

## Biomasa aérea y composición química de pastos *Urochloa* a diferente edad de crecimiento en trópico húmedo

### Aboveground biomass and chemical composition of *Urochloa* grasses at different growth ages in the humid tropics

Joel Ventura-Ríos<sup>1</sup> , María de los Ángeles Maldonado-Peralta<sup>2</sup> , Mario Alberto Santiago-Ortega<sup>3</sup> , Alejandro García-Salas<sup>1</sup> , Adelaido Rafael Rojas-García<sup>4\*</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, CP. 25315. Saltillo Coahuila, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica, Campus Cruz Grande, CP. 41800. Guerrero, México.

<sup>3</sup>Centro de Desarrollo Tecnológico Tantakin Km 4.5 Carretera Tzucacab - Escondido Tzucacab, CP. 97960. Yucatán, México.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, CP. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

\*Autor de correspondencia: rogarcia@uagro.mx

#### Artículo científico

Recibido: 19 de marzo 2024

Aceptado: 29 de noviembre 2024

**RESUMEN.** Los pastos del género *Urochloa* producen altos rendimientos de biomasa y su valor nutricional es aceptable para la alimentación de rumiantes. El objetivo fue evaluar la biomasa de tres variedades de pasto del género *Urochloa* y determinar la mejor fuente de forraje con base a su composición química y rendimiento de biomasa bajo un clima cálido subhúmedo. El trabajo se realizó durante el 2020 en Isla, Veracruz, Méx. Se evaluó la producción anual de biomasa y la composición química en cuatro edades de rebrote [ER; 30, 60, 90 y 120 d después del rebrote (DDR)]. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas, donde: la parcela grande fue el genotipo y la parcela chica fue la edad de rebrote (30, 60, 90 y 120) con tres repeticiones. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) usando del procedimiento GLM/SAS y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). El contenido de biomasa, hemicelulosas, lignina y cenizas fue mayor ( $p \leq 0.05$ ) a 120 DDR, siendo de 19.5 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; 21.2, 7.0 y 12.2%, para el pasto Humidicola, respectivamente, mientras que celulosa fue mayor en el pasto Toledo 41.1%. La proteína cruda y fibra detergente ácido ( $p \leq 0.05$ ) fue mayor a 30 DDR, siendo de 10 y 42.4% para Cayman y Humidicola, respectivamente. Humidicola, a los 90 DDR presentó el mayor valor de fibra detergente neutro (66.2%,  $p \leq 0.05$ ), mientras que el extracto etéreo no fue diferente entre cultivares ( $p \geq 0.05$ ). De acuerdo con el rendimiento de biomasa y la composición química, el pasto Humidicola es un forraje de alta calidad para rumiantes en condiciones tropicales.

**Palabras clave:** Gramínea, forraje, valor nutricional.

**ABSTRACT.** *Urochloa* grasses produce high biomass yields and their nutritional value is acceptable for ruminant feeding. The objective of this research was to evaluate the biomass of three *Urochloa* grasses (Cayman, Humidicola and Toledo) and to determine the best forage source based on their chemical composition and biomass yield under a warm subhumid climate. The work was carried out in 2020 in Isla, Veracruz, Mex. Annual biomass production and chemical composition were evaluated at four regrowth ages [RA; 30, 60, 90, and 120 d after regrowth (DAR)]. A completely randomized block experimental design with a split-plot arrangement was used, where: the large plot was the genotype and the small plot was the regrowth age (30, 60, 90, and 120) with three repetitions. The data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) using the GLM/SAS procedure and the treatment means were compared with the Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ). The biomass, hemicelluloses, lignin, and ash content was higher ( $p \leq 0.05$ ) at 120 DDR, being 19.5 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>; 21.2, 7.0 and 12.2%, for Humidicola grass, respectively, while cellulose was higher in Toledo grass 41.1 %. Crude protein and acid detergent fiber ( $p \leq 0.05$ ) were higher than 30 DDR, 10% and 42.4% for Cayman and Humidicola, respectively. Humidicola, at 90 DDR, presented the highest value of neutral detergent fiber (66.2%,  $p \leq 0.05$ ), while the ether extract was not different between cultivars ( $p \geq 0.05$ ). According to biomass yield and chemical composition, Humidicola grass is a high-quality forage for ruminants in tropical conditions.

