

INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE CARIÓPSIDE Y EMBRIÓN EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE PASTOS

Filogonio Jesús Hernández-Guzmán, Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega, Mauricio Velázquez-Martínez, Patricia Landa-Salgado, Alejandro Rodríguez-Ortega y Jorge Luis Castellón-Montelongo

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de dos tamaños de carióspside y embrión en *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *Chloris gayana* y *Pennisetum ciliare* sobre la composición morfológica y área foliar. Se clasificó con tamices a carióspsides en chicos y grandes y se obtuvieron embriones para cada tamaño de carióspside. En invernadero, se realizaron muestreos destructivos a 20, 40, 60, 80, 100 y 120 días después de siembra (dds) y se separaron hojas, tallos, raíces, inflorescencias y material muerto. Se determinó área foliar (cm^2) mediante integrador de área. Se evaluó peso de carióspsides y embriones,

biomasa total (mg) y composición morfológica (%), índice de área foliar (IAF) y área foliar específica (AFE). Se usó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). Sembrar carióspsides de tamaño mayor en pasto banderita resultó en mayor biomasa, IAF y AFE en cada fecha de muestreo ($P\leq 0,01$), en tanto en pasto buffel se observó mayor biomasa total a 20, 40, 60 y 100 dds, así como IAF ($P\leq 0,01$). En pasto rhodes, la influencia de tamaño mayor de carióspside fue importante para producir mayor biomasa después de 80 dds ($P< 0,001$).

Introducción

Ante la rápida pérdida de humedad del suelo y la competencia que ejerce la maleza en áreas de siembra en zonas de escasa precipitación, los primeros días post-siembra son fundamentales para lograr el establecimiento de praderas de temporal. En ello es fundamental el desarrollo vigoroso de las plántulas, el cual puede lograrse al seleccionar carióspsides de mayor peso o tamaño (García-Rodríguez *et al.* 2018), ya que esto puede mejorar el vigor y la emergencia de las plántulas (Hernández-Guzmán *et al.*, 2015).

La importancia del tamaño de semilla en cereales de grano pequeño fue estudiada por López-Castañeda *et al.* (1996), quienes mostraron que el vigor de esas gramíneas no está dado por el amacollamiento sino por las tasas de crecimiento después de la aparición de las primeras dos hojas, lo que está definido por el embrión, al generar mayor área foliar y peso de radícula. Bartholomew (2015) clasificó carióspsides de *Lolium multiflorum* de 1,0; 2,0 y 3,0mg y encontró que a mayor peso de carióspsides las plántulas mostraron mayor peso, tanto en raíces como en la parte aérea. Zhang *et al.*

(2017) examinaron el efecto del desarrollo embrionario en el pasto *Festuca arundinacea* en cinco de sus fases y detallan su crecimiento; posterior a la polinización, primero se forma el embrión y después el endospermo, razón por la cual carióspsides chicos pueden tener más masa de embrión en los primeros días posterior a la polinización en comparación a la masa del endospermo. Por su parte, Ramírez-Meléndez *et al.* (2020) concluyeron que separar carióspsides por tamaño en *Bouteloua curtipendula* es efectivo para generar mayor peso en plantas completas a mayor desarrollo.

El índice de área foliar, según Gastal y Lemaire (2015), está determinado por el número de hojas por tallo y la densidad de tallos, por lo cual el área foliar es proporcional a la tasa de aparición de hojas, dado por aparición y muerte de tallos. Por otro lado, el área foliar específica (AFE) determina el crecimiento de las plantas al identificar cambios en la razón de área foliar entre las dimensiones de las hojas y peso de las mismas, la cual disminuye a mayor edad de las plantas como resultado de un mayor peso individual, porque las primeras hojas senescen (Pérez-Amaro *et al.*, 2004).

PALABRAS CLAVE / Área Foliar Específica / Composición Morfológica / Pastos Mexicanos /

Recibido: 26/11/2020. Modificado: 23/07/2021. Aceptado: 29/07/2021.

Filogonio Jesús Hernández Guzmán. Ingeniero Agrónomo Zootecnista y Maestro en Ciencias-Ganadería, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México. Doctor en Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Profesor Investigador, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM), México. Dirección: Tepatepec S/N. Municipio de Francisco I. Madero, Estado de Hidalgo,

México. C.P. 42660. e-mail: fjesushg@hotmail.com
Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega. Ingeniero Agrónomo Zootecnista y Maestro en Ciencias-Ganadería, UACH, México. Doctor en Recursos Genéticos y Productividad, COLPOS, México. Profesor Investigador, UPFIM, México.
Mauricio Velázquez-Martínez. Ingeniero Agrónomo Especialista en Sistemas Pecuarios de Zonas Áridas, UACH, México. Maestro en Ciencias-Ganadería y Doctor

en Recursos Genéticos y Productividad, COLPOS, México. Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, San Luis Potosí, México.
Patricia Landa-Salgado. Ingeniera Bioquímica en Alimentos, Instituto Tecnológico de Zacatepec, México. Maestra y Doctora en Ciencias-Fitopatología, COLPOS, México. Profesora Investigadora, UACH, México.
Alejandro Rodríguez-Ortega. Ingeniero Agrónomo Especialista

en Parasitología Agrícola y Maestro en Ciencias en Horticultura, UACH. Doctor en Entomología y Acarología, COLPOS, México. Profesor Investigador, UPFIM, México.
Jorge Luis Castellón-Montelongo. Ingeniero Agrónomo Zootecnista, UACH, México. Maestría en Desarrollo Rural Sustentable, Universidad Internacional de Andalucía, España. Profesor Investigador, UACH, México.

