

## Artículo Científico

# Producción de forraje en híbridos de *Urochloa* bajo condiciones de sol y sombra de *Melia azedarach* L.

## *Forage production in Urochloa hybrids under sun and shade conditions of Melia azedarach L.*

JESÚS JARILLO-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, EPIGMENIO CASTILLO-GALLEGOS<sup>1</sup> Y SILVIA LÓPEZ-ORTIZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlapacoyan, México. [fmvz.unam.mx](http://fmvz.unam.mx)

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Veracruz, México. [colpos.mx](http://colpos.mx)

### Resumen

Se evaluaron los híbridos de *Urochloa* CIAT BR02/1752 y CIAT BR02/1794, bajo condiciones de sol y sombra de árboles en una plantación de *M. azedarach* (1,000 árboles/ha). El estudio se desarrolló en Tlapacoyan (Veracruz, México), a 847 msnm, en un clima (A)C(m)w'(f), con temperatura media anual >18 °C, y precipitación de 1,991 mm/año. Las gramíneas se establecieron en marzo del 2019 usando material vegetativo, a una distancia de 0.5 × 0.5 m, en parcelas de 2.5 × 5 m, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y un arreglo de parcelas divididas con la condición (sombra y pleno sol) en parcelas, los híbridos en subparcelas, las fechas de muestreo en sub-subparcelas y la edad de rebrote en sub-sub-subparcelas. Se midió la producción de materia seca (MS) por hijato y por macolla, así como también el rendimiento de MS total y de sus componentes, cortando a las 8 y 12 semanas de rebrote una muestra de un 1 m<sup>2</sup> en el centro de cada sub-sub-subparcela. El material cosechado se separó en hojas y tallos y se secó a 55 °C durante 72 h. La MS/hijato fue afectada por la Edad (P<0.0001) y Grupo × Edad (P<0.0003); con el Grupo definido como la combinación de Condición × Híbrido. El rendimiento de MS/ha fue afectado (P<0.01) por la Condición, Edad, Condición × Edad y otras interacciones (con Híbridos, Fechas y Edades de muestreo). La MS/hijato fue más afectada por la condición de sombrero que por los híbridos. La producción de forraje fue mayor a pleno sol (1026.8±72.6 kg de MS/ha) que bajo sombra (505.3±72.5 kg de MS/ha), y lo mismo sucedió para hojas y tallos. El híbrido 1752 se comportó mejor que el 1794 (1026.9±72.7 and 695.3±72.7 kg DM/ha, respectivamente). Así mismo, el rendimiento se incrementó con la edad de rebrote.

**Palabras clave:** Componentes, pasturas bajo plantaciones forestales, rendimiento biomasa total, sistemas silvopastoriles, trópico húmedo.

### Abstract

*Urochloa* hybrids CIAT BR02/1752 and CIAT BR02/1794 were evaluated under full sun and shade in a *Melia azedarach* L. plantation (1,000 trees/ha). The study was carried in Tlapacoyan (Veracruz, Mexico), at 847 masl, in an (A)C(m)w'(f) climate, with a mean annual temperature >18 °C, and 1,991 mm of rain/year. The grasses were established in March 2019, using vegetative material planted at 0.5 × 0.5 m, in 2.5 × 5 m plots. The experimental design was a split-split-split plot in three complete randomized blocks, with full sun or shade conditions as main plots, the hybrids as sub-plots, the harvest date as sub-sub plots and age of regrowth as sub-sub-sub plots. Dry matter (DM) yields per tiller, plant and hectare were measured at 8 and 12 weeks of regrowth, harvesting a 1 m<sup>2</sup> sample located in the middle of each sub-sub-subplot. Fresh material harvested was separated into leaves and stems, and dried at 55 °C for 72 h. The DM/tiller was affected by Age

Correspondencia: Jesús Jarillo-Rodríguez, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, FMVZ-UNAM, Km 5.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, CP 93600, Tlapacoyan, Veracruz, México.  
Correo electrónico: [jjarillo@unam.mx](mailto:jjarillo@unam.mx)

( $P < 0.0001$ ) and Group  $\times$  Age ( $P < 0.0003$ ); with Group defined by the combination of Condition  $\times$  Hybrids. DM yield/ha was affected by Condition, Age, Condition  $\times$  Age, and other interactions (with Hybrids, Date and Age of Harvest). DM yield/tiller was more affected by Condition than by Hybrids. Total DM/ha yield was higher under full sun ( $1026.8 \pm 72.6$  kg DM/ha) than shade ( $505.3 \pm 72.5$  kg DM/ha), and the same happened for leaf and stem yields. Hybrid 1752 outyielded 1794 ( $1026.9 \pm 72.7$  and  $695.3 \pm 72.7$  kg DM/ha, respectively). DM yield/ha also increased with age of regrowth.

**Keywords:** Biomass components, humid tropics, pastures under tree plantations, silvopastoral systems, total biomass.

## Introducción

La ganadería es la actividad agropecuaria que ocupa la mayor superficie, cubre el 70% del área agrícola y alrededor del 26% de la superficie terrestre (Steinfeld et al. 2006; Phelps y Kaplan 2017). Pero en las últimas décadas, con frecuencia se ha asociado la ganadería con la deforestación y el calentamiento global producto de la emisión de gases de efecto invernadero, tales como dióxido de carbono, metano y óxido nítrico (Mauricio et al. 2019).

Por lo tanto, urge un cambio substancial en la forma que se practica la ganadería, transformándola hacia sistemas de producción animal sostenibles y resilientes (Sánchez-Mendoza 2020), que incrementen la eficiencia productiva y económica, la rentabilidad y que mantengan un equilibrio natural con el entorno (López-Vigoa et al. 2017). El reto es aumentar la producción animal con el uso eficiente de los recursos naturales, como estrategia para la mitigación y adaptación de los efectos al cambio climático. Por ello los sistemas silvopastoriles (SSP) se consideran una opción clave para lograrlo (Buitrago-Guillen 2018).

