

Producción de forraje y semilla de ocho pastos al establecimiento en Tulancingo, Hidalgo

Perpetuo Álvarez-Vázquez¹
Adelaido Rafael Rojas-García²
Santiago Joaquin-Cancino³
Mauricio Velázquez-Martínez⁴
Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega⁵
Filogonio Jesús Hernández-Guzmán^{5§}

¹Recursos Naturales Renovables-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP. 23315. Tel. 844 4110200. (perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx).

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Núm. 2-Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. CP. 41940. Tel. 741 4140783. (rogarcia.05@hotmail.com). ³Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas-Centro Universitario *Campus* Victoria, Edificio Centro de Gestión del Conocimiento 4^{to} piso. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87120. Tel. 834 3181718. (sjoaquin@docentes.uat.edu.mx). ⁴Carretera San Luis Potosí-Matehuala km 14.5, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. México. CP. 78432. Tel. 55 38718700. (velazquez.mauricio@inifap.gob.mx). ⁵Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Domicilio conocido s/n, Tepatepec, Francisco I. Madero, Hidalgo. México. CP. 42660. Tel. 738 7241174. (lrodriguez@upfim.edu.mx).

§Autor para correspondencia: fjesushg@hotmail.com.

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar en el primer año de establecimiento, número de plantas establecidas, producción de forraje, composición morfológica, rendimiento de semilla, calidad física y fisiológica de semilla en siete pastos nativos mexicanos y buffel en Tulancingo, Hidalgo. El experimento se estableció en abril de 2020 en riego con en un diseño en bloques completamente al azar. Para analizar los datos se usó GLM de SAS y Tukey ($\alpha = 0.05$). En el establecimiento, se observó en pasto gigante mayor número de plantas establecidas (14 plantas m⁻²; $p < 0.05$). La producción mayor de forraje en materia seca se observó en buffel y gigante (5 814 y 5 094 t ha⁻¹; $p > 0.05$) respectivamente, seguido de pasto engordador (3 619 kg ha⁻¹; $p < 0.001$). El peso mayor por planta se observó en buffel (62 g planta⁻¹; $p < 0.001$), mientras la relación hoja:tallo mayor ($p < 0.001$) se observó en navajita (2.7) y banderita Herguz (2.59). En producción de semilla, pasto gigante produjo la cantidad mayor con 685 kg ha⁻¹ ($p < 0.01$), llenado, viabilidad y por tanto, mayor cantidad de semilla pura viable por hectárea ($p < 0.001$). El pasto gigante, buffel y engordador son pastos que pueden ser potenciales especies de pasto para reconversión en el Valle de Tulancingo.

Palabras claves: Bouteloua, pastos nativos norteamericanos, reconversión.

Recibido: junio de 2022

Aceptado: agosto de 2022

Introducción

En México predomina la ganadería extensiva en zonas de escasa precipitación donde el sobrepastoreo es la causa principal del deterioro los pastizales (Quero *et al.*, 2017a). Por ello, es necesario evaluar pastos del semiárido mexicano para ser establecidos en suelos donde cultivos tradicionales como maíz y cebada se siniestran por heladas tempranas o sequías intraestivales prolongadas (Velázquez *et al.*, 2015). Para esto, existen varios géneros de zacates nativos mexicanos como *Bouteloua*, *Aristida*, *Lycurus*, *Setaria*, *Sporobolus*, *Pappophorum*, *Hilaria*, *Digitaria*, *Panicum*, *Tripsacum*, entre otros. El pasto buffel (*Pennisetum ciliare*), fue introducido de África a México y se ha adaptado al semiárido mexicano, con buen valor nutritivo, resistencia a sequía y pastoreo (García *et al.*, 2003; Joaquín-Cancino, 2018).

El establecimiento de pastos nativos según Quero-Carrillo *et al.* (2014) para zonas semiáridas tiene bajo éxito debido al pobre control de factores como: evaluación de calidad de semillas, preparación de terreno, compactación de semillas con matriz del suelo y considerar también alta competencia con malezas. Por otro lado, la temperatura constante es importante para una germinación homogénea en pastos, donde Hernández-Guzmán *et al.* (2015) a 22° constantes en cariópsides grandes de pasto banderita, navajita, buffel y rhodes reportaron 95% de germinación, atribuyendo mayor tamaño de semilla botánica para obtener porcentaje mayor de germinación.

En el México semiárido, la falta de producción de semillas de pastos son las causas del precio elevado en el mercado nacional; sin embargo, existe una gran diversidad de pastos nativos de zonas semiáridas (Morales *et al.* 2009a; Quero-Carrillo *et al.* 2014; Garduño *et al.*, 2015a), los cuales están en cada microclima semiárido de México con características propias forrajeras. Por tanto, el objetivo del estudio fue evaluar en el primer año de establecimiento de las praderas: emergencia, altura de planta, rendimiento de forraje y producción de semillas, así como caracterizar física y fisiológica a unidades de dispersión de ocho pastos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo, México, en condiciones de riego.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, ubicado a 2 120 msnm en las coordenadas 20° 05' 06.07'' latitud norte y 98° 24' 24.6'' longitud oeste. El lugar tiene clima templado con 16 °C de temperatura media anual y 550 mm de precipitación pluvial anual catalogado como templado semiseco cálido, además, el lugar tiene suelo tipo vertisol de textura arcillosa (INEGI, 2017). La duración del estudio fue de abril a diciembre de 2020. Las semillas de los diversos genotipos de pasto fueron colectadas de manera manual de septiembre a octubre de 2019 (Cuadro 1).

