

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

***CAMPUS* MONTECILLO**

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO AL ESTABLECIMIENTO, EN RECURSOS GENÉTICOS DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

JUANA ELVIRA RAMÍREZ MELÉNDEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

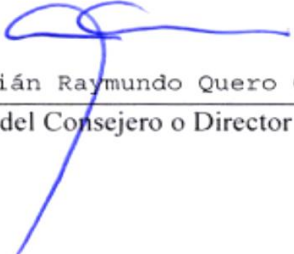
CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y
DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe, "**JUANA ELVIRA RAMÍREZ MELÉNDEZ**", Alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor "**DR. ADRIÁN RAYMUNDO QUERO CARRILLO**", por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO AL ESTABLECIMIENTO, EN RECURSOS GENÉTICOS DE *Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.***", y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Texcoco, Edo de México, a 27 de agosto de 2018



Firma del
Alumno (a)



Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **ANÁLISIS DE CRECIMIENTO AL ESTABLECIMIENTO, EN RECURSOS GENÉTICOS DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.**, realizada por la alumna: JUANA ELVIRA RAMÍREZ MELÉNDEZ bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


Dr. ADRIÁN RAYMUNDO QUERO CARRILLO

ASESOR


Dr. FILOGONIO JESÚS HERNÁNDEZ GUZMÁN

ASESORA


Dra. LEONOR MIRANDA JIMÉNEZ

ASESOR


Dr. CÁNDIDO LÓPEZ CASTAÑEDA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, septiembre de 2018

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO AL ESTABLECIMIENTO, EN RECURSOS
GENÉTICOS DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

Juana Elvira Ramírez Meléndez, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

Se evaluaron plántulas individuales de nueve materiales genéticos de pasto Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., con dos tamaños de cariósipide (grande CG y chico CCh) y muestreos destructivos a los 43, 56, 67, 81 y 96 días después de siembra (dds) en condiciones de invernadero. Se utilizaron cariósipides de las variedades NdeM-125, NdeM-303, NdeM-417 y los genotipos CP-181 (Zacatecas), CP-62 (Coahuila), CP-Centauro (Durango), CP-Teloxtoc (Puebla), CP-Ñañú1 (Hidalgo) y CP-Mixe (Oaxaca). Se sembraron cariósipides de tamaño grande (CG) y chico (CCh) en almácigo con sustrato compuesto de suelo, tepezil y corteza de árbol en proporciones de 2:1:1. Cuando las plántulas tuvieron 21 días de edad, se transfirieron a tubetes de 70 cm³ y se les aplicó agua de acuerdo a sus necesidades hídricas. Los datos se analizaron bajo un diseño completo al azar con tres repeticiones. La tasa relativa de crecimiento (TRC) y la tasa de asimilación neta (TAN) mostraron valores altos al inicio del crecimiento vegetal y disminuyeron con el transcurso del tiempo en todas las variedades. Las variedades CP-181 y CP-Mixe con CG y CCh mostraron la mayor tasa absoluta de crecimiento (0.0308 g d⁻¹) a 96 días post-siembra (dds) y área foliar específica (151.9 cm² g⁻¹) a 81 dds, respectivamente. El rendimiento de materia seca (MS) de los órganos aéreos de la planta mostró diferencias significativas (P < 0.05) entre variedades desde 56 a 96 dds; la variedad CP-181, con CG, produjo mayor MS (P < 0.05) en la parte aérea, inflorescencias y raíces que las demás variedades desde 67 a 96 dds. La variedad CP-181 con CG y CCh mostró el mejor comportamiento productivo. Usar cariósipide clasificado ofrece ventajas de mayor crecimiento al establecimiento.

Palabras clave: Establecimiento, tamaño de cariósipide, desarrollo, inflorescencia

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO AL ESTABLECIMIENTO, EN RECURSOS
GENÉTICOS DE *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr.

Juana Elvira Ramírez Meléndez, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

Individual seedlings of nine genetic materials of Sideoats grama *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. grass were evaluated, with two sizes of caryopsis (large CG and small CCh) through destructive samplings at 43, 56, 67, 81 and 96 days after sowing (dds) under greenhouse conditions. Caryopsids of NdeM-125, NdeM-303, NdeM-417 and genotypes CP-181 (Zacatecas), CP-62 (Coahuila), CP-Centauro (Durango), CP-Teloxtoc (Puebla), CP-Ñañú1 (Hidalgo) and CP-Mixe (Oaxaca). Large size (CG) and small (CCh) caryopses were sown in trays with substrate composed of soil, “tepezil” and tree bark in proportions of 2: 1: 1. At 21 days after sowing (das), these were transferred to 70 cm³ individual pots and irrigation was applied according to their water requirements. Data was analyzed under a complete random design with three repetitions. The relative growth rate (TRC) and net assimilation rate (TAN) showed high values at the beginning of plant growth and decreased over time in all varieties. The CP-181 and CP-Mixe varieties with CG and CCh showed the highest absolute growth rate (0.0308 g d⁻¹) at 96 dds and specific leaf area (151.9 cm² g⁻¹) at 81 dds, respectively. Dry matter (DM) yield for aerial organs of the plant showed significant differences (P <0.05) between varieties from 56 to 96 dds; the variety CP-181, with CG, produced greatest MS (P <0.05) for aerial part, inflorescences and roots than the other varieties from 67 to 96 dds. The variety CP-181 with CG and CCh showed the best productive performance. Using classified caryopsis offers advantages of greater growth to the establishment.

Key words: Establishment, size of caryopsis, development, inflorescence.

Dedico esta Tesis a:

Los millones de mexicanos (as) que pagan impuestos, quienes, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACY) y el Colegio de Postgraduados, han financiado parte de mi formación profesional.

Mis padres Juana Meléndez y Antonio Ramírez por educarme y hacer de mí una persona con valores, valiente y sencilla, les agradezco el apoyo que me han dado y creer en mí.

Mis hermanos Miriam, Francisco y Andrés, por ayudarme, darme ánimos siempre y acompañarme en todo momento, el destino quizá nos separe, pero siempre contaremos los unos con los otros.

Mi gran familia, todos y cada uno de ellos forman parte importante en mi vida, en especial a mi abuelo Genaro Meléndez Lozoya, por ser ejemplo de valentía, amor y esfuerzo, gracias y cuídame siempre de allá arriba.

El Dr. Samuel López Aguirre por cada uno de sus consejos y motivaciones.

Todas aquellas amistades formadas durante mi estancia en el Colegio, en especial a María de Jesús Carrillo, Abieser Vázquez, Jesús Cámara, Dominga Hernández, Estefanía Mendoza y Anayansi Ramírez.

El M.C. Eleazar Lugo Cruz por su compañía, darme valiosos consejos, ánimos, además de su apoyo incondicional desde aquel momento en que nos encontramos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que, con su apoyo económico, hizo posible mis estudios de postgrado. Similarmente, por el apoyo para la recolecta de recursos genéticos de pasto banderita, a través del proyecto de Problemas Nacionales (248252): Colecta, Salvaguarda y Evaluación de Forrajeras (Poaceae) para Pastoreo Extensivo, Nativas de México Semiárido.

Al Colegio de Postgraduados, especialmente al Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo, por el apoyo, dirección, gran disponibilidad y organización para hacer posible este trabajo.

A quienes formaron parte de mi Comité: Dra. Leonor Miranda, por el apoyo brindado Dr. Cándido López, por su disponibilidad consejos y préstamo de equipo necesario para las mediciones; al Dr. José Alberto Salvador Escalante por fungir como sinodal, además de préstamo de equipo y al Dr. Filogonio Hernández, a todos ellos gracias por su disposición, recomendaciones, revisión y seguimiento del presente trabajo.

Al M.C. Milton Javier Luna Guerrero por el apoyo en mediciones, a los trabajadores de campo y laboratorio (Sra. Diana Isabel Poixtan, Srs. Juan Raymundo Espinosa Alvarado y Fidel Pérez Romero) por su apoyo y amistad brindada durante mi investigación.

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| AGRADECIMIENTOS | vii |
| LISTA DE CUADROS | x |
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| 1 INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| 1.1 Objetivo general | 2 |
| 1.2 Objetivos específicos | 2 |
| 1.3 Hipótesis | 2 |
| 2 REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Degradación de los suelos | 3 |
| 2.2 Importancia de los pastizales | 4 |
| 2.3 Pasto Banderita, <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. | 5 |
| 2.4 Conclusión de revisión de literatura | 6 |
| CAPÍTULO I. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO AL ESTABLECIMIENTO, EN RECURSOS GENÉTICOS DE <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. | 8 |
| 1.1. RESUMEN | 8 |
| 1.2. ABSTRACT | 9 |
| 1.3. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.4. MATERIALES Y MÉTODOS | 13 |
| 1.4.1 Localización | 13 |
| 1.4.2 Origen de Colectas y Variedades | 13 |
| 1.4.3 Manejo de carióspsides | 13 |
| 1.4.4 Siembra y trasplante | 14 |
| 1.4.5 Muestreos destructivos | 15 |
| 1.4.6 Análisis de crecimiento | 16 |
| 1.4.7 Variables evaluadas | 16 |
| 1.4.8 Tratamientos y unidad de experimental | 17 |
| 1.4.10 Diseño experimental | 17 |

| | | |
|---------|--|----|
| 1.5. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 18 |
| 1.5.1 | Biomasa total | 18 |
| 1.5.2 | Composición morfológica..... | 21 |
| 1.5.3 | Indicadores de crecimiento vegetal..... | 27 |
| 1.5.3.1 | Tasa absoluta de crecimiento (TAC) | 27 |
| 1.5.3.2 | Tasa relativa de crecimiento (TRC)..... | 29 |
| 1.5.3.3 | Área foliar específica (AFE)..... | 31 |
| 1.5.3.4 | Tasa asimilación neta (TAN)..... | 33 |
| 1.6. | CONCLUSIONES | 35 |
| 1.7. | LITERATURA CITADA | 36 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Origen de los materiales genéticos de <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. utilizados en la investigación llevada a cabo en invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. | 14 |
| Cuadro 2. Fórmulas utilizadas para cálculos de índices de crecimiento para plántulas de <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. en tres variedades y seis materiales genéticos, con muestreos destructivos, en condiciones de invernadero, en Montecillo, Texcoco, Estado de México. | 17 |
| Cuadro 3. Biomasa total (g pl^{-1}) de tres variedades y seis genotipos de <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr., en diferentes fechas después de la siembra, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. | 20 |
| Cuadro 4. Tasa absoluta de crecimiento ($\text{TAC} = \text{g d}^{-1}$) en tres variedades y seis genotipos de <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. con diferente tamaño de carióspside, en cuatro intervalos, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. | 28 |
| Cuadro 5. Tasa relativa de crecimiento ($\text{TRC} = \text{g g d}^{-1}$) en tres variedades y seis genotipos de <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. con diferente tamaño de carióspside, en cuatro intervalos, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. | 30 |
| Cuadro 6. Área foliar específica ($\text{AFE} = \text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) en tres variedades y seis genotipos de <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. con diferente tamaño de carióspside, en cuatro intervalos, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. | 32 |
| Cuadro 7. Tasa de asimilación neta ($\text{TAN} = \text{g cm}^2 \text{d}^{-1}$) en tres variedades y seis genotipos de <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. con diferente tamaño de carióspside, en cuatro intervalos, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. | 34 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Temperaturas máximas (Max), mínimas (Min), y humedad relativa (HR %) durante el periodo de estudio (96 días) en condiciones de invernadero en Montecillo Texcoco, Estado de México. 15
- Figura 2. Biomasa total promedio ($\text{g}^{-1} \text{MS pl}^{-1}$) de tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., en diferentes fechas después de la siembra en condiciones de invernadero en Montecillo Texcoco, Estado de México. CG= Cariópside grande, CCh= Cariópside chico, marcadores con literales iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$). 19
- Figura 3. Composición morfológica (%) de tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. en muestreos destructivos a) 43, b) 56 c) 67 d) 81 e) 96 dds, Ce= CP-Centauro, Tel= CP-Teloxtoc, Ñ= CP-ÑaÑú1, Mx=CP-Mixe, con dos tamaños de cariópside G= Cariopside grande y Ch= Cariopside chico, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Barras con letras iguales y sin literales no son estadísticamente diferentes por componentes, (Tukey $P < 0.05$). 24
- Figura 4. Composición morfológica promedio de tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr con Cariópsides grandes (CG) y Cariópsides chicos (CCh) en muestreos destructivos a 43, 56, 67, 81 y 96 días después de la siembra, bajo condiciones de invernadero, (valores sobre las barras indican relación raíz parte aérea). 25
- Figura 5. Composición morfológica del genotipo CP-181 en Cariópsides grandes (CG) y Cariópsides chicos (CCh) en muestreos destructivos a 43, 56, 67, 81 y 96 días después de la siembra bajo condiciones de invernadero, (valores sobre las barras indican relación raíz parte aérea). 26

