

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE PLÁNTULAS DE GRAMÍNEAS CON
DIFERENTES SUBSTRATOS Y SU RESPUESTA EN ÁREAS PERTURBADAS
DEL PARQUE ECOLÓGICO CHIPINQUE, NUEVO LEÓN, MÉXICO.**

TESIS

Como requisito para optar por el título de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta:

EDUARDO DE LEÓN MORALES

Linares, Nuevo León, México

Marzo del 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE PLÁNTULAS DE GRAMÍNEAS CON
DIFERENTES SUBSTRATOS Y SU RESPUESTA EN ÁREAS PERTURBADAS
DEL PARQUE ECOLÓGICO CHIPINQUE, NUEVO LEÓN, MÉXICO.**

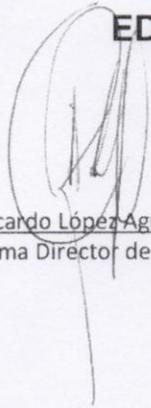
TESIS

Como requisito para optar por el título de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

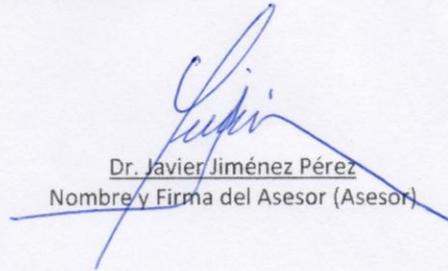
Presenta:

EDUARDO DE LEÓN MORALES



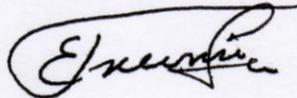
Ricardo López Aguillón

Nombre y Firma Director de Tesis (Director)



Dr. Javier Jiménez Pérez

Nombre y Firma del Asesor (Asesor)



Dr. Eduardo Javier Treviño Garza

Nombre y Firma del Asesor (Asesor)



Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Nombre y Firma del Asesor (Asesor Externo)



M.C. Florentino Caldera Hinojosa

Nombre y Firma del Asesor (Asesor Externo)

Linares, Nuevo León, México

Marzo del 2013

RESUMEN

El Parque Ecológico Chipinque es un Área Natural Protegida, de índole privada, es una de las áreas naturales más importantes de la región por su cercanía al Área Metropolitana de Monterrey (AMM) y por los atractivos y servicios que ofrece. El parque tiene un serio problema de erosión en ciertas áreas debido a los efectos de fenómenos naturales, que han provocado que grandes extensiones boscosas queden al descubierto, provocando que grandes cantidades de material terroso se pierda año con año afectándose el hábitat, así como la estructura del paisaje.

Se pretende cubrir con vegetación de rápido desarrollo lo más rápido posible en estas áreas, lo cual disminuirá el impacto causado por lluvias y estabilizará el suelo respectivamente, evitando la pérdida del mismo. Se ha pensado en la utilización de gramíneas presentes en la zona ya que su ciclo vegetativo es corto, además de poderse reproducir con facilidad con semilla y vegetativamente a través de rizomas

Es por ello, que uno de los objetivos del presente trabajo es evaluar la producción de plántulas de gramíneas en contenedores de polietileno. Para ello se usaron diferentes mezclas de sustrato con el propósito de aumentar la calidad de planta obtenida en vivero. Esto servirá para incrementar la posibilidad de obtener un mayor éxito en la supervivencia de las plántulas, una vez que se realice la plantación en estas áreas degradadas por deslaves e incendios dentro del Parque Ecológico Chipinque.

Para la producción de planta, se seleccionaron cuatro especies de gramíneas que crecen de manera natural dentro del Parque las cuales son *Buchlöe dactyloides* (Nutt) Engelm, *Hilaria belangeri* (Steud) Nash, *Bouteloua gracilis* Lag y *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr. La siembra se realizó en tres tratamientos que son la combinación de diferentes sustratos. Los tratamientos propuestos son: Tratamiento I compuesto por Peat moss + Vermiculita + Suelo de Monte en una proporción de 1 : 1 : 2, el Tratamiento II compuesto por Peat Moss + Perlita + Suelo de Monte con la misma proporción 1 : 1 : 2 y el Tratamiento III o Testigo compuesto por Suelo de Monte (100%).

Las variables que se evaluaron fueron porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro al ras del suelo, relación altura - diámetro al ras del suelo, relación entre el peso seco aéreo y peso seco radicular, con el objetivo de conocer el índice de calidad alcanzados por las plantas a nivel de vivero usando las fórmulas propuestas por Iverson, Schmidt y Dickson.

Una vez que se produjo la cantidad suficiente de planta de estas cuatro especies y que las condiciones ambientales lo permitieron, se establecieron en las áreas que se encuentran perturbadas y propensas a los efectos de erosión hídrica y eólica por la falta de cobertura vegetal. Durante su establecimiento se evaluaron la supervivencia de plantas, altura y diámetro al ras del suelo para ir monitoreando su comportamiento.

Palabras clave: Producción de plántulas, supervivencia y crecimiento de pastos, mezclas de sustratos, áreas alteradas, Chipinque.

SUMMARY

Chipinque Ecological Park is a protected natural area, of a private nature, is one of the most important natural areas in the region because of its proximity to Monterrey Metropolitan Area (MMA), the attractions and services it offers. The park has a serious erosion problem in certain areas due to the effects of natural phenomena that have caused large forest areas to be exposed, causing large amounts of earthy material perish every year thus affecting the habitat and landscape structure.

We pretend to cover with rapid-growing vegetation these areas, which will help decrease the impact caused by rains and it will stabilize the soil respectively avoiding loss. It is planned to use grasses that grow in the area, as their growing season is short, besides being able to easily reproduce with seeds and vegetatively through rhizomes.

Therefore, one of the objectives of this study was to evaluate the production of grass seedlings in polyethylene containers. This used different substrate mixtures in order to increase the quality of nursery plant obtained. This will serve to increase the possibility of greater success in the survival of seedlings after planting is done in these degraded areas by landslides and fires within the Chipinque Ecological Park.

For the production of plant, it was selected four grass species that grow naturally in the park which are *Buchlōe dactyloides* (Nutt) Engelm, *Hilaria belangeri* (Steud) Nash, *Bouteloua gracilis* Lag y *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr. Sowing was done in three treatments that are the combination of different substrates. The treatments were: Treatment I composed of Peat Moss + Vermiculite + Floor Mount in a ratio of 1: 1: 2, Treatment II composed of Peat Moss + Perlite + Floor Mount

with the same ratio 1: 1: 2 and Treatment III or Witness Floor Mount consists of (100%).

The variables evaluated were: germination percentage, plant height, diameter at ground level, height - diameter at ground level, the relationship between shoot dry weight and root dry weight, in order to know the quality index achieved by plants at the nursery using the formulas proposed by Iverson, Schmidt and Dickson.

Once there was enough of these four plant species and environmental conditions permitted, they were settled in the areas that are disturbed and prone to the effects of water and wind erosion by the lack of vegetation. During its establishment, plant survival, height and diameter at ground level were evaluated in order to monitor their behavior.

Keys Words: Seedlings production, Grass survival and growth, mixtures of substrates, disturbed areas, Chipinque.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
HIPÓTESIS	9
OBJETIVOS	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 Descripción del área de estudio	10
3.1.1 Localización.....	10
3.1.2 Clima	11
3.1.3 Precipitación.....	12
3.1.4 Temperatura.....	12
3.1.5 Geología.....	13
3.1.6 Geohidrología.....	13
3.1.7 Hidrología	14
3.1.8 Edafología	14
3.1.9 Vegetación	15
3.2. Trabajo de Campo.....	17
3.3. Descripción de las especies.....	18
3.3.1. <i>Buchloe dactyloides</i> (Nutt.) Engelm.....	18
3.3.2. <i>Hilaria belangeri</i> (Steud.) Nash.....	22
3.3.3. <i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	26
3.3.4. <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.)	30
3.4. Producción de planta.....	35
3.4.1. Mezcla de sustratos.....	35
3.4.2. Siembra	36
3.5. Trabajo de Laboratorio	37
3.5.1 Calidad de planta.....	37
3.5.2 Índices de Calidad.....	37
3.5.3 Determinación de calidad de planta	38
3.6. Plantación.....	40
3.7. Trabajo de Gabinete.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Porcentaje de Germinación	42

4.2. Calidad de Planta	44
4.3. Alturas	46
4.3.1. Especie 1 (<i>Bochloe dactyloides</i>).....	46
4.3.2. Especie 2 (<i>Hilaria belangeri</i>)	47
4.3.3. Especie 3 (<i>Bouteloua gracilis</i>)	48
4.3.4. Especie 4 (<i>Bouteloua curtipendula</i>).....	49
4.4. Plantación.....	51
4.4.1. Medias por sitio por tratamiento	51
4.4.2. Análisis estadístico por especie.....	54
4.4.2.1. Especie <i>Buchloe dactyloides</i>	54
4.4.2.2. Especie <i>Hilaria belangeri</i>	55
4.4.2.3. Especie <i>Bouteloua gracilis</i>	57
4.4.2.4. Especie <i>Bouteloua curtipendula</i>	58
V. CONCLUSIONES	60
VI. REFERENCIAS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies de gramíneas utilizadas en este estudio.	18
Cuadro 2. Proporción de los componentes del sustrato para cada tratamiento.	35
Cuadro 3. Análisis Químico y Textura del Suelo de Monte (Sanzetenea, 1998).	36
Cuadro 4. Diseño de producción de planta.	36
Cuadro 5. Valores determinados para calificar la calidad de planta con crecimiento normal en especies forestales (INIFAP, 2011).	38
Cuadro 6. Fórmulas para Índices de calidad de planta.	39
Cuadro 7. Diseño de la plantación.	40
Cuadro 8. ANOVA para el % de germinación entre las especies.	43
Cuadro 9. Prueba Tukey para el % de germinación entre las especies.	43
Cuadro 10. Índices de calidad de planta para las especies de gramíneas y sus tratamientos.	45
Cuadro 11. ANOVA de alturas para la especie 1.	46
Cuadro 12. Prueba Tukey para alturas de la especie 1.	46
Cuadro 13. ANOVA de alturas para la especie 2.	47
Cuadro 14. Prueba Tukey de alturas para la especie 2.	47
Cuadro 15. ANOVA de alturas para la especie 3.	48
Cuadro 16. Prueba Tukey de alturas para la especie 3.	48
Cuadro 17. ANOVA de alturas para la especie 4.	49
Cuadro 18. Prueba Tukey de alturas para la especie 4.	49
Cuadro 19. Incrementos, Tasas y Supervivencia de la plantación.	51
Cuadro 20. ANOVA para la primera especie (<i>Bu da</i>)	54
Cuadro 21. Prueba Tukey entre los diferentes sitios para la variable Hf.	54
Cuadro 22. Prueba Tukey entre los diferentes sitios para la variable TRCH.	55

Cuadro 23. ANOVA para la segunda especie (<i>Hi be</i>).	55
Cuadro 24. Prueba del rango estudentizado de Tukey para la variable Hf.	56
Cuadro 25. Prueba Tukey entre los diferentes sitios para la variable Hf.	56
Cuadro 26. ANOVA para la tercera especie (<i>Bo gr</i>).	57
Cuadro 27. Prueba de rango de Tukey para la variable Hf.	57
Cuadro 28. Prueba de rango de Tukey para la variable IH.	58
Cuadro 29. ANOVA para la cuarta especie (<i>Bo cu</i>)	58
Cuadro 30. Prueba de rango de Tukey para la variable Hf.	59
Cuadro 31. Prueba de rango de Tukey para la variable IH.	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Parque Ecológico Chipinque.	10
Figura 2. Efectos climáticos mayo-octubre del Parque Ecológico Chipinque.	11
Figura 3. Mapa de escurrimientos presentes en el Parque Ecológico Chipinque.	14
Figura 4. Edafología del Parque Ecológico Chipinque.	15
Figura 5. Vegetación del Parque Ecológico Chipinque.	17
Figura 6. Plantas pistiladas y estaminadas, espiguilla fértil y espiguilla estaminada.	18
Figura 7. Distribución de <i>Buchlœe dactyloides</i>	19
Figura 8. Planta, grupo de espiguillas, espiguilla fértil, espiguilla estaminada y flósculo fértil.	22
Figura 9. Distribución de <i>Hilaria belangeri</i>	23
Figura 10. Planta, glumas y flósculos	26
Figura 11. Distribución de <i>Bouteloua gracilis</i>	27
Figura 12. Planta, espiguilla y flósculo	30
Figura 13. Distribución de <i>Bouteloua curtipendula</i>	32
Figura 14. Comparación del porcentaje de germinación entre los tratamientos.	42
Figura 15. Gráfica prueba de Tukey entre especies.	44
Figura 16. Gráfica prueba de Tukey para alturas de la especie 1.	47
Figura 17. Gráfica prueba de Tukey para alturas de la especie 2.	48
Figura 18. Gráfica prueba de Tukey para alturas de la especie 3.	49
Figura 19. Gráfica prueba de Tukey para alturas de la especie 4.	50
Figura 20. Alturas de las especies de gramíneas entre tratamientos.	50
Figura 21. Gráfica de incrementos en diámetro/sitio/especie/tratamiento.	52
Figura 22. Gráfica de incrementos en alturas/sitio/especie/tratamiento.	53

I. INTRODUCCIÓN

En la Sierra Madre Oriental, dentro de los límites del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, se encuentra el Parque Ecológico Chipinque (PECh), es un área natural de 1815 hectáreas abarcando altitudes de 800 hasta los 2200 metros sobre el nivel del mar (msnm), con flora y fauna representativa desde el matorral xerófilo hasta el bosque de Pino-encino. Es uno de los paisajes naturales más importantes de la región por su cercanía al área metropolitana de Monterrey (AMM) y por los atractivos y servicios que ofrece.

Sin embargo, el parque se vio fuertemente afectado por las intensas lluvias provocadas por la presencia del Huracán “Alex”, durante los primeros días del mes de julio del 2010, esto provocó deslaves de material terroso con alturas de hasta 4 m por 40 m de largo, derrumbe de pinos y encinos, derrumbes de rocas que pesan entre 10 y 70 t, así como la presencia de grandes cárcavas por escurrimientos constantes y el levantamiento de la carpeta asfáltica. Esto se debió a que muy cerca convergen 2 arroyos que concentran grandes cantidades de agua, esto ocasionó el arrastre de miles de toneladas de material.

Duarte (1990) indica que la erosión de los suelos es uno de los principales problemas que afronta la humanidad y México no está exento de él; por el contrario, se reporta como uno de los países latinoamericanos con la más alta tasa de erosión severa (Lal, 1979). Por su orografía accidentada, gran parte del territorio mexicano está expuesto a la erosión del suelo, debido a que la mayor parte de la superficie es de relieve irregular y sus terrenos planos sólo alcanzan 12% de la superficie total (Alcalá *et al.*, 1998). La pérdida de suelo repercute en una gran cantidad de problemas, siendo los más importantes el descenso de la productividad de los suelos y la pérdida de capacidad de los mantos acuíferos.

Es por ello que surge la necesidad de conservar y restaurar el suelo en estas áreas que se encuentran dentro del PECh, que han sido desprovistas de vegetación y que son susceptibles a la erosión tanto eólica como hídrica. Uno de los objetivos primordiales es la restauración de la vegetación afectada, de forma que en un periodo corto de tiempo estos ecosistemas logren su propio desarrollo.

Para mantener fértil y productivo el suelo, es necesario aplicar prácticas de manejo o de conservación, que además ayuden a mantener la humedad por más tiempo. La aplicación de técnicas o prácticas contribuyen a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva. Con las técnicas de conservación de suelos se reduce o

elimina el arrastre y pérdida del mismo por acción de la lluvia y el viento, se mantiene o se aumenta su fertilidad y con esto, la buena producción vegetal.

En este sentido, dentro del PECh se han utilizado ciertos procedimientos que mediante prácticas de rehabilitación como revegetación de áreas, semillas, plántulas, regeneración natural o exclusión de las mismas, promoverán la recuperación de la vegetación.

El uso de gramíneas en prácticas de rehabilitación que se reproducen de forma vegetativa, representa ciertas ventajas, pues es una forma muy eficiente de expansión y de ganancia territorial. El hombre aprovecha esto para desarrollar variedades que poseen un uso alimenticio o comercial, puesto que existe la seguridad de que la progenie es genéticamente idéntica a la planta madre y que poseerá, por lo tanto, sus mismas propiedades.

II. ANTECEDENTES

Las gramíneas y las arbustivas son un grupo muy importante de plantas en el Norte de México, ya que son los componentes naturales de las principales comunidades vegetales. Estas proveen alimento para los animales silvestres y domésticos, contribuyen a embellecer el paisaje natural, y son útiles para la estabilización del suelo en lugares disturbados por diferentes factores. Aún cuando su importancia ha sido reconocida, estas comunidades no han sido estudiadas adecuadamente. Debido a su valor como alimento para ganado la poca investigación que hay, ha sido relacionada hacia su uso por los animales. Los estudios que tratan sobre la ecología y manejo de estas comunidades, así como de las formas de revegetar y mejorar estas áreas con serios disturbios, han sido muy escasos, incluso, hace falta información sobre detalles como la palatabilidad y valor nutritivo de los componentes de estas comunidades, su reacción al ambiente climático, al fuego y los métodos de propagación. En vista del uso presente y potencial de estas comunidades, es necesario un conocimiento sólido para permitir su manejo efectivo. La deficiencia de investigación en este campo permite que cualquier investigación contribuya con una nueva información que redundará en un mayor conocimiento (Tapia, 1982).

