



Potencial productivo de siete híbridos de *Urochloa* bajo sol y sombra arbórea †

[Production potential of seven forage hybrids of *Urochloa* under sun and tree shade]

Melissa Lazarin-Flores¹, Juan Manuel Pinos-Rodríguez¹,
Jorge Genaro Vicente-Martínez¹, Epigmenio Castillo- Gallegos²,
Miguel Ángel Alonso Díaz² and Jesús Jarillo-Rodríguez^{2*}

¹ Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Miguel Ángel de Quevedo s/n, esq. Yañez. Municipio Veracruz. C.P. 91710 Veracruz-Llave, México.

² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, km, 5.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, CP. 93600 Veracruz-Llave, México. Email: jjarillo@fmvz.unam.mx*

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Ruminant diets in tropical areas are primarily based on native grasses. However, in some regions, low rainfall, high temperatures, and certain soil physicochemical characteristics interfere with pasture production, affecting yield, nutrient quality, and digestibility. In recent years, hybrid grasses have led to improved forage yields of high-quality nutrients year-round, improving pasture utilization for livestock production. **Objective:** To evaluate the productive potential of seven hybrids of the genus *Urochloa* established under sun and tree shade conditions at three cutting ages and three climatic conditions. **Methodology:** The study was conducted at the Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT-Tlapacoyan, Veracruz), where the following grasses were evaluated: Cobra, Cayman, Mulato II, Camello, GP 1435, GP 1467, and Mestizo Blend during the rainy, northern, and dry seasons. Cutoff frequency was measured 28, 35, and 42 days post-sowing. Dry matter (DM) production and its nutritional quality were estimated. **Results:** The highest dry weight production per clump was obtained under sunny conditions, with a 36% lower dry weight in shade. Production under both conditions increased at 42 days, with a greater increase in leaf production under shade. Independently of the condition, the highest production in the dry season was obtained from Cobra, in the rainy season from Mestizo Blend, and in the north, production was similar in all species except for GP 1467, where it was lower. For the season by age interaction, an increase in production was observed as the days passed, with a 50% higher production at 42 days compared to 28 days; however, at 35 and 42 days, no significant difference was observed ($P>0.05$). **Implications:** This study contributes to a better understanding of the development of hybrid grasses and is considered useful for improving the use of tree shade systems. **Conclusions:** It is concluded that dry matter production in *Urochloa* hybrids is influenced by light conditions (sun/shade), cutting age, and season. It is noteworthy that in this study, shade reduces production, and that, in general, production increases with age. These results highlight the importance of considering the environment and cutting management to optimize forage yield.

Key words: forage; yield; grasses; ruminants.

RESUMEN.

Antecedentes. El ganado bovino tiene como principal fuente de nutrientes el consumo de forraje, la mayoría obtenidos de forrajes nativos, los cuales su producción es altamente estacional y susceptible a las condiciones climáticas y fisicoquímicas edáficas provocando forraje limitado en épocas críticas. Los pastos híbridos son capaces de producir alimento durante todo el año y existe evidencia que el uso de pastos híbridos en combinación con árboles y/o arbustos influye en su producción. **Objetivo.** Evaluar el potencial productivo de siete híbridos del género *Urochloa* establecidos bajo condiciones de sol y sombra arbórea en tres edades de corte y tres épocas del año. **Metodología.** El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) en Tlapacoyan, Veracruz) donde se evaluaron los pastos Cobra, Cayman, Mulato II, Camello, GP 1435, GP 1467 y Mestizo Blend en

† Submitted September 25, 2025 – Accepted January 23, 2026. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6632>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
ISSN: 1870-0462.

época de lluvia, norte y secas. La frecuencia de corte se realizó a los 28, 35 y 42 días post siembra. Se estimó la producción de materia seca (MS). **Resultados.** La mayor producción de peso seco por macolla, se obtuvo bajo condición sol teniendo 36 % menos peso seco en sombra. La producción en ambas condiciones aumenta a los 42 días, teniendo mayor aumento en la producción de hoja bajo condición sombra. Independientemente de la condición, la mayor producción en época seca se obtuvo en el pasto Cobra, en lluvia Mestizo Blend y en norte la producción fue similar en las especies a excepción del pasto GP 1467, donde fue menor. Para la interacción de época por edad, se observa un aumento en la producción conforme el paso de los días, con una producción del 50 % más a los 42 días comparado con 28 días, sin embargo, a los 35 y 42 días no se observó diferencia significativa ($P>0.05$). **Implicaciones:** El presente estudio contribuye a una mejor comprensión en el desarrollo de los pastos híbridos, considerándose de utilidad para la mejora en el aprovechamiento de los sistemas integradores de sombra arbórea. **Conclusiones:** Se concluye que la producción de materia seca en híbridos de *Urochloa* se ve influenciada por la condición de luz (sol/sombra), la edad de corte y la época del año, destacando que en este estudio la sombra reduce la producción y que, en general, la producción aumenta con la edad. Estos resultados destacan la importancia de considerar el ambiente y el manejo de corte para optimizar el rendimiento forrajero.