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Los pastizales nativos del Norte de México, por décadas han estado sujetos a mal manejo del pastoreo, lo que ha resultado en severa reducción de la productividad en ese importante agroecosistema. El problema de la baja productividad se agudizado debido a la presencia de otros factores como sequía estacional y bajas temperaturas invernales. El 80 % del área dedicada a pastizales en las zonas áridas y semiáridas se encuentra altamente erosionada.

Al considerar lo anterior, urge establecer un buen plan de manejo agronómico que ayude a recuperar la cubierta vegetal, fertilidad del suelo y restablecer la recarga de humedad edáfica que permitan hacer un uso racional del pastizal en las zonas áridas y semiáridas del norte del país. La resiembra con especies de pastos perennes y nativos como *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., con alto vigor inicial y alta capacidad de establecimiento de plántulas (López-Castañeda *et al.*, 1996), puede representar una buena alternativa para la producción de forraje en esas áreas (González *et al.*, 2001). Además, deben considerarse otros aspectos agronómicos como la preparación del suelo y profundidad de siembra que pueden contribuir al buen establecimiento del pastizal. No obstante, debe considerarse que las condiciones climáticas pueden afectar o beneficiar esta práctica (Quero *et al.*, 2016).

La influencia del tamaño de semilla sobre la capacidad de establecimiento de las plántulas se ha estudiado principalmente en cereales de grano pequeño (López-Castañeda *et al.*, 1996) y recientemente, en plántulas de pasto Banderita (Quero *et al.*, 2017), quienes mencionan que el efecto de cariósides grandes en la velocidad de germinación y emergencia es favorable; lo cual, en especies introducidas como pasto Rhodes (*Chloris gayana*), no fue significativo. Por lo tanto, es importante explorar la variación genética en vigor inicial y establecimiento

de las plántulas, considerando que el pasto Banderita es una especie nativa del norte de México, que ha evolucionado en condiciones áridas y semiáridas del semidesierto mexicano.

1.1 Objetivo general

Estudiar la variabilidad genética en vigor inicial y capacidad de establecimiento de las plántulas en tres variedades y seis genotipos de pasto Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. con diferente tamaño de semilla, mediante muestreos destructivos a 43, 56, 67, 81 y 96 dds, en condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México, México.

1.2 Objetivos específicos

Determinar la producción de biomasa y la composición morfológica a partir de cariósides grandes y chicos.

Determinar los índices de crecimiento como la tasa absoluta de crecimiento (TAC), tasa relativa de crecimiento (TRC), área foliar específica (AFE) y tasa de asimilación neta (TAN).

1.3 Hipótesis

El tamaño de cariósido puede influir en el crecimiento de las plántulas de diferentes recursos genéticos del pasto Banderita en condiciones de invernadero.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Degradación de los suelos

La desertificación es una crisis silenciosa que está desestabilizando comunidades a escala global, más de 1 500 millones de personas en todo el mundo dependen de tierras degradadas y el 74% de estas son pobres. Cada año, la tierra productiva se reduce debido a la desertificación; alrededor de un tercio total de tierra agrícola esta degradada. Los suelos áridos y semiáridos son más susceptibles a la destrucción natural o inducida por actividades humanas debido a su bajo contenido de humedad; lo anterior, a pesar de que el suelo es el principal almacén de agua dulce en la tierra. Las poblaciones humanas emigran en búsqueda de recursos acuíferos, pero dejan atrás las tierras degradadas sin planes, infraestructura o alternativas para su restauración.

En África subsahariana y particularmente en el Sahel el problema es más severo, las poblaciones se ven obligadas a emigrar debido a las condiciones generadas por este problema. Se debería tomar conciencia para combatir la desertificación, revertir la degradación del suelo y reducir los efectos de la sequía; por otra parte, los esfuerzos individuales y comunitarios para rehabilitar el suelo son más efectivos cuando forman parte de un esfuerzo nacional, los impactos de la sequía son más visibles en las pérdidas humanas y en la producción agrícola; aunado a esto, el 50% del ganado mundial está en regiones áridas o semiáridas, lo que puede ocasionar bajo rendimiento en ganado y sobre explotación de las tierras, degradándolas aún más (Nigel *et al.*, 2014). En México el 71% del territorio manifiesta algún grado de erosión, 1 cm de suelo equivale a 100 toneladas por hectárea, cada año hay una pérdida en promedio de 1.42 millones hectáreas de suelo (Moncada *et al.*, 2013).

2.2 Importancia de los pastizales

México cuenta con amplia diversidad de vegetación y más del 50 % de su territorio pertenece a zonas áridas y semiáridas; las cuales, forman parte del Desierto Chihuahuense ya que incluye a los estados de Chihuahua, Sonora, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí, sin embargo, los pastizales del norte de México, a pesar de ser la fuente más económica de forraje (Castillo *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2009) no satisfacen las necesidades de alimentación para el ganado en pastoreo; lo anterior, debido a diferentes tipos de degradación como erosión, además del mal manejo y sobrepastoreo consuetudinario aunado a la sequía, que limita la regeneración además del cambio de uso de suelo y desvíos de fuentes de agua.

Es importante señalar que los pastizales pueden ayudar a mitigar el cambio climático debido a que pueden acumular en promedio 45 toneladas de carbono por hectárea; así mismo, la recarga de acuíferos es mayor que en bosques y matorrales (Quero *et al.*, 2015). Lo anterior es posible, con el manejo adecuado, el suelo se encuentra cubierto de vegetación capaz de reducir la velocidad del flujo de agua (reducir su energía cinética), aumentar infiltración y disminuir la pérdida de suelo por escurrimiento superficial. Algunas características que se deben tomar en cuenta para la elección de materiales vegetales con capacidad para rehabilitar zonas degradadas incluyen la adaptación al sitio (zonas áridas y semiáridas), tolerancia a sequía, alta productividad y valor nutritivo, además de fácil establecimiento y crecimiento.

México es un centro de origen genético muy importante para especies de gramíneas (Poaceae) nativas de zonas áridas; contrariamente a gramíneas forrajeras para praderas en

regiones tropicales, México puede ser autosuficiente, mediante el escrutinio de amplia diversidad natural disponible, seleccionar genotipos valiosos, generar variedades destacadas y enfrentar los retos que enfrentaremos ante el cambio climático, cambio de uso del suelo, degradación de los recursos, entre los de mayor importancia (Quero *et al.*, 2017a). Géneros como *Bouteloua* spp., constituido por 57 especies, destacan en la adaptación a altiplanos áridos y son prácticamente endémicos de México y se mantienen escasamente explorados.

2.3 Pasto Banderita, *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

Es una especie nativa originaria del norte de México, se encuentra también en el sur de estados unidos, pero se distribuye abundantemente en 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 (Morales *et al.*, 2009).

La inflorescencia presenta todas las ramas conteniendo las espiguillas alineadas a un lado, lo que le da el aspecto de banderita, esta gramínea produce altas cantidades de forraje, el cual tiene buena aceptación por el ganado, además de su alto contenido nutricional y su abundante producción de forraje, entre las principales características destacan su adaptación a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas, incluyendo bajas precipitaciones, se puede encontrar en planicies y lomeríos rocosos, crece favorablemente a alturas de 1800 a 2400 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), o superiores (Lesur y Zaldívar, 2010), en menor proporción se encuentra en valles centrales de pastizales y áreas de matorrales, produce alrededor de 1,900

kg MS ha⁻¹ con precipitaciones e 350 mm, los valores de digestibilidad son de 50 al 70 % esto dependerá de su estado fenológico, contiene de 7 a 8 % de proteína cruda en época verde y en heno 5.8 %, con un contenido de fibra de 14.2 %. (Corrales *et al.*, 2016; Melgoza *et al.*, 2016).

2.4 Conclusión de revisión de literatura

Ante la problemática de suelos erosionados en el norte de México es necesaria la evaluación de materiales vegetales potenciales, que reduzcan el avance de este fenómeno; sin embargo, experimentos en campo son complicados y costosos ya que se requiere recurso apoyo económico, logístico, además de mano de obra y equipo, entre los principales. En este sentido, se pueden hacer ensayos previos en invernadero o laboratorio y así abrir un panorama o punto de partida a lo que se espera en campo.

Existe una marcada necesidad de apoyo tecnológico para la recuperación de zonas áridas y semiáridas mediante resiembras, en muchos casos. Sin embargo, existe un hueco tecnológico para aprovechar el potencial de las gramíneas, las cuales poseen ventajas sobresalientes como alta densidad de individuos (semillas) por unidad de peso y capacidad de establecerse a corto plazo (90 días normalmente), lo que hace que estas especies deban ser consideradas como el primer frente para la conservación de suelo y la utilización posterior de otras especies valiosas carentes de los atributos mencionados.

Investigaciones considerando etapas iniciales de desarrollo (las más juveniles posibles) y crecimiento, incluso después de la emergencia son necesarias y de gran importancia, ya que,

es donde las plántulas se encuentran expuestas a factores bióticos o abióticos desafiantes: alta radiación, déficit hídrico, lluvias torrenciales, competencia con otras especies; después de este periodo, una vez encuentran establecidas (90 dds) son capaces de soportar todo lo anterior, incluso defoliaciones por animales.