INFLUENCE OF CARYOPSIS AND EMBRYO SIZE ON THE GROWTH OF GRASS SEEDLINGS

Filogonio Jesús Hernández-Guzmán, Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega, Mauricio Velázquez-Martínez, Patricia Landa-Salgado, Alejandro Rodríguez-Ortega and Jorge Luis Castrellón-Montelongo

SUMMARY

The aim of the study was to evaluate the influence of two sizes of caryopsis and embryo in *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *Chloris gayana* and *Pennisetum ciliare* on the morphological composition and leaf area. Small and large caryopses were classified with sieves and embryos were obtained for each caryopsis size. In a greenhouse, destructive samplings were carried out at 20, 40, 60, 80, 100 and 120 days after sowing (das) and separated into leaves, stems, roots, inflorescences and dead material. Leaf area (cm²) was determined by an area integrator. Weight of caryopsis and embryos, total bio-

mass (mg) and morphological composition (%), leaf area index (LAI) and specific leaf area (SLA) were evaluated. A completely randomized design with factorial arrangement was used and Tukey test ($\alpha=0.05$) was applied. Sowing larger size caryopses in sideoats grama resulted in higher biomass, LAI and SLA on each sampling date ($P\leq 0.01$), while in buffel grass, they led to higher total biomass at 20, 40, 60 and 100 das as well as LAI ($P\leq 0.01$). In rhodes grass, the influence of the larger caryopsis size was important to produce higher biomass after 80 das ($P\leq 0.001$).

INFLUÊNCIA DO TAMANHO DO CARIÓPIDE E DO EMBRIÃO NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE PASTAGEM

Filogonio Jesús Hernández-Guzmán, Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega, Mauricio Velázquez-Martínez, Patricia Landa-Salgado, Alejandro Rodríguez-Ortega e Jorge Luis Castrellón-Montelongo

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a influência de dois tamanhos de cariopse e embrião em *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *Chloris gayana* e *Pennisetum ciliare* na composição morfológica e área foliar. Cariopses pequenas e grandes foram classificadas com peneiras e embriões foram obtidos para cada tamanho de cariopse. Em casa de vegetação, foram realizadas coletas destrutivas aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após a semeadura (das) e separadas em folhas, caules, raízes, inflorescências e material morto. A área foliar (cm²) foi determinada pelo integrador de área. Foram avaliados o peso da cariopse

e embriões, biomassa total (mg) e composição morfológica (%), índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFE). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial e aplicado o teste de Tukey ($\alpha=0,05$). A semeadura de cariopses maiores em capim banderita resultou em maior biomassa, IAF e AFE em cada data de amostragem ($P\leq 0,01$), enquanto em capim buffel, observou-se maior biomassa total em 20, 40, 60 e 100 das, bem como IAF ($P\leq 0,01$). No capim rhodes, a influência do maior tamanho da cariopse foi importante para produzir maior biomassa após 80 das ($P\leq 0,001$).

Cuantificar y determinar la naturaleza de los procesos de crecimiento en plántulas de pastos durante el desarrollo a partir de diferentes tamaños de cariósido y embrión es clave para definir el potencial y limitaciones de gramíneas forrajeras en condiciones de temporal de zonas semiáridas durante el establecimiento. Por tanto, los objetivos del presente estudio fueron: a) caracterizar físicamente (peso de cariósido y peso del embrión por tamaño) y fisiológicamente (viabilidad y germinación) las semillas botánicas de cuatro pastos, dos nativos (*Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis*) y dos introducidos (*Chloris gayana* y *Pennisetum ciliare*) y, b) determinar la influencia del tamaño de cariósido y embrión en el desarrollo de los componentes

morfológicos en muestreos destructivos a 20, 40, 60, 80, 100 y 120 días después de siembra, así como evaluar el índice de área foliar y área foliar específica.

Materiales y métodos

Localización y materiales vegetales

El estudio se realizó en condiciones de invernadero, de mayo a septiembre, en Texcoco, Estado de México, a 19°27'40,13"N y 98°54'13,56'O, y 2245msnm. Se evaluó a dos especies de pasto nativos del Desierto Chihuahuense: banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] y navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths], así como a dos pastos

introducidos de África a Estados Unidos y posteriormente a México: buffel [*Pennisetum ciliare* (L.) Link] variedad Común Americano y rhodes (*Chloris gayana* Kunth) variedad Bell.

Análisis físico y fisiológico de semillas

Las semillas de pasto banderita, navajita y rhodes fueron adquiridas de Berensten SA de CV, y los cultivos se llevaron a cabo en el ciclo primavera-verano, en los ciclos agrícolas 2006, 2007 y 2008, respectivamente. El pasto buffel fue proporcionado por el Colegio de Postgraduados y cultivado en el ciclo primavera-verano 2008. Una vez con las semillas en el laboratorio se homogenizó cada lote de 10kg cada uno, y

mediante fricción manual con tapete y almohadilla de caucho corrugado se obtuvieron alrededor de 3000 cariósidos por especie. Posteriormente los cariósidos fueron separados con tamices y clasificados en cariósidos grandes y chicos; para banderita y buffel los tamaños de tamices fueron 0,70 y 0,59mm y para navajita y rhodes fueron 0,59 y 0,42mm, respectivamente.

Con el fin de obtener el peso seco del embrión en condiciones de laboratorio fueron tomados 100 cariósidos de cada tamaño determinado y seleccionados al azar para después ser mantenidos humedecidos con agua destilada a 16°C por 6h. Posteriormente se extrajeron los embriones con ayuda de agujas, pinzas y microscopio estereoscópico, por

tamaño y especie, en cuatro repeticiones de 25 semillas botánicas. Los embriones se colocaron en cajas Petri y se secaron en estufa de aire forzado (marca Dalvo, modelo Basic, Zelian S.A., Buenos Aires, Argentina) a 42°C por 6h y se pesaron en balanza analítica (Mettler, modelo HK160; $\pm 0,0001g$). En la caracterización fisiológica se determinó viabilidad por especie de pasto y tamaño de cariósido, de acuerdo con la metodología utilizada por Hernández-Guzmán *et al.* (2015), la que consistió en humedecer a cariósidos durante 6h, cortar semillas de manera longitudinal con ayuda de microscopio estereoscópico, de modo de exponer los tejidos embrionarios al tetrazolio al 0,1% durante 12h a la sombra; la clasificación de viabilidad fue de acuerdo con la intensidad de color; de incoloro a rosa pálido: no viables, de rosa a rojo intenso: viables. Para evaluar la germinación por especie y tamaño se seleccionaron 100 cariósidos sin daño (rayados o quebrados) que se evaluaron en cuatro repeticiones. Se usó un contenedor de plástico transparente de 30x20x6cm con flujo de aire ligero y papel húmedo al fondo, sobre el que se dispusieron las cariósidos. Las siembras se colocaron en una cámara de ambiente controlado a 22°C constantes y las lecturas iniciaron a las 48h y hasta 15 días después de siembra (dds). El valor promedio de germinación por especie y tamaño fue usado para obtener la densidad requerida en invernadero.