Weaver y Noll (1935), en Nebraska compararon la escorrentía y la erosión en las praderas, pastizales y tierras cultivadas. Para este estudio se realizaron parcelas cerradas de 1 m de ancho y 10 m de largo y se simuló la lluvia natural usando riego por aspersión.

Se monitoreó la escorrentía y se obtuvo con 683 mm de lluvia en una pendiente de 10° durante 15 meses una escorrentía del 2.5% en la pradera, 9.1% en pastizal con sobrepastoreo, y el 15.1% en un pastizal totalmente desnudo por pastoreo intenso. El tipo de suelo que presentaban esas áreas era franco limoso. No se obtuvo ninguna cantidad medible de suelo erosionado en la pradera, sólo una pequeña cantidad en el pastizal, pero 5.08 t por acre se perdió en el área desnuda.

La escorrentía de 102 mm de agua aplicadas a los pastos y praderas, respectivamente, en julio de 1934, a razón de dos centímetros por hora a intervalos de dos semanas de diferencia, se tradujo en 3.1 y 9.8% de la escorrentía. En abril del año próximo 64 mm se aplicaron a la misma velocidad a la pradera, pastizal, y el área desnuda. La escorrentía fue de 0, 29.3, y 50.4%, respectivamente, y la pérdida de suelo por erosión fueron de 0, 185 kg ha⁻¹, y 8.5 t ha⁻¹.

En octubre, después de un verano de pastoreo intensivo donde las raíces se encontraban deterioradas, se aplicó 76 mm de agua en 1.5 h para cada área. La escorrentía de las praderas, pastizales y área desnuda fue de 11.3, 50.5 y 71.6%, respectivamente, y las pérdidas de suelo por erosión fue de 0, 398 kg ha⁻¹, y 11.5 t ha⁻¹. La infiltración del agua fue casi cuatro veces mayor en las praderas que en el pastizal.

La escorrentía en una pendiente de 5° con 328 mm de lluvia durante un período de 11 meses fue del 1% en la pradera, un 12.1% en un campo de trigo, y el 17.8% en tierras de barbecho. El tipo de suelo presente era franco limoso. No se produjo erosión apreciable en la pradera, 1.3 t ha⁻¹ de suelo erosionado del campo de trigo y 6.5 t ha⁻¹ de la tierra en barbecho.

127 mm de agua se aplicaron al rastrojo de trigo y pradera, y 100 mm sobre la tierra en barbecho durante un período de dos días. La escorrentía fue de 3.1, 27.6, y 23.2%, respectivamente, y la erosión del suelo fue nula, 3.2 t ha⁻¹ y 4.3 t ha⁻¹, en la misma secuencia.

La escorrentía de pradera y alfalfa joven en franco limoso con una pendiente 5° durante un período de alrededor de 7 meses fue de 3.8 y 19.2%, respectivamente, con una precipitación total de 270 mm.

100 mm de agua fue aplicada a cada parcela en primavera, cuando la alfalfa tuvo una altura de 12.5 cm resultando una escorrentía del 5.9% en la pradera y del 40.8% en la alfalfa. No se produjo erosión en las praderas, pero 1.8 t ha⁻¹ en el campo.

La escorrentía resultante de la aplicación de 76 mm de agua en 1.5 h en una cuesta de 7° con suelo franco arenoso fue nulo en la pradera quemada, pero el 20% en una pradera fraccionada para cultivo de maíz por un periodo de seis años. La capa superior del suelo perdida por la erosión fue de 30 t ha⁻¹.

Mencionan que donde hay una buena cubierta de hierba, no existe ningún problema grave de erosión. Pero donde la cubierta de hierba se rompe o se elimina por el pastoreo excesivo, la erosión es la consecuencia inevitable. La naturaleza, sin intervención, reparará la cubierta del suelo erosionado si no ha progresado demasiado. Pero una vez que la capa superficial del suelo se elimina por lavado, la restauración de las condiciones originales requiere períodos de tiempo muy largos. Mejorar los pastos es un arma principal contra la erosión.

Un suelo cubierto con manto natural de vegetación clímax, representa las condiciones más favorables para la máxima absorción de las precipitaciones y del control máximo de erosión.

Los suelos en donde se ha agotado su materia orgánica y son pobres en estructura, son menos absorbentes y se erosionan fácilmente. Los métodos para aumentar el uso de hierbas y otros cultivos que crecen de manera espesa, y que proporcionan una cobertura similar a la pradera, deben ser estudiados intensamente. Así, más lluvia puede ser retenida de la que cae y el suelo en las laderas se mantendrá en su sitio.

Uno de los elementos esenciales principales de control de la erosión, es la creciente utilización de las gramíneas.

Weaver y Noll (1935), evaluaron la eficiencia relativa de las raíces y la parte aérea de las plantas en la protección de la erosión del suelo. Para ello, se obtuvieron muestras de suelo de 1 X 0.5 X 0.1 m de áreas de campos, pastizales y praderas sin alterar ni la estructura del suelo o la cubierta vegetal.

Se determinó el tiempo necesario para lavar el suelo con la cubierta vegetal intacta y sin cobertura en un estante inclinado con un ángulo de 10° aplicando una corriente de agua de 49 l min⁻¹ de manera uniforme a una altura de 2.5 m y bajo una fuerza total de 177 g cm².

Se obtuvo que con el crecimiento de las raíces el tiempo de erosión fue algo más del doble, pero con el desarrollo correspondiente de las partes aéreas aumentó 9 a 10 veces. La protección que ofrece las hojas de las monocotiledóneas resultó ser en todos los casos mucho más eficiente que la del tipo dicotiledóneas. Los sistemas radicales de los pastos nativos son mucho más eficientes que los de la mayoría de los cultivos.

Muestras sin cobertura fueron erosionadas en suelo franco limoso en 2 h con la manguera abierta, más 2 h con una corriente de agua de 13 l min⁻¹ con una fuerza de 2.26 kg cm² de superficie. Para el siguiente año, muestras similares se erosionaron en 80 min y cuando los rizomas y la mayoría de las raíces se encontraban en decadencia, solo en una cuarta parte de este tiempo.

Una muestra, de hierba de trigo (*Agropyron smithii* Rydb.) totalmente crecida, retiene el suelo durante 46 min, cuando las copas se han eliminado. Un período de 3 ½ h se requiere para obtener resultados similares cuando la parte superior se

dejó intacta. La aplicación de la corriente de agua bajo una presión mayor durante un periodo de 13 h no pudo quitar cualquier cantidad perceptible de suelo cuando la cubierta estaba intacta.

Halvorson y Lang (1989), evaluaron una reforestación de un sitio afectado por agua salada en una zona con topografía accidentada al oeste de Dakota del Norte. Se inició un estudio para medir el efecto de la rehabilitación de los suelos, se tomaron muestras a una profundidad de 15 cm antes y después del tratamiento en los suelos afectados, también se tomaron muestras de suelo en sitios recuperados y muestras de sitios de referencia. Se realizó una reforestación con una mezcla de especies nativas de la zona afectada incluyendo zacate de trigo, zacate navajita y zacate banderita. La cobertura basal y la densidad de plantas se midieron en una parte de la zona contaminada a raíz de la afectación y otra después de la recuperación del sitio. El suelo contaminado fue regenerado por la adición de 1200 kg ha⁻¹ de CaCl₂ al agua de riego que se utilizó para lixiviar los 15 cm superiores del perfil del suelo.

Después de la contaminación, sólo una especie crecía en el sitio. Después de la rehabilitación, la mitad fueron recuperadas. La cobertura basal de los pastos en el sitio recuperado era de dos terceras partes de lo de un sitio sin ningún daño visible por el agua salada.

Datos del suelo indican que la recuperación tenía éxito reduciéndose la proporción de sodio en la superficie a 15 cm a niveles más aceptables para la recuperación de la vegetación.

Sheng (1990), comenta que las gramíneas son consideradas como vegetación de protección, con una cobertura densa y raíces, la vegetación de protección pueden ser muy eficaz para luchar contra la erosión. Las investigaciones realizadas en diversos huertos situados en pendientes que van del 14 al 46% en Taiwán mostraron que la eficacia de esta vegetación (utilizando su follaje para la cobertura con sustancias orgánicas) en la lucha contra la erosión alcanzó una media del 95%, siendo el pasto Bahía (*Paspalum notatum*) el más eficaz. El estudio de una parcela sometida a escorrentía en Jamaica mostraron que la cobertura con pasto Bahía (*Paspalum notatum*) en los bananos reducía la erosión en aproximadamente 83% con una pendiente de 17° o del 30%.

Suárez (1992), encuentra que durante el establecimiento de cultivos en zonas con laderas, el suelo se pierde en su mayor parte, por lo que se establecieron asociaciones de *Brachiaria decumbens* - *Arachis pintoii* en pasturas nativas en

suelos andosol, con más de 50% de pendiente y 2750 mm de precipitación anual promedio, obteniéndose que la erosión no aumentó significativamente.

Miller *et al.* (1996), establecen que en huertos y viñedos propensos a erosión, las gramíneas anuales de invierno tienden a ser las de más rápido crecimiento con las primeras lluvias de otoño, ayudando en la protección de erosión ocasionada por las lluvias. El bromo suelto (*Bromus mollis*), la festuca anual Zorro (*Festuca megalura*), y el rye grass anual o italiano (*Lolium multiflorum* y *L. rigidum*) son gramíneas de autosiembra adecuadas para el suelo en huertos frutícolas y viñedos.

Betancourt *et al.* (1999), evaluaron el efecto de la materia orgánica en el proceso de recuperación de suelos degradados, aportada por el pasto rhodes (*Chloris gayana* cv Bell). Se realizó una caracterización de las condiciones físicas y químicas del suelo después de cuatro años de establecido el pasto y se midió el potencial hidrológico del suelo a través de pruebas de infiltración y escurrimiento superficial, así como la producción de sedimentos en lotes de 7 m², usando un simulador de lluvias. Se encontró que los contenidos de materia orgánica aportados por el sistema de raíces y follaje del pasto rhodes han mejorado algunas propiedades físicas del suelo (capacidad de infiltración y estabilidad estructural), pero la fertilidad natural del mismo sigue siendo muy pobre. En condiciones de clima templado y con este tipo de coberturas vegetativas, para que se produzca un efecto degradante importante del escurrimiento superficial, la intensidad de la lluvia debe ser superior a 57 mm h⁻¹ y que el sistema de raíces y la cobertura vegetativa de pasto rhodes producen mejoras en las condiciones estructurales de este suelo, aun sin utilizar un buen sistema de manejo del pastizal.

Esqueda *et al.* (2005), estimaron el efecto de diferentes patrones de humedad y sequía sobre la emergencia y supervivencia de gramíneas (*Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula*, *Panicum coloratum*, *Leptochloa dubia*, *Eragrostis curvula* y *Eragrostis superba*), en tres tipos de suelo de áreas de cultivo abandonadas en el estado de Chihuahua, en condiciones de invernadero. Las secuencias de humedad y sequía fueron seleccionadas de los patrones más comunes de cómo la precipitación se presentó en 35 años durante el mes de julio (mes de mayor precipitación). Obteniéndose como resultados que la emergencia y supervivencia de los zacates se incrementó ($P < 0.05$) con relación a la cantidad de agua aplicada. Los máximos valores de supervivencia fluctuaron entre un 20 y un 50% dependiendo del tipo de suelo, de la secuencia y de la especie; los valores inferiores fueron para el zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), zacate banderita

(*Bouteloua curtipendula*) y zacate Klein (*Panicum coloratum*); el zacate gigante (*Leptochloa dubia*) y el zacate llorón (*Eragrostis curvula*) tuvieron valores superiores, mientras que el zacate garrapata (*Eragrostis superba*) tuvo un mejor comportamiento en los tres tipos de suelo, aún con bajos niveles de humedad.

Carrillo *et al.* (2009), comparó la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. Realizó ensayos con condiciones controladas y trabajó con especies de gramíneas nativas *Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula* así como especies exóticas africanas *Eragrostis curvula*, *E. lehmanniana*, *E. superba*, *Melinum repens* y *Panicum coloratum*. El estudio examinó la germinación de semillas y la asignación de biomasa en plántulas, en condiciones de esterilización de semilla y suelo (semilla lavada y no lavada más suelo esterilizado y no esterilizado). Los resultados obtenidos fueron que solamente *E. superba* superó los porcentajes de germinación ($P < 0.05$) de las especies nativas; sin embargo debido a la mayor producción de semillas por las especies exóticas, al menos dos de éstas superaron la producción potencial de propágulos de las nativas. El lavado de semilla favoreció para una mayor germinación en las tres especies de *Eragrostis*, mientras que la esterilización de suelo ($P < 0.05$) inhibió la germinación de *B. curtipendula* y *E. curvula*.

Monroy *et al.* (2011), desarrollaron un modelo de geocostales de yute con pasto xerófito y sustrato 100% natural con abono orgánico, micorrizas arbusculares, aserrín como retenedor de humedad y suelo de una zona semiárida. Este modelo incluye la combinación de tres especies de pastos xerófitos: *Bouteloua gracilis* (zacate navajita), *B. curtipendula* (zacate banderita) y *Cenchrus ciliaris* (zacate buffel). Este sistema se fijó en sitios con una capa delgada de suelo o sobre rocas, en la época de lluvias, con el objetivo de que se estableciera una cubierta vegetal sin necesidad de riesgos suplementarios. Se concluyó que los geocostales de pasto xerófito son una alternativa para revegetar sitios sin suelo, o con una delgada capa edáfica y con pocos recursos hídricos para irrigar plantas.

HIPÓTESIS

- Existen diferencias en la calidad de planta con las diferentes mezclas de sustratos.
- Existen diferencias en cuanto a supervivencia y crecimiento de las gramíneas, en los diferentes sitios.
- Existen diferencias en cuanto a supervivencia y crecimiento entre las especies de gramíneas.

OBJETIVOS

- Evaluar la producción de gramíneas en contenedores de polietileno usando diferentes mezclas de sustrato y determinar cuál es el más eficiente.
- Conocer el índice de calidad de planta a nivel de vivero.
- Evaluar la supervivencia y crecimiento de las especies de gramíneas entre sitios y entre especies.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización

El Parque Ecológico Chipinque (PECh) se localiza en la Sierra Madre Oriental, dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, entre las coordenadas: 25°33´ y 25° 35´ N, 100° 18´ y 100° 24´ W (Fig. 1), posee una extensión territorial de 1,815 ha y representa el 23% de la extensión territorial del municipio de San Pedro Garza García (1,011 ha) y una mínima parte del municipio de Monterrey (613.03 ha) en el estado de Nuevo León. El Parque posee elevaciones que oscilan entre los 650 y 2200 msnm (Willcockson, 2007).



Figura 1. Localización del Parque Ecológico Chipinque (Alanís, 2010).

3.1.2 Clima

Los climas de la Sierra Madre Oriental (SMO) son muy diversos, las diferencias de temperaturas se deben a la existencia de la cadena montañosa, produciendo un efecto de condensación, que genera lluvias que se concentran en la vertiente Este de la sierra, mientras que en la vertiente Oeste, se desarrolla un fenómeno llamado “sombra orográfica”, dando lugar a llanos o bolsones con clima seco o semiseco (Alanís *et al.*, 2007).

El PECh se encuentra dentro de la zona subtropical de alta presión; esto aunado a su altitud sobre el nivel del mar, determinan el comportamiento climático influido por masas de aire marino, continental y de circulación superior que dan lugar a un sólo máximo térmico, típico de las zonas subtropicales, así como un amplio rango térmico.

De acuerdo con la clasificación de Wladimir Köppen modificada por Enriqueta García en 1981, como adaptación acorde a la República Mexicana, el PECh presenta un clima tipo BS1(h')hw(e)''w'', (Semiseco, con lluvias marcadas en verano); con un porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10% de la lluvia anual. La temperatura promedio anual es de 20.5° C, y una precipitación promedio anual de 595 mm. (Nájera, 1997, García, 1998, Alanís *et al.*, 2007).

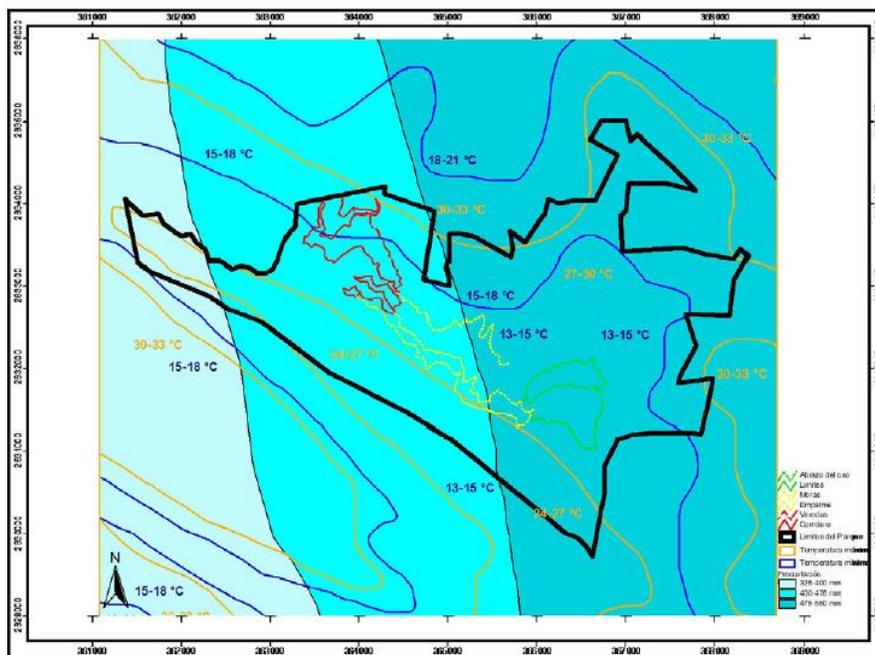


Figura 2. Efectos climáticos mayo-octubre del Parque Ecológico Chipinque, (Calderón, 2008).