La siembra de los pastos se realizó el 04 de abril de 2020 en condiciones de riego por goteo y cubierta de plástico (acolchado) con unidades de dispersión completas. Los datos de temperatura y precipitación fueron tomados de la estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional, ubicada en Huapalcalco, Tulancingo, Hidalgo a 2 km del lugar de estudio.

Cuadro 1. Lugar de colecta de los materiales vegetales forrajeros (*Poaceae*) en el año 2019.

Núm.	Nombre del pasto	Localidad	Coordenadas	Municipio	Estado Federativo
1	Banderita HHL (<i>Bouteloua curtipenula</i>)	Huitexcalco	20°15 20.37 N 99°15 09.52 O	Chilcuaautla	Hidalgo
2	Banderita Herguz (<i>Bouteloua curtipenula</i>)	San Juan	20° 23 05.78 N 100° 00 26.12 O	San Juan del Río	Querétaro
3	Navajita (<i>Bouteloua gracilis</i>)	Teotihuacán	19° 41 56.1 N 98° 50 54.2 O	San Juan Teotihuacán	Edo. de México
4	Buffel (<i>Pennisetum ciliare</i>)	La Palma	22°14 0.3 N 100° 56 07.1 O	Soledad de Graciano Sánchez	San Luis Potosí
5	Gigante (<i>Leptochloa dubia</i>)	Dos Cerros	20°14 49.6 N 99° 09 18.9 O	Mixquiahuala	Hidalgo
6	Pappophorum (<i>Pappophorum vaginatum</i>)	La Palma	22°13 38.4 N 100° 50 55.0 O	Soledad de Graciano Sánchez	San Luis Potosí
7	Tempranero (<i>Setaria machostachya</i>)	Dos Cerros	20°16 39.9 N 99° 08 27.1 O	Mixquiahuala	Hidalgo
8	Engordador (<i>Bouteloua repens</i>)	Chapantongo	20° 19 43.4 N 99° 22 59.0 O	Chapantongo	Hidalgo

Preparación de terreno y siembra

El terreno se preparó con barbecho y tres pasos de rastra, posteriormente, se trazaron surcos a 1.2 m de separación y fueron colocadas cintillas de calibre 6 000 con goteo de 1.2 L h⁻¹ y 20 cm de separación entre si, la cual, se midió al prender una bomba eléctrica Truper Expert BOAP-1 de 1 hp (®México) por 1 h y se midió con un vaso precipitado. Posteriormente, se acolchó y se regó en tres periodos de 50 min con intervalos de 2 h, lo cual acumuló 3 L por gotero y equivalente a 20 L m⁻² y con lo anterior, se logró capacidad de campo.

Cabe mencionar que cada parcela experimental constó de dos surcos por 5 m de largo con 1.2 m de distancia entre surcos, lo que permitió la presencia de 100 goteros, esto es, dos cintillas por meseta con 25 goteros por cintilla. La siembra se realizó a profundidad entre 1 y 2 cm a densidad de cinco semillas puras viables por orificio y 15 plantas m⁻². Cada parcela constó de 12 m² con capacidad para 180 plantas.

La determinación de viabilidad de las semillas con tetrazolio fue de acuerdo con la metodología de Hernández-Guzmán *et al.* (2021) y a 21 días se sembró en orificios con diásporas a cinco semillas viables por orificio.

Manejo de las parcelas

Después de siembra y resiembra (4 de mayo) se regó con 1.2 L por gotero para asegurar la imbibición. Posteriormente, se regó el 18 de mayo, 1 y 15 de junio con 1.2 L y por último, 16 de julio y 08 de agosto con 1.2 L. Cabe mencionar que en cada riego se aplicó de manera gradual durante 10 días. No se observaron plagas o enfermedades que disminuyeran el crecimiento de las plantas o afectaran la producción de forraje y semillas. No se realizó ninguna fertilización ni aplicación de herbicidas durante el periodo de estudio. Las variables evaluadas en el periodo de estudio fueron las siguientes.