Siembra y toma de datos

Una vez caracterizada la semilla, esta se sembró en invernadero en macetas plásticas de 5 litros con drenaje, de 24cm de alto x 24cm de diámetro y se llenó con suelo hasta 16cm de la base. El suelo fue esterilizado durante 6h a 121°C y caracterizado como del tipo franco arenoso con 2,4% de materia orgánica, clasificado como *Typic ustipsamments* (Ortiz, 1997) y pH de 7,2

medido con un potenciómetro portátil (ORION, modelo SA 210). Se sembró el 27 de mayo en bolsas de plástico a 1,0cm de profundidad para obtener al menos cinco plantas por tamaño y especie en cada maceta correspondiente. Las bolsas en invernadero tenían separación de 15cm entre si y se rotaban cada 10 días, de modo que las macetas en cada muestreo destructivo fueron tomadas al azar cada 20 días y hasta 120 dds en tres repeticiones por especie, tamaño de cariósido y fecha de muestreo. Las macetas fueron regadas a saturación toda vez que las plantas mostraron signos de falta de humedad, y no se fertilizó. No se presentaron plagas o signos de enfermedades causadas por bacterias u hongos durante el periodo del experimento.

Cada fecha de muestreo destructivo se inició con romper de manera vertical tres bolsas por especie y tamaño, después se lavó las raíces con agua corriente hasta eliminar la mayor cantidad de suelo, de modo de separar a las cinco plantas completas (unidad experimental). Para recuperar vellosidades se colocó una malla (<1,0mm) durante todo el tiempo de lavado. Las plantas completas de cada unidad experimental se dispusieron en mesas de trabajo en laboratorio para separar hojas, tallos, raíces, inflorescencias y material muerto. La corona se consideró parte del tallo. Inmediatamente después de la separación, el área foliar (cm^2) fue medida con un integrador de área Li-3100 (Licor Inc. Lincoln, Nebraska, EEUU) y cada componente morfológico fue colocado por separado en bolsas de papel previamente rotuladas. Una vez disecadas las plantas, estas fueron colocadas en bolsas de papel que se introdujeron en una estufa de aire forzado de 36 litros de capacidad (Marca Dalvo, modelo Basic) a 55°C por 48h (peso constante) y se pesó en balanza analítica (Scientech ZSA120; $\pm 0,001g$) con el fin de obtener el peso seco de cada componente y la suma de éstos (biomasa total; mg).

Tratamientos y variables

Los tratamientos durante la fase de evaluación física y fisiológica en laboratorio fueron la combinación de cuatro especies (banderita, navajita, buffel y rhodes) con dos tamaños de cariósidos (chico y grande) y las variables físicas fueron peso de cariósidos y peso de embrión, mientras las fisiológicas fueron viabilidad y germinación. Los tratamientos en el desarrollo del experimento en invernadero fueron la combinación de dos pastos nativos (navajita y banderita) con dos tamaños de cariósidos (grandes y chicos). Por otro lado, en pastos introducidos fue la combinación de dos pastos (buffel y rhodes) con dos tamaños de cariósido (grandes y chicos). Las variables respuesta en invernadero incluyeron: peso de láminas foliares, tallos, inflorescencias, material muerto y biomasa total (mg), índice de área foliar (IAF; $cm^2 \cdot m^{-2}$) y área foliar específica (AFE; $cm^2 \cdot mg^{-1}$). El IAF se calculó al dividir el área foliar de las cinco plantas de cada maceta con el área de la maceta (cm^2). El AFE se calculó al dividir el área foliar (cm^2) entre la biomasa de hojas (mg) por el área de cada maceta (m^2). El ajuste de las curvas de AFE se realizó con el paquete Curve Expert versión 1,4.

Diseño y análisis de datos

En laboratorio se usó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x2 (cuatro pastos y dos tamaños de semilla) con cuatro repeticiones. En el experimento en invernadero, se empleó un arreglo factorial 2x2 (dos pastos nativos o introducidos, con dos tamaños de cariósidos) con tres repeticiones. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2010) y prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) para separación de medias. En el análisis de los datos del peso de las inflorescencias, en pastos nativos a 80 dds y en introducidos a 60, 80 y 100 dds los datos se

transformaron al arcoseno +0,5 para asignar normalidad a los datos. Los datos ambientales fueron tomados dentro del invernadero con data logger HOBO: humedad relativa (%) y temperatura promedio, mínima promedio, máxima promedio (°C).

Resultados y Discusión

Datos climáticos en invernadero

Las condiciones del invernadero en el que se desarrollaron las plantas de los cuatro pastos se muestran en la Figura 1. La temperatura mínima promedio es mayor a la mínima requerida por las plantas C_4 para su desarrollo ($>10^\circ C$).

Análisis físico y fisiológico previo al desarrollo del experimento

Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,001$) en los pesos de cariósidos en cada especie (Tabla I), donde cariósidos grandes de pasto banderita superaron a los chicos 2 veces ($P \leq 0,001$); en navajita 1,75 veces; mientras en rhodes 1,3 veces y buffel 7 veces ($P \leq 0,001$). El peso del embrión se incrementó en relación con el tamaño de cariósido en banderita, navajita y buffel ($P \leq 0,001$; Tabla I), contrario a rhodes ($P < 0,001$; Tabla I). El desarrollo del embrión en cariósidos de *Poaceae* fue investigado por Kellogg (2001), Sabelli y Larkins (2009) y Zhang *et al.* (2017), quienes indicaron que los cariósidos chicos viables son producto del desarrollo inicial del embrión. Según Zhang *et al.* (2017), el embrión en la etapa cuatro de seis, está desarrollado con las estructuras embrionarias: escutelo, coleóptilo, plúmula, radícula y coleoriza; sin embargo, están en fase de 'llenado', fenómeno que explica las diferencias marcadas inter-especie.