CAPÍTULO I. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO AL ESTABLECIMIENTO, EN RECURSOS GENÉTICOS DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

1.1.RESUMEN

Con el fin de evaluar el crecimiento de plántulas de nueve materiales de *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr., se utilizaron dos tamaños de carióspside: grande (CG) y chico (CCh) y muestreos destructivos a 43, 56, 67, 81 y 96 días después de siembra (dds), en invernadero. Se determinó: peso por cada componente morfológico y fecha de muestreo, tasa absoluta de crecimiento (TAC), área foliar específica (AFE), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de asimilación neta (TAN). Los materiales evaluados incluyeron a las variedades NdeM-125, NdeM-303, NdeM-417 y seis genotipos: CP-181 (Zacatecas), CP-62 (Coahuila), CP-Centauro (Durango), CP-Teloxtoc (Puebla), CP-Ñañú1 (Hidalgo) y CP-Mixe (Oaxaca). Carióspsides de cada tamaño se sembraron en almácigo, en sustrato compuesto de suelo, tepezil y corteza de árbol a razón 2:1:1. Se trasplantó en tubetes de 70 cm³ 21 dds y se regó según necesidades del cultivo. Los datos se analizaron en diseño completamente al azar con tres repeticiones y Tukey ($\alpha = 0.05$). El rendimiento de materia seca (MS) de los componentes morfológicos fue diferente ($P < 0.05$) a 56 dds y se observó que sembrar carióspsides grandes en CP-181, resultó en mayor MS en la parte aérea y radical ($P < 0.05$) y mostró mayor peso de inflorescencia a 81 y 96 dds. El máximo valor de TAN y TRC fue en etapas iniciales y disminuyó a mayor edad de planta para todos los materiales. En TRC, NdeM-125 en CG, fue mayor a mayor edad de muestreo; mientras en TAN, CP-Ñañú1 mostró mayores valores ($P < 0.01$). El AFE fue mayor para todos los materiales a 81 y 96 dds y CP-Mixe en Cch fue mayor ($P < 0.05$). Seleccionar tamaño de carióspside resulta en desarrollo diferencial de plántula. Las plantas del genotipo CP-181 provenientes de

cariópsides grandes y chicos mostraron producción de semilla precoz, lo que la hace un material valioso para la auto-recuperación de agostaderos.

Palabras clave. Cariópsides clasificadas, pasto Banderita, desarrollo de plántula, Inflorescencia de pastos.

1.2.ABSTRACT

Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr. genetic resources were evaluated from sowing to establishment (96 days after sowing -das), experimental material included varieties NdeM-125; NdeM-303, and NdeM-417 as well as six genotypes: CP-181 (Zacatecas); CP-62 (Coahuila), CP-Centauro (Durango), CP-Teloxtoc (Puebla), CP-Ñañú1 (Hidalgo) y CP-Mixe (Oaxaca). The experiment was developed under greenhouse conditions. Mature spikelets were manually peeled through friction, and resulting caryopsis separated into two groups: big (CG) and little (CCh) using specific sieves. Seeds were sown within germination trays and 21 das, individual seedlings transplanted into 70 cm³ plastic pots and supplied with water as required. Plant destructive sampling was performed to 43, 56, 67, 81, and 96 das. Three replicates for each caryopsis size and sampling date were destroyed for each plant material, under a Complete Randomized Block design and Tukey test for means separation. Dry matter (DM) yield for morphological components were different ($P < 0.05$) at 56 dds and it was observed that sowing large caryopses for CP-181, resulted in higher MS for both aerial and radical plant parts ($P < 0.05$) and showed higher inflorescence weight at 81 and 96 dds. The maximum value of TAN and TRC occurred during early growth stages and decreased at higher plant age for all materials. Values for TRC, NdeM-125 with CG were higher at older

plant stages while for TAN, CP-Ñañú1 showed higher values ($P < 0.01$). The AFE was higher for all materials at 81 and 96 dds, and CP-Mixe at CCh showed the highest value ($P < 0.05$). Selecting for caryopsis size results in differential development of the seedlings. Plants of CP-181 for both large and small caryopses showed early seed production, which makes it a valuable material for the self-recovery process of grazing lands.

Key words. Caryopsis classification, *Bouteloua curtipendula*, seedling development. selection for seedling establishment

1.3.INTRODUCCIÓN

Las zonas semiáridas en México representan el 50% de territorio el cual se divide en dos tipos de vegetación donde los matorrales cubren 85 % y los pastizales representan 15 % de esta superficie lo cual era inverso hace 150 años (PMAR, 2012). Por lo anterior, las gramíneas son una herramienta para disminuir el avance de la desertificación al cubrir el suelo mediante dos factores como: vigor y densidad de macollos (Quero *et al.*, 2014).

México es centro de diversidad genética de muchas especies de pasto, entre ellas, el género *Bouteloua* con 57 especies; las cuales, se encuentran distribuidas desde Canadá hasta Argentina, para lo cual se ha recolectado y evaluado germoplasma, sin embargo, no se ha realizado de manera sistemática (Morales *et al.*, 2009). Para la rehabilitación de áreas degradadas de las zonas semiáridas de México, Corrales *et al.* (2016) recomiendan el uso de especies de pasto nativas como Banderita, esto con el fin de no alterar el ecosistema de las

zonas de escasa precipitación; por ser tan vulnerable. Para establecer praderas de temporal existen diferentes recomendaciones como usar o no las unidades de dispersión completas (glumas, lemas y paleas, aristas y ramillas modificadas) o cariósides, otro factor es la latencia determinada por la presencia de ácido abscísico o barreras físicas que reducen la imbibición de la semilla (Quero *et al.*, 2016); por lo anterior, se recomienda en pastos nativos no eliminar las brácteas florales, mientras en pastos introducidos es importante eliminar a estas para incrementar la germinación, sin embargo, estos autores no encontraron diferencias significativas al usar cariósides.

El tamaño de cariósido es importante para obtener mayor peso de plántula y vigor en *Lolium perenne* L. (Smith *et al.*, 2003) así como en cariósides de pasto Banderita (Quero *et al.*, 2017) y mayor velocidad de germinación a diversas profundidades de siembra (Corrales *et al.*, 2016; Quero *et al.*, 2017). Por tanto, es importante evaluar el comportamiento de nuevas variedades y genotipos de pastos de zonas semiáridas de México y determinar su posible potencial desde los primeros días al establecimiento, donde se compite con malezas de hoja ancha y pastos anuales.

En condiciones normales, siembras de temporal, las plántulas sembradas al establecimiento de las lluvias (segunda semana de julio) deben enfrentar la sequía intraestival normal (cuatro a ocho semanas de duración) y competir contra maleza de rápido crecimiento. Las siembras se deben realizar hasta el 15 de agosto, dado que las plántulas deben estar listas para enfrentar las primeras heladas a finales de octubre o principios de noviembre; por tanto, en condiciones naturales, tienen 90 días para establecerse a partir de semilla. Este trabajo se basa en esta

lógica para definir establecimiento de plántulas, aunque el mismo se haya realizado en condiciones de invernadero en macetas.

El análisis de crecimiento usa mediciones directas y datos sencillos como materia seca y el área foliar de la planta con la finalidad de describir su crecimiento, que pueden apoyar la decisión de seleccionar genotipos para el establecimiento de praderas como la tasa absoluta de crecimiento (TAC) que según Hunt, (2003) es la capacidad de una planta para producir material nuevo en un tiempo determinado y el incremento en tamaño de la planta por unidad de tiempo (Barrera *et al.*, 2014); la tasa relativa de crecimiento (TRC) según Di Benedetto *et al.* (2016) se considera como la eficiencia que tiene una planta en producir material vegetal por unidad de peso seco presente en la planta en un periodo de tiempo dado $g\ g^{-1}\ d^{-1}$, mientras James y Drenovsky (2007) la definen como la capacidad de una planta para producir material nuevo a partir de una unidad de peso.

La AFE es la proporción de área foliar por unidad de peso seco del área foliar y es una medida de la foliosidad de la planta y disminuye a mayor edad de las plantas ya que hay remoción de carbohidratos solubles de la hoja hacia los cariósidos (Pérez *et al.*, 2004). La TAN según Álvarez *et al.* (2017) la definen como un indicador de biomasa acumulada en función del aparato fotosintético y tiempo, mientras James (2008) la define como un indicador de la eficiencia del tejido asimilador de radiación solar para producir materia seca a través de la fotosíntesis laminar. Los estudios en relación a las variables de crecimiento en pastos nativos como *Bouteloua curtipendula* con uso de diferente tamaño de semilla son pocos, por tanto, el objetivo fue realizar muestreos destructivos en plántulas de *Bouteloua curtipendula* a 43, 56, 78, 81 y 96 días después de la siembra provenientes de dos tamaños de cariósido y con

las láminas foliares, obtener el área foliar con ayuda de un integrador de área y con el peso de los componentes morfológicos de las plantas completas, analizar el crecimiento.

1.4.MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Localización

El experimento se realizó en área de invernaderos del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo Estado de México.

1.4.2 Origen de Colectas y Variedades

Las variedades evaluadas de pasto *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., fueron proporcionadas por el Colegio de Postgraduados y por colectas realizadas en octubre del 2016 (Cuadro 1).

1.4.3 Manejo de cariósides

Posterior a la cosecha las diásporas (unidad de dispersión) se conservaron en bolsas de manta hasta su beneficio. Los cariósides de cada material genético se obtuvieron mediante fricción física, con almohadilla y tapete de caucho corrugado. Se pesaron 10 cariósides por genotipo y se determinó la distribución de peso de los mismos, se consideró grandes > 0.0005 g y chicos, < 0.0004 g; similarmente, se utilizó tamiz del número 25 con abertura de 0.6 mm para separar entre tamaños de cariósides (CG= grande y CC= Chico). Se eliminaron cariósides con cualquier daño físico visible; lo anterior mediante microscopio estereoscópico. Una vez clasificados se conservaron en un frasco de cristal hasta la fecha de siembra.

Cuadro 1. Origen de los materiales genéticos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. utilizados en la investigación llevada a cabo en invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

| Variedad/ Genotipo | Lugar de cosecha | Fecha de cosecha | SAGARPA-SNICS* |
|-----------------------|----------------------------|---------------------|----------------|
| NdeM-125 | Chilcuautla, Hidalgo | marzo de 2016 | 1730 |
| NdeM-303 | Chilcuautla, Hidalgo | marzo de 2016 | 1729 |
| NdeM-417 | Chilcuautla, Hidalgo | marzo de 2016 | 1727 |
| CP-181 | Chilcuautla, Hidalgo | marzo de 2016 | |
| CP-62 | Chilcuautla, Hidalgo | marzo de 2016 | |
| CP-Centauro | S. Juan del Río, Durango | octubre de 2016 | |
| CP-Teloxtoc | Teloxtoc, Tehuacán, Puebla | octubre de 2016 | |
| CP-Nañú1 | Chilcuautla, Hidalgo | octubre de 2016 | |
| CP-Mixe | Sierra Juárez, Oaxaca | octubre de 2016 | |

* Identificación Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas

1.4.4 Siembra y trasplante

La siembra se realizó el 31 de mayo del 2017; se colocaron dos charolas de almácigo por tamaño y genotipo en sustrato húmedo, compuesto de suelo Vertisol del Valle del Mezquital, de textura arcillosa pH de 6.9 y 2.4 % de materia orgánica además de tepezil y corteza molida de árbol (2:1:1), el cual una vez mezclado, se esterilizo en autoclave durante 4 h a 121 °C. los carióspsides se colocaron a discreción en charolas-almácigo de 30 cm de diámetro por 15 cm de profundidad con drenaje posteriormente se cubrieron cuidadosamente con una capa

de sustrato cernido, además, las plántulas se mantuvieron en condiciones adecuadas de humedad, aplicando riego por gravedad cada dos días. A 21 días después de la siembra (dds) se trasplantó una planta por tubete (73 cm³) en sustrato elaborado con peat moss y tepezil (2:1), se aplicó riego con manguera cada tres días. La temperatura se determinó mediante un data logger, marca Hobo, modelo U12-013, registrando una media de 22.5 °C, con una máxima de 41 °C y mínima de 13 °C y humedad relativa promedio de 66 % durante el periodo del experimento (Figura 1).