Palabras clave: forraje; rendimiento; gramíneas; rumiantes.

INTRODUCCIÓN

En las regiones del trópico mexicano, además de las condiciones edáficas, el crecimiento de los pastos está determinado principalmente por tres épocas del año: lluvia (junio-octubre), norte (noviembre-febrero) y seca (marzo-mayo), estas dos últimas es donde comúnmente los productores buscan alternativas para la alimentación de los animales debido a la baja precipitación y temperatura, utilizando en su mayoría desechos de cultivos como esquilmos o subproductos industriales (Borja *et al.*, 2016; Aruwayo, 2018). Para satisfacer los requerimientos del animal, la dieta se debe complementar con insumos principalmente proteicos y energéticos; sin embargo, estos suelen ser de elevado costo (Mohammad *et al.*, 2016). Por ello, constantemente se buscan nuevos métodos para la producción sostenida de forrajes de buena calidad nutricional a lo largo del año, buscando un mínimo impacto al suelo y a su vez preservar el ambiente (Cury *et al.*, 2017). La asociación de pastos con arbustos y árboles, conocidos como sistemas silvopastoriles, son una alternativa para mejorar la dieta, entre otros beneficios para el animal, el suelo y en general el ambiente (López-Vigoa *et al.*, 2017).

En México, alrededor del 60% de las zonas agrícolas enfrenta sequías y el 8% inundaciones, lo que reduce el rendimiento de cultivos prioritarios. Para enfrentar estos retos, se aplican prácticas como retener materia orgánica, cercos vivos e intercalar especies, lo que ayuda a conservar el suelo, mantener humedad y reducir la erosión. Estas acciones también contribuyen a mitigar emisiones de gases de efecto invernadero, ya que el sector agroalimentario genera el 19% de las emisiones nacionales. Además, las sequías afectan el 45% del territorio, disminuyendo la calidad del pasto y el agua, por lo que se recomienda el uso de productos orgánicos e integrar árboles en los sistemas de pastoreo para mejorar el forraje y el bienestar animal (Godínez-Montoya *et al.*, 2022).

El uso de árboles maderables y forrajeros junto a gramíneas y leguminosas en los sistemas de pastoreo se ha convertido a lo largo del tiempo en una práctica exitosa ya que permite combinar la producción forestal, que representa una inversión a largo plazo, con la ganadería, que genera ingresos inmediatos, con lo que se busca producir suficiente biomasa de calidad para alimentar a los animales, emplear sistemas que ayuden a mitigar el cambio climático sin afectar suelo y agua, y con ello obtener productos de calidad (Galindo-Barboza *et al.*, 2020; Bermúdez-Araica, 2022).

La introducción de sistemas silvopastoriles es una alternativa viable para generar biomasa forrajera de buena calidad (De la Peña *et al.*, 2022) los árboles en estos sistemas influyen en la composición y calidad de los pastos al reducir la radiación solar bajo su sombra (Lima *et al.*, 2018). Los pastos que se establecen bajo sombra ayudan a disminuir la pérdida de humedad y regulan la temperatura del suelo, mejoran el reciclaje de nutrientes y ayudan a reducir los mecanismos de defensa en la planta al reducir el estrés, también permite mayor acumulación de biomasa con más nutrientes y mejor digestibilidad (Encinozo *et al.*, 2017), sin embargo, los pastos adecuados para los sistemas silvopastoriles deben estar adaptados para crecer bajo la sombra de árboles sin detrimento de su producción de materia seca (MS) (Lima *et al.*, 2020). De esta manera el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y su programa de mejoramiento genético para las especies del género *Urochloa* (Pizarro *et al.*, 2013), ha generado híbridos con mayor capacidad de producción forrajera de buena calidad durante todo el año, bajo condiciones de sol en corto tiempo de recuperación (González-Muñoz *et al.*, 2020; Torres-Salado *et al.*, 2020), sin embargo, los valores de la producción de MS bajo condición de sombra arbórea aún no están bien establecidos, por ello el objetivo de la presente investigación fue evaluar el potencial productivo de pastos híbridos del género *Urochloa* bajo condiciones de sol y sombra arbórea a