Se observaron diferencias en la proporción de peso embrión/cariósido, donde destaca que el pasto banderita en los cariósidos chicos

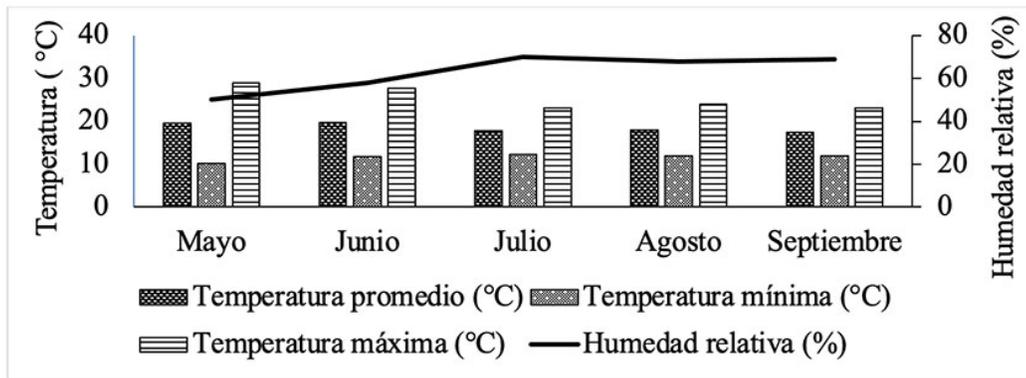


Figura 1. Condiciones de temperatura y humedad relativa (%) durante el periodo experimental en el invernadero donde se desarrollaron las plantas de *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *Chloris gayana* y *Pennisetum ciliare*.

presentó la relación más baja ($P \leq 0,001$; Tabla I). Se observaron diferencias en viabilidad y germinación ($P \leq 0,001$) y los mayores valores fueron en los mayores tamaños de semilla para cada especie de pasto estudiada, efecto observado por Hernández-Guzmán *et al.* (2015) quienes encontraron mayor vigor mayor en tamaños grandes de carióspside, en pruebas de envejecimiento acelerado y emergencia, efecto consignado también por García-Rodríguez *et al.* (2018) en semillas de maíz, así como Silva *et al.* (2019) en semillas de *Brachiaria decumbens*.

Biomasa total

La suma de los componentes morfológicos fue diferente en cada muestreo destructivo tanto en pastos nativos como introducidos ($P \leq 0,01$; Tabla II). En pasto banderita desde 20 dds el mayor tamaño de carióspside y embrión (TCE) presentó mayor biomasa en cada fecha de muestreo ($P \leq 0,01$), mientras en buffel lo fue hasta 80 dds, y en rhodes a 20, 80, 100 y 120 dds, lo cual demuestra que plantas originadas de carióspsides de tamaño mayor acumularon mayor biomasa al completar el desarrollo tanto embrión como endospermo

(Kellogg, 2001; Sabelli y Larkins, 2009; Zhang *et al.*, 2017). En campo también se reporta mayor vigor y desarrollo de plántulas (Silva *et al.*, 2019). Las diferencias en el desarrollo de plántulas intraspecie en pasto banderita fue evaluado por Ramírez-Meléndez *et al.* (2020) en nueve genotipos; se observó que desde 43 dds la proporción peso de embrión:carióspside hizo efecto, y se demostró que el desarrollo de las plántulas está influenciado por el tamaño del carióspside. En pasto banderita, buffel y rhodes, según estos resultados, convendría eliminar brácteas

accesorias y luego separar por tamaño con ayuda de tamices, para mejorar el establecimiento de praderas.

Composición morfológica

La importancia de la acumulación de materia seca en las estructuras morfológicas de ambos tamaños de carióspside y del desarrollo de sus plantas en pastos nativos se observa a través de los seis muestreos realizados, donde se detectaron diferencias ($P \leq 0,01$), a excepción de biomasa de hojas a 40 dds (Figura 2a; $P \geq 0,05$) y las interacciones especie de pasto \times tamaño de carióspside, que se comportaron de manera similar. En hojas de pasto banderita y navajita, solamente a 60 dds hubo diferencia intraspecie ($P \leq 0,001$) y banderita superó a navajita en 1,6 veces. El desarrollo de hojas es fundamental para el crecimiento del cultivo pues de ello depende la capacidad fotosintética, sobre todo en los primeros días después de la emergencia, lo cual es esencial para el establecimiento (Quero-Carrillo *et al.* 2016; Ramírez-Meléndez *et al.* 2020). En lo que respecta a biomasa de tallos, en pasto banderita se observó influencia del mayor tamaño de carióspside hasta 100 dds ($P \leq 0,01$), mientras en pasto

TABLA I
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS DE CARIÓSPSIDES CLASIFICADOS POR TAMAÑO, EN DOS ESPECIES DE PASTOS NATIVOS (*Bouteloua curtipendula* Y *B. gracilis*) Y DOS INTRODUCIDOS (*Chloris gayana* Y *Pennisetum ciliare*), EN CONDICIONES DE LABORATORIOS

Especie	Tamaño de carióspside	Características físicas			Características fisiológicas	
		Peso de carióspside (mg)	Peso de embrión (mg)	PE/PC	Viabilidad (%)	Germinación (%)
Banderita	grande	10,02 a †	0,608 b	0,061 c	99 a	98 a
	chico	5,02 c	0,112 ef	0,022 f	70d	63 c
Navajita	grande	7,1 b	1,151 a	0,162 a	87 c	84 b
	chico	3,95 c	0,248 d	0,063 c	44 e	37 d
Buffel	grande	7,07 b	0,499 c	0,071 b	94 ab	23 f
	chico	1,01 d	0,049 f	0,048 d	44 e	11 g
Rhodes	grande	3,97 c	0,125 ef	0,031 e	90 bc	81 b
	chico	3,05 d	0,147 e	0,048 d	48 e	29 e
Promedio		5,00	0,364	0,066	72	53
EEM		0,287	0,184	0,0011	1,36	1,182
		***	***	***	***	***

† Letras minúsculas iguales en una columna son promedios estadísticamente similares ($P \geq 0,05$). PC/PE: proporción peso carióspside / peso embrión; *** $P \leq 0,001$; EEM: error estándar de la media.