3.1.3 Precipitación

El Norte de la República Mexicana es una zona de lluvias escasas donde la aridez responde a la situación geográfica respecto a la faja subtropical de alta presión.

El comportamiento general de las precipitaciones está dado por la influencia de la circulación general de la atmósfera durante el año. De modo que las lluvias registradas en los primeros meses del año están dadas por la entrada de los “Nortes” al país, que producen lluvias ligeras o moderadas en estos meses.

Aproximadamente en junio, se percibe la influencia de las lluvias de verano en forma torrencial y de chubascos (Alanís *et al.*, 2007).

Por el efecto dominante de los vientos alisios que pierden fuerza hacia julio y agosto, hay una disminución de las precipitaciones, llamada canícula. En septiembre cuando se activa la circulación ciclónica, se vuelven a sentir las masas de aire húmedo, cada vez de mayor importancia como productoras de lluvia en la región.

La precipitación promedio anual oscila entre los 300–600 mm en los correspondientes meses de mayo, junio y julio, así como durante los meses de diciembre y enero con una media que varía entre los 5 a 10 mm, y la humedad relativa entre el 30 y 50% (Nájera, 1997).

3.1.4 Temperatura

La marcha anual de la temperatura muestra una curva típica de regiones subtropicales, con un máximo térmico coincidente con la posición del sol durante el verano. Hay un almacenamiento creciente de energía desde la estación de invierno. El progresivo avance del sol hacia el Hemisferio Norte determina ganancias térmicas continuas, como lo muestran los datos de radiación solar que coinciden con el período de calentamiento de enero a julio y, por lo tanto, en las estaciones meteorológicas se presentan en este último mes el máximo térmico y el máximo de radiación solar. A partir de aquí la temperatura queda sujeta a modificaciones provocadas por la invasión de masas de aire frío y húmedo, de modo que los descensos térmicos son de alrededor de 3°C hacia el mes de septiembre (Nájera, 1997, García, 1998).

En octubre y noviembre inicia la penetración de las masas frías del norte, que aumentan el enfriamiento normal del suelo, alcanzando los mínimos térmicos entre los 10 y 15°C en las estaciones meteorológicas.

La zona presenta una temperatura media anual de 21.3°C. El área de estudio se encuentra localizado entre las la isotermas medias anuales con valor de 20 y de 22°C. En el mes de julio se presenta la temperatura más alta con 42°C y la mínima se presenta en el mes de enero con un valor mínimo de hasta -5°C (Synnott, 1986).

3.1.5 Geología

La Sierra Madre Oriental está compuesta por una potente serie de rocas sedimentarias que varían en edad desde el Triásico hasta el Terciario, las cuales fueron depositadas sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico.

Litológicamente las rocas sedimentarias consisten de calizas, margas, areniscas, lutitas, fosforitas, rocas evaporíticas (yeso, anhidrita, halita) y conglomerados.

Las rocas más antiguas que se han reportado en el Parque son de la edad del Jurásico, es decir tienen una historia de aproximadamente 200 millones de años, las cuales consisten de una secuencia evaporítica constituida por anhidrita, yeso y halita, con intercalaciones de calizas, lutitas y areniscas. Las rocas del Terciario están representadas por brechas sedimentarias cementadas por carbonato de calcio, además de brechas tectónicas, terrazas de sedimentos fluviales, sedimentos de talud ó abanicos aluviales constituidos por coluvión, derrubio, proluvión, sedimentos fluviales recientes y caliche (INEGI, 2005b).

3.1.6 Geohidrología

La permeabilidad de las rocas es de moderada a alta, dadas las características de sus componentes, con un nivel estático profundo mayor de 60 m, con acuíferos de tipo libre cuya calidad se traduce de dulce a tolerable y su aprovechamiento es bajo dada la gran profundidad a la que se localiza, el balance hídrico es positivo, pues la infiltración es mayor que el escurrimiento con respecto a la precipitación total (Nájera, 1997).

3.1.7 Hidrología

El PECh se encuentra localizado dentro de la región hidrológica BRH24 Bravo Conchos, dentro de la cuenca hidrológica del Río Bravo – San Juan “24 B” (INEGI, 1986). La hidrología interna del Parque es de carácter intermitente fluyendo con dirección noreste y oeste, formando bajadas de agua durante las lluvias fuertes. Dentro del Parque se forman diez veneros, de donde se abastece de agua para beber y para uso de las instalaciones del Parque. El parque se encuentra inmerso en una gran cantidad de escurrimientos, que se hacen presentes principalmente en la época de lluvias. (Nájera, 1997).

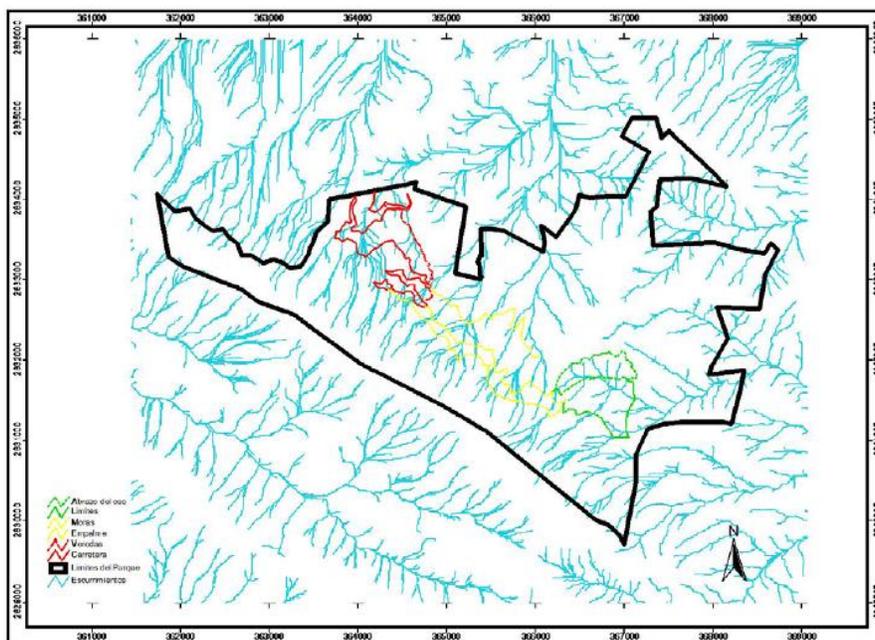


Figura 3. Mapa de escurrimientos presentes en el Parque Ecológico Chipinque, (Calderón, 2008).

3.1.8 Edafología

El relieve del Parque está formado de sierras y planicies donde sobresale el cambio de dirección de la Sierra Madre Oriental de Norte – Sur a Oeste – Este. Los suelos presentes en el área son litosoles y rendzinas muy someros, aunque se encuentran formando asociaciones con otros tipos de suelos que varían de un sistema de topoformas a otro. Los litosoles y las rendzinas, se encuentran alternados con abundantes afloramientos rocosos sobre cálizas que constituyen los principales macizos serranos que desarrollan la vegetación de matorral y de bosques en zonas con pendientes moderadas (Nájera, 1997).

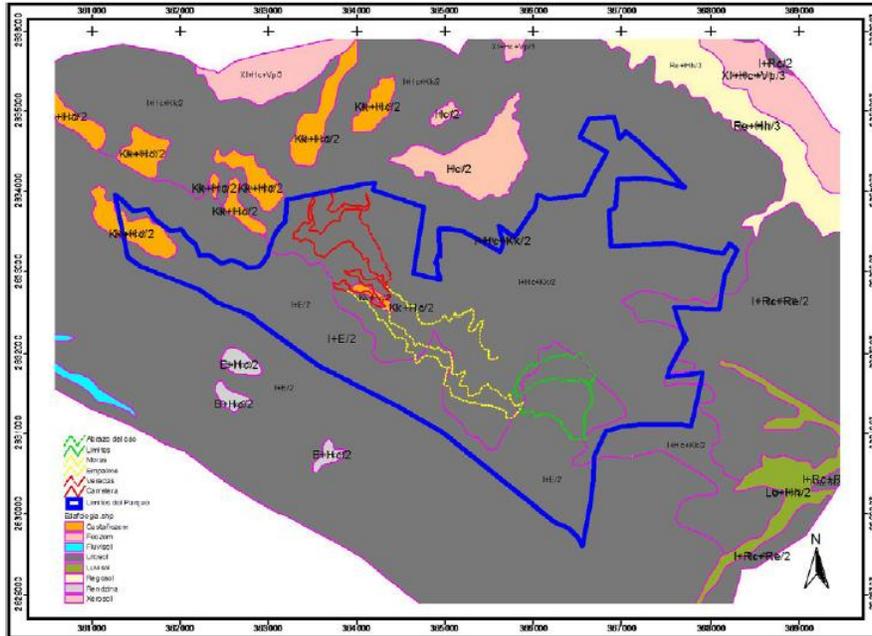


Figura 4. Edafología del Parque Ecológico Chipinque, (Calderón, 2008).

3.1.9 Vegetación

Debido a la variación de altitudes existentes en el PECh, encontramos vegetación representativa de la Sierra Madre Oriental y de la planicie costera del Golfo, diferenciando cinco tipos de vegetación, con 47 familias y la presencia de 128 especies en las cuales se incluyen plantas superiores, Helechos y Orquídeas (Alanís *et al.*, 1996).

En base a estudios realizados en la zona, los tipos de vegetación presentes se conforman de la siguiente manera:

a) Matorral submontano;

Esta es una formación arbustiva muy rica en formas de vida, se ubica en taludes inferiores con una amplia distribución, las especies de mayor presencia son la *Hellietta parvifolia*, *Cordia boissieri*, *Pithecellobium pallens*, *Acacia rigidula*, *A. farnesiana*, *Caesalpinia mexicana* y *Prosopis glandulosa* (Nájera, 1997).

b) Bosque de pino;

Este tipo de vegetación se encuentra de los 800 msnm en adelante y solo cuenta con dos especies representativas que son el *Pinus teocote* y el *Pinus*

pseudostrobus, ambas especies llegan a alcanzar alturas que varían de los 10 a los 20 metros, esta tipo de vegetación por lo regular se encuentra en asociación con especies del genero *Quercus* y *Arbutus* (Nájera, 1997).

c) Bosque mixto de pino-encino;

Tienen una amplia distribución altitudinal en la Sierra, encontrándose desde los 800 hasta los 2,800 msnm (Rzedowski, 1981). Esta comunidad vegetal forma un complejo que puede incluir especies de tamaño más o menos pequeño (6-8 m), abiertas y de baja densidad, llegando a tener también comunidades de zonas altas las cuales son de gran porte y densas (Alanís *et al.*, 1996).

d) Matorral desértico rosetófilo;

Se caracteriza por la presencia de especies con una forma arrosetada. Esta comunidad descrita originalmente por (Rzedowski, 1981), equivale a los matorrales crasi-rosulifolios espinosos de (Alanís, *et al.*, 1996).

En este tipo de asociación, las especies predominantes como *Agave americana*, *Dasyliirium texanum* no exceden de 1.5 a 2 m de altura, se presentan dos niveles de estratos fundamentalmente, aquellos constituidos por los rosetófilos, y un estrato herbáceo de hasta 0.5 m de altura, esta asociación se localiza en las áreas más áridas del Parque, y en las pendientes pronunciadas con abundancia de litosoles (Alanís *et al.*, 1996).

e) Bosque de encino;

Estos encinares se caracterizan por presentar hojas duras y tiesas, quizá como una adaptación a las condiciones desérticas. Además esta comunidad se encuentra entre el matorral submontano y el bosque mixto (Alanís *et al.*, 1996).

Otras especies comunes en el estrato superior del chaparral son:

Bauxleyanthus salicifolios, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis sp.*, *Porophyllum porophylloides*, *Aristida pansa*, *Acacia sp.*, *Muhlenbergia schreberi*, *Opuntia sp.*, *Dasyliirium texanum*, *Cercocarpus montanus*, *Sophora secundiflora*, *Acacia berlandieri*, *Dodonaea viscosa* y *Juniperus sp.* En el estrato medio son frecuentes ya sea individuos jóvenes del estrato superior como las siguientes especies: *Baccharis salicifolia*, *Opuntia leptocaulis*, *Opuntia spp.*, *Solanum elaeagnifolium*, *Aloysia gratissima*, *Heimia salicifolia*, *Leucophyllum laevigatum*, *L. frutescens*, y *Loeselia coerulea*. En el estrato inferior se encuentran: *Cynodon dactylon*, *Muhlenbergia sp.*, *Erioneuron grandiflorum*, *Sporolobus sp.*, *Agave aff. Falcata*, *Sporobolus sp.*, *Hilaria belangeri*, *Buchlœe dactyloides*, *Bouteloua gracilis* y *B. curtispindula*

Este tipo de vegetación es la de mayor presencia dentro del área, la cual se compone con árboles y arbustos que van desde los 15 a 20 metros de altura, siendo las especies más representativas de este tipo de vegetación el *Quercus rysophylla*, *Q. polymorpha*, *Q. laceyi*, *Q. virginiana var. fusiformis*, *Q. canbyi*, *Q. laeta*, además de encontrar asociación con *Arbutus xalapensis*, *Prunus serotina* y *Juglans mollis* (Rzedowski, 1981, Alanís et al., 1996).

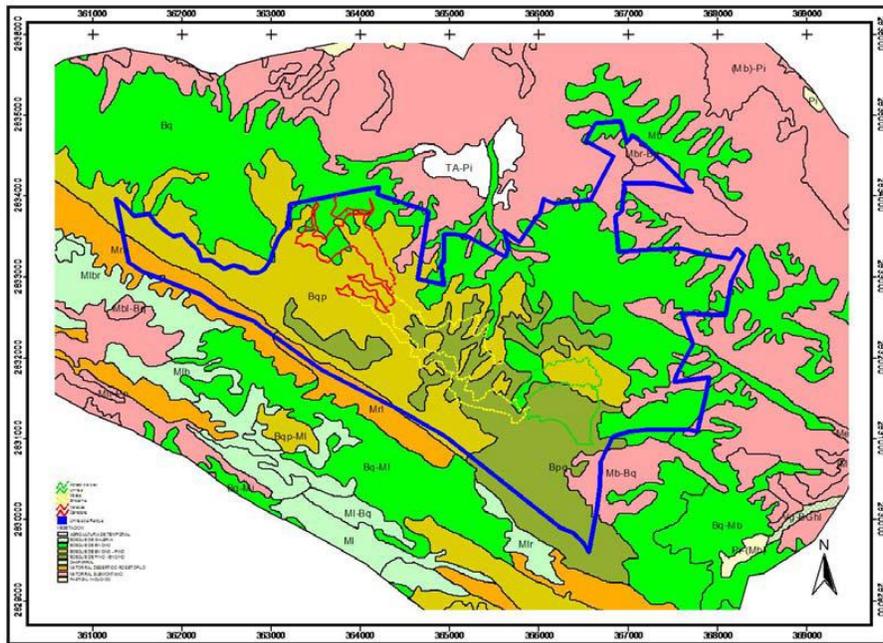


Figura 5. Vegetación del Parque Ecológico Chipinque, (Calderón, 2008).

3.2. Trabajo de Campo

El trabajo de campo consistió en hacer un recorrido dentro del PECh para ubicar y georreferenciar las áreas de disturbio que fueron afectadas por algún fenómeno natural como deslaves e incendios. Estas áreas tienen las características de que a causa de estos fenómenos fueron desprovistas de la vegetación y presentan pendientes muy pronunciadas, por lo tanto, se encuentran propensas a la erosión tanto hídrica como eólica.

También se realizaron colectas de la mayor cantidad de especies de gramíneas que crecen de manera natural dentro del PECh con la finalidad de identificarlas para su utilización en este estudio. Una vez que se identificaron se eligieron cuatro especies, las cuales fueron:

Cuadro1. Especies de gramíneas utilizadas en este estudio.

