Bentivegna, D., Brevedan, R. E., Fernández, O. A., Baioni, S. S., Fioretti, M. N., & Tucut, G. (2014). Variabilidad y correlaciones de caracteres vinculados con el vigor de plantula en dos poblaciones naturales de *Pappophorum*. *Rev. FCA UNCUYO*, 46(2), 223–230.
- Espitia-Hernández, P., Ruíz-Torres, N. A., Vázquez-Badillo, M. E. y Sánchez-Aspeytia, D. (2019). Respuesta fisiológica de semillas de chile ancho (*Capsicum annuum* L.) a reguladores de crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 829–837.
- Esqueda-Coronado, M. H., Melgoza-Castillo, A., Sosa-Cerecedo, M., Carrillo-Romo, R., y Jiménez-Castro, J. (2005). Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequía en tres tipos de suelo. *Técnica Pecuaria*, 43(1), 101–115.
- Figuroa, J., Armesto, J. J., y Hernández, J. F. (1996). Estrategias de germinación y latencia de semillas en especies del bosque templado de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69, 243–251.
- Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3), 501–523.
- Hernández-Flores, E., Quero-Carrillo, A. R., Joaquín-Torres, B. M., Hernández-Garay, Alfonso y Hernández-Guzmán, F. J. (2016). Métodos de

- escarificación y germinación en *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(1), 173–184.
- Hernández-Guzmán, F. J., Hernández-Garay, A., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J. F., y Velázquez-Martínez, M. (2015). Comportamiento productivo del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en respuesta al pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 33.
- Hernández-Guzmán, F. J., Rodríguez-Ortega, L. T., Velázquez-Martínez, M., Landa-Salgado, P., Rodríguez-Ortega, A. y Castrellón-Montelongo, J. L. (2021). Influencia del tamaño de cariósipide y embrión en el desarrollo de plántulas de pastos. *Interciencia*, 46(7–8), 309–316.
- Hernández-Sánchez, L., Villegas-Aparicio, Y., Gómez-Vásquez, A. y Cruz-Carrillo Rodríguez, J. (2019). Germinación y adaptabilidad de gramíneas forrajeras en los valles centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(2), 178–189.
- Herrera-Arrieta, Y., Peterson, P. M. y Cortés-Ortiz, A. (2010). Gramíneas de Zacatecas, México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad., 1-245.
- Ibarra-Castillo, D., Ariel Ruiz Corral, J., González-Eguiarte, D. R., Flores-Garnica, J. G. y Díaz-Padilla, G. (2009). Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan Jalisco, México. *Agricultura Técnica*, 35(3), 267–276.
- INIFAP. 2016. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Libro técnico Núm. 16. ISBN 978-607-37-0667-4
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Mapas territoriales. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo>.
- ISTA. (2021). International rules for seed testing 2022. *International Rules for Seed Testing*, 2022(1), i-1–14.
- Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., Garza
- Cedillo, R. D., Luna-Luna, M. y Chávez-Ruiz, M. G. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 12(3), 261–285.
- López-Collado, C. J., De Dios-León, G. E., Guerrero-Peña, A., Ortega-Jiménez E., Alonso-López, A. y Bolaños-Aguilar, E. D. (2018). Importancia de la fertilización en el manejo sustentable de pastos tropicales. *Agroproductividad*, 11(5), 130–133.