- 1) emergencia y segunda emergencia (%). Fueron evaluadas a 14 días después de siembra (dds) y fue efectiva cuando fue visible la primera hoja de acuerdo con Hernández-Guzmán *et al.* (2015); Quero-Carrillo *et al.* (2017).
- 2) composición morfológica en base a materia seca (kg ha^{-1}). Se cortó a 10 cm sobre el suelo a cuatro plantas y fueron separadas en láminas foliares, tallos, inflorescencias y material muerto. Después los componentes morfológicos fueron colocados en bolsas de papel previamente rotuladas e introducidos en una estufa de aire forzado (Marca Ciderta[®], Huelva, España) durante 48 h en a 55 °C y terminado el tiempo, se pesó en báscula Sartorius marca Entris[®] (0.0001 g; Pekín, China).
- 3) relación hoja:tallo. Se calculó al dividir el peso seco de hojas (g) entre el peso seco de tallos (g).
- 4) la producción de forraje (MS, kg ha^{-1}) fue la suma de los componentes morfológicos. Para esto, se multiplicó el peso promedio de las cuatro plantas por el número de plantas emergidas en la parcela experimental de 12 m².
- 5) fecha de antesis y fecha de cosecha. La antesis se consideró cuando las plantas mostraron anteras excertas visibles desde 50% y la fecha de cosecha fue cuando cambiaron la coloración de las unidades de dispersión completas, esto cuando se tornaron de verde, café oscuro o rojo carmesí a beige. En *P. vaginatum* la cosecha fue cuando 50% de las inflorescencias se tornaron blancas.
- 6) producción de semilla (kg ha^{-1}). Las inflorescencias de cada planta por especie y unidad experimental se dispusieron sobre papel estrasa de 1x1 m previamente rotuladas en ambiente de invernadero con flujo de aire durante 14 días; posteriormente, las unidades de dispersión fueron separadas de manera manual a partir de las inflorescencias y 12 días después, se inició con la determinación de humedad de semillas con un probador de humedad digital (LDS-1G con Pantalla LCD. Pekín, China), hasta que las semillas alcanzaron 12% humedad.
- 7) pureza física de semillas (%). Para obtener cariósides a partir de diásporas, se homogenizó a lotes de manera manual en tres repeticiones. El peso de la muestra para análisis físico en banderita fue de 3 g, en navajita y buffel de 6 g y fue de acuerdo con la regla para la clasificación de semillas de gramíneas forrajeras descrita por SNICS-SADER (2021), mientras que en *Pappophorum*, engordador, tempranero y gigante fue de 6 g (no están descritas en la regla); después, mediante fricción y con ayuda de un tapete y almohadilla de caucho corrugado se obtuvieron cariósides que después fueron colocados en cajas Petri. Se eliminó a cariósides dañados con ayuda de un microscopio estereoscópico y se pesó como fue realizado por Hernández-Guzmán *et al.* (2015); Quero-Carrillo *et al.* (2016); Quero-Carrillo *et al.* (2017).
- 8) peso de mil cariósides (mg). Se contaron ocho repeticiones de 100 semillas botánicas completas y el promedio se multiplicó x 10 (Hernández-Guzmán *et al.* 2015).
- 9) viabilidad (%). La viabilidad fue determinada con ayuda de tetrazolio fue determinada de acuerdo a la metodología empleada por Hernández-Guzmán *et al.* (2021).
- 10) semilla pura viable (kg ha^{-1}). Resultó de la multiplicación del peso de cariósides obtenidos en la pureza física por el porcentaje de viabilidad.

Los tratamientos fueron las especies de pasto: a) banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] Genotipo HHL; b) banderita [*B. curtipendula* (Michx.) Torr.] genotipo Herguz; c) navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths]; d) buffel [*Pennisetum ciliare* (L.) Link.]; e) gigante [*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees]; f) *Pappophorum vaginatum* Buckley; g) tempranero (*Setaria macrostachya* Kunth); y h) engordador [*Bouteloua repens* (Kunth) Scribn. y Merr]. El diseño estadístico en campo fue en bloques completamente al azar con tres repeticiones y en laboratorio en diseño completamente al azar y se usó el procedimiento GLM de SAS (2009) para evaluar los tratamientos y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$).

Resultados y discusión

La temperatura en Tulancingo, Hidalgo fue fluctuante (Cuadro 2), lo cual, no permitió una emergencia homogénea como fue consignado por Hernández-Guzmán *et al.* (2015); Quero-Carrillo *et al.* (2016); Quero-Carrillo *et al.* (2017). La precipitación total durante el año 2020 acumuló 534.5 mm y riego 10.2 L.

Cuadro 2. Variables meteorológicas y cantidad de agua aplicada en Tulancingo en el año 2020.

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Temperatura media (°C)	12.9	14.2	16.1	17.7	18.2	17.3	16.4	16.3	16	14.9	14.1	13.4	15.6
Temperatura mínima media (°C)	6	7	9	11	12	12	11	11	11	10	8	6	9.5
Temperatura mínima extrema (°C)	-10.6	-7.4	-6.8	-4	-4	-2	-2.2	0	-1.2	-5	-7	-8	-4.8
	Acumulado												
Precipitación (mm)	9.7	5.2	11.9	32.4	49.4	94.8	67.4	65.8	115	54.3	21.6	7	534.5
Riego (L m ⁻²)				20	16	16	8	8					68
Horas de luz diurna	11.1	11.5	12.1	12.6	13.1	13.2	13.3	12.8	12.2	11.7	11.2	10.9	145.7
Horas de sol	7.2	7.8	7.3	7.1	7.3	6.4	5.9	6.5	5	6	6.7	6.4	79.6

Emergencia, resiembra y total

El número de plantas en siembra, resiembra y total fue diferente ($p < 0.001$, Cuadro 3). En siembra, pasto gigante mostró mayor número de plantas emergidas con 8.3 m² ($p < 0.001$). En la emergencia, el pasto banderita (HHL y Herguz) y navajita (mayormente distribuidos en el Desierto Chihuahuense; PMAR, 2012) tuvieron 4.3, 4.8 y 2.2 plantas m⁻² ($p < 0.001$) respectivamente. Lo anterior es relevante, ya que Quero-Carrillo *et al.* (2014) en pastos, consideran 5 plantas m⁻² como emergencia buena; por tanto, en disposición de semilla incrementar densidad.