tres edades de corte durante las tres épocas presentes en el trópico mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló de junio del 2020 a octubre de 2022, en una plantación forestal ubicada en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México. El clima es semicálido y húmedo, con precipitación pluvial que va de 2000 a más de 2500 mm por año, con una distribución en el año de 300 mm en seca (marzo, abril, mayo y junio), 1500 mm en época de lluvia (julio, agosto, septiembre y octubre) y 600 mm en nortes (noviembre, diciembre, enero y febrero), elevación de 822 a 881 msnm, temperaturas mensuales de 16 °C en enero y de 32 °C en junio, con un promedio anual de 21 °C (García, 1981). El sitio pertenece a la provincia del eje Neovolcánico y la topografía es una sierra volcánica con laderas no empinadas. Los vientos viajan libremente de Este a Oeste trayendo consigo humedad oceánica, presenta un suelo volcánico (andosol lúdico) derivado de rocas ígneas extrusivas (INEGI, 2010). La cantidad de luz recibida en el dosel y por abajo del pasto, solo se midió en el mes de mayo de 2022, bajo condiciones de sol al dosel llegaron 1209.6±153.1 w/m², mientras que a la superficie del suelo solo llegaron 214.0±107.4 w/m². En el caso de sombra al dosel llegaron 406.5±110.1 mientras que a la superficie del suelo solo llegaron 39.3±30.8 w/m².

Establecimiento del área experimental

El área experimental bajo condición sombra arbórea se estableció con dos especies sembradas de forma intercalada; (aguacate silvestre *Ocotea puberula* y *Melia azedarach* conocido como piocho), generando en total 421 árboles por hectárea, dejando un espacio de 20 m de distancia entre el área bajo sol y sombra. Para ambas condiciones se delimitaron 4 bloques donde se sembraron aleatoriamente los 7 híbridos en parcelas de 6 x 7 m, la siembra se realizó por semilla (9 kg/ha) en puntos de siembra a 0.5 x 0.5 m. Los híbridos evaluados fueron: Cayman® (BR02/1752), Mulato II® (CIAT 36087), GP 1467 (GP 1467), GP 1435 (GP 1435), Camello® (GP 3025), Cobra® (BR02/1794) y Mestizo blend (CIAT 36087 BR02/0465 BR02/1794), todos híbridos de *Urochloa*.

Recolección de muestras

A seis meses de establecidas las parcelas, se cortó 1 m², a 10 cm de altura de suelo en cada unidad experimental a 28, 35 y 42 días según correspondía, se obtuvo una submuestra de 500 gramos separando los componentes morfológicos hoja y tallo, posterior a la separación, las muestras fueron pesadas y colocadas en bolsas de papel identificadas y se obtuvo el peso en verde para cada uno de los componentes. Una vez obtenido el peso en verde, las submuestras se deshidrataron en una

estufa de aire forzado marca Riossa® a 60 °C por 72 h, las muestras fueron pesadas para obtener el peso en seco. Queda 42 combinaciones de tratamiento

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con un diseño de bloques completamente al azar, en un arreglo factorial 7 x 2 x 3 (7 pastos híbridos x 2 condiciones: sol y sombra arbórea x 3 épocas del año: norte, lluvia y seca) con 4 repeticiones que dio un total de 42 combinaciones de tratamientos. Para un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial 7 × 2 × 3 y cuatro repeticiones, la ecuación general del modelo estadístico es:

$$Y_{ijkl} = \mu + A^i + B^j + C^k + (AB)^{ij} + (AC)^{ik} + (BC)^{jk} + (ABC)^{ijk} + R^l + \varepsilon_{ijkl} \\ Y_{ijkl} = \mu + A^i + B^j + C^k + (AB)^{ij} + (AC)^{ik} + (BC)^{jk} + (ABC)^{ijk} + R^l + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} : Observación correspondiente al i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B, k-ésimo nivel del factor C, y l-ésima repetición (bloque).
- μ : Media general.
- A_i : Efecto del i-ésimo nivel del factor A ($i = 1, \dots, 18$).
- B_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor B ($j = 1, 2$).
- C_k : Efecto del k-ésimo nivel del factor C ($k = 1, 2, 3$).
- AB_{ij} : Interacción entre el factor A y B.
- AC_{ik} : Interacción entre el factor A y C.
- BC_{jk} : Interacción entre el factor B y C.
- ABC_{ijk} : Interacción triple entre A, B y C.
- R_l : Efecto del l-ésimo bloque o repetición ($l = 1, \dots, 4$).
- ε_{ijkl} : Error experimental aleatorio asociado a cada observación.

Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey, fijando el nivel de significancia de $p < 0.05$ usando el programa estadístico SAS®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia seca de macolla (gMS/m²)

La prueba de efectos fijos tipo 3 para la variable MS por macolla, indica una diferencia estadística altamente significativa ($P < 0.0001$) entre la condición de sol y sombra (Tabla 1), las edades de corte y las épocas evaluadas. Los híbridos mostraron un comportamiento similar entre sí ($P > 0.05$). La condición sol y sombra interactuó significativamente ($P < 0.0001$) con la edad y la época. Se observó interacción de la edad con la época ($P < 0.0001$) y de los híbridos con la época ($P < 0.0001$).

En la tabla 2, el efecto de la interacción edad por condición de sol y sombra se observa un 36% menos

de peso seco de MS en sombra, Jarillo *et al.* (2023), reportó 41.5 % menos forraje en sombra con respecto a sol con una densidad de 1000 árboles de *Melia azederach*, también se observa, a mayor edad menor peso seco tanto en sol como en sombra.

En la tabla 3, la interacción época por la condición marca un efecto de disminución del peso seco, sin embargo, debe considerarse que el desarrollo del dosel puede afectar la productividad (Alonso *et al.*, 2006); en el mismo cuadro se observa mayor peso seco en sequía con respecto a lluvias y norte, en el caso de lluvia los valores de precipitación pluvial durante el periodo evaluado (feb-nov de 2021) fue de 2447.3 mm y en sequía 618.3 (mar a jun) lo que equivale a 5.15 mm por día, en este sentido y de acuerdo a Murillo-solano *et al.*, (2015) una gramínea tropical de corte requiere 4.7 mm/día para su crecimiento.

La prueba de efectos fijos tipo 3 para la interacción híbridos por época (tabla 4), en la época de seca, se

observa que todos los híbridos fueron significativos, siendo el pasto Cobra el que tuvo mayor producción de MS. Por otra parte, en época de lluvia, los pastos Cayman, GP 1435, Camello y Cobra no tuvieron diferencia estadística significativa, por lo que su comportamiento fue similar, no así para los pastos GP 1467 y Mestizo Blend, $P < 0.05$ y $P < 0.01$ respectivamente, siento el de mayor producción el Mestizo Blend. Para época de norte, no se observó diferencia significativa entre los pastos a excepción del pasto GP 1467. Por otra parte, para la comparación entre épocas seca y lluvia, mostró diferencia para todas las especies de híbridos, más no se encontró diferencia para la comparación de época lluvia contra norte.

Para la interacción de época por edad (tabla 5), se observa un aumento en la producción conforme el paso de los días, con una producción del 50 % más a los 42 días comparado con 28 días, sin embargo, a los 35 y 42 días no se observó diferencia significativa ($P > 0.05$).

Tabla 1. Media de mínimos cuadrados para producción de materia seca de macolla (gMS/m²) en híbridos de *Urochloa* por efecto de la condición de sol y sombra a tres edades de rebrote en tres épocas del año.

Efecto		Estimación	Error estándar	Grados libertad	Valor t	Pr > t
Condición	Sol	167.3	72	107	36.22	<0.0001
Condición	Sombra	58.25	72	107	12.61	<0.0001
Edad (días)	28	70.65	14.64	107	12.49	<0.0001
Edad (días)	35	121.75	14.64	107	21.52	<0.0001
Edad (días)	42	145.9	14.64	107	25.79	<0.0001
Época	Lluvia	73.4	7.8	308	15.94	<0.0001
Época	Norte	66.3	7.8	308	14.4	<0.0001
Época	Seca	198.6	7.8	308	43.13	<0.0001

Tabla 2. Efecto de la interacción condición x edad sobre el peso seco (gMS/m²) de siete híbridos de *Urochloa* cultivados bajo sombra arbórea o al sol.

Edad	Condición		Diferencia	Pr t
	Sol	Sombra		
28	99.5	42	57.5	<0.0001
35	183	60.5	122.5	<0.0001
42	219.5	72.5	147	<0.0001
Error estándar	20.7	20.7	-	-

Tabla 3. Efecto de la interacción condición x época sobre el peso seco (gMS/m²) de siete híbridos de *Urochloa* cultivadas bajo sol y sombra arbórea.

Época	Condición		Diferencia	Pr > t
	Sol	Sombra		
Seca	296.5	101	195.5	<0.0001
Lluvia	115	32	83	<0.0001
Norte	91	42	49	<0.0001
Error estándar	14.2	14.2	-	-

La diferencia entre sol y sombra fue altamente significativa (<0.0001) entre épocas.

Tabla 4. Efecto de la interacción híbridos x época sobre el peso seco (gMS/m²) de siete híbridos de *Urochloa* cultivadas bajo sol y sombra arbórea.