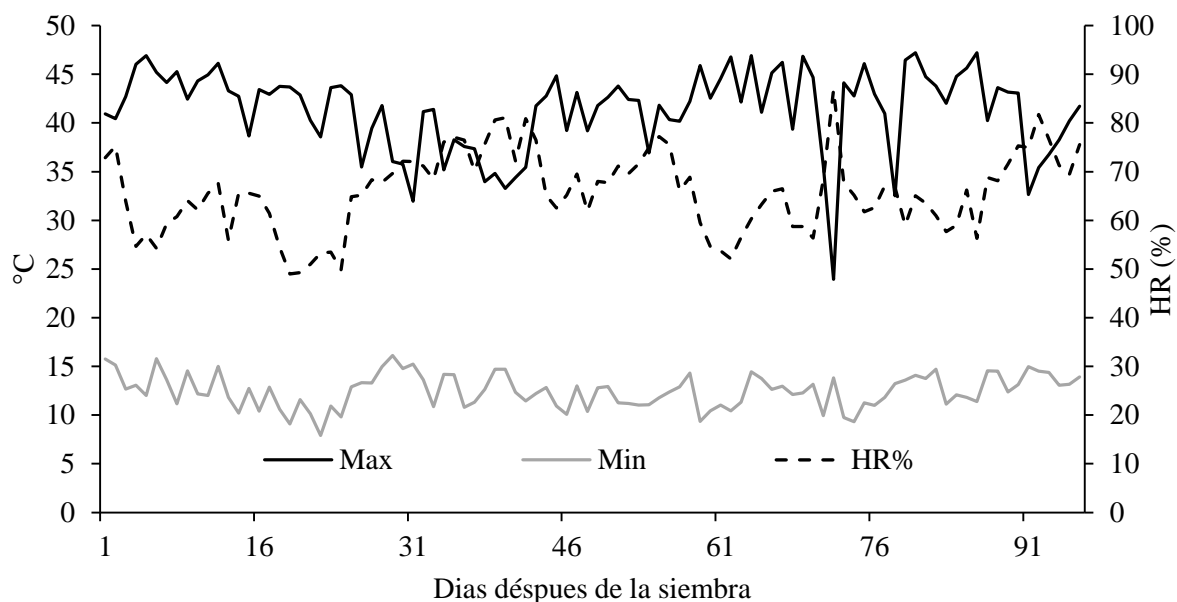


Figura 1. Temperaturas máximas (Max), mínimas (Min), y humedad relativa (HR %) durante el periodo de estudio (96 días) en condiciones de invernadero en Montecillo Texcoco, Estado de México.

1.4.5 Muestras destructivos

Se realizaron cinco muestreos a 43, 56, 67, 81 y 96 dds en tres tubetes por material genético en ambos tamaños CG y CC, las plantas se extrajeron del tubete, y se separaron en sus

componentes hoja, tallo, raíz e inflorescencia; las hojas se colocaron en bolsas de plástico para la medición de área foliar mediante integrador de área foliar marca LICOR (cm²), modelo 3100, la raíz se lavó con agua corriente, considerando la corona como parte de la misma y las vainas como parte del tallo; las muestras se colocaron en sobres de papel identificados, posteriormente, para obtener MS se llevaron a estufa de aire forzado a 60 °C por 48 h. posteriormente se pesaron en balanza eléctrica de precisión marca Satorius modelo 1984 (± 0.001 g).

1.4.6 Análisis de crecimiento

Con los datos obtenidos de materia seca y área foliar, se calcularon los índices de crecimiento como: la tasa absoluta de crecimiento (TAC), tasa de asimilación neta (TAN), tasa relativa de crecimiento (TRC) y área foliar específica (AFE) cuyas formulas se describen (Cuadro 2; segunda columna)

1.4.7 Variables evaluadas

- 1) Peso seco de la biomasa aérea total (g MS planta⁻¹) la cual incluye: láminas foliares, raíces, tallos e inflorescencias.
- 2) Composición morfológica por componentes (g MS planta⁻¹).
- 3) Tasa absoluta de crecimiento (TAC)
- 4) Tasa relativa de crecimiento (TRC)
- 5) Tasa de asimilación neta (TAN)
- 6) Área foliar específica (AFE)

Las variables cuatro y cinco son obtenidas por el peso las láminas foliares y el área foliar de éstas (cm²).

Cuadro 2. Fórmulas utilizadas para cálculos de índices de crecimiento para plántulas de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. en tres variedades y seis materiales genéticos, con muestreos destructivos, en condiciones de invernadero, en Montecillo, Texcoco, Estado de México.

| Índice | Fórmula | Unidades | Fuente |
|--------|---|-----------------------------------|-------------------------------------|
| TAC | $(PS_2-PS_1)/(T_2-T_1)$ | g d ⁻¹ | (Hunt, 2003) |
| TRC | $(\ln PS_2-\ln PS_1) / (T_2- T_1)$ | g g ⁻¹ d ⁻¹ | (Di Benedetto <i>et al.</i> , 2016) |
| AFE | AF/PSH | cm ² g ⁻¹ | (Pérez <i>et al.</i> , 2004) |
| TAN | $[(PS_2-PS_1) / (T_2-T_1)]*[(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (AF_2-AF_1)]$ | g cm ² d ⁻¹ | (Álvarez <i>et al.</i> , 2017) |

TAC= Tasa absoluta de crecimiento, TRC= Tasa relativa de crecimiento, AFE= Área foliar específica TAN= Tasa de asimilación neta, PS= Peso seco planta completa, AF= Área foliar, In= Logaritmo natural, PSH= Peso seco de hojas. T= tiempo (días), T₁= medición inicial y T₂= medición final en cada intervalo de tiempo.

1.4.8 Tratamientos y unidad de experimental

Los tratamientos se consideraron nueve materiales genéticos de pasto Banderita con dos tamaños de cariósipide (CG – CC) con tres repeticiones, donde la unidad experimental fue una planta en un tubete de 70 cm³.

1.4.10 Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar, cuyo modelo se describe:

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

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento

ζ_{ij} = Efecto del error experimental

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS 9.0 (2009) realizando un análisis de varianza. Se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias.

1.5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Biomasa total

La acumulación de biomasa total en las plantas clasificadas por el tamaño de carióspside fue mayor en promedio para todas las variedades y genotipos evaluados en las plantas provenientes de CG, sin embargo, la diferencia, ($P \leq 0.05$) solo se observó a los 96 dds (Figura 2). También, se observaron diferencias significativas en el peso de los componentes morfológicos desde los 56 dds y en el total ($P \leq 0.01$; Cuadro 3). El genotipo CP-181 con CG acumuló mayor biomasa total, además este material mostró un comportamiento superior a los otros genotipos a partir de 67 dds.

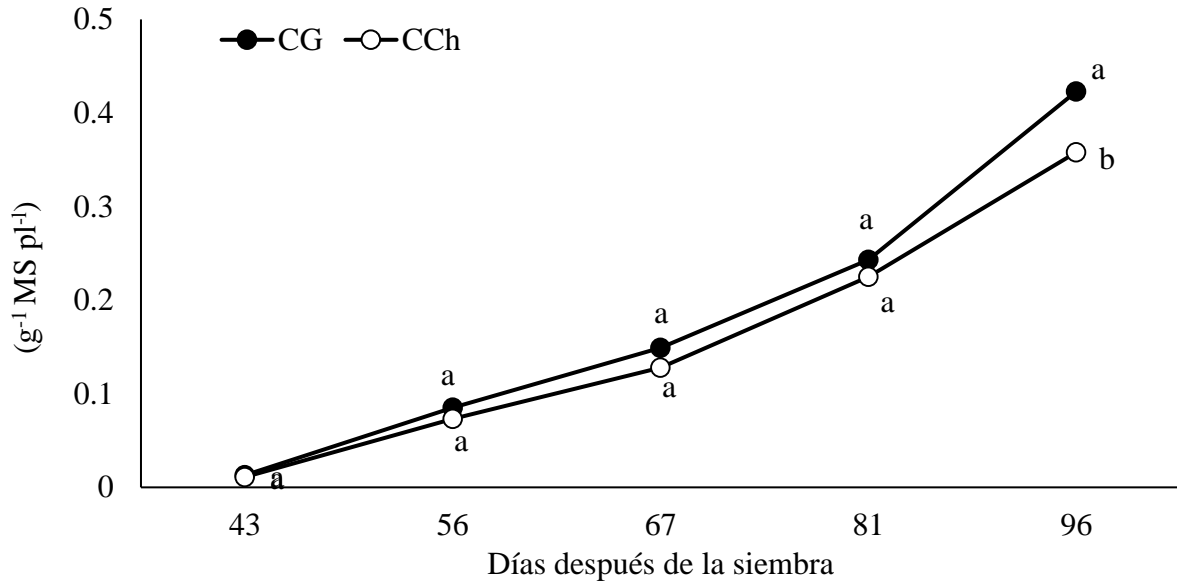


Figura 2. Biomasa total promedio ($\text{g}^{-1} \text{MS pl}^{-1}$) de tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., en diferentes fechas después de la siembra en condiciones de invernadero en Montecillo Texcoco, Estado de México. CG= Cariópside grande, CCh= Cariópside chico, marcadores con literales iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

La influencia del tamaño de cariópside en el desarrollo de las plántulas ha sido observado por varios autores en pastos (Kneebond y Cremer, 1955), mientras que en *Lolium perenne* Smith *et al.* (2003), y Quero *et al.* (2017) en pasto Banderita muestran la importancia del tamaño de embrión, el cual indican que es de suma importancia para generar mayor tamaño de plántulas, esto es obtener mayor tamaño de raíces y hojas en menor tiempo, características de la plántula que contribuyen a un mejor establecimiento del pastizal.