Cuadro 3. Número de plantas m⁻² emergidas en siembra, resiembra y en la suma en 180 orificios en 12 m² en siete pastos nativos y un pasto exótico (pasto buffel) sembrados el 22 de abril de 2020 en Tulancingo, Hidalgo.

Nombre común y científico	Siembra	Resiembra	Total plantas emergidas
Banderita HHL (<i>Bouteloua curtipenula</i>)	4.3 bc	6.3 a	10.6 abc
Banderita Herguz (<i>Bouteloua curtipenula</i>)	4.3 bc	6 a	10.3 bc
Navajita (<i>Bouteloua gracilis</i>)	2.2 dc	2.9 bc	5.1 de
Gigante (<i>Leptochloa dubia</i>)	8.3 a	5.9 a	14.2 a
Engordador (<i>Bouteloua repens</i>)	6.3 ab	5.4 ab	11.7 ab
Tempranero (<i>Setaria macrostachya</i>)	0.8 d	1.2 c	2 e
Pappophorum (<i>Pappophorum vaginatum</i>)	1.8 dc	5 ab	6.8 cd
Buffel (<i>Pennisetum ciliare</i>)	5.9 ab	3.5 abc	9.4 bc
EEM	0.65	0.61	0.83

Literales minúsculas iguales por columna son promedios estadísticamente similares ($p > 0.05$).

En la resiembra, pasto banderita HHL presentó mayor emergencia ($p < 0.001$), mientras pasto tempranero se destacó por tener valor menor ($p < 0.001$). La mayor emergencia en la suma de las dos siembras se observó en pasto gigante, engordador y banderita HHL con 14.3, 11.7 y 10.6 plantas m⁻², respectivamente ($p < 0.001$). Al respecto, Quero-Carrillo *et al.* (2016) en temporal en Atotonilco El Grande, Hidalgo, en los pastos navajita, banderita y buffel en siembras con diásporas, registraron 10, 10 y 5 plantas m⁻² respectivamente, acusando a la escasa y mala distribución de lluvia.

Asimismo, para tener buena emergencia de pasto tempranero en campo Dekker *et al.* (2003) mencionan que la temperatura debe ser de 10 a 15 °C constantes o más. Como refiere Moreno-Gómez *et al.* (2012), reportaron 37.5 °C para germinación y emergencia de *B. gracilis* y *Eragrostis curvula*. Por otro lado, Hernández-Guzmán *et al.* (2015) en banderita, navajita, buffel y rhodes a 22 °C constantes en laboratorio, lograron germinación en carióspsides grandes más de 90%, lo cual, influye en mostrar las partes físicas de la germinación efectiva (plúmula y coleoriza).

Por lo anterior, en condiciones de temporal, la probabilidad de lluvia de abril a mayo cuando hay mayores temperaturas es escasa; sin embargo, las siembras a finales de junio (cambio de estación de primavera a verano) tendrán que hacerse con la mayor exigencia en el control de los factores para una siembra exitosa; como fue consignado por Quero-Carrillo *et al.* (2014).

La escasa emergencia en las especies estudiadas también se da por la protección natural de las semillas botánicas (glumas, lemas, paleas, aristas), las cuales, impiden la entrada de agua para imbibición, además, éstas estructuras contienen ácido abscísico que impide al ácido giberélico hacer efecto sobre la capa de aleurona que mande señales de germinación al embrión (coleoptilo + plúmula y coleoriza) para la aparición visual de la primera hoja y raíces (Hernández-Guzmán *et al.*, 2015; Quero-Carrillo *et al.*, 2017). La temperatura y humedad constante (capacidad de campo) son necesarias para que se lleve a cabo en mejor medida la elongación del entrenudo subcoleoptilar, el cual, contiene el meristemo apical generador de raíces adventicias (Moreno-Gómez *et al.* 2012).

Rendimiento de materia seca y composición morfológica

En la producción de materia seca se observaron diferencias significativas ($p < 0.001$, Cuadro 4). Pasto buffel y gigante destacaron con mayor rendimiento de materia seca ($p > 0.05$), lo anterior, en gigante por mayor número de plantas, mientras en buffel por mayor peso por planta. El rendimiento de forraje en navajita, banderita, gigante y buffel en el primer año de establecimiento en Tulancingo fue menor en comparación al reportado por Sáenz-Flores *et al.* (2015) en el INIFAP La Campana, Chihuahua, en riego, quienes obtuvieron rendimientos de materia seca de 2 052, 2 111, 5 872 y 9 917 kg ha⁻¹, esto es, 4.5, 1.3, 1.15 y 1.7 veces menos, respectivamente.

Cuadro 4. Composición morfológica (g planta⁻¹), relación hoja:tallo y producción de materia seca (kg ha⁻¹) de siete pastos nativos y un exótico (pasto buffel) a 82 días de establecimiento en condiciones de riego, en Tulancingo, Hidalgo.