- Mancipe-Murillo, C., Calderón-Hernández, M., y Pérez-Martínez, L. V. (2018). Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio. *Caldasia*, 40(2), 366–382.
- Mápula -Larreta, M., López -Upton, J., Jesús Vargas -Hernández, J. J. y Hernández -Livera, A. (2008). Germinación y vigor de semillas en *Pseudotsuga menziesii* de México. 4(1), 119–134.
- Martínez Sánchez, J., Villegas Aparicio, Y., Enríquez-del Valle, J. R., Carrillo Rodríguez, J. C. y Vásquez Dávila, M. A. (2013). Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1263–1272.
- Martínez-Sifuentes, J. A., Duran-Puga, N., Ruíz-Corral, J. A., González Eguiarte, D. R. y Mena-Munguía, S. (2020). Impacto del cambio climático en las áreas con aptitud ambiental para *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua repens* en México. *REVISTA BIO CIENCIAS*, 7, 2020.
- Monroy-Vázquez, M. E., Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Solano-Camacho, E., Campos, ; Huitziméngari, y García-Villanueva, E. (2016). Imbibición, viabilidad y vigor de semillas de cuatro especies de *Opuntia* con grado distinto de domesticación. *Agrociencia*, 51(1), 27–42.
- Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Álvarez-Holguín, A., Villarreal-Guerrero, F. y Santellano-Estrada, E. (2017). Caracterización de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) de México para seleccionar genotipos con potencial para producción de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(3), 309–316.
- Morales-Nieto, C. R., Etiquez-Quiroz, J. F., Villanueva-Avalos, J. F., Herrera-Cedano, F., Quero-Carrillo, A. R., Becerra-Becerra, J., Sánchez-Gutiérrez, R. a., Jurado-Guerra, P. (2012). Manual para el establecimiento y manejo de semilleros de especies forrajeras en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico. 21(1:71).
- Moreno-Gómez, B., García-Moya, E., Rascón-Cruz, Q., y Aguado-Santacruz, G. A. (2012). Crecimiento y establecimiento de plántulas de *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths Y *Eragrostis curvula* var. *conferta* Stapf bajo un regimen simulado de lluvia. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 35(4), 299–308.
- Olivera, Y., Machado, R., & Del Pozo, P. P. (2006). Botanical and agronomic characteristics of important forage species of the *Brachiaria* genus. *Pastos y Forrajes*, 29(1), 1–13.

- Padilla, C., Crespo, G., & Sardiñas, Y. (2009). Degradación y recuperación de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(4).
- Palma-Rivero, M. P., López-Herrera, A., y Molina-Moreno, J. C. (2000). Condiciones de almacenamiento y germinación de semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Andropogon gayanus* Kunth. *Agrociencia*, 34(1), 41–48.
- Peterson, P. M., Romaschenko, K. y Herrera-Arrieta, Y. (2015). Phylogeny and subgeneric classification of *Bouteloua* with a new species, *B. herrera-arrietae* (*Poaceae: Chloridoideae: Cynodonteae: Boutelouinae*). *Journal of Systematics and Evolution*, 53(4), 351–366.
- Polo, E. A. (2021). Rendimiento y valor nutritivo de la gramínea buffel (*cenchrus ciliaris*) a diferentes épocas de corte. *Periodicidad: Semestral*, 4(2), 2021.
- Prado-Tarango, D., Mata-González, R., Melgoza-Castillo, A., Elias, S. G., y Santellano-Estrada, E. (2019). Simulated rainfall sequences affect germination and biomass allocation of Chihuahuan desert native plants. *Arid Land Research and Management*, 33(1), 22–36.
- Quero Carrillo, A. R., Miranda Jiménez, L. y Villanueva-Ávalos José Francisco. (2017). Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Investigación y Difusión Científica Agropecuaria*, 21(3), 63–65.
- Quero-Carrillo, A. R., Hernández-Guzmán, F. J., Pérez-Rodríguez, P., Pool, D., Landa-Salgado, P. y Nieto-Aquino, R. (2017). Germinación y emergencia diaria de cariósides y diásporas de pastos nativos e introducidos. *Rev. Fitotec. Mex* (Vol. 40, Issue 1).
- Quero-Carrillo, A. R., Miranda-Jiménez, L., Hernández-Guzmán, F. J., y Rubio-Aguirre, F. A. (2014). Mejora del establecimiento de praderas de temporal.
- Quiroga, E., Blanco, L. y Oriente, E. (2009). Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos.
- Ramírez-Meléndez, E. J., Hernández-Guzmán, F. J., López-Castañeda, C., Miranda-Jiménez, L., Carrillo-Llanos, Ma. de J., y Quero-Carrillo, A. R.