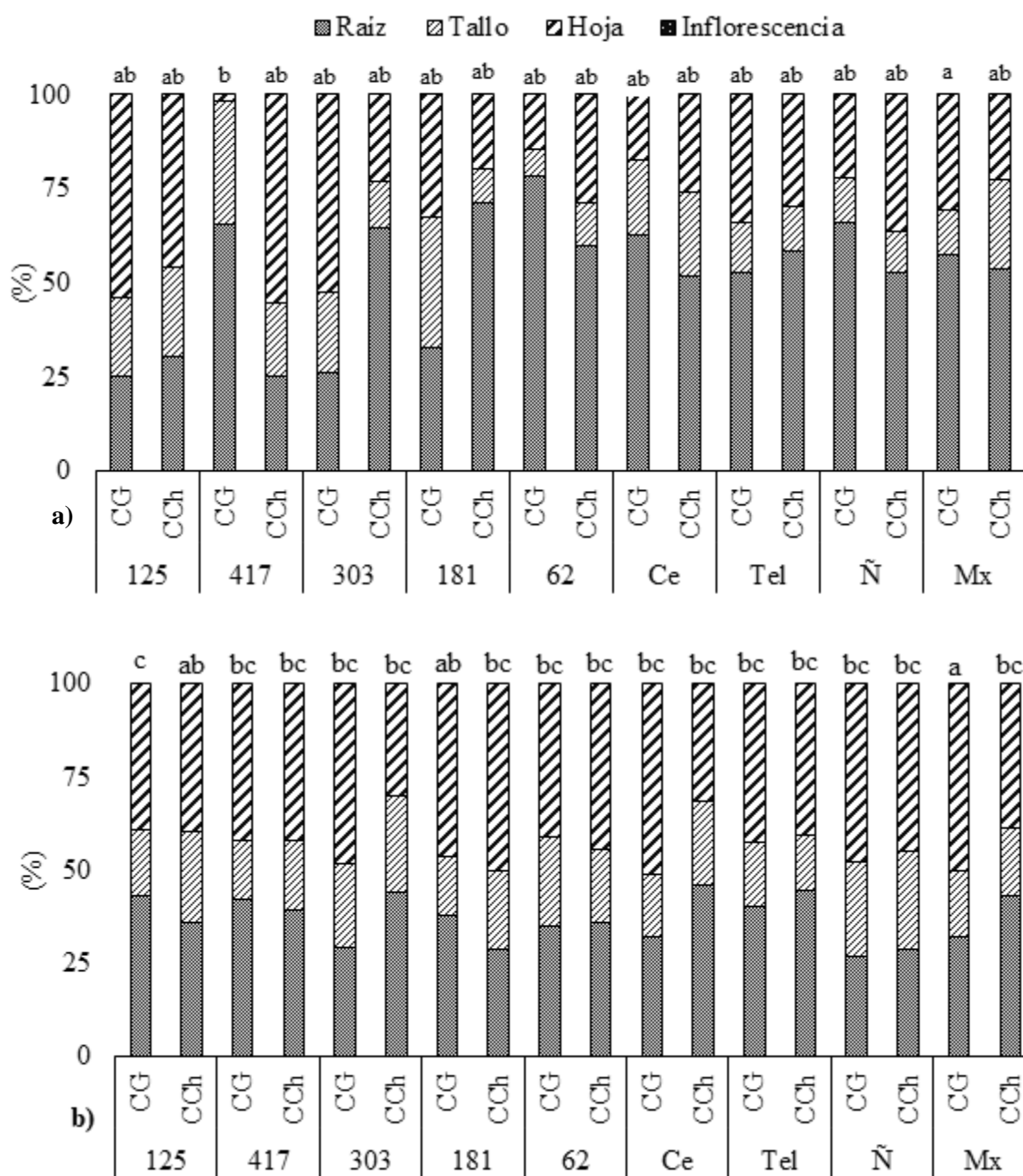
Cuadro 3. Biomasa total (g pl⁻¹) de tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., en diferentes fechas después de la siembra, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

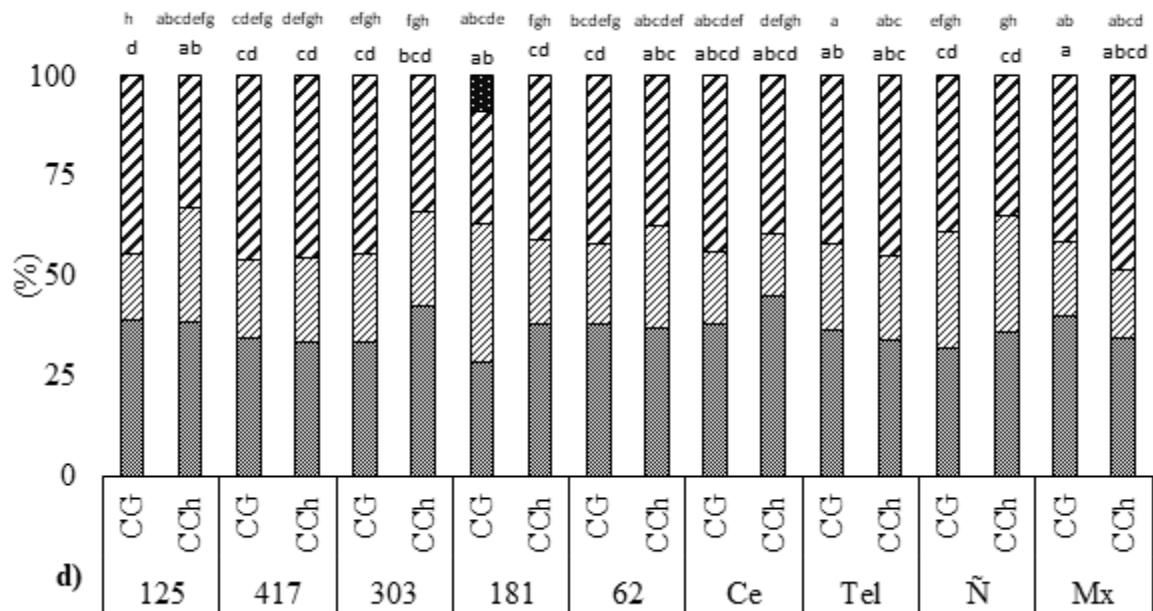
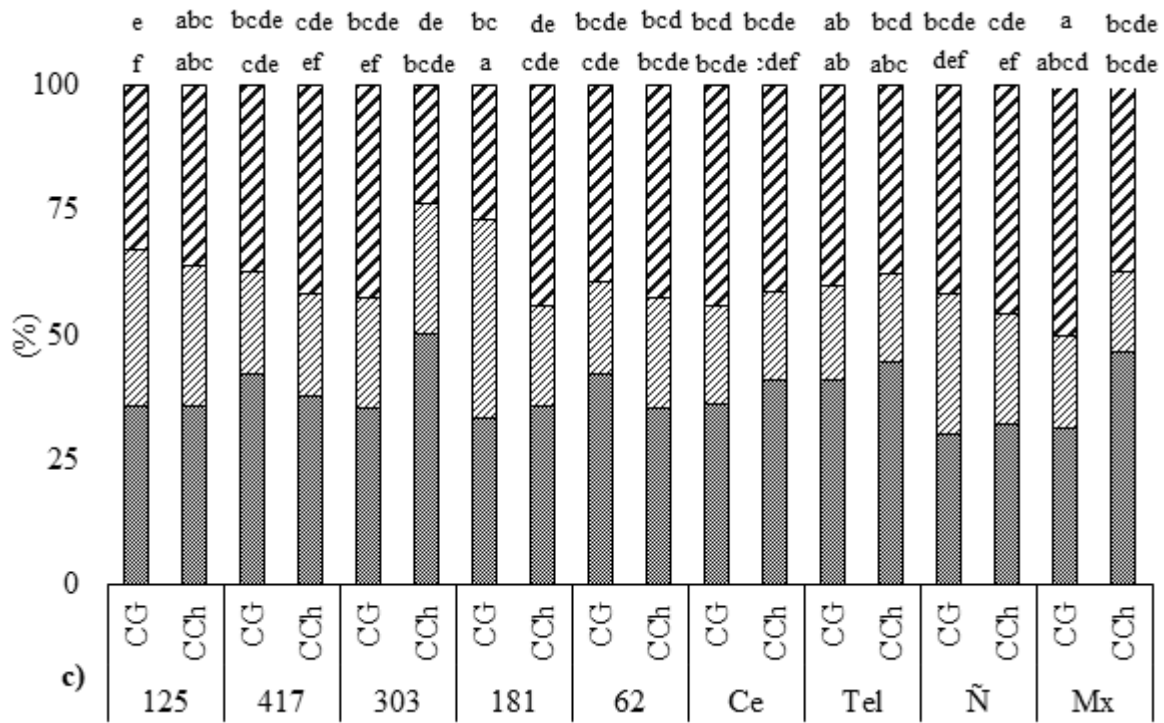
| Var/Gen§ | T | dds | | | | | Total |
|---------------|----|--------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| | | 43 | 56 | 67 | 81 | 96 | |
| NdeM-125 | G | 0.0062 | 0.021 c | 0.036 e | 0.108 f | 0.323 de | 0.495 f |
| | Ch | 0.0085 | 0.126 ab | 0.212 abc | 0.310 abc | 0.467 bc | 1.124 b |
| NdeM-417 | G | 0.0083 | 0.081 bc | 0.121 cde | 0.187 ef | 0.290 e | 0.687 cde |
| | Ch | 0.0075 | 0.057 bc | 0.087 de | 0.169 ef | 0.273 e | 0.594 ef |
| NdeM-303 | G | 0.0050 | 0.049 bc | 0.103 de | 0.167 ef | 0.375 cde | 0.698 cde |
| | Ch | 0.0125 | 0.048 bc | 0.104 de | 0.184 ef | 0.310 de | 0.659 def |
| CP-181 | G | 0.0093 | 0.105 ab | 0.262 a | 0.384 a | 0.853 a | 1.614 a |
| | Ch | 0.0200 | 0.078 bc | 0.131 cd | 0.164 ef | 0.416 bcd | 0.809 cd |
| CP-62 | G | 0.0128 | 0.072 bc | 0.114 de | 0.215 de | 0.335 de | 0.748 cde |
| | Ch | 0.0152 | 0.074 bc | 0.149 bcd | 0.283 bcd | 0.334 de | 0.855 c |
| CP- | G | 0.0189 | 0.084 bc | 0.144 cd | 0.240 cde | 0.339 de | 0.826 cd |
| Centauro | Ch | 0.0157 | 0.057 bc | 0.106 de | 0.205 de | 0.294 e | 0.677 cde |
| CP- | G | 0.0064 | 0.100 abc | 0.209 abc | 0.339 ab | 0.501 b | 1.156 b |
| Teloxtoc | Ch | 0.0047 | 0.080 bc | 0.168 abcd | 0.297 abcd | 0.500 b | 1.050 b |
| CP-Ñañú1 | G | 0.0229 | 0.087 abc | 0.127 cde | 0.185 ef | 0.372 cde | 0.794 cd |
| | Ch | 0.0058 | 0.061 bc | 0.083 de | 0.163 ef | 0.296 e | 0.609 ef |
| CP-Mixe | G | 0.0236 | 0.169 a | 0.227 ab | 0.328 abc | 0.414 bcd | 1.161 b |
| | Ch | 0.0144 | 0.077 bc | 0.114 de | 0.252 bcde | 0.334 de | 0.791 cd |
| DMSH | | 0.0198 | 0.0816 | 0.0944 | 0.0927 | 0.1148 | 0.1796 |
| Significancia | | NS | ** | ** | ** | ** | ** |

dds= días después de la siembra §=Variedad y Genotipos evaluados, T= Tamaño de carióspside, G= Tamaño de carióspside grande, Ch= Tamaño de carióspside chico, *P≤ 0.05; **P≤ 0.01. Medias con letras iguales entre columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey P≤ 0.05). DMSH = Diferencia mínima significativa honesta, NS = No significativo.