Híbrido	Época				
	Seca	Lluvia	Norte	S vs L	L vs N
Mulato II (testigo)	49.3	10.8	14.6	<0.0001	0.182
Cayman	39.2**	13.7 NS	15 NS	<0.0001	0.646
GP 1467	34.2**	17.0 NS	10.3 *	<0.0001	0.019
GP 1435	30.0**	16.4 NS	15.5 NS	<0.0001	0.763
Camello	39.7**	14.3 NS	12.7 NS	<0.0001	0.573
Cobra	43.4**	12.3 NS	13.2 NS	<0.0001	0.754
Mestizo Blend	42.2**	18.3**	11.6 NS	<0.0001	0.017
Error estándar	20.3	20.3	20.3	-	-

*Se comparan media de los otros 6 híbridos vs Mulato 2 (testigo). NS: No significativo (P<0.05). * P<0.05 ***P<0.01)

* S vs L (seca vs lluvia), L vs N (lluvia vs norte).

Tabla 5. Efecto de la interacción de la edad x época sobre el peso seco (gMS/m²) de siete híbridos de *Urochloa* cultivadas bajo sol y sombra arbórea.

Edad	Época			
	Seca	Lluvia	Norte	S vs L
28	120 ^{a*}	41.0 ^a	50.5 ^a	<0.0001
35	228.5 ^b	77.5 ^b	59.5 ^a	<0.0001
42	247 ^b	101.5 ^c	89.0 ^b	<0.0001
Error estándar	20.7	20.7	20.7	-

*Dentro de columnas, medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05).

*S vs L (seca vs lluvia)

Los híbridos de *Urochloa* mostraron diferencias entre condiciones, edades y épocas de muestreo para la variable de tallo y hoja. Entre las edades 28 y 35 días no se observó diferencia (P>0.05) en la producción de materia seca de hoja y tallo, tanto en sol como en sombra, sin embargo, a 42 días hay incremento importante en sol, pero diferente (P<0.05) a sombra. Esto podría relacionarse con los citado por Garay-Arroyo *et al.* (2014) donde menciona que el fototropismo y el aumento en la producción de auxinas pueden ser causa de un alargamiento en el tallo y así mismo el crecimiento lento de las hojas. Por otra parte, bajo condición de sombra, la fracción de tallo no tiene diferencias significativas al paso de los días, no así para la fracción de hoja donde aumenta al paso de los días de rebrote, similar a lo establecido por Vignola *et al.* (2015) el cual menciona que las plantas cultivadas bajo sombra arbórea, ayuda a disminuir la temperatura y estructura del suelo manteniendo así los nutrientes y creando un ambiente ideal para la síntesis de citocinina, hormona responsable para la producción de nuevas hojas lo que a su vez mejora la capacidad para captar la luz solar (Zhaolong *et al.*, 2003).

En la época lluvia bajo condición sol, la mayor fracción de tallo se obtuvo a los 42 días misma edad donde se produjo la menor fracción de hoja. Misma respuesta se obtuvo en condición bajo sombra, donde se obtuvo la mayor fracción de tallo y menor de hoja,

esto puede estar relacionado con lo descrito anteriormente por Garay-Arroyo *et al.*, 2014.

Para la época norte bajo condición de sol, la mayor fracción tanto de hoja como de tallo se obtuvieron a los 28 días, por otra parte, en condición de sombra, para la fracción de tallo no hubo diferencia significativa entre edades de rebrote. Por otra parte, bajo condición de sombra, la mayor fracción de hoja se obtuvo a los 42 días y la menor a los 28 días un estudio similar realizado por Rojas-García *et al.* (2018) con pastos híbridos encontraron que el mayor crecimiento de hojas ocurría entre los 42 y 49 días de rebrote, posterior a estas edades comenzaba a realizar una curva descendente en su crecimiento debido al aumento en el material senescente, lo cual coincide con lo encontrado en este estudio.

Para la época seca, bajo ambas condiciones, la mayor fracción de tallo se obtuvo a los 42 días, misma que coincide con la menor acumulación de hoja, no así para la edad a rebrote de 28 días donde se obtuvo la mayor fracción de hoja, misma edad que coincide con la menor fracción de tallo en la planta. Cruz-Hernández *et al.* (2017) y Garay-Martínez *et al.* (2018), Lucio-Ruiz *et al.* (2023), mencionan que los pastos híbridos del género *Urochloa* se han modificado constantemente a lo largo del tiempo y estos desarrollan características que modifica su tolerancia a diferentes épocas como la sequía y así mismo

presentar cambios en la formación del tallo como de las hojas, sin embargo las respuestas a diferentes estímulos externos como las condiciones climáticas, la cantidad de luz expuesta, frecuencia de corte, manejo y la edad pueden modificar su calidad.