Especie	No. especie	Clave
<i>Buchlœ dactyloides</i>	Sp 1	<i>Bu da</i>
<i>Hilaria belangeri</i>	Sp 2	<i>Hi be</i>
<i>Bouteloua gracilis</i>	Sp 3	<i>Bo gr</i>
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Sp 4	<i>Bo cu</i>

3.3. Descripción de las especies

3.3.1. *Buchlœ dactyloides* (Nutt.) Engelm

Zacate búfalo

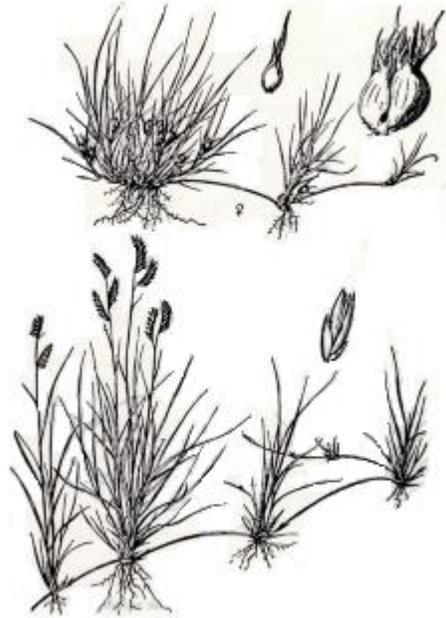


Figura 6. Plantas pistiladas y estaminadas, espiguilla fértil y espiguilla estaminada.

El zacate búfalo es una hierba muy resistente a la sequía, calor y frío y crece principalmente en las praderas de América del Norte. Requiere sol y suelo bien drenado y con frecuencia se utiliza para el control de la erosión.

Sinonimias

Bouteloua dactyloides (Nutt.) Columbus, *Sesleria dactyloides* Nutt., *Calanthera dactyloides* (Nutt.) Kunth ex Hook., *Casiostega dactyloides* (Nutt.) E. Fourn., *Bulbilis dactyloides* (Nutt.) Raf. ex Kuntze (Herrera *et al.*, 2008).

Otros nombre comunes usados en español

Hierba búfalo, Pasto búfalo, Zacate búfalo, zacate chino.

Nombres comunes en inglés

Buffalo grass, buffalograss, early mezquite.

Distribución

Amplia, conocida del Suroeste de Canadá; planicies del Oeste de EUA; Norte y Centro de México (Herrera *et al.*, 2008).

Distribución en México

Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Zacatecas (Mejía y Dávila, 1992).



Figura 7. Distribución de *Buchloe dactyloides*

Identificación y descripción

El zacate búfalo es una hierba de estación cálida, son pastos cortos, perennes (Carlson, *et al* 1990). Son resistentes al calor y frío, (Wright & Bailey, 1982). El follaje es generalmente de 13.5 cm de altura, aunque en el sur de las Grandes Planicies el follaje puede llegar a 30 cm (Hopper & Nesbitt, 1930, Weaver, 1958). La planta es generalmente dioica ocasionalmente monoica, a veces con flores perfectas. Las hojas son cortas y enroscadas; lígula ciliada; inflorescencia en cañas separadas; la femenina fasciculada o capitulada, de espiguillas unifloresculares, sésiles, formando grupos de tres a cinco unidades todas en su base, las glumas que en el grupo quedan hacia fuera, se prolongan en espinas formando un falso involucro cubierto por las hojas, cada inflorescencia de este tipo se compone en general de dos de estos pseudoinvolucros y éstos se desarticulan con una unidad; la inflorescencia masculina se compone de una a tres espigas unilaterales de espiguillas con dos flósculos, glumas desiguales, uninervadas, agudas; lemas más largas que las glumas, tres nervadas, glabras y sin arista, (Gould, 1979).

El zacate búfalo produce numerosas ramificaciones de los estolones; de vez en cuando también produce rizomas. Las numerosas raíces cubren completamente el suelo, que junto con los estolones forman un césped denso. Sus raíces son más finas que las de la mayoría de los pastos de las llanuras, siendo menores de 1 mm de diámetro, (Manley, 1948).

Distribución altitudinal

El zacate búfalo crece sobre todo en tierras altas secas y / o en los sitios perturbados de pradera mixta de pastos altos. Se adapta ampliamente, incluso a climas y elevaciones extremas. La altura en que se produce el pasto búfalo va de 600 msnm en Montana a 1890 msnm en Wyoming (Dittberner & Olson, 1983). Para el Noreste México está reportado en altitudes que van de los 244 a 2700 msnm (Herrera *et al.*, 2008).

Distribución por tipo de clima

Crece mejor en las regiones de los Grandes Llanos, donde la precipitación anual oscila entre 305 mm y 635 mm. No está adaptado para sitios de sombra (Wenger, 1943).

Distribución por tipo de suelos

El zacate búfalo se produce en todas las texturas de suelo. Es más común en tierra arcillosa o marga de textura fina. Es poco frecuente en suelos arenosos. Soporta suelos que son generalmente alcalinos, con una máxima capacidad de retención de agua de 33-66%. Este zacate se produce de forma natural y crece mejor en suelo franco arcilloso a los suelos arcillosos. Cuenta con un requisito de baja fertilidad y con frecuencia mantendrá una buena densidad sin fertilización suplementaria (Beetle, 1950).

Propagación, dispersión y germinación

El zacate búfalo es principalmente dioico, La polinización es generalmente por el viento. La forma monoica es más común en la periferia, en poblaciones dispersas. Las plantas monoicas pueden ser auto-fértiles. La producción de semilla en las praderas nativas en Kansas es mayor cuando la precipitación rebasa la media anual, produciéndose en mayo y junio (Cornelius, 1950).

La dispersión de la semilla se lleva a cabo a una distancia corta de la planta madre y generalmente es por animales. La semilla reciente es por lo general inactiva, requiere de abrasión o hibernación para romper la latencia (Quinn, 1987).

Ciclo de vida

Zacate perenne.

Hábitat

Escaza en pastizales, matorrales y bosques, se puede encontrar en orillas de caminos.

Usos

El zacate búfalo se planta para jardines y se utilizan en las mezclas de césped. Es de uso limitado cuando se plantan solo, debido a su altura pequeña. Es un césped de hierba popular utilizada en las plantaciones de flores silvestres

residenciales, campos de golf y áreas de descanso de carretera (Whitford *et al*, 1978).

3.3.2. *Hilaria belangeri* (Steud.) Nash

Zacate mezquite

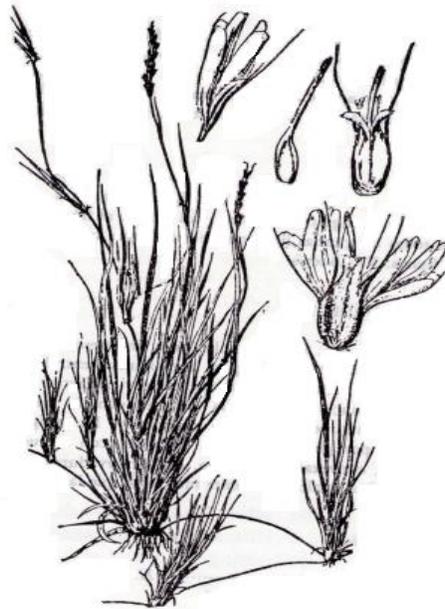


Figura 8. Planta, grupo de espiguillas, espiguilla fértil, espiguilla estaminada y flósculo fértil.

Este pasto puede llegar a ser dominante en zonas de pastoreo de zonas áridas, y es un zacate forrajero importante en el norte. Además, puede presentarse en caminos, superficies de tepetate y pastizales inducidos pobres de otras regiones. Es valioso ya que forma tapetes a través de sus estolones, y así disminuye la erosión.

Sinonimias

Anthehora belangeri Steud.

Otros nombres comunes usados en español

Zacate mezquite, toboso menudo, z. rizado, z. chino.

Nombres comunes en inglés

Curly mesquite.

Distribución

Suroeste de Estados Unidos y México (McVaugh, 1983).

Distribución en México

Se ha registrado en Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Durango, Estado de México, Guerrero, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas (McVaugh, 1983; Villaseñor y Espinosa, 1998 y Ramírez, 2001).



Figura 9. Distribución de *Hilaria belangeri*

Identificación y descripción

Pasto perenne, estolonífero. Hojas alternas, la mayoría basales, dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, divididas en 2 porciones, la inferior llamada vaina que envuelve al tallo, la parte superior de la hoja llamada lámina es larga, muy angosta, puntiaguda; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una diminuta prolongación membranosa y translúcida, llamada lígula. Inflorescencia en grupos de 3 espiguillas dispuestos sobre la parte terminal de los tallos, formando espigas angostas. Las flores de los pastos prácticamente

consisten de ovario y estambres cubiertos por un par de brácteas: la palea y la lema (ésta última generalmente “abrazo” a la primera). Estas flores (con su palea y su lema correspondiente) ya sea solitarias o más comúnmente en pequeños grupos, forman la espiguilla, que es la unidad básica en que están organizadas las flores de los pastos. El eje de la espiguilla se llama raquilla y las 2 brácteas más cercanas a su base y que no sostienen a ninguna flor se llaman glumas. Espiguillas en grupos de 3 (cada grupo de 5 a 7 mm de largo), la espiguilla central (la más cercana al eje y que queda escondida por las 2 laterales) contiene 1 (o raramente 2) flor hermafrodita o femenina, mientras que las 2 espiguillas laterales contienen de 2 a 5 flores masculinas cada una. Las espiguillas son de un color claro, rosado o violáceo, ligeramente ásperas por la presencia de escasas glándulas negras. Las glumas de las 3 espiguillas de cada grupo se encuentran unidas en la base, son coriáceas, asimétricas, con los márgenes translúcidos. Las glumas de las 2 espiguillas laterales presentan de lado una arista casi tan larga como la espiguilla que está cubierta por cortos pelillos dirigidos hacia arriba (a veces con pelos largos hacia la base); las lemas y páleas son translúcidas, las lemas presentan 3 venas evidentes. Cuando se han desarrollado los frutos, las 3 espiguillas de cada grupo se desprenden juntas como una unidad. Frecuentemente con raíces en los nudos (McVaugh, 1983).

Distribución altitudinal

En el sureste de Arizona, el zacate mezquite es más común en tierras altas y laderas orientadas al sur sin árboles con altitudes que van de 450-1818 msnm, sobre todo en sitios con mucha roca expuesta y cubierta orgánica escasa y con buen drenaje en suelos arcillosos (USDA Forest Servis, 2012).

Distribución por tipo de clima

El zacate mezquite no es una especie tolerantes a la sequía. En los pastizales del desierto de Arizona, en los sitios donde se presenta esta especie, la precipitación es de 330-483 mm. Las praderas semidesérticas en Nuevo México y Arizona, de los cuales el zacate mezquite es un componente importante, reciben entre 250 y 450 mm de precipitación anual, de los cuales más del 50% proviene de los meses de abril a septiembre (USDA Forest Servis, 2012).

Distribución por tipo de suelos

La planta crece en una gran variedad de suelos, pero crece mejor en suelos francos a francos arcillosos con un pH de 6.8 a 7.4. Soporta suelos salinos (USDA Forest Servis, 2012).

Propagación, dispersión y germinación

Se reproduce principalmente por estolones. Produce relativamente pocas semillas, y existen clones estériles. La dispersión es a través del viento, y aniales.

Ciclo de vida

Planta perenne.

Hábitat

Pastizales en zonas semiáridas y áridas.

Usos

Se utiliza como forraje. No es muy productivo, pero puede ser importante en regiones áridas. Es relativamente resistente al pastoreo.

3.3.3. *Bouteloua gracilis* Lag.

Zacate Navajita azul

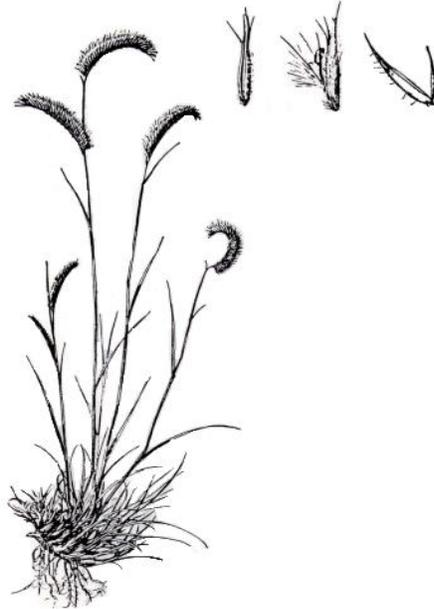


Figura 10. Planta, glumas y flósculos

El zacate navajita azul es un componente muy importante de los pastizales del norte del país y un recurso para la ganadería. Llega hasta el Eje Neovolcánico Transversal Mexicano y Oaxaca. También habita sitios perturbados, como orillas de caminos, superficies de tepetate y, ocasionalmente, campos de cultivo.

Sinonimias

Rzedowski y Rzedowski (2001), registra el nombre *Bouteloua oligostachya* (Nutt.) Torr. Herrera *et al.* (2008), reporta a *Chondrosum gracile* Kunth y *Actinochloa gracilis* (Kunth) Willd. ex Roem. & Schult., *Eutriana gracilis* (Kunth) Trin., *Atheropogon gracilis* (Kunth) Spreng., como sinónimos.

Otros nombre comunes usados en español

Grama, navajita, zacate cepillo, grama azul, navajita azul. (Martínez, 1979).

Nombres comunes en inglés

Blue grama, eyelash grass (Wipff, 2003).

Distribución

Ampliamente distribuida en Canadá, Estados Unidos y hasta Oaxaca en México (Herrera *et al.*, 2008).

Distribución en México

Se ha registrado en Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998).



Figura 11. Distribución de *Bouteloua gracilis*

Identificación y descripción

Zacate perenne, con frecuencia creciendo en macollo (más en zonas áridas), pero también formando césped a través de rizomas (más en zonas templadas o bajo presión de pastoreo). Presenta un tamaño de hasta 70 cm de alto. El tallo es delgado. Las hojas son alternas, dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, aunque la mayoría concentradas en la base de la planta, con las venas paralelas; divididas en 2 porciones, la inferior llamada vaina que a veces presenta alguno pelos

largos, y la parte superior de la hoja llamada lámina, plana (al menos en la base), de hasta 15 (raramente 30) cm de largo, a veces con algunos pelos largos; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una franja de pelos cortos llamada lígula. La inflorescencia está Compuesta de 1 a 3 (raramente 6) espigas persistentes (es decir que en la madurez no se desprenden), de hasta 6 cm de largo, dispuestas sobre un eje a manera de racimos. Cada espiga (parecida a un peine) compuesta de 40 a 100 espiguillas densamente dispuestas en 2 hileras sobre un mismo lado del eje de la espiga que es plano; en la punta de este eje se encuentra una espiguilla que por su orientación da la impresión de ser una prolongación del eje. Al madurar las espiguillas se desprenden por arriba de las glumas. Las flores de los pastos prácticamente consisten únicamente de ovario y estambres cubiertos por un par de brácteas: la palea y la lema (ésta última generalmente “abraza” a la primera). Éstas flores (con su palea y su lema correspondiente) ya sea solitarias o más comúnmente en pequeños grupos, forman la espiguilla, que es la unidad básica en que están organizadas las flores de los pastos. El eje de la espiguilla se llama raquilla y las 2 brácteas más cercanas a su base y que no sostienen a ninguna flor se llaman glumas. Las espiguillas están compuestas de 2 o 3 flores (1 o 2 de ellas rudimentarias). Las glumas con una vena principal, la inferior de hasta 3.5 mm de largo y la superior de hasta 7 mm de largo y generalmente con pelos largos de base engrosada sobre su vena central; la lema de la flor inferior (flor fértil) con 3 venas evidentes, más corta que la gluma superior, cubierta de pelillos y terminada en 3 aristas de hasta 3 mm de largo (la arista central flanqueada por 2 lóbulos membranosos), la pálea membranacea, casi del mismo largo que la lema. Las flores rudimentarias 1 o 2, una con 3 aristas en el ápice y un mechón de pelos en la base, y la otra sin aristas. Su semilla es un grano angostamente obovoide, de hasta 3 mm de largo. La raíz es fibrosas y someras; pueden extender aproximadamente 50 cm radialmente y (pocas) hasta 2 m de profundidad. A veces con tallos subterráneos (rizomas) cortos y robustos. Son más someros en zonas áridas (para absorber rápidamente la poca precipitación) (Vibrans, 2012).

Distribución altitudinal

En el Valle de México de los 2250 a los 3100 msnm (Rzedowski y Rzedowski, 2001). En Norteamérica de los 300 a los 3000 msnm (Wipff, 2003).

Distribución por tipo de clima

Zonas áridas. Requiere de 200-400 mm precipitación por año en E.U.A. Tolera sequía y frío (Weigel, 2000).

Distribución por tipo de suelos

En muchos tipos de suelo, de arenosos a arcillosos, con poblaciones más densas en suelos más pesados. Es más común en suelos alcalinos, pero también se encuentra en suelos ácidos. Evita suelos salinos (Vibrans , 2012).

Propagación, dispersión y germinación

Se propaga por semillas, pero todavía más por reproducción vegetativa. Si forma céspedes con rizomas, puede avanzar 1.3-5 cm por año. A veces forma anillos, donde el centro muere mientras los hijuelos crecen hacia fuera. Se ha documentado producción de semilla hasta 112 kg ha⁻¹ en un año bueno. Las semillas se dispersan por el viento, insectos, y en el interior y exterior de animales. En la naturaleza se observaron tasas de germinación de 3-31%; en el laboratorio se consiguieron tasas hasta 94%. La temperatura mínima está cerca de 10°C. (Vibrans, 2012).

Ciclo de vida

Planta perenne (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Es una planta C4 y muy eficiente en el uso del agua. La especie es favorecida por fuego (Vibrans, 2012).