Nombre común y científico	Hoja	Tallo	Inflorescencias	Material muerto	Total	Hoja:tallo	MS (kg ha ⁻¹)
Banderita HHL (<i>Bouteloua curtipendula</i>)	6.2 cd	4.2 cd	1.6 bc	0.9 b	12.9 c	2 abc	1 363 dc
Banderita Herguz (<i>Bouteloua curtipendula</i>)	8.2 c	4.1 cd	2.5 bc	0.3 b	15.1 c	2.5 ab	1 585 c
Navajita (<i>Bouteloua gracilis</i>)	5.5 cd	2.6 d	0.97 c	0.2 b	9.3 c	2.7 a	457 e
Gigante (<i>Leptochloa dubia</i>)	13.6 b	14.9 b	5.7 a	1.4 ab	35.6 b	0.93 c	5 094 a
Engordador (<i>Bouteloua repens</i>)	14.5 b	12.5 b	3 b	0.7 b	30.7 b	1.3 bc	3 619 b
Tempranero (<i>Setaria macrostachya</i>)	5.2 cd	6.2 c	3 b	0.6 b	15.1 c	0.89 c	288 e
Pappophorum (<i>Pappophorum vaginatum</i>)	4.3 d	3.1 cd	1.3 bc	0.6 b	9.3 c	1.9 abc	630 de
Buffel (<i>Pennisetum ciliare</i>)	26 a	27.8 a	5.4 a	2.9 a	62 a	0.93 c	5 814 a
Promedio	10.4	9.4	2.9	1	23.7	1.7	2 356
Significancia	***	***	***	**	***	***	***
EEM	0.69	0.79	0.43	0.4	1.47	0.27	201.9

Literales minúsculas iguales por columna son promedios estadísticamente similares ($p > 0.05$). EEM= error estándar de la media. ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

En un estudio realizado por Garduño *et al.* (2015b) en pasto buffel, el rendimiento de materia seca de ocho genotipos en Salinas Hidalgo, San Luis Potosí, a 2 083 msnm fue de 3 448 kg ha⁻¹, lo cual, fue menor en comparación a Tulancingo, esto es, 1.68 veces menos, por tanto, pasto buffel en Tulancingo produce buena cantidad de forraje. En el peso individual de una planta, pasto navajita promedió 9.3 g, lo cual estuvo en el rango mencionado por Morales *et al.* (2009b).

Asimismo, el peso por planta de pasto gigante (35.6 g) estuvo en el rango mencionado por Morales-Nieto *et al.* (2013). En tempranero, el peso por planta (15.1 g) fue inferior al reporte de Morales-Nieto *et al.* (2015); por tanto, esta especie de pasto y en especial, el genotipo colectado en el Valle del Mezquital no es recomendable para su multiplicación, ya que muestra baja emergencia en campo y producción de forraje, las cuales disminuyen las posibilidades de propagación y estudio.

En composición morfológica se observaron diferencias por componente ($p < 0.001$, Cuadro 4). El pasto buffel superó a gigante y engordador tanto en peso de planta como proporción de hojas ($p < 0.001$). La mayor proporción hoja:tallo se observó en pasto navajita así como en banderita Herguz ($p < 0.001$), por lo que son pastos de buena calidad y potenciales genotipos forrajeros, ya que según Chapman y Lemaire (1993) especies de pasto con mayor proporción de hojas tienen mayor renovación de tallos y según Rojas *et al.* (2017), indicativo de menor lignificación. Por tanto, los materiales forrajeros nativos mexicanos estudiados son inferiores en producción total a pasto buffel; sin embargo, en proporción de hojas, son mayores.

Fecha a antesis y cosecha de semilla

Las fechas a antesis fueron variables entre especies ($p < 0.001$, Cuadro 5) y según Meléndez-Ramírez *et al.* (2020) éste fenómeno en pasto banderita está dado por características propias de la adaptación de los genotipos en un microclima dado. Pasto gigante fue el más precoz a mostrar anteras, lo cual, es importante porque éste fenómeno determina cuando las plantas inician a remover los carbohidratos solubles de hojas y tallos, por tanto, programar la defoliación. La edad a floración de pasto banderita HHL y Herguz fue a 146 y 115 días, respectivamente, mientras Schellenberg *et al.* (2012) mencionan floración de la misma especie a 76 a 86 dds.

Cuadro 5. Fecha de antesis, cosecha, rendimiento de semilla y calidad física y fisiológica en el primer año de establecimiento de siete pastos nativos americanos y un exótico (pasto buffel) establecidos en condiciones de riego, en Tulancingo, Hidalgo.

Nombre común y científico	Fecha a antesis (dds)	Fecha de cosecha semilla (dds)	Rendimiento de semilla (kg ha ⁻¹)	Pureza física o llenado (%)	Peso de mil semillas botánicas (g)	Viabilidad (%)	SPV (kg ha ⁻¹)
Banderita HHL (<i>Bouteloua curtipendula</i>)	13 sep (146) b	13 oct (176) b	242 c	15b c	0.7043 bc	80 abc	29 b
Banderita Herguz (<i>B. curtipendula</i>)	16 ago (115) c	13 oct (174) b	107 d	14 c	0.843 ab	79 abc	12 c
Navajita (<i>Bouteloua gracilis</i>)	30 sep (161) cd	05 nov (197) c	110 d	3 f	0.257 d	68 c	2 c
Gigante (<i>Leptochloa dubia</i>)	15 jul (84) c	16 ago (114) a	685 a	19 a	0.7187 bc	90 a	118 a
Engordador (<i>Bouteloua repens</i>)	31 jul (100) d	10 oct (171) b	232c	6 e	0.8673 ab	79 abc	11 c
Tempranero (<i>Setaria macrostachya</i>)	31 jul (100) d	05 oct (166) b	99 d	17 b	1.0253 a	75 bc	12 c
Pappophorum (<i>Pappophorum vaginatum</i>)	19 ago (120) c	13 oct (174) b	46 d	19 a	0.4437 cd	87 ab	8 c