En los SSP, las plantas forrajeras dependen del microambiente generado por la presencia de leñosas y de la fotosíntesis para la producción de energía de mantenimiento y crecimiento y, por ello, debe pensarse en una estructura que permita una adecuada intercepción de la radiación solar (Fedrigo et al. 2018). En un SSP, la sombra y la altura del dosel influyen en las características estructurales y de producción del pasto (Oliveira et al. 2020). Sin embargo, para comprender los principios del crecimiento y la utilización de los pastos en estos sistemas es fundamental tomar en cuenta que los componentes cosechables, principalmente hojas, son los mismos que intervienen en la fotosíntesis (Parsons et al. 2010).

En sistemas manejados bajo pastoreo, la duración del periodo de descanso y la cantidad de forraje residual después de la defoliación, determinan la producción de biomasa vegetal en el rebrote (Ramírez-Reynoso et al. 2010). El pastoreo tiene un efecto directo en la producción forrajera, tanto en cantidad como en calidad

nutritiva, pero también puede incidir en la fijación de carbono en el suelo (Van Den Pol-Van Dasselaaar 2017).

Muchos de los SSP incluyen especies forrajeras exóticas cuya persistencia obedece a su nivel de adaptación al clima y a la sombra de los árboles (Soares et al. 2009). *Melia azedarach* L., conocida localmente como “piocho”, es un árbol multipropósito con potencial maderable, caducifolio, de rápido crecimiento, que puede alcanzar hasta 15 m de altura (Sánchez 2011), y que por las características de su dosel tiene potencial para formar parte de SSP.

La incorporación de *M. azedarach* L. en SSP puede ser un medio para diversificar la producción en fincas ganaderas, permitiendo que los pastos crezcan durante los primeros años de vida de los árboles y luego, cuando la cobertura de copa se hace muy alta, se retiran los animales y las pasturas se dejan exclusivamente para la producción de madera en el mediano y largo plazo (Santiago-Hernández et al. 2016).

El microclima que generan los árboles en SSP afecta la cantidad y calidad del forraje producido (Gobbi et al. 2009), pues la competencia por una menor radiación que llega al estrato herbáceo incide en el desarrollo de las plantas (Pompeu et al. 2009; Fragoso et al. 2016), y si esto no es bien manejado puede afectar eventualmente su persistencia (Araujo et al. 2015).

Antes de seleccionar una especie forrajera para cualquier sistema de producción, se requiere conocer su comportamiento productivo (Maass et al. 2015). En ese sentido, el género *Brachiaria* (ahora *Urochloa*) posee un buen número de especies con cualidades de mayor producción y mejor calidad nutritiva (Mwendia et al. 2021). Sin embargo, la producción de cualquier pasto no solo es función de la genética (Miles 2006), sino también de la edad de la planta y las condiciones de clima a lo largo del año bajo las cuales éstas crecen (Lara et al. 2010, Garay-Martínez et al. 2017); así como, el efecto del manejo agronómico sobre las características morfológicas y estructurales de la planta (Cruz-Hernández et al. 2017). También es importante conocer la influencia de la estacionalidad en el crecimiento y producción de las especies forrajeras, para con base en ello definir estrategias

de manejo que conlleven a maximizar la producción animal (Avellaneda-Cevallos et al. 2008).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la producción (MS) de forraje total y de sus componentes en los híbridos de *Urochloa* CIAT BR02/1752 y CIAT BR02/1794, en función de la edad de rebrote, bajo condiciones de pleno sol y sombra de *Melia azedarach* L., como base para la intensificación y diversificación de la ganadería en la región tropical húmeda de México.

## Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en Tlapacoyan, Veracruz (México), localizada entre 19°56' 26" y 19°56' 48" latitud Norte, y entre 97°15' 55" y 97°15' 34" longitud Oeste, a 847 msnm. El clima que prevalece es (A)C(m) w'(f), semicálido húmedo regular con lluvias todo el año (García 1981), con una temperatura media anual superior a los 18 °C, con una media de 16 °C en el mes más frío y de 22 °C en el mes más caliente. La precipitación media anual es de 1977 mm, con mayores registros entre junio y octubre, pero prácticamente en todos los meses llueve al menos 100 mm (CONAGUA 2023; Figura 1). Aproximadamente, el 24% de las precipitaciones caen entre diciembre y enero, temporada de "Nortes", que es cuando se hicieron las evaluaciones en esta investigación, y en ese período la temperatura fue de 17.2±1.28 °C.

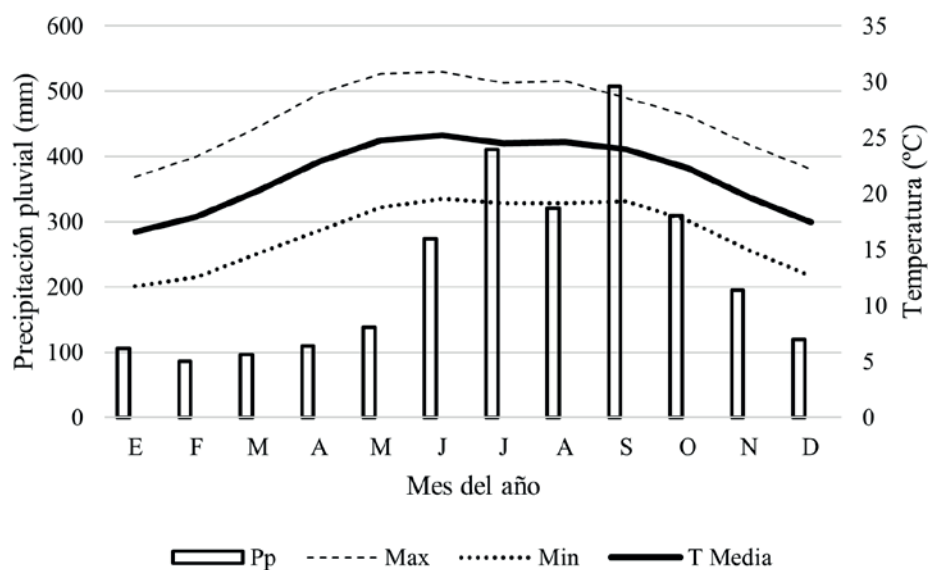
El área experimental está ubicada en una zona montañosa con pendientes, con suelos franco-

arenosos, que corresponden al Orden Andosol, de tipo lúvico, con pH entre 5.1 y 5.2, y contenidos de MO de 5.5 y 6.6%, en las áreas a pleno sol y bajo la copa de los árboles, respectivamente.