Hábitat

Principal elemento de los pastizales naturales de suroeste de Estados Unidos y Noroeste de México (Herrera *et al.*, 2008).

Usos

Es una importante especie forrajera nativa, tanto para animales domésticos como silvestres, tanto por cantidad como por calidad. También seca sigue siendo atractiva para mamíferos y mantiene un nivel nutricional aceptable. El contenido de proteína crudo varía, pero generalmente se encuentra entre 5 y 10%. También es atractiva como ornamental. Se recomienda para jardines en zonas áridas y subhúmedas, tanto como plantas individuales como para césped; se cultiva en varias partes del mundo. Existen variedades mejoradas. (Vibrans, 2012).

También se utiliza ampliamente para la recuperación de sitios degradados y para control de erosión (Vibrans, 2012).

3.3.4. *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

Zacate banderita

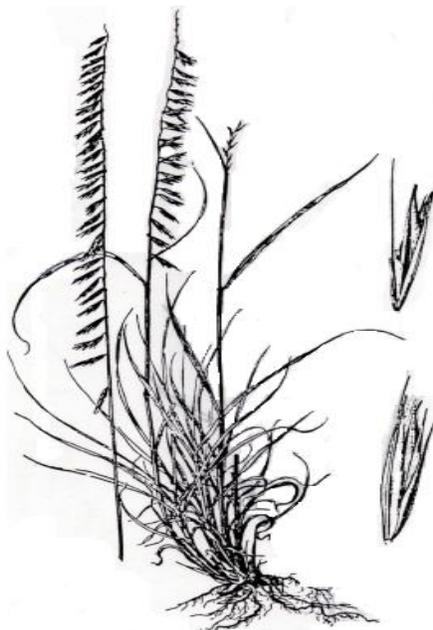


Figura 12. Planta, espiguilla y flósculo

Bouteloua curtipendula, comúnmente conocido como pasto banderita, es un zacate perenne, de estación cálida, creciendo 30-100 cm de altura, y crece bien en las mesetas montañosas, laderas rocosas y planicies arenosas. Es también tolerante a la sequía y al frío. Se considera un pasto forrajero bueno para alimentación del ganado. Se cultiva como planta ornamental para jardines de

plantas nativas y tolerantes a la sequia, y también es bueno para el control de la erosión.

Sinonimias

Chloris curtispindula Michx., *Dinebra curtispindula* (Michx.) P. Beauv., *Eutriana curtispindula* (Michx.) Trin., *Cynodon curtispindula* (Michx.) Raspail, *Andropogon curtispindulum* (Michx.) Spreng. ex Steud., *Atheropogon curtispindulus* (Michx.) E. Fourn. y A. Michaux s.n. (Herrera *et al.*, 2008).

Nombres comunes usados en español

zacate banderita, z. banderilla

Nombres comunes en ingles

Side Oats Grama, Side Oats Grama Grass, Tall Grama.

Distribución

La variedad típica es de amplia distribución en Estados Unidos; en México solamente se encontraron ejemplares de Coahuila y Querétaro, sin embargo, las variedades *caespitosa* y *tenuis* son comunes y de amplia distribución en México (Herrera *et al.*, 2008).

Distribución en México.

Los estados de México donde se presentan poblaciones de zacate banderita son Aguascalientes, Baja California Sur y Norte, Chiapas, Coahuila, Chihuahua, Durango, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sonora, San Luis Potosí, Tlaxcala, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Herrera *et al.*, 2004).



Figura 13. Distribución de *Bouteloua curtipendula*

Identificación y descripción

Zacate nativo perenne de aproximadamente 60 a 75 cm de alto y ramificado. Los tallos son de color verde, glabra, y cilíndricos (redonda en sección transversal), y más tarde en el otoño, llegan a ser tan ligero. Las hojas alternas son más comunes hacia la base de cada tallo. Las láminas de las hojas son de hasta 20 cm de largo y 6 mm de ancho, de color verde claro a verde, en su mayoría sin pubescencia, y áspero a lo largo de sus márgenes. Sin embargo, hacia la base de cada lámina de la hoja, a menudo hay unos pocos pelos blancos que son algo caducos. Las láminas foliares más grandes tienen a menudo prominentes venaciones centrales. Las vainas de las hojas son de color verde claro, finamente estriada, y sin pelo. Cada lígula tiene un anillo de pelos cortos y finos. Los nodos son ligeramente hinchados, ásperos, y con frecuencia rojizos o verde marrón; la porción del tallo cerca de cada nodo puede ser teñido de manera similar también. El tallo termina en un racimo estrecho de hasta 25 cm de largo que consta de 30-50 espigas colgantes. Cada pico es de aproximadamente 1.25 cm de largo y consta de alrededor de 5 espiguillas. Cada espiguilla consiste en un par de glumas linear-lanceolada y un par de lemas linear-lanceolada; sólo uno de los lemas es fértil. Las espiguillas son de hasta 8 mm de largo de color rojo verdoso, mientras están floreciendo, pero más tarde se convertirán en doradas. Cada gluma se estrecha en una punta aguda, mientras que la punta de cada lema es a menudo dentada a cada lado. Las anteras de los lemas fértiles son de color rojo brillante y rojo pardo, mientras que los estigmas son de color blanco y plumoso. El período de floración se produce desde mediados de verano hasta principios de otoño. Las espigas de la inflorescencia persisten en el otoño, después caen a la tierra en su

totalidad (las glumas son no-persistentes). Cada lema fértil tiene un solo grano. El sistema radicular tiene raíces fibrosas y rizomas cortos. El pasto banderita a menudo forma racimos apretados de cañas de sus rizomas, aunque también se produce como plantas dispersas. En las zonas húmedas donde hay poca competencia, puede formar un césped denso (Great Plains Flora Association, 1986, Hitchcock, 1951).

Distribución altitudinal

El pasto banderita se produce en una amplia gama altitudinal que varía con la localización. En el suroeste de Estados Unidos, se encuentra desde 914 a los 2,440 msnm. Los rangos son similares para ambas variedades. *Bouteloua curtipendula* var. *curtipendula* se produce a alturas de entre menos de 100 msnm. en el sur de Texas a más de 2,500 msnm. en el noroeste de Estados Unidos. *Bouteloua curtipendula* var. *caespitosa* se produce de 200 a 2,500 msnm. (Gould, 1979).

Distribución por tipo de clima

El pasto banderita crece en una amplia variedad de condiciones climáticas. Según Fulbright y otros, (1982), reportan para los Estados Unidos un rango de precipitación que va de 380 mm a 1140 mm, soporta nevadas anuales y una temperatura media de verano de 20 °C.

Distribución por tipo de suelo

El pasto banderita se adapta a una amplia gama de suelos, de los arenosos a arcillosos. Se adapta a condiciones de arena suelta y arcilla densa y tiene un mejor desarrollo en suelos de textura fina. Crece en suelos superficiales a profundas y no crece bien en suelos inundados (Wasser, 1982).

Propagación, dispersión y germinación

La propagación del pasto banderita se realiza por semilla, rizomas e hijuelos. Los rizomas son la principal forma de reproducción en *Bouteloua curtipendula* var. *curtipendula*. El macollo de la variedad del pasto banderita (*Bouteloua*

curtipendula var. *caespitosa*) se reproduce asexualmente a partir de hijuelos. Los frutos sin arista sugieren que la semilla se dispersa principalmente por el viento. Diversos estudios revelan que las tasas de germinación de pasto banderita varia con el lugar de origen de la semilla, así como con los regímenes de temperatura, humedad, y otras condiciones. Cuando las condiciones son favorables, la germinación es rápida, en un caso mostró un 50% de germinación dentro de 22 horas. La luz mejora la germinación. El calor afecta a la tasa y el éxito de germinación, las mejores temperaturas son de 10 a 30 °C (Simanton and Jordan, 1986)

Ciclo de vida

Planta perenne.

Hábitat

Característico de pastizales y matorrales xerófilos

Usos

Se considera un pasto forrajero bueno para alimentación del ganado. Se utiliza de manera ornamental puesto que es muy atractiva en prados con flores silvestres. Se utiliza para las restauraciones de las praderas, y establecimientos de jardines. Proporciona alimentación para aves, material de nidificación, y la cubierta, así como pasto para los mamíferos.

3.4. Producción de planta

La producción de plantas de cada especie se llevó a cabo en el vivero de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León en Linares, N. L. para lo cual se utilizaron charolas de polietileno de 50 cavidades con un volumen de cavidad de 120 cc, diferentes sustratos como: Suelo de Monte (SM), Peat Moss (T), Vermiculita (V) y Perlita (P) y semilla que se mandó comprar a la empresa Native American Seed.

3.4.1. Mezcla de sustratos

El SM es de uso tradicional en el vivero, por lo tanto, corresponde ser el testigo ante todas las mezclas. La obtención de este fue de áreas cercanas a la Facultad y que pertenecen al tipo de vegetación de matorral espinoso tamaulipeco. Ya en vivero, este material es procesado para obtener un tamaño de grano adecuado y limpio para la producción de planta.

Los componentes inorgánicos como la V y P, generalmente proveen macroporos, mejoran la aireación y el drenaje. Los materiales son inertes con alta densidad aparente, dando estabilidad a los envases individuales.

Una vez obtenido lo necesario se procedió a preparar los tratamientos (T) o mezclas de sustratos (Cuadro 2), los cuales fueron T1: la combinación de Peat Moss, Perlita y Suelo de Monte en una proporción de 1:1:2, T2: Peat Moss, Vermiculita y Suelo de Monte en una proporción de 1:1:2 y T3: Suelo de Monte. El mezclado, es uno de los pasos más importantes para la obtención de sustratos para cultivo. Generalmente se usa suelo arenoso de monte y materia orgánica, se mezcla y homogeniza hasta obtener una textura adecuada que evite compactación.

Cuadro 2. Proporción de los componentes del sustrato para cada tratamiento.

Tratamiento	Componente del Sustrato			
	Peat Moss (T)	Vermiculita (V)	Perlita (P)	Suelo de Monte (SM)
1	25 %	-	25%	50%
2	25%	25%	-	50%
3	-	-	-	100%

Según el análisis químico y de textura realizado por Sanzetenea en 1998 en la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, el suelo de monte utilizado presenta las siguientes características:

Cuadro 3. Análisis Químico y Textura del Suelo de Monte (Sanzetenea, 1998).

Análisis Químico (ppm)										
Potasio	Magnesio	Calcio	Fósforo	Nitrógeno	CIC*					
516.8	212.1	11.626	3.95	0.206	415.05					
Textura (%)										
Arcilla	Limo fino	Limo medio	Limo grueso	Limo total	Arena fina	Arena media	Arena gruesa	Arena total	M.O*	Clas.* Tex.
47	18.2	19.7	11.6	49.5	0.8	2.0	0.7	3.5	4.7	Arcillo-Limoso
CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico										
M.O = Materia Orgánica										
Clas. Tex = Clase Textural										

3.4.2. Siembra

Para el experimento en vivero, se empleó un diseño conformado por cuatro especies con tres tratamientos, para cada uno se aplicó cuatro repeticiones de 50 plantas, obteniéndose 800 plantas por tratamiento y un total de 2400 plantas en vivero, como se muestra en el cuadro 4. Se planeó realizar la siembra para el mes de noviembre del 2011 debido a que se esperaba que las condiciones ambientales fueran un poco húmedas y la planta se mantuviera en buen estado. Dado que las condiciones no fueron favorables, se le dio mantenimiento dentro de un invernadero procurando mantener siempre húmedo el sustrato.

Cuadro 4. Diseño de producción de planta.

Trat	<i>Bu da</i>				<i>Hi be</i>				<i>Bo gr</i>				<i>Bo cu</i>				Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
I	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	800
II	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	800
III	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	800
IV	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	2400

Tratamiento I: Peat Moss, Perlita y Suelo de Monte, Tratamiento II: Peat Moss, Vermiculita y Suelo de Monte y Tratamiento III: Suelo de Monte

Una vez sembrada la semilla, se realizaron evaluaciones periódicas para obtener el porcentaje de germinación. Pasando cierto tiempo, cuando se observó que las plantas tuvieron un tamaño adecuado, se midieron las variables de altura procurando medir el conjunto de hojas más grandes y que estuvieran verdes, y el diámetro al ras del suelo con un vernier digital. Esto fue con la finalidad de obtener los índices de calidad de planta.

3.5. Trabajo de Laboratorio

3.5.1 Calidad de planta

La calidad de planta la determina su capacidad para desarrollarse adecuadamente una vez plantada y está condicionada por su origen genético y por las fases de producción, desde la colecta de semilla y la germinación hasta su establecimiento en campo. La calidad de planta es un concepto relativo, ya que existen factores que influyen fuertemente en este concepto, como la especie y las características del sitio de plantación, por lo que es difícil establecer métodos sencillos para calificar la calidad de planta (INIFAP, 2011).

El contenedor utilizado, el tipo de sustrato, la fertilización, la micorrización, el manejo de agua, la temperatura y la luz, así como el precondicionamiento al estrés hídrico, son, entre otros, elementos que utilizados adecuadamente contribuyen a lograr la calidad morfológica y fisiológica deseada de la planta de interés (Luis *et al.*, 2004).

3.5.2 Índices de Calidad

Los índices de calidad es la combinación de los valores medios de dos o más parámetros morfológicos o fisiológicos que describen atributos abstractos de la planta, como son el balance y la robustez; representa el valor más cercano para predecir el comportamiento de la planta en campo en comparación con lo que pudiera determinar cualquier parámetro individual (Thompson, 1985).

De acuerdo a lo anterior, cuando las plantas alcanzaron un crecimiento apropiado, se les realizó un muestreo completamente al azar en donde a 331 plantas se les midió el diámetros al ras del suelo y la altura de las hojas verdes.

A cada una de las plantas se le extrajo del contenedor y en el laboratorio se procedió a lavar el sistema radicular procurando no dañarlo. Posteriormente se pusieron a secar en estufa de secado a una temperatura de 165°C registrando su peso diariamente hasta que el valor obtenido fuera constante. Una vez secas las plantas se obtuvieron las variables Peso Seco Aéreo o de las hojas (PSA) y Peso Seco de la Raíz (PSR), estas variables fueron necesarias para obtener los índices de calidad de planta como el índice tallo raíz (ITR) usando la fórmula de Iverson propuesta en 1984, el índice de esbeltez (IE) de Schmidt propuesta en 1980 y el más importante puesto que aún en nuestros días se sigue utilizando, el índice de calidad de Dickson (ICD) usando su fórmula propuesta en 1960.

3.5.3 Determinación de calidad de planta

Es importante resaltar que es la primera vez que se utiliza este tipo de indicadores para obtener la Calidad de Planta en especies de gramíneas. Los resultados obtenidos en este estudio se compararon con los obtenidos por el INIFAP en diciembre del 2011, en un estudio realizado para la Sierra Madre Occidental para especies principalmente de coníferas y algunas hojosas. En este trabajo que realizó el INIFAP con la finalidad de determinar criterios integrales de la calidad de la planta, a cada parámetro morfológico y fisiológico evaluado se le definió un rango y se le determinó un nivel de calidad (Alta, Media y Baja). Es importante mencionar que nuestro trabajo sólo tomó en cuenta los parámetros morfológicos y se ponderó la calificación de acuerdo al número de parámetros obtenidos en nuestro trabajo siguiendo el criterio que el INIFAP maneja.

Cuadro 5. Valores determinados para calificar la calidad de planta con crecimiento normal en especies forestales (INIFAP, 2011).

Característica	Variable	Calidad y rango		
		Alta	Media	Baja
Morfológicas	Altura (cm)	15.0-25.0	10.0-14.9	< 10
	Diámetro (mm)	≥ 4.0	2.5-3.9	< 2.5
	IE	≤ 6.0	6.1-8.0	> 8
	Relación PSA/PSR	1.5-2.0	2.1-2.5	> 2.5
	ICD	≥ 0.50	0.20-0.49	< 0.2

Una vez definida la calidad de cada parámetro morfológico en cada especie evaluada, se determinó su calidad total reclassificándolas de acuerdo a las siguientes consideraciones:

Calidad alta (A): Planta que representa ausencia absoluta de características indeseables, es decir, que las variables evaluadas se califican de calidad alta, aunque se pueden aceptar hasta un valor de calidad media, pero ningún valor de calidad baja.

Calidad media (M): Planta con calificación de calidad alta en menor proporción y se acepta hasta dos de calidad media y hasta una variable con calidad baja.

Calidad baja (B): Planta que presenta más de un valor de calidad baja y el resto de calidad media o alta.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

Cuadro 6. Fórmulas para Índices de calidad de planta.

- Índice Tallo Raíz (ITR) (Iverson 1984):

$$ITR = \frac{\text{peso seco del tallo (g)}}{\text{peso seco de la raíz (g)}}$$

- Índice de Esbeltez de Schmidt-Vogt (IE) (Schmidt-Vogt 1980):

$$IE = \frac{\text{diámetro tallo (mm)}}{\frac{\text{altura tallo (cm)}}{10} + 2}$$

- Índice de Calidad de Dickson (ICD) (Dickson *et al.* 1960):

$$ICD = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura tallo (cm)}}{\text{diámetro tallo (mm)}} + \frac{\text{peso seco tallo (g)}}{\text{peso seco raíces (g)}}$$

3.6. Plantación

La plantación se realizó hasta el mes de noviembre del 2012 debido a que las condiciones ambientales no fueron apropiadas para ese año, la humedad ambiental no era suficiente para que la planta pudiera sobrevivir en las áreas degradadas.