1.5.2 Composición morfológica

Se observaron diferencias significativas en cada fecha de muestreo por componente morfológico y tamaño de cariósido (g MS planta^{-1}) desde los 56 a los 96 dds ($P \leq 0.05$; Figura 3). En el muestreo realizado a 56 dds se destaca el genotipo CP-Mixe con CG al mostrar mayor biomasa de hojas, raíces y biomasa total ($P < 0.01$) y a los 63 dds, en láminas foliares ($P \leq 0.01$) así como a los 81 dds en biomasa de raíces ($P \leq 0.01$); en biomasa total no fue diferente al genotipo CP-181 con CG ($P \leq 0.05$) y en el último muestreo (96 dds) solamente en biomasa de raíces, no fue diferente al genotipo CP-181 con CG y CCh ($P \leq 0.05$). Por otro lado, el tamaño de cariósido fue muy importante en el genotipo CP-181 desde 56 hasta 96 dds al mostrar mayor biomasa de láminas foliares y raíces, ya que a 81 dds (Figura 3d) las plantas originadas de cariósido grande mostraron mayor tejido de inflorescencia; Kneebond y Cremer (1955) y López-Castañeda *et al.* (2009) tuvieron resultados similares en pastos nativos de norte América y cereales de grano pequeño en Australia, respectivamente. El rápido desarrollo del área foliar y mayor acumulación de biomasa en la planta en las etapas iniciales de crecimiento, puede repercutir en un mejor establecimiento del pastizal y un tiempo más corto para alcanzar la madurez fisiológica de las plantas; estas características fisiológicas son importantes en los pastos como lo han mostrado los trabajos de investigación para praderas de temporal de Hernández *et al.* (2015) y Quero *et al.* (2017a), al considerar que la producción de semilla es un indicador de mayor capacidad de establecimiento, dado que, al siguiente temporal de lluvias puede haber germinación de semillas y emergencia de plántulas.





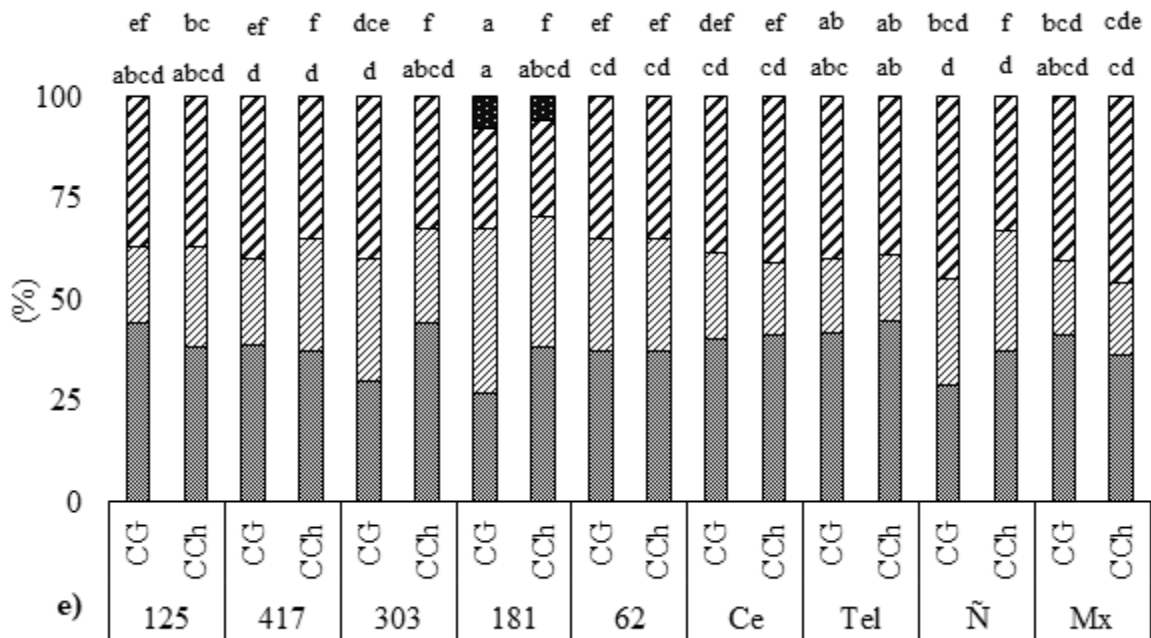


Figura 3. Composición morfológica (%) de tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. en muestreos destructivos a) 43, b) 56 c) 67 d) 81 e) 96 dds, Ce= CP-Centauro, Tel= CP-Teloxtoc, Ñ= CP-Ñañú1, Mx=CP-Mixe, con dos tamaños de cariósipide G= Cariósipide grande y Ch= Cariósipide chico, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. En figura a y b barras con letras iguales no son estadísticamente diferentes para hoja. En figura c, d y e letras superiores sobre las barras corresponden a hoja e inferiores a raíz (Tukey $P < 0.05$).

En general, las plantas con CG asignaron mayor importancia al desarrollo de la parte aérea respecto a aquél de la raíz; contrariamente, aquellas generadas a partir de CCh, en promedio de todos los materiales, resultaron en un menor desarrollo de biomasa (Figura 4). Durante

etapas tempranas evaluadas (43 y 56 dds), las plantas de CP-181, como genotipo de mayor producción, no mostraron grandes diferencias en desarrollo para biomasa total por efecto del

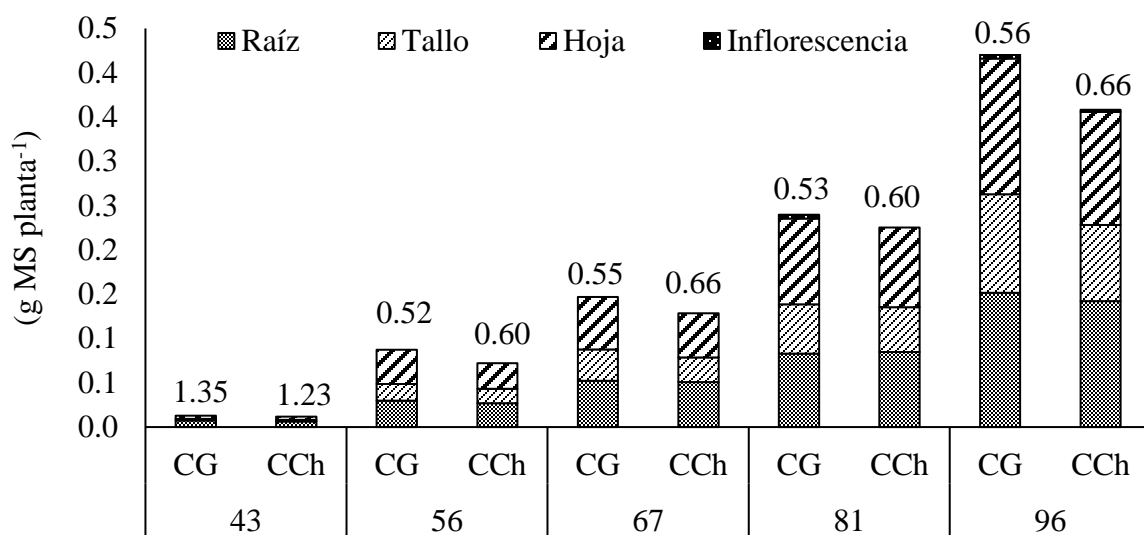


Figura 4. Composición morfológica promedio de tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx). Torr con Cariópsides grandes (CG) y Cariópsides chicos (CCh) en muestreos destructivos a 43, 56, 67, 81 y 96 dds, en condiciones de invernadero, en Montecillo Texcoco, Estado de México, México. (Valores sobre las barras indican relación raíz/parte aérea).

tamaño de cariósido; sin embargo, las plantas originadas de CG, mostraron consistentemente mayor asignación de biomasa a la parte aérea respecto a raíz: 0.49, 0.60, 0.5, 0.4 y 0.37, respectivamente para cada fecha de muestreo destructivo en este material (Figura 5). Esta relación se mantuvo para los últimos cuatro muestreos destructivos donde la mayor diferencia ocurrió entre 81 y 96 dds; sin embargo, no resultaron significativas ($P \leq 0.05$) para rendimiento de biomasa por tamaño de cariósido, siendo superior aquella con la utilización de CG. Al inicio de los muestreos, los materiales con mayor rendimiento de biomasa total (CP-Mx-G, con 0.0236 g pl^{-1}) asignaron mayor cantidad de materia seca al

desarrollo de raíz, que a hoja; mientras que el genotipo de mayor rendimiento de biomasa al final del experimento (CP-181-CG), mostró menor relación raíz/parte aérea (R/PA) esto puede indicar que asignó más fotosintatos a hoja y tallo con una R/PA de 0.37 (Figura 5), no así para CCh donde desarrollo una mayor proporción de raíz (0.62), misma que se mantuvo durante el periodo de evaluación (0.62, Figura 1b); estos resultados son interesantes para fines de selección para mejorar la capacidad de establecimiento. Una baja relación R/PA puede estar reacionada con restricciones en el crecimiento de la raíz (Hernández *et al.*, 2018), ya que las plántulas de CG presentarán valores inferiores a las plántulas de CCh; esto puede deberse a el tamaño del tubete (70 cm³) que quizá limitó el desarrollo de este importante órgano.

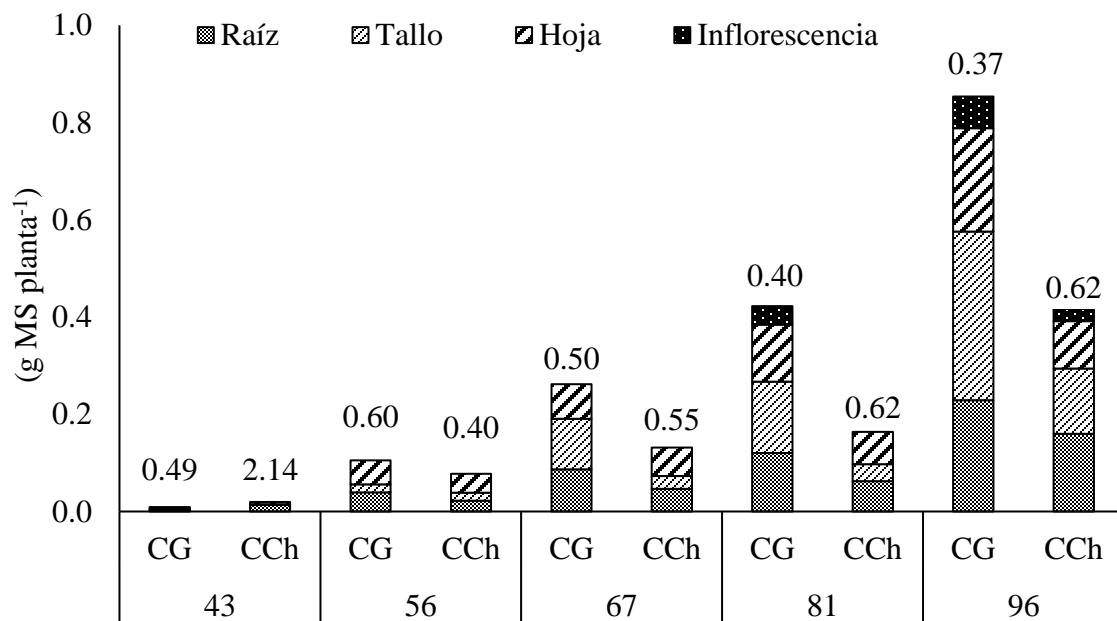


Figura 5. Composición morfológica del genotipo CP-181 en Cariópsides grandes (CG) y Cariópsides chicos (CCh) en muestreos destructivos a 43, 56, 67, 81 y 96 dds en condiciones

de invernadero, en Montecillo Texcoco, Estado de México, México. (Valores sobre las barras indican relación raíz/parte aérea).