Nombre común y científico	Fecha a antesis (dds)	Fecha de cosecha semilla (dds)	Rendimiento de semilla (kg ha ⁻¹)	Pureza física o llenado (%)	Peso de mil semillas botánicas (g)	Viabilidad (%)	SPV (kg ha ⁻¹)
Buffel (<i>Pennisetum ciliare</i>)	30 ago (111) e	7 sept (138) d	393 b	12 d	0.892 ab	89 a	42 b
Promedio	117	163	239	13	0.6314	81	29
Significancia	***	***	***	***	***	**	***
EEM	2.44	2.92	24.66	0.34	0.0558	2.59	2.67

Literales minúsculas iguales por columna son promedios estadísticamente similares ($p > 0.05$). ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$; SPV = semilla pura viable; EEM = error estándar de la media.

La diferencia en días a floración en pasto banderita es explicado por la variabilidad de genotipos como lo reportaron Ramírez-Meléndez *et al.* (2020), donde el genotipo NdeM-La Resolana mostró mayor peso de inflorescencia desde 86 dds en comparación con nueve genotipos sembrados en dos tamaños de cariósido en invernadero. En cuanto a la fecha de cosecha de semilla, pasto gigante fue el primero en mostrar cambio de color en las inflorescencias ($p < 0.001$, Cuadro 5) y se observó dehiscencia al momento de cortar, mientras pasto navajita debió acumular más tiempo para observar el cambio de color de inflorescencias a beige y no es dehiscente en plantas fisiológicamente maduras.

El pasto *P. vaginatum* se diferenció por la maduración más heterogénea de las ocho especies en la misma inflorescencia, ya que mientras la parte apical es dehiscente, la parte basal aun no son evidentes las anteras, sin embargo, se determinó cosechar toda la inflorescencia cuando se tornó blanca al 50%. Pasto banderita en sus dos genotipos y pasto engordador mostraron cambio de color homogéneo tanto por parcela como inflorescencia. El pasto introducido buffel, mostró heterogeneidad en maduración por planta y se determinó cortar cuando 60% de las inflorescencias cambiaron de color café a beige.

Rendimiento de semilla y calidad física y fisiológica

Se observaron diferencias en el rendimiento de semilla ($p < 0.001$), así como en caracterización física y fisiológica en los ocho pastos estudiados en Tulancingo durante el primer ciclo de producción (Cuadro 5). El pasto gigante se destacó por mostrar mayor rendimiento de semilla ($p < 0.001$), pureza física ($p < 0.001$), rendimiento de cariósidos ($p < 0.001$), viabilidad ($p < 0.001$); por tanto, mayor cantidad de semilla pura viable ($p < 0.001$).

El rendimiento de semilla de pasto gigante (685 kg ha⁻¹), buffel (393 kg ha⁻¹) y navajita (110 kg ha⁻¹) superaron a lo reportado por Sáenz-Flores *et al.* (2015) en 3, 1.76 y 1.35 veces, respectivamente; sin embargo, el genotipo de pasto banderita HHL (242 kg ha⁻¹) y Herguz (107 kg ha⁻¹) fueron menores en 1.86 y 4.2 veces. La producción de semilla de pasto buffel (393 kg ha⁻¹), establecido en Tulancingo, Hidalgo. Fue mayor en 7.3 veces a lo reportado por Kumar *et al.* (2015) en 7.3 veces e inferior en 0.32 veces a Beltrán *et al.* (2017), por lo que Tulancingo es un lugar bueno para producir semilla de pasto buffel.

En cuanto al peso de mil semillas botánicas, el valor mayor se observó en pasto temprano ($p < 0.001$); sin embargo, similar al genotipo Herguz de pasto banderita y buffel ($p > 0.05$), por lo cual, Quero *et al.* (2014) recomiendan rehabilitar agostaderos degradados o reconversión con pasto banderita ya que produce más cantidad de semilla en comparación a navajita, mientras Quero-Carrillo *et al.* (2017) mencionan que pasto banderita no disminuye su viabilidad en comparación a navajita en condiciones de laboratorio durante 16 meses en costales de polietileno.

La producción de semillas de pasto buffel superó (con excepción de pasto gigante; $p < 0.001$) al resto de pastos nativos, lo cual debe considerarse porque puede reemplazar a los pastizales nativos mexicanos (Joaquín-Cancino, 2018), mientras que el INIFAP Noreste, Velázquez *et al.* (2015) recomiendan sembrar pastos nativos para no alterar el ecosistema. Por otro lado, el llenado de unidades de dispersión de pasto gigante y pappophorum fueron mayores ($p < 0.001$), seguido de pasto banderita y buffel, mientras pasto engordador se destacó por menor porcentaje de llenado ($p < 0.001$) a pesar de ser uniforme en anthesis y maduración de inflorescencias.

La pureza física y viabilidad fue inferior en navajita, banderita y buffel en comparación a semillas comerciales usadas por Quero-Carrillo *et al.* (2016) para establecer praderas en dos sitios del Desierto Chihuahuense, lo que trae como consecuencia sembrar mayor cantidad de semilla pura viable por hectárea, para que el establecimiento de las praderas sea exitoso. La nutrición de la semilla botánica de pastos en etapas tempranas es importante, ya que según (Zhang *et al.*, 2017) el embrión es el primero en formarse y después el endospermo.