## Tratamientos y diseño experimental

Las gramíneas se establecieron en marzo de 2019 bajo condiciones de sol y de sombra en una plantación de *M. azedarach* (1,000 árboles/ha; distancia 2.5 m entre árboles y 4 m entre hileras) que había sido establecida en 2003, y al comienzo del experimento el diámetro del árbol a la altura del pecho era de 20.0 cm. Para la evaluación de las gramíneas sin árboles se utilizó un área ubicada a 20 m de la plantación de *M. azedarach*. En un estudio previo (Santiago-Hernández et al. 2016) se describió la actividad fotosintéticamente activa y la eficiencia fotosintética que ocurría bajo las condiciones sol y sombra en las mismas áreas en que se desarrolló el presente experimento.

En ambas condiciones (pleno sol y bajo la sombra de *M. azedarach* L.) se establecieron parcelas de 2.5 m de ancho × 5 m de largo (con el lado más largo a favor de la pendiente), en las que se plantaron macollas de pasto a un distanciamiento de 50 × 50 cm, en un diseño de bloques completos al azar en dirección perpendicular a la pendiente (aprox. 25%) en un arreglo de parcelas sub-sub-subdivididas, con tres repeticiones. Las parcelas grandes correspondieron a las condiciones de sol o sombra; las subparcelas a los híbridos; las sub-subparcelas a las fechas de muestreo y las sub-sub-subparcelas a las



**Figura 1.** Temperatura (°C) media, máxima, mínima y Precipitación pluvial (Pp; mm) durante el año 2019, en Platanozapan, Tlapacoyan, Veracruz.

edades de rebrote. Los híbridos de *Urochloa* estudiados fueron BR02/1794 (un trihíbrido de *U. ruziziensis* (R. Germ. & Evrard) Crins 9 × *U. decumbens* (Stapf) RD Webster × *U. brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) RD Webster), y CIAT BR02/1752 (*U. brizantha* CIAT 16320 × híbrido del cuarto ciclo de reproducción sexual).

Todas las evaluaciones se realizaron durante la época de invierno (“Nortes”), con cortes de uniformización el 26 de setiembre y 19 de diciembre del 2019, para los dos periodos de muestreo; y a partir de ellos se efectuaron evaluaciones de los rebrotes a las 4, 8 y 12 semanas.

En el área de estudio no se aplicaron fertilizantes ni se permitió que pastaran los animales.

#### *Variables medidas y procedimiento de muestreo*

Para la determinación del rendimiento de biomasa seca (MS) total, de hoja, de tallo y la producción por macolla, se cortó a 10 cm sobre la superficie de suelo, un área efectiva de un 1 m<sup>2</sup> (cuatro macollas) en el centro de cada parcela, a las 4, 8 y 12 semanas de rebrote. El material fresco cosechado se separó en hojas y tallos, las cuales se pesaron individualmente. Para la determinación de la MS, todas las muestras se secaron en un horno de aire forzado a 55 °C durante 72 h.

#### *Análisis estadístico de los resultados*

En el caso de la variable producción de MS del hijato y de hojas por hijato, se eliminó la edad de rebrote de 4 semanas debido a datos faltantes, por lo que para ese propósito al final solo se consideraron las edades de 8 y 12 semanas de rebrote.

Para propósitos de análisis de varianza (ANDEVA), con los datos de la variable producción de materia seca, se agruparon los tratamientos de sol y sombra con los híbridos 1794 y 1752, creando la variable GRUPO, con cuatro niveles: G1, Sol-1794; G2, Sol-1752; G3, Sombra-1794; y G4, Sombra-1752, de manera que se trabajó con el siguiente modelo mixto:

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{GRUPO} + \text{BLOQUE}(\text{GRUPO}) + \text{EDAD} + \text{GRUPO} \times \text{EDAD} + \text{FECHA} + \text{FECHA} \times \text{EDAD} + \text{FECHA} \times \text{GRUPO} \times \text{EDAD} + \xi$$

donde:  $\mu$ =media general y  $\xi$ =error residual

Para el análisis se usó el factor Bloque(Grupo) como efecto aleatorio para probar el efecto de Grupo, y el residual para probar el resto de los efectos fijos, y la Fecha como medición repetida. El tipo de covarianza utilizado fue el de Componentes de Varianza (VC por sus siglas en inglés), pues fue el único que permitió la convergencia

del modelo. Las medias se compararon entre sí mediante contrastes ortogonales. Además, para el análisis del peso de MS por hijato y hoja por hijato se utilizaron contrastes ortogonales, tomando la condición sol y sombra entre los dos híbridos y las tres edades de rebrote.

Para las variables producción de MS por macolla, rendimiento de MS total y de hoja, se usó el factor Grupo (Condición × Híbrido) como efecto aleatorio para probar el efecto de Híbrido × Fecha de Muestreo, y por diferencia, el residual para probar el resto de los efectos fijos y la Fecha de Muestreo como medición repetida. El tipo de análisis de covarianza utilizado fue la autoregresiva, pues fue la única que permitió la convergencia. Las medias se compararon entre sí mediante contrastes ortogonales. Para todos los análisis se usó el procedimiento PROC MIXED de SAS ([SAS 2013](#)).