1.5.3 Indicadores de crecimiento vegetal

1.5.3.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

La TAC expresa la velocidad de incremento de MS, en Banderita Álvarez *et al.* (2016), encontraron valores de 0.458 g día^{-1} en condiciones de invernadero; sin embargo, reportes de este indicador, a partir de plantas clasificadas por tamaño de cariósipide, son nulos. En el presente estudio se observaron diferencias de 43 a 56 dds para TAC ($P < 0.01$; Cuadro 4), periodo en el cual el genotipo CP-Mixe con CG presentó valores superiores, sin embargo, no fue así para el intervalo de 57 a 67 dds, donde ningún material fue diferente ($P > 0.05$). En el intervalo de 68 a 81 dds el genotipo CP-181 con CG resultó en mayor TAC y continuó con este comportamiento hasta el último intervalo de 82-96 dds ($P < 0.01$), lo anterior puede estar relacionado con incremento en biomasa radical (Figura 1) ya que tanto CP-Mixe como CP-181 en CG presentaron mayor TAC ($P < 0.01$, Cuadro 4) al igual que tejido de raíces como fue consignado por Cruz *et al.* (2017), donde mencionan que plantas eficientes invierten mayor parte de su crecimiento a expandir al área foliar y así mejorar la captura de radiación solar a partir de biomasa radical.

Cuadro 4. Tasa absoluta de crecimiento (TAC= g d⁻¹) en tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. con diferente tamaño de cariósipide, en cuatro intervalos, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado. de México, México.

| Var/Gen§ | Tamaño | Intervalos de muestreo (dds) | | | |
|---------------|--------|------------------------------|--------|--------------|------------|
| | | 43-56 | 57-67 | 68-81 | 82-96 |
| NdeM-125 | G | 0.0011 c | 0.0015 | 0.0056 bcde | 0.0153 bc |
| | Ch | 0.0084 ab | 0.0095 | 0.0076 abcde | 0.0112 bcd |
| NdeM-417 | G | 0.0056 abc | 0.0040 | 0.0051 bcde | 0.0074 bcd |
| | Ch | 0.0039 bc | 0.0030 | 0.0063 bcde | 0.0074 bcd |
| NdeM-303 | G | 0.0035 bc | 0.0053 | 0.0047 cde | 0.0149 bc |
| | Ch | 0.0027 bc | 0.0056 | 0.0059 bcde | 0.0090 bcd |
| CP-181 | G | 0.0074 abc | 0.0157 | 0.0123 a | 0.0308 a |
| | Ch | 0.0044 bc | 0.0054 | 0.0025 e | 0.0180 b |
| CP-62 | G | 0.0045 bc | 0.0042 | 0.0077 abcde | 0.0086 bcd |
| | Ch | 0.0050 abc | 0.0068 | 0.0103 abc | 0.0036 d |
| CP-Centauro | G | 0.0050 abc | 0.0060 | 0.0074 abcde | 0.0071 cd |
| | Ch | 0.0032 bc | 0.0049 | 0.0076 abcde | 0.0064 cd |
| CP-Teloxtoc | G | 0.0072 abc | 0.0109 | 0.0100 abcd | 0.0116 bcd |
| | Ch | 0.0058 abc | 0.0088 | 0.0099 abcd | 0.0145 bc |
| CP-Ñañú1 | G | 0.0049 abc | 0.0039 | 0.0045 de | 0.0134 bcd |
| | Ch | 0.0042 bc | 0.0022 | 0.0061 bcde | 0.0095 bcd |
| CP-Mixe | G | 0.0111 a | 0.0059 | 0.0077 abcde | 0.0062 cd |
| | Ch | 0.0048 abc | 0.0037 | 0.0106 ab | 0.0059 cd |
| DMSH | | 0.0066 | 0.0155 | 0.0057 | 0.0107 |
| Significancia | | ** | NS | ** | ** |

dds= Días después de la siembra §=Variedad y Genotipos evaluados, G= Tamaño de carióspside grande, Ch= Tamaño de carióspside chico, *P< 0.05; **P< 0.01. DMSH = Diferencia mínima significativa honesta, NS = No significativo

1.5.3.2 Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Se observaron diferencias significativas en TRC solamente en los intervalos de 68 a 81 (P< 0.01) y de 82 a 96 dds (P< 0.01; Cuadro 5), donde NdeM-125 en CG mostró los valores mayores. El resto de los genotipos mostraron valores elevados en los primeros días (de 43 a 56 y de 57 a 67), sin embargo no fueron significativos (P> 0.05), lo anterior puede deberse a que diversos factores determinan erróneamente el cálculo de TRC, como el limitado crecimiento radical debido al contenedor donde se desarrollan, así como la calidad del sustrato que permita liberar al máximo el tejido subterráneo durante el muestreo ya que los valores de TRC son mayores en los primeros estadios de crecimiento (Di Benedetto *et al.*, 2016) y disminuye conforme la planta aumenta de tamaño, sin embargo Reich *et al.* (2002) encontró valores en Banderita superiores (0.105 g g d⁻¹) en solo tres materiales vegetales del presente estudio a 43 dds. El valor en TRC se relaciona con TAN en NdeM-125 en CG, ambos índices proporcionan evidencias para evaluar el crecimiento de la planta entera y sus componentes relacionado al ambiente (Fernández *et al.*, 2002); en este sentido valores altos en TRC indican un comportamiento similar en TAN debido al desarrollo del aparato asimilatorio.

Cuadro 5. Tasa relativa de crecimiento (TRC= g d⁻¹) en tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. con diferente tamaño de cariósipide, en cuatro intervalos, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado. de México, México.

| Var/Gen§ | T | Intervalos de muestreo (dds) | | | |
|---------------|----|------------------------------|--------|------------|-------------|
| | | 43-56 | 57-67 | 68-81 | 82-96 |
| NdeM-125 | G | 0.0940 | 0.0541 | 0.0846 a | 0.0781 a |
| | Ch | 0.2173 | 0.0598 | 0.0294 bc | 0.0292 bcd |
| NdeM-417 | G | 0.1783 | 0.0411 | 0.0330 bc | 0.0320 bcd |
| | Ch | 0.1790 | 0.0428 | 0.0512 abc | 0.0341 bcd |
| NdeM-303 | G | 0.1886 | 0.0725 | 0.0371 bc | 0.0580 abc |
| | Ch | 0.1154 | 0.0767 | 0.0444 bc | 0.0370 abcd |
| CP-181 | G | 0.1857 | 0.0910 | 0.0377 bc | 0.0503 abcd |
| | Ch | 0.1062 | 0.0523 | 0.0170 c | 0.0665 ab |
| CP-62 | G | 0.1373 | 0.0463 | 0.0488 abc | 0.0318 bcd |
| | Ch | 0.1370 | 0.0600 | 0.0504 abc | 0.0118 d |
| CP-Centauro | G | 0.1158 | 0.0535 | 0.0395 bc | 0.0248 bcd |
| | Ch | 0.0996 | 0.0595 | 0.0508 abc | 0.0271 bcd |
| CP-Teloxtoc | G | 0.2103 | 0.0826 | 0.0376 bc | 0.0281 bcd |
| | Ch | 0.2174 | 0.0824 | 0.0441 bc | 0.0372 abcd |
| CP-ÑaÑú1 | G | 0.1065 | 0.0375 | 0.0286 bc | 0.0502 abcd |
| | Ch | 0.1810 | 0.0319 | 0.0518 abc | 0.0426 abcd |
| CP-Mixe | G | 0.1520 | 0.0302 | 0.0282 bc | 0.0167 cd |
| | Ch | 0.1292 | 0.0393 | 0.0608 ab | 0.0202 cd |
| DMSH | | 0.163 | 0.127 | 0.037 | 0.0422 |
| Significancia | | NS | NS | *** | ** |

dds= Días después de la siembra §=Variedad y Genotipos evaluados, T= tamaño de cariósido G= Tamaño de cariósido grande, Ch= Tamaño de cariósido chico, *P≤ 0.05; **P≤0.01. DMSH = Diferencia mínima significativa honesta, NS = No significativo.

1.5.3.3 Área foliar específica (AFE)

Una elevada AFE puede indicar mayor valor nutritivo; en Mulato (*Brachiaria* cv. híbrido), el valor más alto en AFE se logró a 28 dds (0.016 m² Kg; Pérez-Amaro *et al.*, 2004); en el presente estudio, los valores máximos se alcanzaron posterior a 68 dds donde CP-Mixe CCh mostró incremento y fue predominante a 96 dds (Cuadro 6) lo anterior difiere con lo reportado por Pérez *et al.*, (2004), quienes mencionaron que la AFE disminuye con la madurez de la planta, así mismo mencionan que los valores de este índice pueden variar de acuerdo a factores como la luz interceptada, la temperatura, el almacenamiento de fotosintatos. Por otro lado, Khurana *et al.*, (2000) relacionan valores altos en AFE con TRC debido a que asigna alta intercepción de luz y carbono por unidad de masa interceptada, lo cual, concuerda con lo observado en los materiales CP-Mixe en CCh y NdeM-125 en CG en el presente estudio.

Cuadro 6. Área foliar específica (AFE= cm² g⁻¹) en tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. con diferente tamaño de cariósipide, en cuatro intervalos, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado. de México, México.

| Var/Gen§ | T | Intervalos de muestreo (dds) | | | |
|---------------|----|------------------------------|----------|-----------|--------|
| | | 43-56 | 57-67 | 68-81 | 82-96 |
| NdeM-125 | G | 1.76 ab | 1.86 b | 110.48 ab | 95.05 |
| | Ch | 2.66 ab | 6.54 ab | 115.29 a | 105.43 |
| NdeM-417 | G | 9.87 a | 9.92 ab | 76.15 ab | 101.60 |
| | Ch | 0.38 b | 1.74 b | 100.55 ab | 108.23 |
| NdeM-303 | G | 0.45 b | 12.04 ab | 76.70 ab | 108.28 |
| | Ch | 7.28 ab | 29.91 a | 68.65 ab | 72.07 |
| CP-181 | G | 2.70 ab | 18.93 ab | 106.57 ab | 72.48 |
| | Ch | 1.29 b | 2.04 b | 68.95 ab | 82.59 |
| CP-62 | G | 1.59 ab | 9.71 ab | 106.52 ab | 107.46 |
| | Ch | 0.77 b | 4.45 ab | 105.59 ab | 119.34 |
| CP-Centauro | G | 2.71 ab | 3.68 ab | 102.94 ab | 110.58 |
| | Ch | 7.16 ab | 11.43 ab | 70.74 ab | 66.13 |
| CP-Teloxtoc | G | 1.86 ab | 18.14 ab | 137.42 a | 93.70 |
| | Ch | 0.64 b | 1.16 b | 74.63 ab | 65.59 |
| CP-Ñañú1 | G | 1.19 b | 13.57 ab | 115.01 ab | 82.75 |
| | Ch | 1.98 ab | 2.32 b | 29.04 b | 67.66 |
| CP-Mixe | G | 6.79 ab | 9.95 ab | 64.93 ab | 88.73 |
| | Ch | 1.48 ab | 4.38 ab | 151.88 a | 135.43 |
| DMSH | | 8.473 | 27.27 | 97.25 | 75.09 |
| Significancia | | * | * | * | NS |

dds= Días después de la siembra §=Variedad y Genotipos evaluados, Tamaño de carióspside, G= Tamaño de carióspside grande, Ch= Tamaño de carióspside chico, *P< 0.05; **P< 0.01. DMSH = Diferencia mínima significativa honesta, NS = No significativo.