Bajo condición de sol, para la fracción de tallo en época de lluvia se observa un resultado similar en los híbridos Mulato II, GP 1467, GP 1435 y Cobra, mientras que la menor fracción observada fue en el híbrido Mestizo Blend. Por otra parte, bajo condición de sombra arbórea, se obtuvo un resultado similar para los híbridos Cayman, Mulato II, GP 1467, Camello, Cobra y Mestizo Blend no así con el híbrido GP 1435 donde se observa un ligero aumento. Para la fracción de hoja para ambas condiciones, la mayor fracción la obtuvo el híbrido Mestizo Blend, por otra parte, los híbridos Cayman, Mulato II, GP 1467, GP 1435 y Camello tuvieron un resultado similar.

En la época norte bajo condición sol, para la fracción de tallo se observa una similitud en los híbridos Mulato II, Camello y Mestizo Blend y para GP 1467 y Cobra. Bajo sombra la mayor fracción se observa en el híbrido Camello, el cual coincide con la menor fracción de hoja, mientras que la menor fracción de tallo está en el híbrido GP 1467. Por otra parte, para la fracción de hoja, bajo condición de sol y sombra la mayor fracción se obtuvo en el híbrido GP 1435. Sin embargo, en esta época se observa una tendencia donde todos los forrajes tuvieron una mayor fracción de hoja en sombra que en sol.

Para época seca en condición de sol, en tallo, la mayor producción fue para el híbrido Camello, esto es un resultado esperado y se le atribuye a su composición genética, ya que este pasto como principal aptitud tiene tolerar la sequía debido a su sistema radicular desarrollado, el cual permite profundizar, extraer la humedad y mantenerse por más tiempo lo cual así mismo favorece la capacidad de rebrote temprano a inicios de lluvias (Pizarro *et al.*, 2013). Por otra parte, la fracción más baja de tallo en condición bajo sombra se observa en el híbrido Mulato II, mismo que coincide con la mayor fracción de hoja. Diversos autores (Fagundes *et al.*, 2006; Nguku *et al.*, 2016; Maldonado-Peralda *et al.*, 2020) mencionan que cuando los híbridos del género *Urochloa* se mantienen en condiciones edáficas adecuadas pueden llegar a presentar mejor relación hoja:tallo, sin embargo y específicamente en el pasto Mulato II, la población de tallos aumenta cuando el corte se realiza arriba de los 15 cm, lo cual para este estudio se realizó a los 10 cm sobre el ras del suelo, lo que favoreció en la baja producción de tallos y mayor hoja (Rojas-García *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

La producción de materia seca en híbridos de *Urochloa* se ve influenciada por la condición de luz (sol/sombra), la edad de corte y la época del año. Se observaron interacciones importantes entre estos factores, destacando que en este estudio la sombra reduce la producción y que, en general, la producción aumenta con la edad. Los híbridos mostraron diferencias según la época, con un mejor desempeño del híbrido Cobra en sequía y Mestizo Blend en lluvias. Además, la fracción de hoja y tallo varía según las condiciones y edades, siendo la sombra más favorable para la acumulación de hoja. Estos resultados destacan la importancia de considerar el ambiente y el manejo del corte para optimizar el rendimiento forrajero. La producción de pastos del género *Urochloa* bajo sombra arbórea es factible siempre que se tenga en consideración la cantidad y distribución de los árboles, así como la especie a sembrar y la capacidad de sombra del dosel.

Agradecimientos

Al programa de apoyo a proyectos de transferencia (PAPIIT) de la dirección general de asuntos del personal académico (DGAPA) de la UNAM, por el apoyo con el proyecto IT200822. Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) por permitir el uso del laboratorio de forraje y nutrición. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnologías en Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada a la autora de este artículo durante el desarrollo de esta investigación. Los autores agradecen el apoyo a Semillas Papalotla, S.A de C.V. por la donación de semillas de *Urochloa* spp.

Funding. PAPIIT-DGAPA-UNAM; PROYECTO IT200822.

Conflict of interests. Nothing to declare.

Compliance with ethical standards. The nature of the present work doesn't require approval an ethical committee.

Data availability. The data are available from Jesús Jarillo Rodríguez, (jjarillo@fmvz.unam.mx) upon reasonable request.