## Resultados

### *Producción de materia seca por hijato (g MS/hijato)*

La producción de materia seca por hijato aumentó con la edad de rebrote, con 0.07±0.008 y 0.16±0.008 g a las 8 y 12 semanas, respectivamente. La cantidad de biomasa por hijato a las 4 semanas resultó imposible de medir de manera confiable, por lo que para propósitos de análisis se desechó esa edad. En el Cuadro 1 se observa que se detectó significancia para los efectos de la Edad de Rebrote (P<0.0001) y de la interacción Grupo × Edad de Rebrote (P<0.0003); en cambio, no se detectaron diferencias significativas (P>0.05) debidas a Grupos en el peso promedio de MS por hijato y de hoja por hijato, siendo el promedio general de peso por hijato de 3.0±1.4 g MS. Si bien no se detectó diferencia entre Grupos para el peso de hojas (P=0.09), ésta mostró una tendencia a mayor producción bajo sombra (0.13±0.009 y 0.13±0.009 g MS, para los grupos 3 y 4, respectivamente) que bajo condiciones de sol (0.09±0.009 y 0.10±0.009 g MS, para los grupos 1 y 2, respectivamente).

**Cuadro 1.** Prueba tipo 3 de efectos fijos para el rendimiento de materia seca por hijato y de hoja del hijato en los híbridos 1752 y 1794, bajo condiciones de sol y sombra.

Efectos	Grados de libertad		P>F <sup>1</sup>	
	Num.	Den.	Hijato	Hoja
Grupo	3	8	0.1008	0.0963
Edad	2	16	<0.0001	<0.0001
Grupo × Edad	6	16	0.0009	0.0003

<sup>1</sup>P>F es la probabilidad de encontrar un valor mayor a la F calculada por el análisis de varianza (significancia de la prueba de F).



En el Cuadro 2, se presenta un análisis de tendencias con base en la interacción Condición × Híbrido como efecto aleatorio para probar el efecto de Híbrido × Edad, indicando que el efecto de la edad sobre el peso de los hijatos fue lineal ascendente ( $P < 0.0001$ ).

En el análisis de tendencias del Cuadro 2, al considerar la interacción Condición × Híbrido como efecto aleatorio para probar el efecto de Híbrido × Edad, se observó que el efecto de la edad sobre el peso de materia seca de hoja por hijato fue lineal ascendente ( $P < 0.0001$ ).

#### Producción de materia seca por hectárea (KgMS/ha)

La condición sol o sombra, los híbridos y la edad de rebrote afectaron significativamente la producción de biomasa por hectárea (Cuadro 3). También se detectó significancia para las interacciones dobles Condición × Híbrido, Condición × Edad, Híbrido × Edad, Fecha × Condición, Fecha × híbrido y Fecha × Edad. Por otro lado, en los Cuadros 4 y 5 se presentan las fuentes de variación que resultaron significativas en los análisis de varianza del rendimiento de hojas y de tallos, respectivamente.

**Cuadro 2.** Pesos en materia seca (g MS/hijato) de hijato y hoja por hijato: análisis de tendencias, con base en el factor Bloque (Condición × Híbrido) como efecto aleatorio para probar el efecto de Híbrido × Edad.

Contraste	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Valor de t	Pr> t
Peso de hijato (g MS)					
Edad, lineal	0.1336	0.01238	16	10.79	<0.0001
Sol vs Sombra	-0.2882	0.04953	16	-5.82	<0.0001
1794 Sol vs 1794 Sombra	-0.1099	0.03502	16	-3.14	0.0063
1752 Sol vs 1752 Sombra	-0.1783	0.03502	16	-5.09	0.0001
1794 Sol vs 1752 Sombra	-0.1279	0.03502	16	-3.65	0.0022
1752 Sol vs 1794 Sombra	-0.1603	0.03502	16	-4.58	0.0003
Peso de hoja (g MS/hijato)					
Edad, lineal	0.09846	0.00938	16	10.49	<0.0001
Sol vs Sombra	-0.2421	0.03753	16	-6.45	<0.0001
1794 Sol vs 1794 Sombra	-0.09807	0.02654	16	-3.70	0.0020
1752 Sol vs 1752 Sombra	-0.1440	0.02654	16	-5.43	<0.0001
1794 Sol vs 1752 Sombra	-0.1130	0.02654	16	-4.26	0.0006
1752 Sol vs 1794 Sombra	-0.1290	0.02654	16	-4.86	0.0002

Pr>|t| es la probabilidad de encontrar un valor de t mayor a la estimada por la prueba de contrastes ortogonales.

**Cuadro 3.** Prueba tipo 3 para los efectos fijos sobre la producción biomasa total (kg MS/ha) en función de la condición (sol o sombra), híbridos, fecha de muestreo, edad de rebrote y las interacciones que alcanzaron significancia.

Fuente de Variación	Grados de libertad		Valor de F	Pr>F <sup>1</sup>
	Numerador	Denominador		
Condición	1	4	87.88	0.0007
Híbrido	1	4	19.10	0.012
Condición × Híbrido	1	4	6.96	0.0577
Edad	2	16	67.75	<.0001
Condición × Edad	2	16	11.54	0.0008
Híbrido × Edad	2	16	7.17	0.006
Fecha × Híbrido	1	24	46.28	<.0001
Fecha × Edad	2	24	37.29	<.0001
Fecha × Condición	1	24	179.97	<.0001

<sup>1</sup>Pr>F es la probabilidad de encontrar un valor mayor a la F calculada por el análisis de varianza (significancia de la prueba de F).

El rendimiento de forraje bajo la sombra de árboles fue en promedio un 41.5% menor que a pleno sol ( $505.3 \pm 56.0$  y  $1216.8 \pm 121.1$  kg de MS/ha, respectivamente). El efecto de la sombra en la disminución del rendimiento de biomasa total fue mayor en el híbrido 1752 que en el 1794 (Figura 2). En el caso de la producción de hojas,

la disminución en el rendimiento fue de 36.9 y 42.8% para los híbridos 1794 y 1752, respectivamente. Además, bajo condiciones de sol, el rendimiento de biomasa total y sus componentes fue mayor en el híbrido 1794, pero bajo condiciones de sombra no se detectaron diferencias entre los híbridos.

**Cuadro 4.** Prueba tipo 3 para efectos fijos sobre la producción de hojas (Kg de MS/ha) en función de la condición (sol o sombra), fecha de muestreo, edad de rebrote y las interacciones que alcanzaron significancia.