Una vez que las condiciones ambientales lo permitieron, el establecimiento de la plantación se realizó siguiendo un diseño sistemático en tres áreas degradadas y un testigo, dos áreas fueron afectadas por incendios y una por deslave. Cada área es diferente en cuanto a pendiente, exposición y altitud.

El diseño de la plantación para cada uno de los sitios fue un arreglo formado por 7 repeticiones (r), en donde cada repetición está formada por las cuatro especies (Sp) con los tres tratamientos (T) siguiendo un orden de forma zig zag. Por cada repetición se plantaron 12 plantas estableciendo un total de 84 plantas por sitio. Para los cuatro sitios se utilizaron 336 plantas.

Cuadro 7. Diseño de la plantación.

Sitio Deslave					Total	
⇒	r1	Sp 1	Sp2	Sp3	Sp4	12
		T1 T2 T3	T1 T2 T3	T1 T2 T3	T1 T2 T3	
⇒	r2	Sp4	Sp3	Sp2	Sp1	12
		T3 T2 T1	T3 T2 T1	T3 T2 T1	T3 T2 T1	
⇒	r3	Sp 1	Sp2	Sp3	Sp4	12
		T1 T2 T3	T1 T2 T3	T1 T2 T3	T1 T2 T3	
⇒	r4	Sp4	Sp3	Sp2	Sp1	12
		T3 T2 T1	T3 T2 T1	T3 T2 T1	T3 T2 T1	
⇒	r5	Sp 1	Sp2	Sp3	Sp4	12
		T1 T2 T3	T1 T2 T3	T1 T2 T3	T1 T2 T3	
⇒	r6	Sp4	Sp3	Sp2	Sp1	12
		T3 T2 T1	T3 T2 T1	T3 T2 T1	T3 T2 T1	
⇒	r7	Sp 1	Sp2	Sp3	Sp4	12
		T1 T2 T3	T1 T2 T3	T1 T2 T3	T1 T2 T3	
Total		7 7 7	7 7 7	7 7 7	7 7 7	84
4	Sitios					336

Una vez establecida la plantación se realizaron observaciones periódicas en donde se midieron las variables alturas de las hojas verdes y diámetros al ras del suelo con la finalidad de ver su comportamiento en cuanto a supervivencia y crecimiento.

3.7. Trabajo de Gabinete

Las observaciones hechas en vivero del número de plantas germinadas durante la producción de plántula, los valores obtenidos del diámetro y altura para obtener los índices de calidad de planta y los valores de alturas en vivero que sirvieron para obtener el mejor sustrato fue registrada en una base de datos para que posteriormente con dicha información se realizara el análisis estadístico utilizando el programa de Análisis Estadístico de Datos R 2.12.2.

Al igual, las evaluaciones de supervivencia, diámetros y altura en los sitios de plantación se registraron en una base de datos para obtener sus incrementos y calcular la Tasa Relativa de Crecimiento en Diámetro (TRCD) y la Tasa Relativa de Crecimiento en Altura (TRCH). Para realizar su análisis estadístico se utilizó el programa SAS 9.1.3.

Para ambos programas, los límites de confianza se determinaron en 95% y nivel de significancia *t-student* de $\alpha=0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de Germinación

Para el Porcentaje de Germinación se obtuvo que no hubo diferencias significativas en el número de semillas germinadas entre los tratamientos, obteniéndose un **86.8%** en promedio.

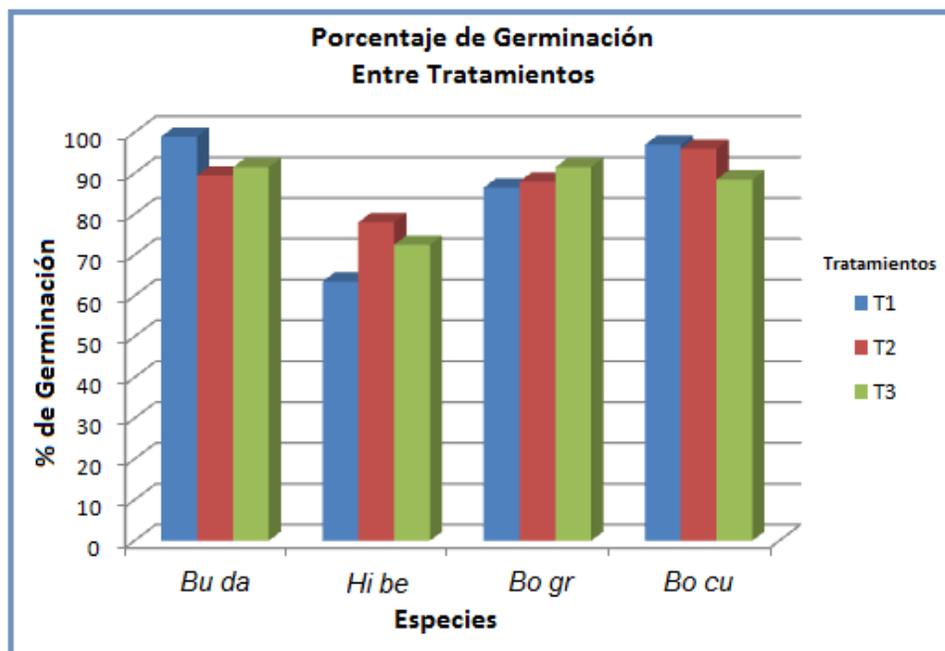


Figura 14. Comparación del porcentaje de germinación entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos fueron mayores que los reportados en la página de Vibrans, 2012 para porcentajes de germinación de forma natural, pero fueron semejantes a los valores que menciona obtenidos en laboratorio, esto puede deberse, a que en el invernadero se controlan ciertos factores al igual que en el laboratorio, dando resultados favorables en el porcentaje de germinación. A su vez, esto puede reafirmar lo mencionado por Simanton y Jordan en el 1986, en donde dice que el porcentaje de germinación variará de acuerdo al lugar de origen de la semilla.

Al comparar el porcentaje de germinación entre las especies se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 8. ANOVA para el % de germinación entre las especies.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	3	1004.56	334.85	12.537	0.002159
Residuals	8	213.67	26.71		
Valor de F de tablas = 4.066181					

Dado que F calculada (12.53) es mayor que F de tablas (4.06) se rechaza la hipótesis nula (Ho) por lo tanto podemos decir con un 95% de confiabilidad que por lo menos hay una especie que tiene diferencias significativas. Para determinar cuál de las especies es la que presenta diferencias significativas se procedió a aplicar una prueba de Tukey obteniéndose lo siguiente:

Prueba Tukey

Cuadro 9. Prueba Tukey para el % de germinación entre las especies.

Especies	diff	lwr	upr	padj
<i>Bo gr-Bo cu</i>	-5.1666	-18.679	8.3461	0.62994
<i>Bu da-Bo cu</i>	-0.5000	-14.012	13.0128	0.99935
<i>Hi be-Bo cu</i>	-22.5000	-36.012	-8.9871	0.00310
<i>Bu da-Bogr</i>	4.6666	-8.846	18.1795	0.69616
<i>Hi be-Bo gr</i>	-17.3333	-30.846	-3.8204	0.01442
<i>Hi be-Bu da</i>	-22.0000	-35.512	-8.4871	0.00357

Al comparar los valores de P calculada con el valor de P de 0.05 se puede observar que *Hilaria belangeri* fue la única especie en donde hubo diferencias, obteniéndose un porcentaje de germinación en menor proporción de **71.3%**.

Cuadro 10. Índices de calidad de planta para las especies de gramíneas y sus tratamientos.

Esp.	Trat	H	D	H/D	IE	PST	ITR	ICD	*CT
<i>Bu da</i>	1	30.4 A	9 A	3.38	1.79 A	0.55	0.53 A	0.14 B	M
	2	26.7 A	12 A	2.23	2.57 A	0.63	1.03 A	0.19 B	M
	3	20.8 A	13 A	1.60	3.19 A	0.59	1.03 A	0.22 M	A
<i>Hi be</i>	1	16.6 A	10 A	1.66	2.73 A	0.69	1.23 A	0.24 M	A
	2	15.4 A	12 A	1.28	3.39 A	0.69	1.38 A	0.26 M	A
	3	17.4 A	12 A	1.45	3.21 A	0.65	0.91 A	0.28 M	A
<i>Bo gr</i>	1	16.1 A	14 A	1.15	3.88 A	0.45	1.37 A	0.17 B	M
	2	25.5 A	14 A	1.82	3.08 A	0.79	2.76 B	0.17 B	B
	3	24.1 A	13 A	1.85	2.95 A	0.61	1.77 A	0.17 B	M
<i>Bo cu</i>	1	18.6 A	9 A	2.07	2.33 A	0.58	1.42 A	0.17 B	M
	2	27.3 A	8 A	3.41	1.69 A	0.62	1.07 A	0.14 B	M
	3	26.5 A	15 A	1.77	3.23 A	1.03	1.29 A	0.34 M	A

*Calidad Total de la planta en base a lo citado por el INIFAP en el 2011.
H = altura, D = diámetro, PST = peso seco total. A = Alta, M = Media, B = Baja

Para el IE se obtuvieron valores de 1.69 a 3.88, si se comparan con el valor óptimo para *Pinus ponderosa*, los más cercanos son los obtenidos en la especie *Bu da* en el tratamiento uno y *Bo cu* en el tratamiento dos. Todos los valores son considerados apropiados para una planta de buena calidad considerando lo estipulado por Prieto en el 2003, y considerando al INIFAP todas las plantas son de calidad alta.

Considerando los parámetros anteriormente mencionados se puede observar en la tabla que para el ITR solo *Bo gr* presentó un valores en el tratamiento dos por arriba de lo considerado como óptimo, los demás valores son apropiados puesto que están más cerca al equilibrio, por lo que se puede considerar planta de buena calidad, y según el INIFAP planta de alta calidad. La mejor calidad de planta se obtiene cuando la parte aérea es relativamente pequeña y la raíz grande, lo que puede garantizar una mayor supervivencia. Este valor pudo deberse a que esta especie es de hoja más ancha que las otras, ocasionando una adición en el peso de la parte aérea y por lo tanto desequilibrio en la planta.

Para el ICD, se observan valores que van de 0.14 a 0.34 considerándose estos valores como de calidad Baja y Media tomando de referencia los citados por el INIFAP. Se puede observar que la especie *Hi be* fue la única especie en donde los tres tratamientos calificó con calidad media; sin en cambio, la especie *Bo gr* calificó con calidad baja en los tres tratamientos. Las otras dos especies se comportaron igual. Además se puede observar con claridad que para las cuatro

especies el mejor índice de calidad de planta se encuentra en el tratamiento tres (SM) siendo el valor más alto por tratamiento a excepción de la especie *Bo gr* en donde el valor se mantiene constante.

Para la calidad total (CT), se puede observar que sólo en la especie *Bo gr* en el tratamiento dos es donde se obtuvo una calificación baja, la mayoría de los tratamientos se obtuvo una calidad media (M) y alta (A). La especie *Hi be* fue la única en donde en los tres tratamientos se obtuvo una calidad alta. Las especies *Bu da* y *Bo cu* se comportaron igual.

4.3. Alturas

4.3.1. Especie 1 (*Bochloe dactyloides*)

Cuadro 11. ANOVA de alturas para la especie 1.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	2	1619.2	809.61	101.24	2.2e-16
Residuals	597	4774.3	8.00		
Valor de F de tablas = 3.010815					

Dado que F calculada (101.24) es mayor que F de tablas (3.01) se rechaza la hipótesis nula (Ho) por lo que podemos decir con un 95% de confiabilidad que por lo menos hay un tratamiento que tiene diferencias significativas.

Para saber que tratamiento es el que tiene diferencia significativa se procedió a realizar una prueba de Tukey utilizando el mismo programa. Los resultados son los siguientes:

Cuadro 12. Prueba Tukey para alturas de la especie 1.

Tratamientos	diff	lwr	upr	padj
SM – P y T	3.692	3.027	4.356	0.000
V y T - P y T	0.460	-0.204	1.124	0.235
V y T - SM	-3.232	-3.896	-2.567	0.000

Al comparar los valores de P calculada con el valor de P de 0.05 podemos observar que sólo la comparación de los tratamientos de Vermiculita y Perlita no tiene diferencias significativas.

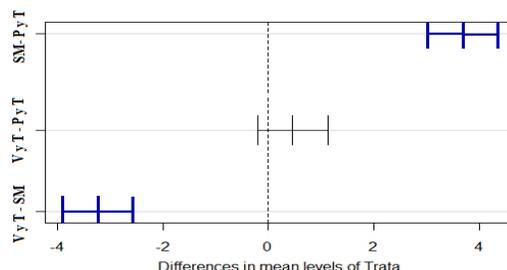


Figura 16. Gráfica prueba de Tukey para alturas de la especie 1.

4.3.2. Especie 2 (*Hilaria belangeri*)

Cuadro 13. ANOVA de alturas para la especie 2.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	2	4359.4	2179.69	55.278	2.2e-16
Residuals	597	23540.4	39.43		
Valor de F de tablas = 3.010815					

Dado que F calculada (55.278) es mayor que F de tablas (3.01) se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto podemos decir con 95 % de confiabilidad que por lo menos hay un tratamiento con diferencias significativas.

Prueba Tukey

Cuadro 14. Prueba Tukey de alturas para la especie 2.

Tratamientos	diff	lwr	upr	padj
SM - P y T	6.272	4.797	7.747	0.000
V y T - P y T	1.351	-0.124	2.826	0.080
V y T - SM	-4.921	-6.396	-3.446	0.000

Al observar los valores de P calculada y compararlos con el valor de P de 0.05 podemos observar que sólo hay una comparación de tratamientos en donde no hay diferencias significativas el cual es el de Vermiculita y Perlita.

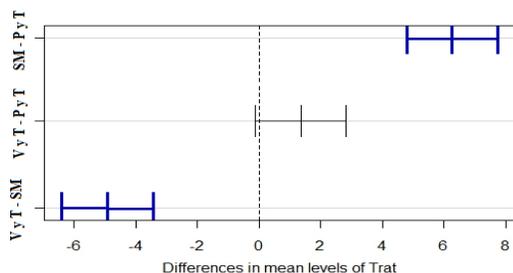


Figura 17. Gráfica prueba de Tukey para alturas de la especie 2.

4.3.3. Especie 3 (*Buoteloua gracilis*)

Cuadro 15. ANOVA de alturas para la especie 3.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	2	2674.5	1337.25	94.936	2.2e-16
Residuals	597	8409.2	14.09		
Valor de F de tablas = 3.010815					

Dado que el valor de F calculada (94.93) es mayor al de F de tablas (3.01) se rechaza la hipótesis nula, por lo que podemos decir con un 95% de confiabilidad que por lo menos hay un tratamiento con diferencias significativas.

Prueba Tukey

Cuadro 16. Prueba Tukey de alturas para la especie 3.

Tratamientos	diff	lwr	upr	padj
SM - P y T	5.080	4.198	5.962	0.00e+00
V y T - P y T	1.703	0.821	2.585	2.04e-05
V y T - SM	-3.377	-4.258	-2.495	0.00e+00

Al observar los valores de P calculada y compararlos con el valor de P de 0.05 podemos notar que solo hay una comparación de tratamientos sin diferencias significativas el cual es el de vermiculita y perlita.

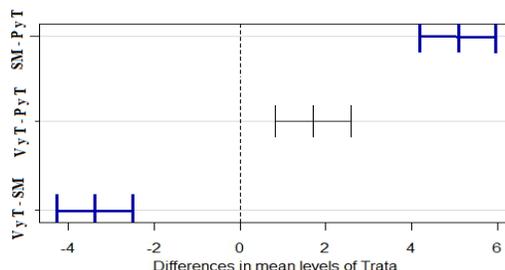


Figura 18. Gráfica prueba de Tukey para alturas de la especie 3.

4.3.4. Especie 4 (*Bouteloua curtipendula*)

Cuadro 17. ANOVA de alturas para la especie 4.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	2	6159.2	3079.6	96.236	2.2e-16
Residuals	597	19104.3	32.0		
Valor de F de tablas = 3.010815					

Dado que el valor de F calculada (96.23) es mayor que el de F de tablas (3.01) se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto podemos decir con 95% de confiabilidad que por lo menos hay un tratamiento con diferencias significativas.

Prueba Tukey

Cuadro 18. Prueba Tukey de alturas para la especie 4.

Tratamientos	diff	lwr	upr	padj
SM - P y T	6.980	5.650	8.309	0.000
V y T - P y T	0.383	-0.946	1.712	0.776
V y T - SM	-6.597	-7.926	-5.267	0.000

Al observar los valores de P calculada y compararlos con el valor de P de 0.5 podemos notar que sólo hay una comparación de tratamientos en donde no hay diferencias significativas el cual es el de vermiculita y perlita.