1.5.3.4 Tasa asimilación neta (TAN)

La TAN indica la cantidad de biomasa acumulada en función del área foliar; la acumulación de materia seca y el periodo de tiempo transcurrido en el crecimiento al respecto (Díaz *et al.*, 2003), reportan en maíz valores de 0.0102 g m² d⁻¹ a 34 dds; la cual, posteriormente se redujo a 0.0018 g m² d⁻¹ a 63 dds, este comportamiento de valores altos en etapas iniciales se observó en el presente experimento (Cuadro 7) donde diferencias de 68 a 81 dds y el genotipo CP-Ñañú1 en CCh mostró un valor superior (P< 0.01; Cuadro 5), sin embargo no fue diferente de CP-Teloxtoc CCh, NdeM-125 en CG y NdeM-303 CCh, lo cual indica que son los materiales vegetales con mayor eficiencia en el uso de la radiación solar, así mismo, puede indicar que estos materiales son capaces de producir mayor cantidad de materia seca debido a que la TAN refleja la eficiencia del tejido asimilatorio; éstos resultados muestran valores superiores a los obtenidos por Álvarez *et al.* (2017), donde se reportan valores de 0.00495 g cm² d⁻¹ en genotipos de pasto Banderita a 70 dds en condiciones de invernadero.

Cuadro 7. Tasa de asimilación neta (TAN= g cm² d⁻¹) en tres variedades y seis genotipos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. con diferente tamaño de cariósido, en cuatro intervalos, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado. de México, México.

| Var/Gen§ | T | Intervalos de muestreo (dds) | | | |
|---------------|----|------------------------------|--------|-----------|--------|
| | | 43-56 | 57-67 | 68-81 | 82-96 |
| NdeM-125 | G | 0.097 | 0.089 | 0.0055 ab | 0.0019 |
| | Ch | 0.217 | 0.088 | 0.0024 b | 0.0008 |
| NdeM-417 | G | 0.060 | 0.010 | 0.0026 b | 0.0009 |
| | Ch | 0.673 | 0.201 | 0.0041 b | 0.0008 |
| NdeM-303 | G | 0.534 | 0.050 | 0.0017 b | 0.0014 |
| | Ch | 0.075 | 0.018 | 0.0052 ab | 0.0025 |
| CP-181 | G | 0.090 | 0.023 | 0.0016 b | 0.0015 |
| | Ch | 0.570 | 0.198 | 0.0038 b | 0.0019 |
| CP-62 | G | 0.252 | 0.031 | 0.0025 b | 0.0008 |
| | Ch | 0.419 | 0.131 | 0.0040 b | 0.0003 |
| CP-Centauro | G | 0.151 | 0.060 | 0.0031 b | 0.0006 |
| | Ch | 0.058 | 0.020 | 0.0041 b | 0.0009 |
| CP-Teloxtoc | G | 0.301 | 0.028 | 0.0016 b | 0.0006 |
| | Ch | 0.548 | 0.258 | 0.0056 ab | 0.0014 |
| CP-Ñañú1 | G | 0.223 | 0.016 | 0.0014 b | 0.0016 |
| | Ch | 0.198 | 0.033 | 0.0119 a | 0.0027 |
| CP-Mixe | G | 0.118 | 0.009 | 0.0022 b | 0.0005 |
| | Ch | 0.317 | 0.057 | 0.0027 b | 0.0003 |
| DMSH | | 0.7948 | 0.4133 | 0.002 | 0.0034 |
| Significancia | | NS | NS | ** | NS |

dds= Días después de la siembra §=Variedad y genotipos evaluados, T= tamaño de cariósido, G= Tamaño de cariósido grande, Ch= Tamaño de cariósido chico, *P< 0.05; **P< 0.01. DMSH = Diferencia mínima significativa honesta, NS = No significativo.

1.6.CONCLUSIONES

Las unidades con cariósides grande generaron mayor cantidad de materia seca en la parte aérea, biomasa total y tejido de inflorescencia lo cual las hace interesantes para su posible utilización en condiciones de campo.

La selección de cariósides por tamaño es una buena estrategia para lograr mejor establecimiento y desarrollo de plántulas; semillas grandes producen plántulas más vigorosas y de mayor tamaño que las semillas chicas, otra ventaja es la producción de tejido de inflorescencia.

Los genotipos CP-181 CG, CP-Mixe CG y NdeM-125 CG mostraron características de establecimiento y crecimiento sobresalientes; el CP-181 CG mostró alta TAC y tejido de inflorescencia a partir de 86 dds; el genotipo CP-Mixe tuvo alta TAC y AFE, el NdeM-125 CG mostro alta TRC.

Las semillas de CCh producen plántulas con una mayor asignación de materia seca a las raíces con respecto a la parte aérea, en comparación con plantas de cariósides grandes a partir de 56 dds.

1.7.LITERATURA CITADA

- Álvarez, A., C. R. Morales, R. Corrales, J. S. Sierra, F. Villarreal. 2017. Análisis del crecimiento de cinco genotipos de pasto banderita. *Tecnociencia* 9: 25-32
- Barrera, J., D. Suárez, L. Melgarejo. 2014. Análisis de crecimiento en plantas. *In:* Experimentos en Fisiología Vegetal. Melgarejo D (ed.). Primera edición. Universidad Nacional de Colombia 25-38.
- Castillo, Q., M. Narcia, C. Berlanga. 2012. Tecnología para la implantación de praderas con gramíneas y arbustivas en áreas agrícolas abandonadas al cultivo en la región sureste de Coahuila. Folleto técnico No.49. Centro de Investigación Regional Noreste.
- Corrales, L., C. R. Morales, A. Melgoza, J. S. Sierra, J. A. Ortega, G. Méndez. 2016. Caracterización de variedades de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], recomendadas para rehabilitación de pastizales. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7:201-211.
- Cruz, T. J. M., J. V. Ray, J. L. Ladea, R. C. Arias. 2017. Establecimiento de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en un ecosistema frágil del valle del Cauto, Granma *Revista de Producción Animal* 29:29-35.
- Di Benedetto, A., J. Tognetti. 2016. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 42:258-282.
- Fernández, R. J., M. Wang., J. F. Reynolds. 2002. Do morphological changes mediate plant responses to water stress? A steady-state experiment with two C₄ grasses. *New Phytologist* 155:79-88.

- González, A. P., R. Moreno. 2001. Evaluación de gramíneas forrajeras nativas e introducidas. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas 2001:90-95.
- Hernández F. J., A. R. Quero, P. Pérez, M. Velázquez M., G. García. 2015. Germinación y emergencia de propágulos de pasto en respuesta a pruebas de vigor. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6:1519-1532.
- Hernández, L., Y. Villegas., J. C. Carrillo., A. Gómez., J. R. Enríquez., S. Lozano., A. Hernández. 2018. Efecto de biofertilizantes microbianos en el crecimiento de *Brachiaria brizantha* (Trin) Griseb. Agro productividad 11:76-81.
- Hunt, R. 2003. Growth Analysis, Individual Plants. In: Thomas, B., D.J. Murphy and B.G. Murray (Eds.). Encyclopedia of Applied Plant Sciences. Academic Press, London. 1618:549-558.
- Khurana, E., S. Singh. 2002. Influence of seed size on seedling growth of *Albizia procera* under different soil water levels. Annals of Botany 86:1185-1192.
- Kneebone, W. R., and C. L. Cremer. 1955. The relationship of seed size to seedling vigor in some native grass species. Agronomy. J. 47:472-477.
- Lesur, L., C. Zaldívar. 2010. Manual de pasturas: una guía paso a paso. Mexico Trillas. pp-18
- López-Castañeda, C., Richards, R. A. Farquhar, G. D., and R. E. Williamson. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. Crop Science 36(5), 1257-1266.
- Melgoza, C. A., C. R. Morales, J. S. Sierra., M. H. Royo., G. Quintana., T. Lebgue. 2016. Manual Práctico para la Identificación de las Principales Plantas en los Agostaderos de Chihuahua. Tercera edición. Universidad Autónoma de Chihuahua. pp-153.

- Moncada, de la Fuente, J., M. Anaya, C. Ortiz, P. Sánchez, y J. Chacón. 2013. Folleto Técnico. Suelo: Protejamos el suelo que nos da vida. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.
- Morales, N. C. R., A. R. Quero, A. Melgoza, M. Martínez, P. Jurado. 2009. Diversidad forrajera del pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], en poblaciones de zonas áridas y semiáridas de México. *Técnica Pecuaria en México* 47:231-244
- Nigel, D., K. MacKinnon and S. Stolton. 2014 The role of protected areas in supplying ten critical ecosystem services in drylands: a review, *Biodiversity*, 15:2-3, 178-184
- Pérez, A. J. A., E. García, J. F. Enríquez, A. R. Quero, J. Pérez., A. Hernández. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto “mulato” (*Brachiaria híbrido*, cv.) *Técnica Pecuaria México* 42:447-458.
- PMARP, Plan Maestro de la Alianza Regional para la Conservación de los Pastizales del Desierto Chihuahuense. 2012. Guzmán-Aranda, J.C., J. Hoth y H. Berlanga (Eds.). Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal. 64 p.
- Quero, C. A. R., L. Miranda, F. J. Hernández, F. A. Rubio. 2014. Mejora del establecimiento de praderas de temporal. 31p. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
- Quero, C. A. R., F. J. Hernández, M. Velázquez, H. G. Gámez, P. Landa, P. Aguilar. 2016. Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México, utilizando semillas crudas o cariósides. *Tropical Grasslands* 4:29-37.
- Quero, C. A. R., F. J. Hernández, P. Pérez, A. Hernández, G. García, P. Landa, S. E. Ramírez 2017. Germinación de cariósides clasificados por tamaño y diásporas de cuatro pastos para temporal semiárido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:489-502.

- Quero, C. A. R., L. Miranda, J. F. Villanueva. 2017a. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 21: 63-85.
- Reich, P. B., C. Buschena., M. G. Tjoelker, K. Wrange, J. Knops, D. Tilman, J. Machado. 2002. Variation in growth rate and ecophysiology among 34 grassland and savanna species under contrasting N supply: a test of functional group differences. *New Phytologist* 157:617-631.
- Smith, K. F., N. M. McFarlane, V. M. Croft, P. J. Trigg and G. A. Kearney. 2003. The effects of ploidy and seed mass on the emergence and early vigor of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars. *Australian J of Experimental Agriculture* 43:481 – 486.