- (2020). Crecimiento de plántulas de nueve genotipos de *Bouteloua curtipendula* con dos tamaños de cariósido. *Rev. Fitotec. Mex*, 43(2), 171–180.
- Reino, J., González, Y., & Sánchez, J. A. (2008). temperatura optima de germinación y patrones de imbibición de las semillas de *Albizia lebeck*, *Gliricidia sepium* y *Bauhinia purpurea*. *Pastos y Forrajes*, 31(3), 209–216.
- Rivas-Jacobo, M., Sandoval-Alvarado, J., Herrera-Corredor, A., Marín-Sánchez, J., Escalera-Valente, F., y Loya-Olguín, J. (2018). Evaluación de semilla de pastos cosechados en caminos y campos de cultivos. *Abanico Veterinario*, 8(1).
- Rujo, J. M., Sierra, J. O., Gómez, A., y Restrepo, L. F. (2012). Estandarización de métodos de laboratorio para el análisis de viabilidad en semillas de especies forrajeras. *Revista de Investigación Pecuaria*, 1(2), 52–64.
- Rossi, R. E. y Privitello, L. M. J. (2019). Defoliación de *Digitaria Eriantha steudel*: producción forrajera, estructura y eficiencia de uso de las radiaciones y el agua Defoliation of *Digitaria eriantha* Steudel: forage production, structure and radiation and water use efficiency (Vol. 42, Issue 2).
- Ruíz, O. M., Luna, H. R., Bacha, E. F., Pedranzani, H. E. y Gabutti, E. G. (2013). Effect of stripe clearing on 4 grasses species and 2 broa-dleaves of caldenal. *Revista de La Facultad de Agronomía UNL Pam*, 22(supl, 2), 147–156.
- Salazar-Mercado, S. A., Maldonado-Bayona, H. A. y Quintero-Caleño, J. D. (2018). Evaluación de la calidad fisiológica de las semillas de *Linum usitatissimum* L. con la prueba de tetrazolio. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 22(3), 25–35.
- Sánchez-Gutiérrez, R. A., Hanson, J., Chris Jones, Jurado-Guerra, P., Santellano-Estrada, E., Melgoza-Castillo, A. y Morales-Nieto, C. (2020). Caracterización morfológica de genotipos de pasto Buffel con potencial para producción de forraje y semilla. *Revista Mexicana de Fitotecnia*, 43(3), 343–347.
- Sosa-Montes, E., Mendoza-Pedroza, S. I., Ramos-Velázquez, A., Álvarez-Vázquez, P., Ortega- Jiménez, E., y Sánchez- Hernández, M. A. (2021). Composición nutricional de tres pastos colectados en el estado de Morelos, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(II).
- Torres-Moya, E., Ariza-Suárez, D., Baena-Aristizabal, C. D., Cortés-Gómez, S., Becerra-Mutis, L. y Riaño-Hernández, C. A. (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos y Forrajes*, 39(2), 102–110.

- Usberti, R. y Martins, L. (2007). Sulphuric acid scarification effects on *Brachiaria brizantha*, *B. humidicola* and *Panicum maximum* seed dormancy release. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(2), 143–147.
- Varela, S. A., y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Serie Técnica: Sistemas Forestales Integrados, Área Forestal*, 3, 3–10.
- Vargas-Rodríguez, C., y Boschini-Figueroa, C. (2011). Producción forrajera del *Trypsacum laxum*, fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 99–108.
- Velázquez-Martínez, M., Rodríguez-Ortega, L. T., Rojas-García, A. R., Enríquez-Quiroz, J. F., Santiago-Hernández, F., Ramírez-Rojas, S. G., y Hernández Guzmán, F. J. (2022). Morphology and forage quality in buffel, rhodes, and blue grama grasses in Valle del Mezquital. *Agro Productividad*, 15(1).
- Villegas-Aparicio, Y., Hernández-Garay, A., Pérez-Pérez, J., López-Castañeda, C., Herrera-Haro, J. G., Enríquez-Quiroz, J. F. y Gómez-Vázquez, A. (2004). Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L. *Técnica Pecuaria*, 42(2), 145–158.
- Viveros-Viveros, H., Hernández-Palmeros, J. D., Velasco-García, M. V., Robles-Silva, R., Ruíz-Montiel, C., Aparicio-Rentería, A., Martínez-Hernández, M. de J., Hernández-Villa, J., y Hernández-Hernández, M. L. (2015). Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30), 52–65.
- Yáñez-Chávez, L. G., Pedroza-Sandoval, A., Martínez-Salvador, M., Sánchez-Cohen, I., Echavarría-Chairez, F. G., Velásquez-Valle, M. A. y López-Santos, A. (2018). Use of soil moisture retainers on the survival and growing of two grass species *Bouteloua curtipendula* [Michx.] Torr. And *Chloris gayana* Kunth. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 9(4), 702–718.
- Zaragoza-Quintana, E. P., Cotería-Correa, M., Scott-Morales, L. M., Pando-Moreno, M., Estrada-Castillón, A. E., y González-Rodríguez, H. (2022). Salud del ecosistema de pastizal y biomasa en áreas naturales protegidas para el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) en Nuevo León, México. *Acta Universitaria*, 32, 1–19.