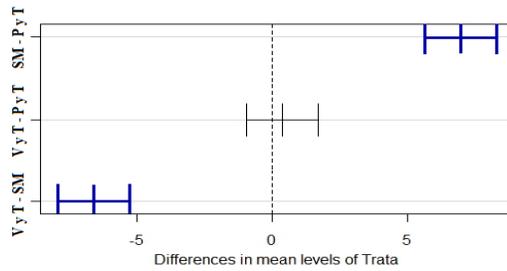


Figura 19. Gráfica prueba de Tukey para alturas de la especie 4.

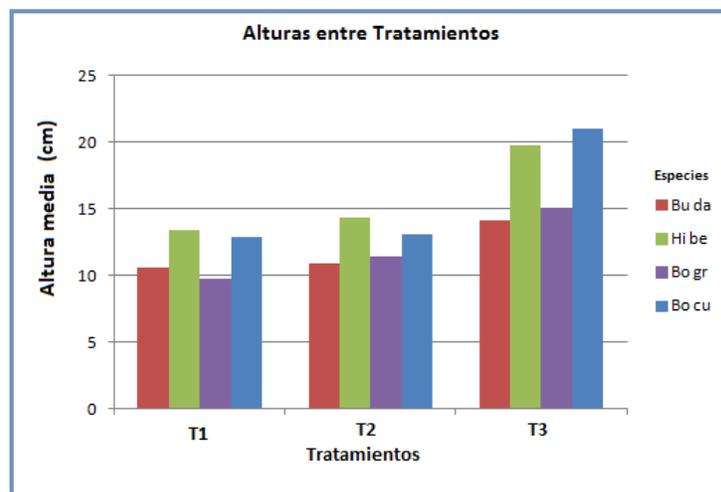


Figura 20. Alturas de las especies de gramíneas entre tratamientos.

En el gráfico anterior se puede observar claramente que para las cuatro especies de gramíneas, el tratamiento en donde se obtuvo un mejor comportamiento en el crecimiento, fue el tratamiento tres Suelo de Monte, presentando las alturas mayores que corresponden a *Bu da* (14 cm), *Hi be* (19.7 cm), *Bo gr* (15 cm) y *Bo cu* (21 cm), además que para los tres tratamientos las dos especies que obtuvieron mejor crecimiento fueron *Bo cu* y *Hi be*.

4.4. Plantación

4.4.1. Medias por sitio por tratamiento

Los resultados obtenidos en la plantación fueron los siguientes:

Cuadro 19. Incrementos, Tasas y Supervivencia de la plantación.

Media/Sitio/Trata						
	T	ID (mm)	IH (cm)	TRCD (mm)	TRCH (cm)	Supervivencia (%)
Deslave	1	3.20	-1.12	0.19	-0.11	91.7
	2	2.16	-1.62	0.09	-0.22	
	3	3.24	-2.23	0.22	-0.19	
Quemado	1	1.95	2.04	0.16	0.10	100
	2	1.62	1.64	0.08	0.12	
	3	0.37	1.66	0.02	0.16	
Pedregoso	1	1.91	1.30	0.16	0.08	94
	2	1.49	1.13	0.09	0.07	
	3	3.53	0.35	0.27	0.04	
Testigo	1	1.35	0.57	0.15	0.08	95.2
	2	2.62	0.99	0.18	0.07	
	3	2.58	0.80	0.23	0.04	
ID = Incremento en diámetro, IH = Incremento en altura TRCD = Tasa relativa de crecimiento en diámetro TRCH = Tasa relativa de crecimiento en altura						

Con esta información podemos decir que el sitio en donde hubo más plantas muertas fue el deslavado, esto pudo deberse a que cuando llovía esta área era más susceptible a escurrimientos de suelo que las demás y por consecuencia sepultaba mucha planta. El sitio Quemado fue el mejor de todos para la supervivencia, esto puede ser debido a que las condiciones de humedad y nutrientes en el suelo es mayor que los demás sitios. El peor sitio en donde la supervivencia no fue afectada por factores que no fuesen propias del área, fue el pedregoso, esto puede deberse a que es un área con poco suelo y muy arenoso por lo que la humedad se perdía fácilmente afectando la supervivencia de las plantas.

Para el área deslavada, la planta creció en diámetro, obteniéndose el mayor valor con el tratamiento tres (Suelo de Monte), pero a su vez, las plantas decrecieron en el mismo tratamiento, en otras palabras, la planta creció en diámetro pero disminuyó su altura.

En el área quemada, los incrementos tanto en diámetro como en altura fueron positivos, obteniéndose un mejor resultado en el tratamiento uno (sustrato con Perlita)

Para el sitio pedregoso, el incremento en diámetro fue mayor en el tratamiento tres (SM) con el incremento en altura menor, comportándose de una manera semejante al área deslavada.

En el área testigo, tanto el incremento en diámetro como en altura, tuvieron mejor resultado en el tratamiento dos (sustrato con vermiculita).

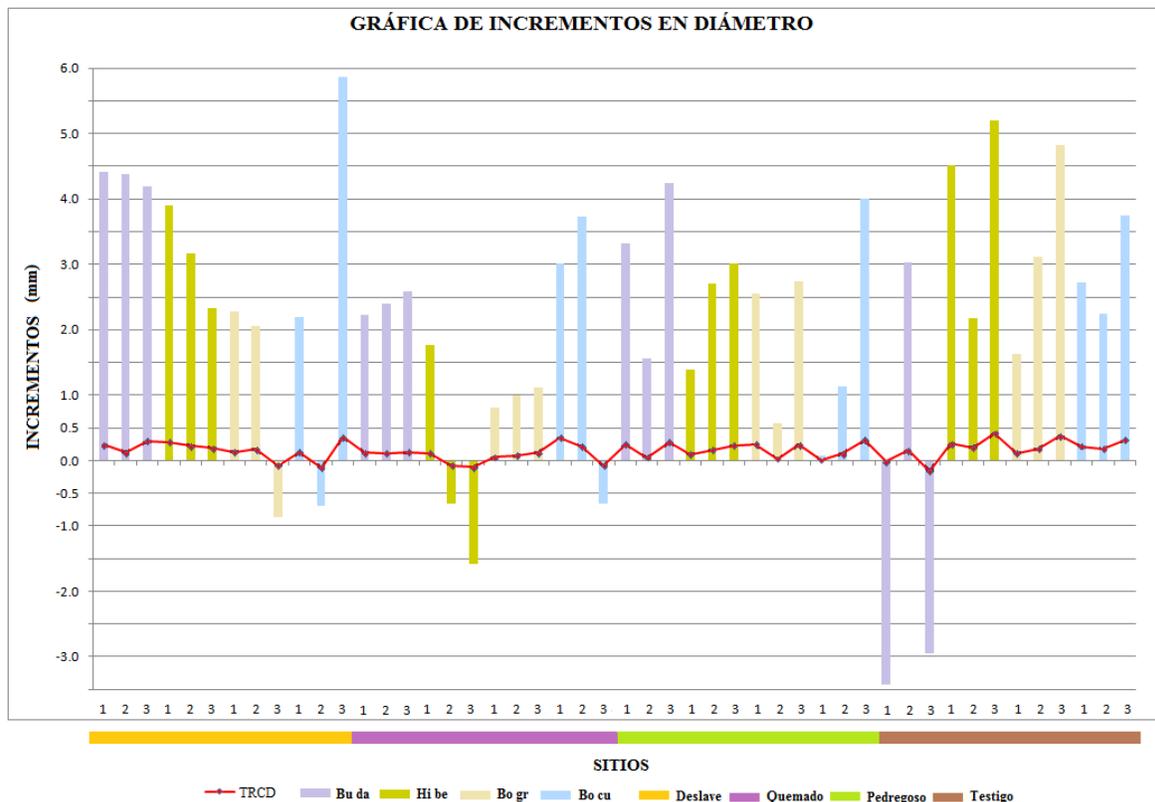


Figura 21. Gráfica de incrementos en diámetro/sitio/especie/tratamiento.

En esta gráfica se puede observar que el único sitio en donde los incrementos permanecieron positivos fue en el sitio pedregoso para las cuatro especies y los

tres tratamientos. La especie que presentó los mayores decrementos fue *Bu da* para el sitio testigo en el tratamiento uno (P) y tres (SM). Casi no hay plantas afectadas negativamente en el diámetro, esto puede deberse a que la planta está mayormente protegida a ras del suelo, disminuyendo los efectos del ambiente, además de que en la base de la planta la estructura es más rígida o más lignificada.

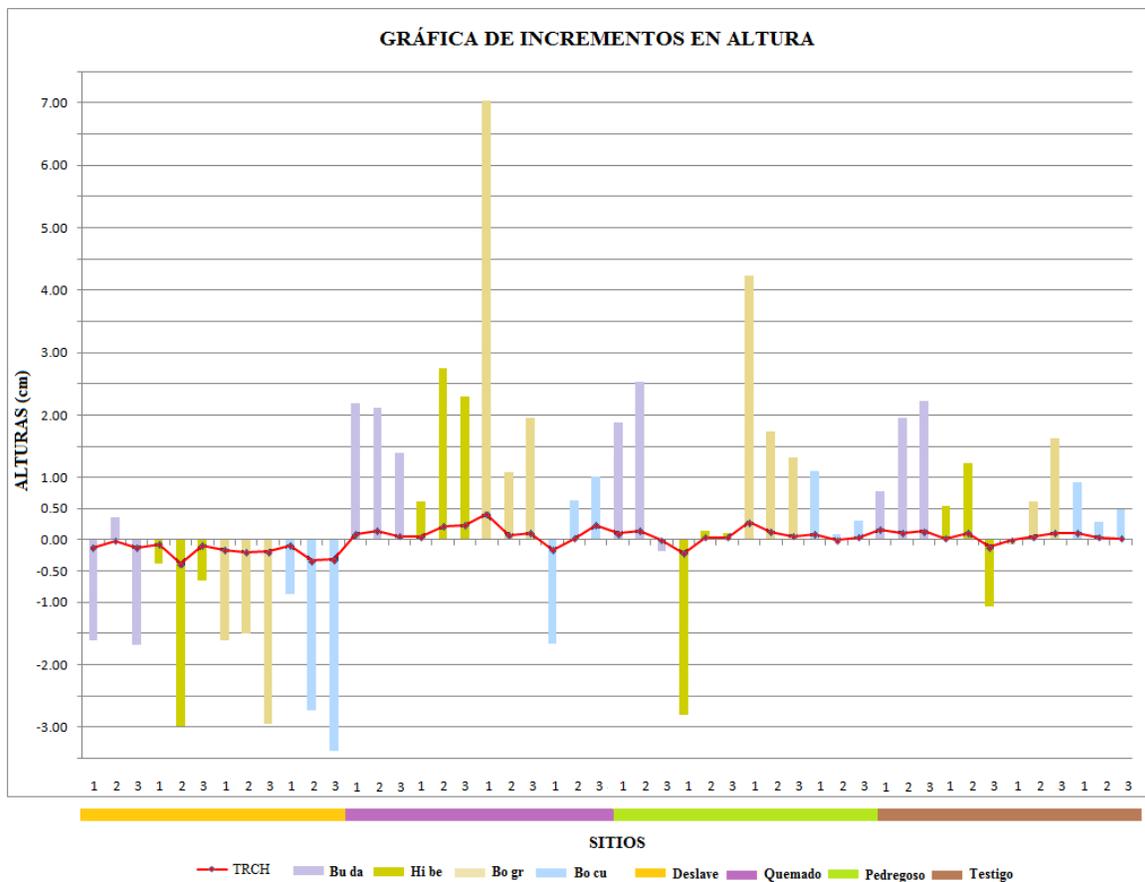


Figura 22. Gráfica de incrementos en alturas/sitio/especie/tratamiento.

En esta gráfica se puede observar que el sitio en donde la mayoría de las plantas decrecieron en su altura fue el deslavado presentando los valores más altos para las cuatro especies, a excepción del tratamiento dos (V) para la especie *Bu da*. Los mejores resultados se presentaron en el sitio quemado con las mayores alturas, principalmente para la especie *Bo gr* en el tratamiento uno (P). Los sitios pedregoso y testigo presentaron crecimientos semejantes. En el sitio pedregoso el tratamiento uno (P) fue el que presentó mayores decrementos en la altura para la

especie *Hi be* y a su vez fue el mejor tratamiento presentando mayor crecimiento para la especie *Bo gr*.

4.4.2. Análisis estadístico por especie

4.4.2.1. Especie *Buchloe dactyloides*

Al analizar los datos de manera separada por especie, los resultados obtenidos se muestran en un ANOVA resaltando en negritas los significativos de acuerdo al los valores de F calculada y los valores de P. Los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 20. ANOVA para la primera especie (*Bu da*)

<i>Bu da</i>												
Fuente	Df		Hf		ID		IH		TRCD		TRCH	
	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2.67	0.0759	0.78	0.4625	0.25	0.7814	0.61	0.5440	0.07	0.9368	0.63	0.5361
Sitio	2.68	0.0535	3.08	0.0327	2.60	0.0586	1.85	0.1462	1.32	0.2753	2.96	0.0382
Trat*Sitio	0.52	0.7938	0.47	0.8308	0.68	0.6624	0.27	0.9487	0.69	0.6600	0.20	0.9766

Df = Diámetro final, Hf = Altura final

En esta tabla se puede observar con claridad que para la altura final y la TRCH, el sitio fue el que afecto significativamente, obteniéndose las mayores alturas en las plantas para esta especie. En el cuadro 19 y figura 22 podemos ver que el sitio quemado fue donde las alturas fueron mayores.

Prueba Tukey

Cuadro 21. Prueba Tukey entre los diferentes sitios para la variable Hf.

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.			
Sitio Comparación	Diferencia entre medias	Simultáneo 95% Límites de confianza	
Quemado - Testigo	1.135	-3.080	5.349
Quemado - Pedregoso	1.200	-2.963	5.363
Quemado - Deslave	4.557	0.394	8.720 ***
Testigo - Pedregoso	0.065	-4.149	4.280
Testigo - Deslave	3.422	-0.792	7.637
Pedregoso - Deslave	3.357	-0.806	7.520

Al compararse los diferentes sitios entre sí, los que mostraron diferencias significativas en cuanto a altura final para la especie *Bu da* son el sitio quemado con el deslavado.

Cuadro 22. Prueba Tukey entre los diferentes sitios para la variable TRCH.

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.			
Sitio Comparación	Diferencia entre medias	Simultáneo 95% Límites de confianza	
Testigo - Quemado	0.04810	-0.17730	0.27350
Testigo - Pedregoso	0.06318	-0.16222	0.28859
Testigo - Deslave	0.23513	0.00973	0.46054 ***
Quemado - Pedregoso	0.01508	-0.20461	0.23478
Quemado - Deslave	0.18703	-0.03266	0.40673
Pedregoso - Deslave	0.17195	-0.04775	0.39165

Al compararse los diferentes sitios, los valores donde mostraron diferencias significativas fueron los obtenidos por los sitios testigo y deslave para la variable TRCH.

4.4.2.2. Especie *Hilaria belangeri*

Cuadro 23. ANOVA para la segunda especie (*Hi be*).

<i>Hi be</i>												
Fuente	Df		Hf		ID		IH		TRCD		TRCH	
	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1.21	0.3047	3.28	0.0437	0.42	0.6578	0.32	0.7238	0.33	0.7192	0.36	0.6992
Sitio	0.54	0.6565	6.04	0.0011	3.89	0.0126	2.79	0.0473	4.17	0.0092	4.19	0.0089
Trat*Sitio	0.93	0.4787	2.32	0.0430	0.73	0.6307	0.96	0.4568	0.69	0.6590	1.50	0.1909

Df = Diámetro final, Hf = Altura final

En este cuadro se puede observar que las alturas finales están influenciadas por el tratamiento, el sitio y la interacción del tratamiento por sitio, a su vez el IH, TRCD y TRCH están siendo afectados por el sitio. A continuación se muestra la prueba Tukey sólo para la variable altura final.

Prueba Tukey

Cuadro 24. Prueba del rango estudentizado de Tukey para la variable Hf.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.				
Tukey Agrupamiento		Media	N	Tratamiento
	A	13.488	26	3
	A			
B	A	11.669	26	2
B				
B		10.265	26	1

Este cuadro de rango nos muestra con claridad que el tratamiento 3 (SM) es diferente estadísticamente con el tratamiento 1 (perlita), el tratamiento 2 (vermiculita) es igual con el 3 y el 1.

Cuadro 25. Prueba Tukey entre los diferentes sitios para la variable Hf.

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.				
Sitio Comparación	Diferencia entre medias	Simultáneo 95% Límites de confianza		
Pedregoso - Quemado	1.038	-2.332		4.407
Pedregoso - Testigo	2.904	-0.465		6.274
Pedregoso - Deslave	5.624	2.071		9.177 ***
Testigo - Deslave	2.720	-0.752		6.192
Quemado - Testigo	1.867	-1.417		5.151
Quemado - Deslave	4.587	1.115		8.059 ***

Los sitios que tienen diferencias significativas entre sí son el Pedregoso-Deslave y Quemado-Deslave, en otras palabras, el sitio deslavado es diferente significativamente al pedregoso y quemado pero no al testigo.

4.4.2.3. Especie *Bouteloua gracilis*

Cuadro 26. ANOVA para la tercera especie (*Bo gr*).