Author contribution statement (CRediT). **M. Lazarin-Flores** – Investigation, Methodology, and Writing – original draft. **J.M. Pinos-Rodríguez** – Conceptualization, Investigation, and Writing – review & editing. **J.G. Vicente-Martínez** – Visualization, and Writing – review & editing. **E. Castillo-Gallegos** – Methodology, Data curation, Statistical analysis, Visualization, Writing – review & editing. **M.A. Alonso Díaz** – Conceptualization, Formal analysis, and Writing – original draft. **J. Jarillo-Rodríguez** –

Methodology, Data curation, Supervision, Visualization, Writing – review & editing.

REFERENCES

- Alonso, J., Febles, G., Ruiz, T.E. and Achang, G., 2006. Efecto de la sombra en la gramínea asociada en un sistema silvopastoril de leucaena-guinea durante sus diferentes etapas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40 (4), pp. 503-511.
- Aruwayo, A., 2018. Used of urea treated crop residue in ruminant feed. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 4 (7), pp. 54-64. <https://doi.org/10.31695/IJASRE.2018.32794>
- Bermúdez, C.D.C.G. and Araica, B.G.M., 2022. Sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería bovina sostenible. *La Calera*, 22(38), pp.46-52.
- Borja, BM., Reyes, ML., Espinosa, JA. and Vélez, I.A., 2016. Estructura y funcionamiento de la cadena productiva de esquilmos agrícolas como forraje en la región del Bajío, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 39, pp. 451-464.
- Cruz-Hernández, A., Hernández-Garay, A., Aranda-Ibáñez, E., Chay-Canul, J., Márquez-Quiroz, C. Rojas-García, A. and Gómez-Vázquez, A., 2017. Valor nutritivo del pasto Mulato bajo diferentes estrategias de pastoreo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4 (10), pp. 65-72. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.883>
- Cury, R.K., Aguas, M.Y., Martínez, M.A., Olivero, VR. and Chams, C.L., 2017. Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9 (1), pp. 122-132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- De la Peña-Domene, M., Ayestarán-Hernández, LM., Márquez-Torres, J.F., Martínez-Monroy, F., Rivas-Alonso, E., Carrasco-Carballido, PV., Pérez-Cruz, MN., Chang-Landa, FA. and Martínez-Garza, C., 2022. Sistemas silvopastoriles enriquecidos: una propuesta para integrar la conservación en la producción ganadera en comunidades rurales de Los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana*, pp. 129. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1925>
- Encinozo-González, O., Camacaro-Calvete, S., Pinto-Santini, L and Ríos-de Álvarez, L., 2017. Efecto de la presencia de sombra en áreas de pastoreo de ovinos. *Pastos y Forrajes*, 40(1), pp. 65-72.
- Fagundes, LJ., Fonseca, MD., Mistura, C., Morais, R., Vitor, TCM., Gomide, A.J., Nascimento, DJR., Casagrande, RD. and Costa, LT., 2006. Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária empasta gema duba da com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(1), pp. 21-29. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000100003>
- Garay-Arroyo, A., Sánchez, M., García-Ponce, B., Álvarez-Buylla, E. and Gutiérrez, C., 2014. La Homeostasis de las Auxinas y su Importancia en el Desarrollo de Arabidopsis Thaliana. *Revista de educación bioquímica*, 33 (1).
- Garay-Martínez, J., Joaquín-Cancino, S., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González, JC., Joaquín-Torres, BM., Limas-Martínez, AG. and Hernández-Meléndez, J., 2018. Acumulación de forraje de pasto buffel e híbridos de Urochloa a diferente edad de rebrote. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5 (15), pp. 573-581. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1634>
- García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a edición. México, D. F. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Godínez-Montoya, L., Pérez-Sánchez, S.L. and Pérez-Soto, F., 2022. Análisis de la superficie forestal en México, 2003-2020. En: Jorge, E.I.E., García de Alba, M., Regina, E., Aldape, A.T. La economía sectorial reconfigurando el territorio y nuevos escenarios en la dinámica urbano rural. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 85-100.
- Galindo-Barboza, A.J., Domínguez-Araujo, G., Arteaga-Garibay, RI. and Salazar-Gutiérrez, G., 2020. Mitigación y adaptación al cambio climático mediante la implementación de modelos integrados para el manejo y aprovechamiento de los residuos pecuarios. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11:107-125.