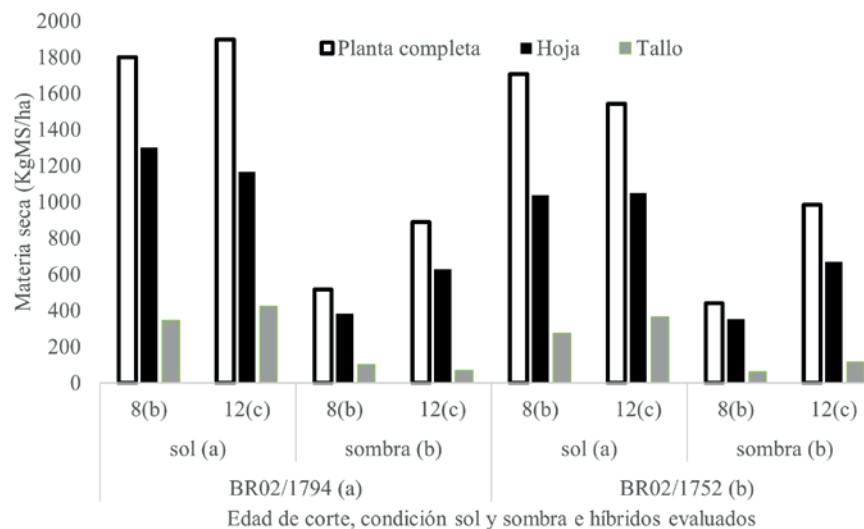
Fuente de Variación	Grados de libertad		Valor de F	Pr>F <sup>1</sup>
	Numerador	Denominador		
Condición	1	4	67.99	0.0012
Edad	2	16	54.09	<.0001
Condición × Edad	2	16	6.99	0.0066
Fecha × Híbrido	1	24	5.79	0.0241
Fecha × Edad	2	24	16.19	<.0001
Fecha × Condición	1	24	129.90	<.0001

<sup>1</sup>Pr>F es la probabilidad de encontrar un valor mayor a la F calculada por el análisis de varianza (significancia de la prueba de F).

**Cuadro 5.** Prueba tipo 3 para efectos fijos sobre la producción de tallos (Kg de MS/ha) en función de la condición (sol o sombra), híbridos, fecha de muestreo, edad de rebrote y las interacciones que alcanzaron significancia.

Fuente de Variación	Grados de libertad		Valor de F	Pr>F <sup>1</sup>
	Numerador	Denominador		
Híbrido	1	4	7.51	0.0519
Edad	2	16	9.42	0.0020
Condición × Edad	2	16	5.20	0.0182
Fecha × Híbrido	1	24	7.26	0.0127
Fecha × Edad	2	24	4.41	0.0233
Fecha × Condición	1	24	16.29	0.0005

<sup>1</sup>Pr>F es la probabilidad de encontrar un valor mayor a la F calculada por el análisis de varianza (significancia de la prueba de F).



**Figura 2.** Producción de materia seca (MS) total, hoja y tallo por hectárea en función de la condición sol o sombra, híbridos y edad de rebrotes. Literales diferentes indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ).

## Discusión

La capacidad productiva de cualquier especie forrajera es el resultado del genotipo ([Miles 2006](#)), la edad de la planta, las condiciones climáticas que se presentan a través del año ([Lara et al. 2010](#); [Garay-Martínez et al. 2017](#)) y el manejo agronómico al que están sometidos ([Cruz-Hernández et al. 2017](#)).

La tolerancia a la sombra es una condición necesaria para aprovechar las ventajas de integrar pasturas con árboles. Dicha tolerancia varía en función de la especie de leñosa y la densidad en que se presentan estas ([Alonso et al. 2006](#)). *Melia azedarach* es una especie arbórea que presenta poco follaje y es decidua, lo que ayuda a que con una densidad relativamente alta (1,000 árboles/ha) las gramíneas sean capaces de presentar una respuesta productiva similar a la obtenida con arbóreas que poseen una copa más densa sembradas a menor densidad.

En el caso del género *Urochloa*, se reconoce que está entre las gramíneas tropicales ( $C_4$ ) que poseen una buena capacidad de adaptación a la sombra y que por tanto puede usarse como componente en sistemas silvopastoriles que involucran plantaciones forestales ([Santiago-Hernández et al. 2016](#); [Oliveira et al. 2022](#); [Santos et al. 2023](#)). Sin embargo, el que se adapte a la sombra no previene que su rendimiento se vea afectado, sino que dicho efecto es menos marcado que en especies no tolerantes, tal como fue observado por [Santiago-Hernández et al. \(2016\)](#) en híbridos de *Urochloa* y las variedades Tanzania y Mombasa de *Megathyrsus maximus* producidos bajo la sombra de una especie de uso forestal, y por [Jácome-Gómez et al. \(2021\)](#) para *Megathyrsus maximus* cv Mombasa que crecía en plantaciones de cítricos. Los datos presentados en la Figura 2 confirman que el rendimiento de biomasa total y de sus componentes en los dos híbridos de *Urochloa* fueron afectados por la sombra de *Melia azedarach* L.

El incremento en la producción de biomasa de forrajes a medida aumenta la edad de rebrote está ampliamente reportado en la literatura ([Garay-Martínez et al. 2018](#); [Martínez et al. 2020](#)). En el caso de pasto Mulato (*Urochloa* híbrido 36061), [Cruz-Hernández \(2010\)](#) observó que la disponibilidad de forraje total se incrementó al alargar el intervalo de pastoreo de 14 a 28 días, pero la tasa de crecimiento foliar tendió a disminuir con la edad de rebrote. Sin embargo, cuando se alcanza temperaturas críticas para el crecimiento de los forrajes tropicales (12–15 °C), no se pueden detectar diferencias debidas a la edad de rebrote, pues bajo esas condiciones se detiene el crecimiento ([Jaime et al. 2019](#)).