<i>Bo gr</i>												
Fuente	Df		Af		ID		IH		TRCD		TRCH	
	F-Valor	Pr > F										
Tratamiento	0.24	0.7907	0.79	0.4570	0.02	0.9785	2.68	0.0764	0.13	0.8774	1.89	0.1586
Sitio	0.17	0.9186	11.59	<.0001	0.95	0.4207	9.00	<.0001	0.80	0.4978	8.30	<.0001
Trat*Sitio	0.69	0.6566	1.20	0.3155	0.66	0.6803	1.74	0.1250	0.80	0.5769	1.13	0.3558

Df = Diámetro final, Hf = Altura final

En este cuadro podemos observar que para esta especie el sitio está afectando de manera significativa a la altura final, el incremento en altura y la TRCH. A continuación se muestra la prueba Tukey para las primeras dos.

Prueba Tukey

Cuadro 27. Prueba de rango de Tukey para la variable Hf.

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.				
Sitio Comparación	Diferencia entre medias	Simultáneo 95% Límites de confianza		
Quemado - Pedregoso	3.029	-0.783	6.841	
Quemado - Testigo	4.024	0.212	7.836	***
Quemado - Deslave	8.796	4.929	12.663	***
Testigo - Deslave	4.772	0.812	8.732	***
Pedregoso - Testigo	0.995	-2.911	4.901	
Pedregoso - Deslave	5.767	1.807	9.727	***

El sitio deslavado es diferente significativamente a los sitios quemado, testigo y pedregoso, a su vez el sitio quemado es diferente al testigo.

Cuadro 28. Prueba de rango de Tukey para la variable IH.

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.				
Sitio Comparación	Diferencia entre medias	Simultáneo 95% Límites de confianza		
Quemado - Pedregoso	0.962	-1.883	3.807	
Quemado - Testigo	2.636	-0.209	5.481	
Quemado - Deslave	5.302	2.415	8.188	***
Testigo - Deslave	2.665	-0.290	5.621	
Pedregoso - Testigo	1.674	-1.242	4.589	
Pedregoso - Deslave	4.339	1.384	7.295	***

El sitio deslavado es diferente significativamente con los sitios quemado y pedregoso en cuanto al incremento en altura para la especie *Bo gr*.

4.4.2.4. Especie *Bouteloua curtipendula*

Cuadro 29. ANOVA para la cuarta especie (*Bo cu*)

<i>Bo cu</i>												
Fuente	Df		Af		ID		IH		TRCD		TRCH	
	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	0.00	0.9956	0.14	0.8734	0.66	0.5184	0.08	0.9231	0.77	0.4683	0.35	0.7069
Sitio	0.80	0.4968	7.90	0.0001	0.17	0.9144	4.12	0.0095	0.31	0.8206	3.69	0.0158
Trat*Sitio	2.76	0.0182	0.79	0.5830	1.40	0.2284	1.02	0.4204	1.70	0.1347	1.12	0.3576

Df = Diámetro final, Hf = Altura final

Para esta especie, la altura final, el IH y TRCH están siendo influenciadas por el sitio, además, el diámetro final es afectado por la interacción del Tratamiento por sitio. A continuación se muestra la prueba Tukey realizada para las variables Af e IH.

Pueba Tukey

Cuadro 30. Prueba de rango de Tukey para la variable Hf.

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.				
Sitio Comparación	Diferencia entre medias	Simultáneo 95% Límites de confianza		
Pedregoso - Testigo	0.755	-2.513	4.023	
Pedregoso - Quemado	1.688	-1.541	4.917	
Pedregoso - Deslave	5.436	2.207	8.665	***
Quemado - Deslave	3.748	0.558	6.937	***
Testigo - Quemado	0.933	-2.296	4.162	
Testigo - Deslave	4.681	1.452	7.910	***

En este cuadro se puede observar que el sitio deslavado es diferente significativamente a los demás en el Hf.

Cuadro 31. Prueba de rango de Tukey para la variable IH.

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.				
Sitio Comparación	Diferencia entre medias	Simultáneo 95% Límites de confianza		
Testigo - Pedregoso	0.1050	-2.4390	2.6490	
Testigo - Quemado	0.5795	-1.9340	3.0931	
Testigo - Deslave	2.8986	0.3850	5.4121	***
Quemado - Deslave	2.3190	-0.1637	4.8018	
Pedregoso - Quemado	0.4745	-2.0390	2.9881	
Pedregoso - Deslave	2.7936	0.2800	5.3071	***

En este cuadro se puede observar que el sitio deslavado es diferente significativamente al testigo y al pedregoso en la variable IH.

V. CONCLUSIONES

Con estos resultados se puede afirmar que el porcentaje de germinación no cambia entre los tratamientos pero si entre las especies, esto podría deberse a las características propias de cada especie.

El índice de Dickson es un indicador de calidad de planta usado particularmente para especies de coníferas, sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio para determinar la calidad de estas gramíneas, indican que es posible su aplicación.

Con el resultado obtenido en el índice de calidad de Dickson para la especie *Hi be*, se puede afirmar que no hay una relación en el porcentaje de germinación y el índice de calidad de planta, ya que *Hi be* fue la única especie que presentó un porcentaje de germinación menor a las demás especies y a su vez fue la de mejor calidad.

El suelo de monte es la mejor opción para la producción de gramíneas obteniéndose plantas de buena calidad y de acuerdo al INIFAP de mediana y baja. Esto es bueno ya que no en todos los lugares en donde se produce planta para restauración, es posible la adquisición de sustratos debido a su alto costo.

De los tres tratamientos utilizados para este estudio, el suelo de monte o testigo es el sustrato que arrojó mejores resultados en el crecimiento de la planta para las cuatro especies en el vivero. Este resultado no era lo que se esperaba puesto que lo que se pretendía era mejorar la estructura del suelo con la combinación de sustratos y que supuestamente fuese adecuado para su desarrollo.

La combinación de sustrato en donde se utiliza la perlita, es la mezcla que menos resultó para obtener buenos resultados en el crecimiento en la altura de las plantas en el vivero.

En la plantación, la influencia del sitio es el factor que siempre está afectando significativamente el crecimiento en altura de las cuatro especies, a excepción de la especie *Hi be* en donde la influencia del sitio también afectó significativamente el incremento en diámetro.

La influencia del tipo de sustrato es un factor que no afectó significativamente el comportamiento en el crecimiento de las especies en la plantación, a excepción de la especie *Hi be* en donde el sustrato sólo influyó en la altura final.

La supervivencia de las cuatro especies es alta en los cuatro sitios, por lo tanto, se recomienda utilizar estas especies en plantaciones de restauración.

La altura es la variable que mayormente se afecta por las condiciones de estrés hídrico, notándose marchitamiento y sequedad de las hojas.

El sitio deslavado fue el único que presentó diferencias significativas en el decremento en altura de las plantas para las cuatro especies y sus tratamientos, a excepción del tratamiento dos (V) con la especie *Bu da*.

El área quemada fue la que resultó mejor para la plantación, puesto que se obtuvo los mayores resultados tanto en el incremento en diámetro, en altura como en la supervivencia

VI. REFERENCIAS

- Alanís, E., García, C., Meléndez, E. (2007). *Reporte Climatológico del Parque Ecológico Chipinque de 1999 al 2007*. San Pedro Garza García, N.L.: Departamento de Investigación y Manejo de Recursos Naturales, Parque Ecológico Chipinque, A.C.
- Alanís, E. (2010). Regeneración natural y restauración ecológica postincendio de un bosque mixto en el Parque Ecológico Chipinque, México. 119 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctorado en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Naturales. UANL, Facultad de Ciencia Forestales.
- Alanís, G., Cano, G., & Rovalo, M. (1996). *Vegetación y flora de Nuevo León: Una guía botánica-ecológica*. Mexico:
- Alcalá, M., Oropeza, L. y Tovar, L. (1998). Producción de sedimentos en diferentes usos del suelo, en la cuenca del río Los Sauces, *Michoacan. Agrociencia* 32(1), 225-231.
- Beetle, A. (1950). *Buffalograss native of the shortgrass plains*. (Bull. 293). Laramie, WY: University of Wyoming, Agricultural Experiment Station. 31 p.
- Betancourt, P., González, J., Figueroa, B., González, F. (1999). Materia orgánica y caracterización de suelos en proceso de recuperación con coberturas vegetativas en zonas templadas de México. *Revista Terra Latinoamericana*. 17(2), 139-148.
- Calderon, A. (2008). Efecto de los incendios forestales en la composición de especies arbóreas y arbustivas del Parque Ecológico Chipinque, San Pedro García, N. L. 145 h. Tesis. UANL, Facultad de Ciencias Biológicas.
- Carlson, H., Thurow, L., Knight, W., Heitschmidt, K. (1990). Effect of honey mesquite on the water balance of Texas rolling plains rangeland. *Journal of Range Management*. 43(6), 491-496.

- Carrillo, S., Arredondo, T., Huber, E., Flores, J. (2009). Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Revista Técnica Pecuaria*. 47(3), 299-312.
- Cornelius, R. (1950). Seed production of native grasses under cultivation in eastern Kansas. *Ecological Monographs*. 20(1), 1-29.
- Dengler, A., Röhrig, E., Gussone, H. (1990). *Waldbau auf ökologischer Grundlage* (6ª ed). Hamburg y Berlin, Alemania. Paul Parey. 314 p.
- Dickson, A. Leaf, A.L., Hosner, I.E. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36(1), 10-13.
- Dittberner, P., Olson, M. (1983). The plant information network (PIN) data base: Colorado, Montana, North Dakota, Utah, and Wyoming. FWS/OBS-83/86. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. 786 p.
- Duarte, R. (1990). *Contribución del representante de la misión diplomática de la FAO en México al primer simposium nacional sobre degradación de suelos*. Memorias. México: FAO. pp. 97-103.
- Esqueda, M., Melgoza, A., Sosa, M., Carrillo, R., Jiménez, J. (2005). Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes Secuencias de humedad-sequía en tres tipos de suelo. *Revista Técnica Pecuaria*. 43 (1), 101-115.
- Fulbright, T., Redente, E., Hargis, N. (1982). *Growing Colorado plants from seed: a state of the art. Volume II: Grasses and grasslike plants*. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. 113 p.
- García, E. (1998). *Publicación de las cartas de climas, isotermas e isoyetas de*

México. México, D.F.: Estadigrafía S.A. de C.V.

Gould, F. (1979). The genus *Bouteloua* (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 66(3), 348-416.

Great Plains Flora Association. (1986). *Flora of the Great Plains*. Lawrence, KS: University Press of Kansas. 1392 p.

Halvorson, A. & Lang, J. (1989). Revegetation of a salt water blowout site. *Journal of Range Management*. 42(1): 61-65

Herrera, Y., Peterson, P.M., De la Cerda M. (2004). *Revisión de Bouteloua Lag. (POACEAE)*. Durango, Dgo. IPN. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional.

Herrera, Y., Peterson, PM. y Valdés, J. (2008). *Bouteloua* (poaceae: chloridoideae: cynodonteae: boutelouinae) del Noreste de México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*. 2(2), 917 – 981.

Hitchcock, A. (1951). *Manual of the grasses of the United States*. (2da ed.). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Administration. 1051 p.

Hopper, H. & Nesbitt, L. (1930). *The chemical composition of some North Dakota pasture and hay grasses*. (Bull. 236). Fargo, ND: North Dakota Agricultural College, Agricultural Experiment Station. 39 p.

INEGI. (2005). *Geología: Guías para la interpretación de Cartografía*. México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INIFAP. (2011). *Indicadores de calidad de planta en viveros forestales de la sierra madre occidental*. (1ra ed.). Durango, México: INIFAP. 210 p.

- Iverson, D. (1984). Planting stock selection: Meeting biological needs and operational realities. In Duryea ML, TD Landis (eds.), *Forest nursery manual*. (261-266). Corvallis, USA. Oregon State University.
- Lal, R. (1979). Review of soil erosion research in Latin America. In: Greenland, D.J. y R. Lal. (eds.). *Soil conservation and management in the humid tropics*. (232-240). John Wiley.
- Luis, C., Peters, J., González, A.M., Jiménez, S., Morales, D. (2004). Tasting nursery plant quality of Canary Island Pine seedlings grown under different cultivation methods. *Phyton*. 44(2), 231-244.
- Manley, M. (1948). *The main grasses for farm and home*. U.S. Department of Agriculture: Yearbook. pp. 639-700.
- Martínez, M., (1979). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica. 1220p.
- McVaugh, R. (1983). *Gramineae. Flora Novo-Galiciana*. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Press.
- Mejía, M.T. y Dávila, P. (1992). *Gramíneas útiles de México*. México. (1ra ed.) D.F.: UNAM. Instituto de Biología.
- Miller, R., Williams, A. & Madson, A. (1996). *Cultivos de cobertura para la agricultura de california*. Universidad de California, División de Agricultura y Recursos Naturales, Folleto 21510.
- Monroy, A., Zamora, A.V., Flores, Y.M., Ramos, R. (2011). Geocostales con pastos xerófitos: Una ecotecnia para el repoblamiento vegetal de ambientes

deteriorados y para naturalizar azoteas In: *2nd Meeting of the Ibero-American & Caribbean Ecological Restoration Network*. (pp. 269) Yucatán, México.

Nájera, R., (1997). *Caracterización ecológica del Parque Ecológico Chipinque ubicado en los municipios de San Pedro Garza García y Monterrey en el estado de Nuevo León, México*. N.L.: Departamento de Investigación y Manejo de Recursos Naturales, Parque Ecológico Chipinque, A.C.

Prieto, J.A., Vera, J.A., Merlín, E. (2003). *Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero*. Durango, Dgo. INIFAP. 48p.

Quinn, J. (1987). Relationship between synaptospermy and dioecy in the life history strategies of *Buchloe dactyloides* (Gramineae). *American Journal of Botany*. 74(98),1167-1172.

Ramírez, R.G., Enríquez, A., Lozano, F. (2001). Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México. *Ciencia UANL* 4(3), 314-321.

Rzedowski, J. (1981). *Vegetación de México*. (Ed. Limusa). México, D. F.: Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. 432 p.

Rzedowski, C. y Rzedowski, J. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. (2a ed.) Pátzcuaro, Michoacán, México: Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 983 p.

Sanzetenea, E.S. (1998). Efectos de diferentes riegos, sustratos y fertilizantes en la producción de *Celtis laevigata* Willd. en viveros. 97 h. Tesis (en opción al título de Maestría en Ciencias Forestales) UANL, Facultad de Ciencias Forestales.

- Sheng, T. C. (1990). *Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas*. FAO. 99 p.
- Simanton, J., Jordan, G. (1986). Early root and shoot elongation of selected warm-season perennial grasses. *Journal of Range Management*. 39(1), 63-67.
- Suarez, S. (1992). Las pasturas y la recuperación de suelos en zonas cafeteras de Colombia. En: *Seminario Manejo Integral de Suelos para una Agricultura Sostenida*. (pp.133-144). Colombia: Sociedad colombiana de las ciencias del suelo.
- Synnott, J. (1886). *Efecto de las heladas de 1983 sobre las plantas de la región de Linares, N. L.* (5). UANL, México. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Naturales.
- Tapia, V. A. (1982). Proyecto de evaluación y comportamiento de arbustivas y gramíneas forrajeras de temporal. En: *Informe de actividades y proyectos de investigación*. (41-52). N. L.: UANL. Facultad de Agronomía.
- Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. Duryea, M. L. (ed.). *Evaluating seedling quality; Principles, procedures and predictive abilities of major test*. (59-71). Oregon State University, Corvallis. Or. USDA, Forest Service.
- USDA Forest Servis (2012), *Fire Effects Information System*. US. USDA. <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/hilbel/introductory.html>
- Vibrans, H. (2012). *Malezas de México*. México: Colegio de Posgraduados. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/bouteloua-gracilis/fichas/ficha.htm>.

- Villaseñor, J.L. y Espinosa, F.J. (1998). *Catálogo de Malezas de México*. México, D.F. : UNAM y Fondo de Cultura Económica. 449 pp.
- Wasser, C., Western, E., Land, U. (1982). *Ecology and culture of selected species useful in revegetating disturbed lands in the West*. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. 347 p.
- Weaver, E. (1958). Summary and interpretation of underground development in natural grassland communities. *Ecological Monographs*. 28(1), 55-78.
- Weaver, E. and Noll, C. (1935). Comparison of runoff and erosion in prairie, pasture, and cultivated land. *University of Nebraska*. 11(1935), 1-35.
- Weigel, M. (2000). *Encyclopedia of Biomes*. (2da ed., Vol 1). Boston: Gale Grup. UXL.
- Wenger, E. (1943). *Buffalo grass*. (Bull. 321). Manhattan, KS: Kansas State College of Agriculture and Applied Science, Kansas Agricultural Experiment Station. 321 p.
- Whitford, W., Dick-Peddie, S., Walters, D., Ludwig, J. (1978). Effects of shrub defoliation on grass cover and rodent species in a Chihuahuan desert ecosystem. *Journal of Arid Environments*. 1(3), 237-242.
- Willcockson (2007). *Proyecto de rectificación del perímetro del Parque Ecológico Chipinque*. San Pedro Garza García, Nuevo León.
- Wipff, K. (2003). *Bouteloua*. In Flora of North America Editorial Committee (eds.). *Flora of North America. North of Mexico*. New York: Oxford University Press.

Wright, A. Bailey, W. (1982). *Fire ecology: United States and southern Canada*.
New York: John Wiley & Sons. 501 p.