- González-Muñoz, A., Garay-Martínez, JR., Estrada-Drouaillet, B., Bernal-Flores, Á., Limas-Martínez, AG. and Cancino, SJ., 2020. Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado de pasto Insurgente e híbridos de *Urochloa*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 24:177189. <http://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2368>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Tlapacoyan, Veracruz de Ignacio de la Llave., 2010. <http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datosgeograficos/30/30183.pdf>
- Jarillo-Rodríguez, J., Castillo-Gallegos and E., López-Ortiz, S., 2023. Producción de forraje en híbridos de *Urochloa* bajo condiciones de sol y sombra de Melia Azedarach L. *Tropical Grasslands*, 11 (3), pp. 210-219. [http://doi.org/10.17138/TGFT\(11\)210-219](http://doi.org/10.17138/TGFT(11)210-219)
- Lima, M.A., Paciullo, S.C., Morenz, MJ., Gomide, C.A., Rodrigues, RA. and Chizzotti, HM. 2018. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. *Grass and Forage Science*, 74(1), pp. 160-170. <https://doi.org/10.1111/gfs.12395>
- Lima, N.B., Dubeux, C.B., Santos, V.F., Mello, C.L., Lira, M.A., Cunha, M.V., De-Freidas, E.V. and De-Oliveira, V.X., 2020. Herbage responses of signalgrass under full sun or shade in a silvopasture system using tree legumes. *Agronomy Journal*, 112 (3), pp. 1-10. <https://doi.org/10.1002/agj2.20137>
- López-Vigosa, O., Sánchez- Santana, T., Iglesias-Gómez, J.M., Lamela-López, L. Soca-Pérez, M., Arece-García, J. and Milera-Rodríguez, M.C., 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la ganadería animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*, 40 (2), pp. 83-95.
- Lucio-Ruiz, F., Joaquín-Cancino, S., Garay-Martínez, J.R. and Limas-Martínez, A.G., 2023. Dinámica poblacional de tallos en híbridos de *Urochloa* con diferente intensidad de cosecha. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14 (4). <http://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3476>
- Maldonado-Peralda, M.Á., Rojas-García, A.R., Magadan-Olmedo, F., Pinacho-Martínez, M., Aniano-Aguirre, H. and Gasga-Perez, L., 2020. Physical-Chemical quality of *Urochloa* grasses in different phenological stages. *International Journal of Agriculture, Environment and BioResearch*, 5(4), pp. 162-171. <http://doi.org/10.35410/IJAEB.2020.5536>
- Mohammad-Khairul, A., Yasumichi-Ogata, Y.S. and Sano, H., 2016. Effects of Rice Straw Supplemented with Urea and Molasses on Intermediary Metabolism of Plasma Glucose and Leucine in Sheep. *Asian Australas Journal Animal Science*, 29 (4), pp. 523-529. <http://doi.org/10.5713/ajas.15.0358>
- Murillo-Solano, J., Barros- Henríquez- J.A., Roncallo-Fandiño, B. and Arrieta-Pico, G., 2015. Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15 (1), pp. 83. http://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:399
- Nguku, A.A., Musimba, N.K.R., Njarui, D.N. and Mwobobia, R.M., 2016. The chemical composition and nutritive value of *Brachiaria* grass cultivars at Katumani dryland research station in South Eastern Kenya. *Journal of Advances in Agriculture*, 5(2), pp.706-717. <http://doi.org/10.24297/JAA.V5I2.5085>
- Pizarro, E.A., Hare, M.D., Multimura, M. and Changjum B., 2013. *Brachiaria hybrids*: potential, forage use and seed yield. *Tropical Grassland*, 1(1), pp. 31-35. [https://doi.org/10.17138/tgft\(1\)31-35](https://doi.org/10.17138/tgft(1)31-35)
- Rojas- García, A.R., Torres-Salado, N., Maldonado-Peralta, M.A., Sánchez-Santillán, P., García, A., Mendoza-Pedroza, S.I., Vázquez-Álvarez, P., Herrera-Pérez, J., Hernández-Garay, A. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto Cobra (*Brachiaria* híbrido BR02/1794) a dos intensidades de corte. *Physical Sciences*, 11 (5), pp. 34-38.
- Torres-Salado, N., Moctezuma-Villar, M., Rojas-García, A. R., Maldonado-Peralta, M., Gómez-Vázquez, A. and Sánchez-Santillán, P., 2020. Comportamiento productivo y calidad de pastos híbridos de *Urochloa* y Estrella pastoreados con bovinos. *Revista*

- Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11 (24).
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2356>
- Vignola, R., Harvey, C.A., Bautista-Solis, P., Avelino, J., Rapidel, B., Donatti, C. and Martínez, R., 2015. Ecosystem based adaptation for smallholder farmers: Definitions, opportunities and constraints. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, 211 (15), pp.126-132.
<http://doi.org/10.1016/j.agee.2015.05.013>
- Zhaolong, W., Pote, J. and Huang, B. 2003. Responses of Cytokinins, Antioxidant Enzymes and Lipid Peroxidation in Shoots of Creeping *Bentgrass* to High Root-zone Temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128 (5), pp. 648-655.
<http://doi.org/10.21273/JASHS.128.5.0648>