La disminución del 28% en la producción de biomasa que mostraron los dos híbridos de *Urochloa* en el período de “Nortes”, coincide con lo observado por [Cruz-Hernández \(2010\)](#), quien atribuyó los menores rendimientos a la combinación de alta nubosidad y baja temperatura que caracterizan a este período, y que crean condiciones sub-óptimas para el crecimiento de gramíneas  $C_4$  ([Moreno et al. 2014](#); [Martínez et al. 2020](#); [Santos et al. 2022](#)).

En este estudio se utilizó 28 días (4 semanas) como la edad de rebrote más corta, la cual puede ser adecuada para estos híbridos cuando crecen en la época de lluvias y con temperatura cálida ([Torres Salado et al. 2020](#)); sin embargo, bajo condiciones de bajas temperaturas como las que se presentan en la época de “Nortes”, parece se requiere al menos 8 semanas de recuperación para obtener el mismo rendimiento ([Garay-Martínez et al. 2017](#)).

Cuando se analizó el rendimiento en los diferentes muestreos se observó que este fue mayor en los de noviembre-diciembre que en los de enero-febrero; en el primero, no solo la temperatura promedio fue mayor (18.5±1.01 vs. 17.2±1.17 °C), sino que además hubo una mayor disponibilidad de humedad. [Martínez et al. \(2020\)](#) observaron un comportamiento similar en otra área de Veracruz (México) trabajando con *Urochloa humidicola*, así como por [Muñoz-González et al. \(2016\)](#) trabajando en Chiapas (México) con *Paspalum notatum*, *U. humidicola*, *U. brizantha* y un híbrido de *Urochloa*.

Sin embargo, este no es el único factor que puede haber incidido en las diferencias observadas en producción de biomasa, pues también puede ser resultado de la menor radiación solar incidente y del área foliar presente para captar dicha radiación ([Obispo et al. 2013](#)). Respecto a esto último debe anotarse que en los muestreos de enero-febrero se presentó una menor producción de hojas, y ésta fue aún menor bajo la sombra de los árboles de *M. azedarach*, lo cual ayuda a explicar el porqué de la menor producción de biomasa bajo esas condiciones. Este efecto también ha sido observado en sistemas silvopastoriles similares al del presente estudio, pero con otras especies de pastos y leñosas, como por ejemplo *Megathyrsus maximus* asociado con *Leucaena leucocephala* ([Alonso et al. 2006](#)) y *Urochloa decumbens* asociado con *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* × *E. grandis*) ([Machado et al. 2020](#)).

[Alonso et al. \(2006\)](#) citan que la producción de biomasa de las gramíneas manejadas en sistemas silvopastoriles depende del nivel de radiación que alcance al componente herbáceo, el cual debe variar en función de las especies leñosas involucradas. En el caso de *U. decumbens*, la

leñosa debe generar un 43% de sombra para que se logre un 95% de intercepción de luz en el estrato pastura. Sin embargo, este objetivo requiere se maneje la densidad de copa de las leñosas ([Machado et al. 2020](#)).

Pero, la menor radiación incidente en el estrato herbáceo afecta también el número de hijatos y el peso de las raíces, todo lo cual redundará en una menor producción de biomasa aérea ([Moscat Faria et al. 2018](#)), e incluso se puede afectar la persistencia del pasto, si no se toman medidas para ajustar la carga animal.

El peso de hojas por hijato obtenido en este estudio para los híbridos BR02/1752 y BR02/1794 creciendo bajo sombra es similar a lo encontrado por Flores-Morales et al. ([2023](#)) para los mismos híbridos ( $0.13 \pm 0.009$  y  $0.12 \pm 0.01$  g, respectivamente) a las dos semanas de edad, creciendo bajo sol y en época de lluvias.

## Conclusiones

Cualquiera de los híbridos evaluados (*Urochloa* CIAT BR02/1752 y CIAT BR02/1794) se puede asociar con *M. azedarach* en un sistema silvopastoril de plantación forestal; sin embargo, debe reconocerse que durante la época de “Nortes” la productividad de las gramíneas va a reducirse por la menor temperatura y luminosidad que caracterizan ese período.

Se recomienda evaluar el sistema silvopastoril *M. azedarach* + *Urochloa* CIAT BR02/1752 bajo pastoreo, para ver la respuesta de dicha gramínea en términos de la disponibilidad de biomasa y calidad nutritiva de la misma, cuando está sometida a la defoliación y al pisoteo ejercidos por los animales.

## Agradecimientos

Se agradece al PAPIIT-DGAPA-UNAM, el apoyo recibido para el proyecto IT201819 del cual el presente ensayo es parte.

## Referencias

(Nota de los editores: Enlaces verificados el 9 de septiembre de 2023).

Alonso J; Febles G; Ruiz TE; 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):503–511. [bit.ly/3RjRzkm](#)