TABLA II

BIOMASA TOTAL (MG/PLANTA) DE DOS PASTOS NATIVOS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE (*Bouteloua curtipendula* Y *B. gracilis*) Y DOS AFRICANOS (*Chloris gayana* Y *Pennisetum ciliare*) CON MUESTREOS DESTRUCTIVOS A 20, 40, 60, 80, 100 Y 120 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA EN CONDICIONES EN INVERNADERO

Nombre del pasto	Tamaño de cariósipide	20	40	60	80	100	120	Nombre del pasto	Tamaño de cariósipide	20	40	60	80	100	120
Banderita	grande	18,7 a†	108 a	758 a	1301 a	1527 a	2403 a	Rhodes	grande	89 a	927 a	4522 a	10076 a	12673 a	16567 a
	chico	14,5 b	77 b	240 c	843 b	1119 b	1685 b		chico	18 b	959 a	4525 a	8170 b	9604 b	12313 b
Navajita	grande	2,42 c	53,5 b	399 b	557 c	826 c	923 c	Buffel	grande	83 a	920 a	4124 a	8992 ab	9051 b	8656 c
	chico	2,35 c	50 b	75 d	404 c	602 d	610 c		chico	13 b	428 b	2727 b	7482 b	8608 b	8405 c
Promedio		9,5	72	368	776	1019	1405	Promedio EEM		51	808	3975	8680	9984	11485
	EEM	0,62	6,7	32,3	58,05	42,36	55,63			3,77	41,57	241,4	409,2	261,9	310,3
		***	**	***	***	***	***		***	**	**	**	**	***	***

†Letras minúsculas iguales en una columna son promedios estadísticamente similares ($P \geq 0,05$). DMS: diferencia mínima significativa honesta. EEM: error estándar de la media. ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$.

navajita no hubo diferencia ($P \geq 0,05$). En biomasa de raíces, el mayor TCE fue más importante en pasto banderita en comparación a navajita

desde el segundo muestreo destructivo ($P \leq 0,01$). En cuanto a formación de biomasa de inflorescencias se observó que a mayor edad de las plantas,

separar cariósipides grandes de pasto banderita resulta en una aparición temprana de inflorescencias, confirmando lo señalado por Ramírez-Meléndez *et*

al. (2020), donde el genotipo NdeM-La Resolana obtuvo peso de inflorescencias más alto a mayor tamaño de cariósipide, lo que indica que seleccionar la semilla por tamaño en pasto banderita es más importante en comparación a navajita, ya que en recuperación de áreas de pastizales, el pasto banderita puede llegar más rápido a madurez fisiológica para hibernar. El conocimiento de este hecho es importante ya que en el Altiplano Mexicano las lluvias se aproximan al 25 de junio (cambio de primavera a verano) y después la incidencia de lluvias es variable (sequía intraestival) y las primeras heladas pueden presentarse desde principios del mes de octubre (Valadez, 2020), donde los cultivos tradicionales como maíz y frijol se siniestran.

En la composición morfológica de pasto rhodes y buffel no se observaron diferencias en tallos a 80 dds, en raíces a 60 dds y en inflorescencias a 120 dds ($P \geq 0,05$; Figura 2b). En biomasa de hojas, se observó que clasificar cariósipides de rhodes y buffel es valioso ($P \leq 0,001$), en rhodes hasta 60 dds y en buffel se observaron diferencias a 20 ($P \leq 0,01$) y 100 dds ($P \leq 0,05$). En biomasa de tallos y raíces de los pastos introducidos estudiados se observaron diferencias ($P \leq 0,001$); el mayor TCE en rhodes influyó solamente a 20 dds, mientras en buffel influyó a 20, 40 y hasta 60 dds. Por lo anterior, los primeros días de establecimiento son cruciales para la