En tanto, en el endospermo según Sabelli y Larkins (2009) posterior a la doble fertilización de los núcleos polares se forma el sincitio (serie de divisiones en ausencia de formación de pared celular y citocinesis) y por último la celularización del endospermo en la cual incluye la formación de células tipo principales (células de transferencia, aleurona, endospermo y células que rodean al embrión), posteriormente, mitosis y endo reduplicación, acumulación de sustancias de almacenamiento y maduración, la cual incluye dormancia. Por tanto, para producción de semilla es importante que cada flósculo obtenga nutrientes para mayor llenado y mayor proporción de cariósides más grandes; ya que a mayor peso de la semilla botánica, mayor vigor de las plántulas (Quero-Carrillo *et al.*, 2017).

Conclusiones

En el primer año de establecimiento de ocho pastos forrajeros en Tulancingo, Hidalgo; gigante, buffel y engordador mostraron ser especies forrajeras potenciales. Los pastos banderita y navajita mostraron mayor relación hoja:tallo. Pasto gigante destacó al producir mayor cantidad de semilla y ser la especie más precoz en cambio de coloración de inflorescencias de café a beige; asimismo, en pasto gigante se observó mayor porcentaje de llenado, viabilidad y por tanto, mayor contenido de semillas botánicas puras viables por hectárea.

Literatura citada

Beltrán, L. S.; García, D. C. A.; Hernández, A. J. A.; Loredó, O. C.; Urrutia, M. J.; Hernández, A. J. A. and Gámez, V. H. G. 2017. “Titán” y “Regio”, variedades de pasto buffel [*Pennisetum ciliare*] (L.) Link] para zonas áridas y semiáridas. Rev. Mex. Cienc. Pec. 8(3):291-295. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v8n3/2448-6698-rmcp-8-03-00291.pdf>.

- Chapman, D. F. and Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In*: proceedings of the XVII international grassland congress. Baker, M. J.; Crush, J. R. and Humphreys, L. R. (Ed.). New Zealand and Australia. 95-104 pp.
- Dekker, J. 2003. The foxtail (*Setaria*) species-group. *Weed Scie.* 51(5):641-656. Doi: <https://doi.org/10.1614/P2002-IR>.
- García, D. G. J.; Ramírez, L. R. G.; Foroughbakchc, R.; Morales, R. R. y García, D. G. 2003. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomícticas y un híbrido en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Téc. Pec. Méx.* 41(2):209-218. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61341208.pdf>.
- Garduño, V. S.; Quero, C. A. R.; Bonnett, D.; Rodríguez, H. R.; Pérez, H. A. y Hernández, G. A. 2015a. Nivel de ploidía en poblaciones de [*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees] nativas de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(3):539-548. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n3/v6n3a8.pdf>.
- Garduño, V. S.; Rodríguez, H. R.; Quero, C. A. R.; Enríquez, Q. J. F.; Hernández, G. A. y Pérez, H. A. 2015b. Evaluación morfológica, citológica y valor nutritivo de siete nuevos genotipos y un cultivar de pasto *Cenchrus ciliaris* L., tolerantes a frío. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(7):1679-1687. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/561/437>.
- Hernández, G. F. J.; Rodríguez, O. L. T.; Velázquez, M. M.; Landa, S. P.; Rodríguez, O. A. y Castellón, M. J. L. 2021. Influencia del tamaño de cariósipide y embrión en el desarrollo de plántulas de pastos. *Interciencia.* 46(7/8):309-316. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2021/08/03-6775-Com-Hernandez-Guzman-v46n7-8-8.pdf>.
- Hernández, G. F. J.; Quero, C. A. R.; Pérez, R. P.; Velázquez, M. M. y García, S. G. 2015. Germinación y emergencia de propágulos de pasto, en respuesta a pruebas de vigor. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(7):1519-1532. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n7/v6n7a8.pdf>.
- INEGI. 2017. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario estadístico y geográfico del estado de Hidalgo, México. 674 p. <https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEf-docs/hgo-anuario-pdf.pdf>.
- Joaquín, C. S. 2018. Importancia del pasto buffel (*Pennisetum ciliare* L.) en el estado de Tamaulipas, México. *AgroProductividad.* 10(10):110-115. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/76>.
- Kumar, D. X.; Dwivedi; G. K. and Singh, S. N. 2015. Seed yield and quality of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as influenced by row spacing and fertilizer level. *Tropical Grasslands.* 39(2):107-111. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.453.1265&rep=rep1&type=pdf>.
- Moreno, G. B.; García, M. E.; Rascón, C. Q. y Aguado, S. G. A. 2012. Crecimiento y establecimiento de plántulas de *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. Ex griffiths y eragrostis curvula var. conferta Stapf bajo un régimen simulado de lluvia. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(4):299-308. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61025121004>.
- Morales, N. C. R.; Madrid, P. L.; Melgoza, C. A.; Martínez, S. M.; Arévalo, G. S.; Rascón, C. Q. y Jurado, G. P. 2009b. Análisis morfológico de la diversidad del pasto navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Steud.], en Chihuahua, México. *Téc. Pec. Méx.* 47(3):245-256. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=61312111002&cid=24991>.