- Araujo DLC; Oliveira ME de; Lopes JB; Alves AA; Rodrigues MM; Moura RL de; Santos MS dos. 2015. Características morfológicas, estruturais e padrões demográficos de perfilhos em pastagem de capim-andropogon sob diferentes ofertas de forragem. *Semina Ciências Agrárias* 36(5):3303–3314. doi: [10.5433/1679-0359.2015v36n5p3303](#)
- Avellaneda-Cevallos JH; Romero-Garaicoa D; Pinargote-Mendoza E; Espinoza-Guerra I; Montañez-Valdez OD; Luna-Murillo R; Zambrano-Montes S; Cabezas-Guerrero F; Quintana-Zamora JG; Vanegas-Ruiz J. 2008. Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. *Revista Ciencia y Tecnología* 1(2):87–94. doi: [10.18779/cyt.v1i2.70](#)
- Buitrago-Guillen ME; Ospina-Daza LA; Narváez-Solarte W. 2018. Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico Museo de Historia Natural* 22(1):31–42. doi: [10.17151/bccm.2018.22.1.2](#)
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2023. Normales Climatológica por Estado-Veracruz. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de México. Accedido el 26 de agosto de 2023. [bit.ly/45Ncz7q](#)
- Cruz-Hernández A; Hernández-Garay A; Aranda-Ibañez EM; Chay-Canul AJ; Márquez-Quiroz C; Rojas-García AR; Gómez-Vázquez A. 2017. Valor nutritivo del pasto Mulato bajo diferentes estrategias de pastoreo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(10):65–72. doi: [10.19136/era.a4n10.883](#)
- Cruz-Hernández A. 2010. Dinámica de crecimiento y valor nutritivo del pasto Mulato, a diferente manejo de pastoreo. Tesis Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México. [hdl.handle.net/10521/332](#)
- Fedrico JK; Benítez V; Santa Cruz R; Posse JP; Santiago Barro R; Hernández J; Mantero C; Morales Olmos V; Silveira ED; Viñoles C. 2018. Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)* 54(209):20–30. doi: [10.29155/vet.54.209.4](#)
- Fragoso RO; Temponi LG; Pereira DC; Guimarães ATB. 2016. Recuperação de área degradada no domínio floresta estacional semidecidual sob diferentes tratamentos. *Ciência Florestal* 26(3):699–711. doi: [10.5902/1980509824194](#)
- Flores-Morales E; López-Garrido SJ; Galicia-Jiménez MM; Ávila-Serrano NY; Camacho-Escobar MA; Arroyo-Ledezma J. 2023. Descripción morfológica de dos cultivares del género *Urochloa* y producción de biomasa por componentes. *Terra Latinoamericana* 41:e1590. doi: [10.28940/terra.v41i0.1590](#)
- Garay-Martínez JR; Cancino SJ; Zárate-Fortuna P; Ibarra-Hinojosa MA; Martínez-González JC; González-Dávila RP; Cienfuegos Rivas EG. 2017. Acumulación de materia seca y concentración de proteína cruda en cultivares de



- Brachiaria* spp. en el trópico húmedo de Ecuador. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales 5(2):66–76. (En inglés). doi: [10.17138/tgft\(5\)66-76](https://doi.org/10.17138/tgft(5)66-76)
- Garay-Martínez JR; Joaquín Cancino S; Estrada-Drouaillet B; Martínez-González JC; Joaquín-Torres BM; Limas-Martínez AG; 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):573–581. doi: [10.19136/era.a5n15.1634](https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1634)
- García E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. México. 3era edición Serie Libros Vol. 6. [bit.ly/44Mgv7g](https://bit.ly/44Mgv7g)
- Gobbi KF; García R; Neto AFG; Pereira OG; Ventrella MC; Rocha GC. 2009. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. Revista Brasileira de Zootecnia 38(9):1645–1654. doi: [10.1590/S1516-35982009000900002](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900002)
- Jácome-Gómez LR; Ramírez-Villalobos MC. 2021. Incidencia del sombreado, biorreguladores y bioestimulante en el desarrollo y rendimiento del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.). Revista de la Facultad de Agronomía Universidad del Zulia. 38(2):382–403. doi: [10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n2.09](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n2.09)
- Jaime A; Rosemberg M; Echevarría M. 2019. Efecto de la edad y estación sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum americanum*) en la costa central. Scientia Agropecuaria 10(1):137–141. doi: [10.17268/sci.agropecu.2019.01.15](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.15)
- Lara C; Oviedo LE; Betancur CA. 2010. Efecto de la época de corte sobre la composición química y degradabilidad ruminal del pasto *Dichanthium aristatum* (Angleton). Zootecnia Tropical 28(2):275–282. [bit.ly/44LeTdV](https://bit.ly/44LeTdV)
- López-Vigoa O; Sánchez-Santana T; Iglesias-Gómez JM; Lamela-López L; Soca-Pérez M; Arece-García J; Milera-Rodríguez MC. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. Pastos y Forrajes 40(2):83–95. [bit.ly/3PcddEC](https://bit.ly/3PcddEC)
- Maass BL; Midega CAO; Mutimura M; Rahetlah VB; Salgado P; Kabirizi JM; Ghimire SR; Rao IM. 2015. Homecoming of *Brachiaria*: Improved hybrids prove useful for African animal agriculture. East African Agricultural and Forestry Journal 81(1):71–78. doi: [10.1080/00128325.2015.1041263](https://doi.org/10.1080/00128325.2015.1041263)
- Machado VD; Fonseca DM da; Lima MA; Martuscello JA; Paciullo DCS; Chizzotti FHM. 2020. Grazing management strategies for *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster in a silvopastoral system under rotational stocking. Grass and Forage Science 75(3):266–278. doi: [10.1111/gfs.12491](https://doi.org/10.1111/gfs.12491)
- Martínez D; Enríquez JF; Esqueda VA; Ortega E. 2020. Recambio de tejido de hojas en *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de la defoliación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 24(Especial):47–48. doi: [10.29312/remexca.v0i24.2357](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2357)
- Mauricio RM; Ribeiro RS; Paciullo DSC; Cangussú MA; Murgueitio E; Chará J; Flores Estrada MX. 2019. Silvopastoral Systems in Latin America for Biodiversity, Environmental, and Socioeconomic Improvements. En: Lemaire G; Faccio PC; Kronberg S; Recous S, eds. Agroecosystem Diversity. Academic Press. Reino Unido. Pp. 287–297. doi: [10.1016/B978-0-12-811050-8.00018-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00018-2)
- Miles JW. 2006. Mejoramiento genético en *Brachiaria*: objetivos, estrategias, logros y proyecciones. Pasturas Tropicales 28(1):26–30. [bit.ly/45NdLYs](https://bit.ly/45NdLYs)
- Moreno LSB; Pedreira CGS; Boote KJ; Alves RR. 2014. Base temperature determination of tropical *Panicum* spp. grasses and its effects on degree-day-based models. Agricultural and Forest Meteorology 186:26–33. doi: [10.1016/j.agrformet.2013.09.013](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.09.013)
- Moscat Faria B; Frota Morenz MJ; Campos Paciullo DS; Ferraz Lopes FC; de Miranda Gomide CA. 2018. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. Revista Ciência Agronômica 49(3):529–536. doi: [10.5935/1806-6690.20180060](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180060)
- Muñoz-González JC; Huerta-Bravo M; Lara Bueno A; Rangel Santos R; de la Rosa Arana JL. 2016. Producción de materia seca de forrajes en condiciones de Trópico Húmedo en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 16(Especial):3329–3341. doi: [10.29312/remexca.v0i16.400](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i16.400)
- Mwendia SW; Odhiambo R; Juma A; Mwangi D; Notenbaert A. 2021. Performance of *Urochloa* and *Megathyrus* forage grasses in smallholder farms in Western Kenya. Frontiers in Sustainable Food Systems 5:719655. doi: [10.3389/fsufs.2021.719655](https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.719655)
- Obispo NE; Espinoza Y; Gil JL; Ovalles F; Cabrera E; Pérez MJ. 2013. Relación de la proporción de sombra en el potrero con el rendimiento, calidad del forraje y ganancia diaria de peso en novillos. Revista Científica 23(6):531–536. [bit.ly/3EzsYjW](https://bit.ly/3EzsYjW)
- Oliveira AF de; Menezes GL; Goncalves LC; Araujo VE de; Ramirez MA; Júnior RG; Jayme DG; Lana AMQ. 2022. Pasture traits and cattle performance in silvopastoral systems with *Eucalyptus* and *Urochloa*: Systematic review and meta-analysis. Livestock Science 262:104973. doi: [10.1016/j.livsci.2022.104973](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104973)
- Oliveira GL de; Oliveira ME de; Macêdo EO; Andrade AC; Edvan RL. 2020. Effect of shading and canopy height on pasture of *Andropogon gayanus* in silvopastoral system. Agroforestry Systems 94(3):953–962. doi: [10.1007/s10457-019-00458-5](https://doi.org/10.1007/s10457-019-00458-5)
- Parsons A; Edwards GR; Newton P; Chapman DF; Caradus J; Rasmussen S; Rowarth J. 2010. Past lessons and future prospects: plant breeding in cool temperate pastures.