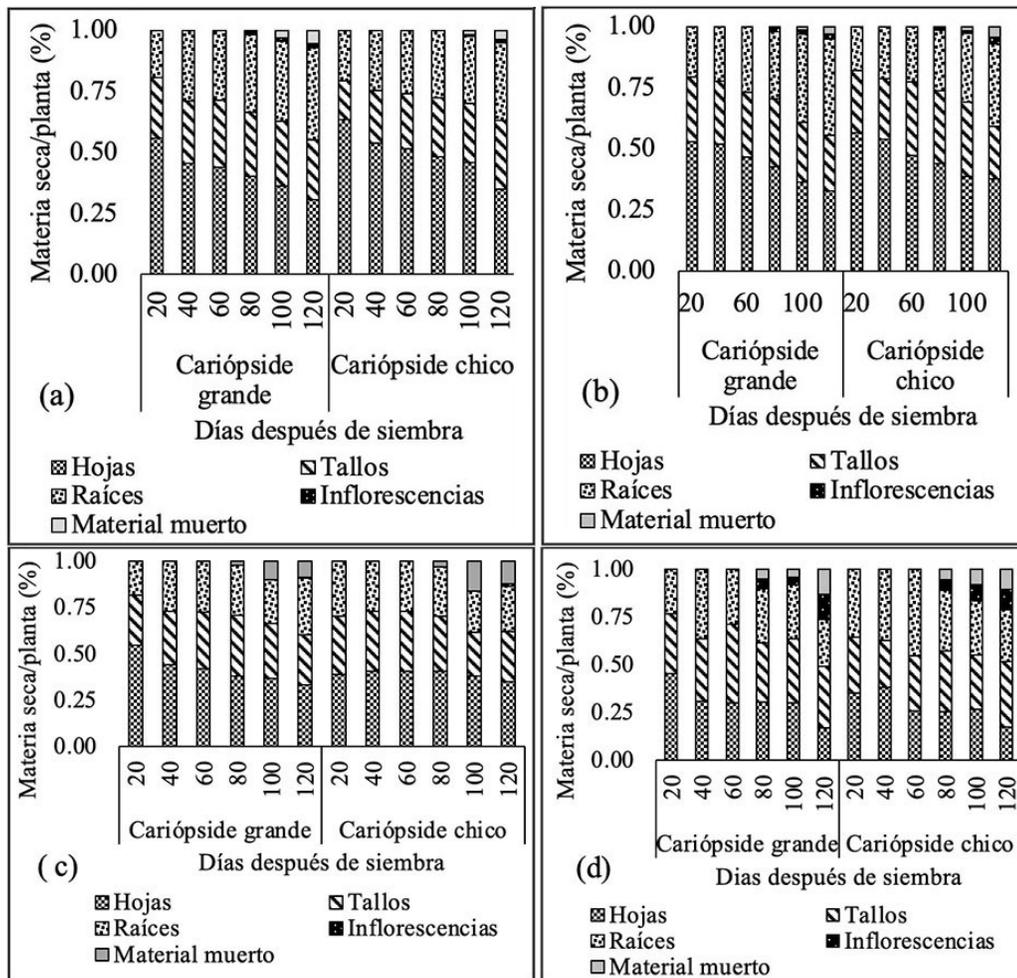


Figura 2. Composición morfológica (%) de dos pastos nativos (a: *Bouteloua curtipendula*, b: *B. gracilis*) del Desierto Chihuahuense y dos introducidos desde África (c: *Chloris gayana*, d: *Pennisetum ciliare*) con muestreos destructivos a 20, 40, 60, 80, 100 y 120 días después de siembra en invernadero.

sobrevivencia en ambiente de temporal, lo cual, si se clasifican a carióspsides por tamaño en las especies estudiadas, sobre todo en pasto buffel, habrá más probabilidades de establecer mayor número de plantas por área. Por tanto, separar carióspsides en los pastos africanos estudiados para mostrar mayor biomasa de láminas foliares en los primeros días post-siembra es una actividad valiosa que puede definir el número de plantas establecidas en cierta área (Quero-Carrillo *et al.* 2016). Esto es importante en condiciones de temporal semiárido, ya que en terreno con buena preparación, al sembrar semillas de calidad mayor, estas pueden realizar mayor exploración de suelo en busca de humedad, con mayor aptitud competitiva contra factores adversos como maleza de hoja ancha y pastos anuales (Cibrián-Tovar *et al.*, 2013; Quero-Carrillo *et al.* 2016; Silva *et al.* 2019).

En cuanto a material muerto en pastos introducidos, se observaron diferencias del cuarto a sexto muestreo; $P \leq 0,001$, y a 100 dds hubo diferencia entre tratamientos ($P \leq 0,001$; Figura 2b), donde se observó que plantas originadas de tamaño menor de carióspside acumularon más cantidad de material senescente, lo cual indica que hubo renovación mayor de tejido a mayor cantidad de material senescente, ya que las primeras hojas mueren (Gastal y Lemaire, 2015). El peso de raíces en pastos introducidos fue mayor al de nativos en cada intervalo (6,1; 13,8; 11,9; 11,1; 8,1 y 6,4 veces), lo que indica que en etapa de establecimiento, antes de 90 días, los pastos africanos pueden desplazar a los nativos y ocupar mayor espacio por su aptitud competitiva (Kellogg, 2001; Marshall *et al.*, 2012).

Índice de área foliar (IAF)

En pastos nativos, el IAF observado en cada fecha de muestreo mostró diferencias ($P \leq 0,01$; Figura 3a). En bandera el mayor TCE fue diferente desde 60 y hasta 120 dds y

fue mayor a los otros tratamientos, mientras en navajita hubo diferencias solamente a 60 y 80 dds; por tanto, solamente en pasto bandera conviene separar por tamaño para generar mayor área foliar. El comportamiento del IAF en mayor TCE de pasto bandera, tuvo un máximo IAF a 80 dds y luego disminuyó, fenómeno que coincide con la aparición de material muerto, efecto observado por Ramírez-Meléndez *et al.* (2020) en nueve genotipos de pasto bandera. Por otro lado, el IAF en pasto navajita y en plantas de pasto bandera originadas de carióspsides chicos, siempre fue ascendente como resultado de renovación del tejido foliar (Gastal y Lemaire, 2015). En el IAF promedio por especie, pasto bandera superó a pasto navajita en cada muestreo ($P \leq 0,01$) esto es: 15,6; 3,2; 3,3; 2,4; 1,5; 1,5 veces, respectivamente, lo cual indica que, ante competencia, el primero puede captar mayor radiación solar y establecerse en el área sembrada. Por tal motivo, en los pastizales naturales del México semiárido se encuentran como tipos vegetativos (Quero *et al.*, 2017); es decir, no cuentan con una superficie determinada por factores evolutivos en cada continente y lugar durante el Paleoceno (Kellogg, 2001). El IAF en plantas de pastos

introducidos fue diferente en cada muestreo ($P \leq 0,01$; Figura 3b). La importancia de mayor TCE en pasto rhodes para mostrar mayor IAF fue solamente en el primer muestreo ($P \leq 0,01$), mientras en buffel lo fue del primer al quinto muestreo ($P \leq 0,01$). Por tanto, conviene separar carióspsides de pasto buffel, lo que coincide con mayor generación de biomasa total del primer al cuarto muestreo. En los cuatro tratamientos, el IAF tuvo un máximo a 80 dds y luego descendió debido a incremento de material senescente. Esto es, al no haber renovación de tejido foliar, las hojas envejecen y disminuye la capacidad fotosintética (Ferreira *et al.* 2015), efecto reportado en pasto buffel. En el IAF promedio por especie, pasto rhodes superó a buffel desde el segundo muestreo ($P \leq 0,001$) en 1,8; 2,2; 1,8; 1,5 y 2,4 veces (Figura 3b). Por otro lado, plantas originadas de los pastos forrajeros estudiados de origen africano, superaron a pastos nativos en IAF por cada muestreo destructivo (6,7; 12,2; 9,4; 8,7; 4,2 y 2,5 veces, respectivamente), lo cual fue consignado previamente por Marshall *et al.* (2012) y es la razón por la cual los pastos africanos han desplazado a los nativos americanos (Kellogg, 2001; Anderson, 2006).