- Morales, N. C. R.; Quero, C. A. R.; Melgoza, C. A.; Martínez, S. M. y Jurado, G. P. 2009a. Diversidad forrajera del pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], en poblaciones de zonas áridas y semiáridas de México. *Téc. Pec. Méx.* 47(3):231-244. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61312111001.pdf>.
- Morales, N. C. R.; Avendaño, A. C.; Melgoza, C. A.; Martínez, S. M. y Jurado, G. P. 2015. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de zacate temprano (*Setaria macrostachya* Kunth) en Chihuahua, México. *Rev. Internac. Botánica Experimental.* 84(1):190-200. <http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol84-1/Morales-Nieto.pdf>.
- Morales, N. C. R.; Rivero, H. O.; Melgoza, C. A.; Jurado, G. P. y Martínez, S. M. 2013. Caracterización morfológica y molecular de *Leptochloa dubia* (Poaceae) en Chihuahua, México. *Polibotánica.* 36:79-94. <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n36/n36a5.pdf>.
- PMAR. 2012. Plan maestro de la alianza regional para la conservación de los pastizales del Desierto Chihuahuense. Guzmán, A. J. C.; Hoth, J. y Berlanga, H. (Ed.). Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal. 64 p. https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2016/10/Master_Plan_Chihuahua_jan2012.pdf.
- Quero, C. A. R.; Hernández, G. F. J.; Pérez, R. P.; Hernández, L. A.; García, S. G.; Landa, S. P. y Ramírez, S. S. E. 2017. Germinación de cariósides por tamaño y diásporas de cuatro pastos para temporal semiárido. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8(3):489-502. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.26>.
- Quero, C. A. R., Hernández, G. F. J.; Velázquez, M. M.; Gámez, V. H. G.; Landa, S. P. y Aguilar, L. P. 2016. Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México utilizando semillas crudas o cariósides. *Tropical Grasslands Forrajes Tropicales.* 4(1):29-37. Doi:10.17138/TGFT (4)29-37.
- Quero, C. A. R.; Miranda, J. L.; Hernández, G. F. J. y Rubio, A. F. A. 2014. Mejora del establecimiento de praderas. Folleto técnico. Colegio de Postgraduados. 31 p. Doi:10.13140/2.1.5101.2161.
- Quero, C. A. R.; Miranda, J. L. y Villanueva, A. J. F. 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(3):63-85. <https://www.redalyc.org/journal/837/83757423005/html/>.
- Ramírez, M. J. E.; Hernández, G. F. J.; López, C. C.; Miranda, J. L.; Carrillo, L. M. J. y Quero, C. A. R. 2020. Crecimiento de plántulas de nueve genotipos de *Bouteloua curtipendula* con dos tamaños de cariósido. *Rev. Fitotec. Mex.* 43(2):171-180. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.171>.
- Rojas, G. A. R.; Hernández, G. A.; Rivas, J. M. A.; Mendoza, P. S. I.; Maldonado, P. M. A. y Joaquín, C. S. 2017. Dinámica poblacional de tallos de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) asociados con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Rev. Facult. Cienc. Agrar. (FCA-UNCUYO).* 49(2):35-49. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382853527003.pdf>.
- Sabelli, P. A. and Larkins, B. A. 2009. The development of endosperm in grasses. *Plant Physiology.* 149(1):14-26. Doi: 10.1104/pp.108.129437.
- Sáenz, F. E.; Saucedo, T. R. A.; Morales, N. C. R.; Jurado, G. P.; Lara, M. C. R.; Melgoza, C. A. y Ortega, G. J. A. 2015. Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua.* 9(2):111-119. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/596>.

- SAS. 2009. Statistical Analysis System. SAS/STAT User's Guide Version 9.2. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 5136 p.
- Schellenberg, M. P.; Biligetu, B.; Leod, G. J. and Wang, Z. 2012. Phenotypic variation of side-oats grama grass [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] collections from the canadian prairie. Canadian J. Plant Sci. 92(6):1043-1048. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-142>.
- SNICS-SADER. 2021. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas-Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (Ed.). Quero, C. A. R.; Hernández, G. F. J.; Velázquez, M. M.; Barrón, C. J. L.; Enríquez, Q. F. J.; Bravo, S. A.; Carrete, C. F. O.; González S. R.; Vásquez, N. V. M.; Rodríguez, C. E. y Carbajal, C. N. 2021. Regla para la calificación de semillas de gramíneas forrajeras (Poaceae): brachiaria, guinea, banderita, navajita, pretoria, rhodes, bermuda, garrapata, llorón, buffel y azuche. Pastos, gramíneas forrajeras. 36 p. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/657709/Regla-Pastos2021-NEW.pdf>.
- Velázquez, M. M.; Hernández, G. F. J.; Cervantes, B. J. F. y Gámez, V. H. G. 2015. Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. Folleto para productores núm. MX-0-310307-52-03-17-10-66. Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental San Luis Potosí. San Luis Potosí. 36 p. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/998.pdf>.
- Zhang, W.; Card, S. D.; Mace, W. J.; Christensen, M. J.; Gill, C. R. and Matthew, C. 2017. Defining the pathways of symbiotic *Epichloë* colonization in grass embryos with confocal microscopy. Mycologia. 109(1):153-161. Doi: 10.1080/00275514.2016.1277469.