- En: Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium. 31st August–2nd September, Christchurch, New Zealand. Pp 272–291.
- Phelps LN; Kaplan JO. 2017. Land use for animal production in global change studies: Defining and characterizing a framework. *Global Change Biology* 23(11):4457–4471. doi: [10.1111/gcb.13732](https://doi.org/10.1111/gcb.13732)
- Pompeu RCFF; Cândido MJD; Neiva JNM; Rogério MCP; Benevides YI; Oliveira BCM de. 2009. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia sob lotação rotativa com quatro níveis de suplementação concentrada. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(5):809–817. doi: [10.1590/S1516-35982009000500005](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000500005)
- Ramírez-Reynoso O; Hernández-Garay A; Silva SC da; Pérez Pérez J; Junior SJS; Castro-Rivera R; Enríquez-Quiroz JF. 2010. Características morfológicas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12(2):303–311. [bit.ly/3sJPWCd](https://bit.ly/3sJPWCd)
- Sánchez JM. 2011. *Melia azedarach* L. Árboles ornamentales. [bit.ly/3ZezGWb](https://bit.ly/3ZezGWb)
- Sánchez-Mendoza B; Flores Villalva S; Rodríguez Hernández E; Anaya Escalera AM; Contreras Contreras EA. 2020. Causas y consecuencias del cambio climático en la producción pecuaria y salud animal. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 11(Supl 2):126–145. doi: [10.22319/rmcp.v11s2.4742](https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4742)
- Santiago-Hernández F; López-Ortiz S; Ávila-Reséndiz C; Jarillo-Rodríguez J; Pérez-Hernández P; Guerrero-Rodríguez JD. 2016. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrus* to shade from *Melia azedarach* L. *Agroforestry Systems* 90(2):339–349. doi: [10.1007/s10457-015-9858-y](https://doi.org/10.1007/s10457-015-9858-y)
- Santos CA dos; Oliveira AF de; Moreira EDS; Gonçalves LC; Viana MCM, Neto MMG, Lana AMQ. 2023. Influence of shade on productivity and nutritional value of *Urochloa decumbens* in silvopastoral systems using different spatial arrangements of eucalyptus cultivars. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 11(2):169–82. doi: [10.17138/tgft\(11\)169-182](https://doi.org/10.17138/tgft(11)169-182)
- Santos ML dos; Santos PM; Boote KJ; Pequeno DNL; Barioni LG; Cuadra SV; Hoogenboom G. 2022. Applying the CROPGRO Perennial Forage Model for long-term estimates of Marandu palisadegrass production in livestock management scenarios in Brazil. *Field Crops Research* 286:108629. doi: [10.1016/j.fcr.2022.108629](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108629)
- Soares AB; Sartor LR; Adami PF; Varella AC; Fonseca L; Mezzalana JC. 2009. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(3):443–451. doi: [10.1590/S1516-35982009000300007](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300007)
- SAS (Statistical Analysis Systems). 2013. User's Guide Version 9.4. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC. p. 556.
- Steinfeld H; Gerber P; Wassenaar T; Castel V; Rosales M; de Haan C. 2006. La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones. La Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 489 p. [bit.ly/3Pazi6t](https://bit.ly/3Pazi6t)
- Torres Salado N; Moctezuma Villar M; Rojas García AR; Maldonado Peralta MÁ; Gómez Vázquez A; Sánchez Santillán P. 2020. Comportamiento productivo y calidad de pastos híbridos de *Urochloa* y estrella pastoreados con bovinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 24(Especial):35–46. doi: [10.29312/remexca.v0i24.2356](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2356)
- Van Den Pol-Van Dasselaar A. 2017. EIP-AGRI Focus Group Grazing for carbon. Starting Paper. [bit.ly/45JpBDd](https://bit.ly/45JpBDd)

(Recibido para publicación 31 julio 2022; aceptado 29 agosto 2023; publicado 30 de septiembre 2023)

© 2023



*Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* una revista de acceso abierto publicada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en asociación con el Instituto de Recursos Genéticos de Cultivos Tropicales de la Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales (TCGRI-CATAS). Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).