Área foliar específica (AFE)

La dinámica del AFE tanto para pastos nativos como introducidos se ajustó a una curva polinomial de segundo orden ($y = ax^2 + bx + c$). Las curvas de AFE mostraron $r^2 > 0,99$ en nativos y $r^2 > 0,97$ en introducidos (Tabla III).

El comportamiento de las curvas de AFE en las plantas de pasto navajita aumentó de manera gradual (Figura 4a), ya que mostró mayor renovación de láminas foliares, fenómeno reportado por Gastal y Lemaire (2015) en pastos de bajo porte y baja producción de materia seca, los que tienen mayor tasa de recambio de tejido foliar y, por tanto, mayor demanda de luz. Por otro lado, en pasto bandera y pastos introducidos las curvas de AFE tendieron a disminuir (Figura 4b) lo cual se debe a que las plantas no tuvieron renovación de tejido foliar debido al envejecimiento de las primeras hojas.

En pastos nativos la AFE fue diferente al comparar los cuatro tratamientos a 20, 40, 60 dds ($P \leq 0,05$) y 120 dds ($P \leq 0,001$; Figura 4a). En promedio, por especie de pasto nativo, pasto bandera superó a navajita desde 20 hasta 60 dds ($P \leq 0,01$); sin embargo, la AFE en plantas de pasto navajita no disminuyó, lo cual indica mayor renovación de hojas

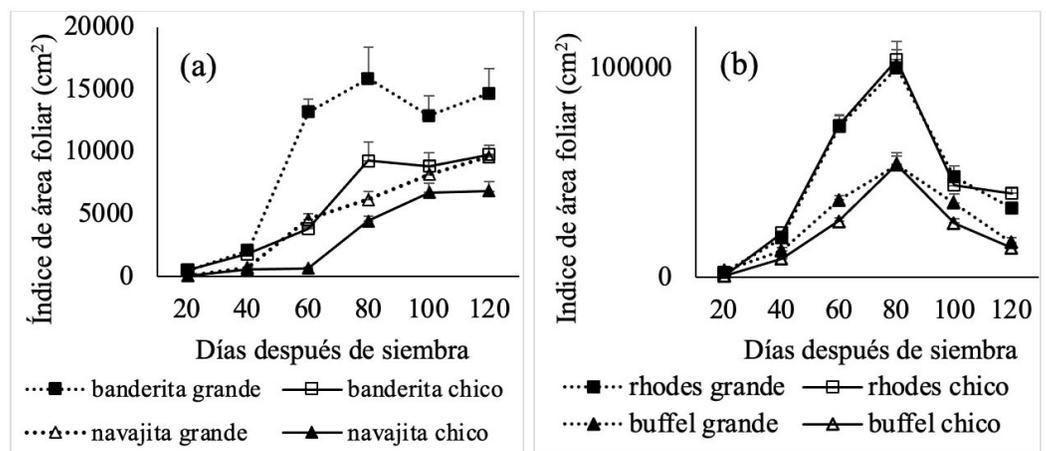


Figura 3. Índice de área foliar ($\text{cm}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) de dos pastos nativos: *Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis* (a) y dos introducidos: *Chloris gayana* y *Pennisetum ciliare* (b), sembrados con dos tamaños de carióspside (grande y chico).

TABLA III
 MODELOS QUE EXPLICAN EL COMPORTAMIENTO DEL ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA EN
 PLANTAS DE *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *Chloris gayana* Y *Pennisetum ciliare* EN
 CONDICIONES DE INVERNADERO

Especie	Tamaño de cariósipide	Modelo	Significancia	r ²
Banderita	grande	$y = 0,0089x^2 - 0,1316x + 0,5902$	***	0,9935
	chico	$y = 0,0005x^2 - 0,0686x + 0,5303$	*	0,9939
Navajita	grande	$y = 0,00005x^2 + 0,0099x + 0,1805$	NS	0,9826
	chico	$y = 0,0008x^2 + 0,0135x + 0,15$	NS	0,9982
Buffel	grande	$y = 0,0052x^2 - 0,1461x + 0,7515$	***	0,9817
	chico	$y = -0,0019x^2 - 0,073x + 0,5385$	***	0,9821
Rhodes	grande	$y = 0,0327x^2 - 0,3475x + 1,0091$	***	0,9845
	chico	$y = 0,0284x^2 - 0,3395x + 1,0932$	***	0,9774

*P ≤ 0,05; ***P ≤ 0,001; NS: no significativo (P ≥ 0,05).

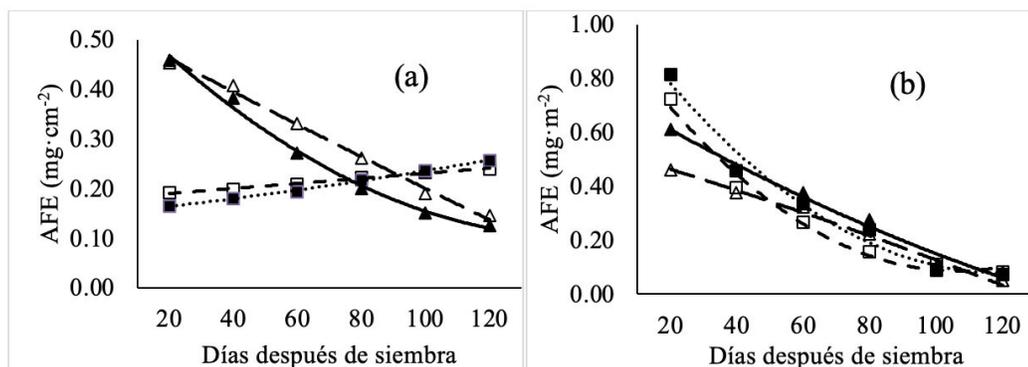


Figura 4. Área foliar específica (AFE; mg·cm⁻²) de dos pastos nativos: banderita y navajita (a) y dos introducidos: buffel y rhodes (b), sembrados con dos tamaños de cariósipide (grande y chico). a) Plantas originadas de Δ: cariósipides grandes en pasto banderita, ▲: cariósipides chicos en pasto banderita, □: cariósipides grandes de pasto navajita, y ■: cariósipides chicos en pasto navajita. b) Plantas originadas de Δ: cariósipides grandes en pasto rhodes, ▲: cariósipides chicos en pasto rhodes, ■: cariósipides grandes en pasto buffel, y □: cariósipides chicos en pasto buffel.

(P≥0,05), ya que una elevada AFE es debida a mayor demanda de luz (Pérez-Amaro *et al.*, 2004). En pastos introducidos se observó diferencia a 60 y 120 dds (P≤0,05; Figura 4b) y disminuyó a mayor edad de rebrote en los cuatro tratamientos. La reducción del AFE en pastos introducidos se atribuye a mayor agregación de lignina (Pérez-Amaro *et al.*, 2004), mientras Li *et al.* (2005) señalan que, en pastos perennes, una mayor densidad del área foliar está relacionada con alta proporción de esclerénquima y tejido vascular en las hojas.

Conclusiones

En la caracterización, el peso mayor de cariósipide

correspondió al peso de embrión en banderita, navajita y buffel. La viabilidad y germinación fueron superiores a mayor peso de cariósipide en las cuatro especies. En pasto banderita es conveniente separar cariósipides por tamaño mayor para generar mayor biomasa total, índice de área foliar y área foliar específica; sin embargo, el efecto de tamaño mayor de embrión y cariósipide no es significativo en los primeros días del establecimiento, contrario a buffel, donde el efecto de separación de cariósipides es significativo desde los primeros muestreos en biomasa total e índice de área foliar. En pasto rhodes el efecto de tamaño mayor de semilla en biomasa total es significativo a mayor

edad de las plantas (de 60 a 120 dds), mientras el índice de área foliar lo es a 20 dds. Clasificar cariósipides por mayor peso es importante en pasto banderita y buffel para un mayor desarrollo de biomasa en etapas juveniles.

REFERENCIAS

Anderson RC (2006) Evolution and origin of the Central Grassland of North America: climate, fire, and mammalian grazers. *J. Torrey Bot. Soc.* 133: 626-647.
 Bartholomew PW (2015) Seed size effects on early seedling growth and response to applied nitrogen in annual ryegrass (*Lolium multiflorum* L.). *Agric. Sci.* 6: 1232-1238.
 Cibrián-Tovar J, Quero-Carrillo AR, Muñoz-Merino M, Hernández-Guzmán FJ, Cibrián-Jaramillo

AM (2013) Nonotecnología agrícola: Caso 1. Liberadores de ferohormonas, Caso 2. Establecimiento de gramíneas en condiciones semiáridas. *Agroproductividad* 6(4): 3-7.

Ferreira CMJ, Souza CMS, Loliola ER, Melo SFE, Rodriguez AD (2015) Características morfológicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. *Pesq. Agropec. Trop.* 45(4): 216-224.

Gastal F, Lemaire G (2015) Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture* 5: 1146-1171.

García-Rodríguez JJ, Ávila-Perches MA, Gámez-Vázquez FP, de la O-Olán M, Gámez-Vázquez AJ (2018) Calidad física y fisiológica de semilla de maíz influenciada por el patrón de siembra de progenitores. *Fitotecn. Mex.* 41: 31-37.

Hernández-Guzmán FJ, Quero-Carrillo AR, Pérez-Rodríguez P, Velázquez-Martínez M, García-de los Santos G (2015) Germinación y emergencia de propágulos de pasto en respuesta a pruebas de vigor. *Rev. Mex. Cs. Agric.* 6: 1519-1532.

Kellogg EA (2001) Evolutionary history of the grasses. *Plant Physiol.* 125: 1198-1205.

Li Y, Johnson DA, Su Y, Cui J, Zhang T (2005) Specific leaf area and leaf dry matter content of plants growing in sand dunes. *Bot. Bull. Acad. Sinica* 46: 127-134.

López-Castañeda C, Richards RA, Farquar GD, Williamson RE (1996) Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor in early vigor among temperate cereals. *Crop Sci.* 36: 1257-1266.

Marshall VM, Lewis MM, Ostendorf B (2012) Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: A review. *J. Arid Environ.* 78: 1-12.

Ortiz SC (1997) *Colección de Monolitos*. IRENAT / Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 17 pp.

Pérez-Amaro JA, García-Moya E, Enríquez-Quiroz JF, Quero-Carrillo AR, Pérez-Pérez J, Hernández-Garay A (2004) Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno de hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv). *Téc. Pec. Méx.* 42: 447-458.

- Quero-Carrillo AR, Hernández-Guzmán FJ, Velázquez-Martínez M, Gámez-Vázquez HG, Landa-Salgado P, Aguilar-López P (2016) Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México utilizando semillas crudas o cariósides. *Forrajes Trop.* 4: 29-37.
- Quero CAR, Miranda JL, Villanueva-Ávalos JF (2017) Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avanc. Invest. Agropec.* 21(3): 63-85.
- Ramírez-Meléndez JE, Hernández-Guzmán FJ, López-Castañeda C, Miranda-Jiménez L, Carrillo-Llanos MJ, Quero-Carrillo AR (2020) Crecimiento de plántulas de nueve genotipos de *Bouteloua curtipendula* con dos tamaños de cariósido. *Fitotecn. Mex.* 43: 171-180.
- Sabelli PA, Larkins BA (2009) The development of endosperm in grasses. *Plant Physiol.* 149: 14-26.
- SAS (2010) *Statistical Analysis System* 9.3. Program. Stat Soft. Inc. Cary, NC, EEUU.
- Silva GZ, Martins CC, Alcântara BRL, Bezerra PFEC, Sanches JT (2019) Multivariate analysis and vigor tests to determine the quality of *Brachiaria decumbens* seeds. *Ciênc. Agron.* 50: 291-299.
- Valadez RA (2020) En Zacatecas prevén caída hasta de 40% en cosecha de frijol, por sequía. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/2020/10/18/estados/022n1est> (Cons. 18/10/2020).
- Zhang W, Card SD, Mace WJ, Christensen MJ, McGill CR., Matthew C (2017) Defining the pathways of symbiotic *Epichloë* colonization in grass embryos with confocal microscopy, *Mycologia* 109: 153-161.