**Keywords:** Grass, forage, nutritional value.

**Como citar:** Ventura-Ríos J, Maldonado-Peralta M de los A, Santiago-Ortega MA, García-Salas A, Rojas-García AR (2024) Biomasa aérea y composición química de pastos *Urochloa* a diferente edad de crecimiento en trópico húmedo. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. IV: e4073. DOI: 10.19136/era.a11nIV.4073.

## INTRODUCCIÓN

En México, la región tropical ocupa aproximadamente 55 millones de hectáreas, donde se han introducido variedades del género *Urochloa*, antes *Brachiaria* (Cook y Schultze- Kraft 2015) para la alimentación animal, con el objetivo de incrementar la producción de carne y/o leche. En la zona tropical existe una amplia gama de agroecosistemas que permite producir animales bajo condiciones de pastoreo con praderas de gramíneas o asociadas con leguminosas o solamente leguminosas aprovechadas como bancos de proteína (Rusdy *et al.* 2019).

Los pastos del género *Urochloa*, son de gran importancia en la producción de forrajes en zonas tropicales y en América Tropical, ocupan más de 80 millones de hectáreas (Boddey *et al.* 2004). El pasto Cayman (*U.* híbrido cv. CIAT BR 02/1752), *U.* *humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga y Toledo (*U.* *brizantha*), son pastos que presentan características productivas deseables como: mayor rendimiento de materia seca por unidad de superficie, acumulando de 4.2 a 12.6 t ha<sup>-1</sup>; contenido de PC de 5.8 a 9.1% (Hare *et al.* 2015) y digestibilidad de la materia orgánica del 67% (Da-Silva *et al.* 2020), así como, excelente adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas, donde destaca su adaptación desde el nivel del mar hasta 2 000 msnm y su persistencia en la pradera hasta por 15 años (Baptistella *et al.* 2020, Soares *et al.* 2018), por todo ello, estos pastos pueden ser una alternativa para la producción de forraje e incrementar los niveles de producción de carne y leche en zonas tropicales (Almeida *et al.* 2002).

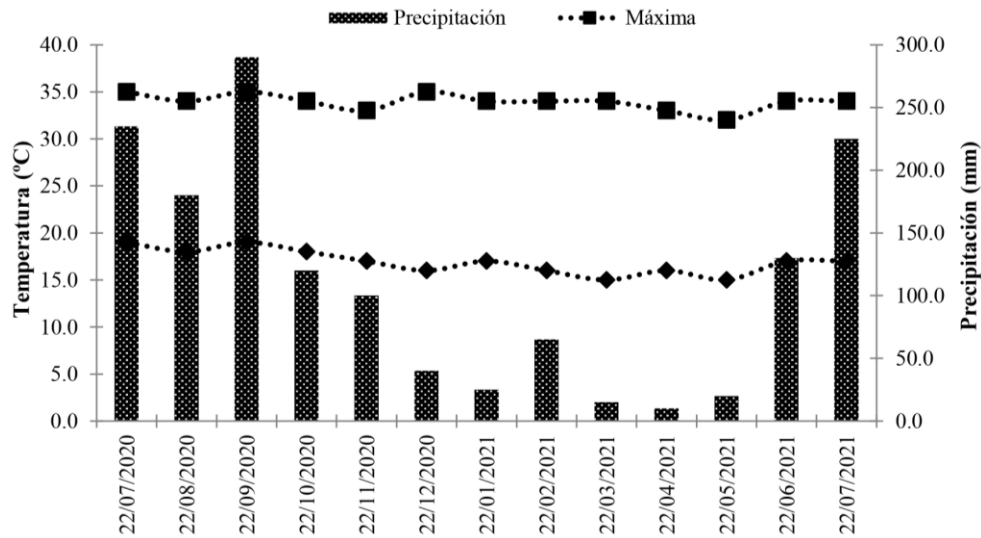
Debido a su hábito de crecimiento erecto, tallos amacollados y decumbentes, semierecto y en ocasiones cespitosos y su calidad nutricional, los pastos del género *Urochloa*, son importantes en la producción animal. Al respecto, al evaluar 10 especies de pastos tropicales, Vendramini *et al.* (2010) reportaron que, pasto Mulato II (*Urochloa* híbrido) puede alcanzar hasta el 67% de digestibilidad *in vitro*. En este sentido, se han reportado valores de 64 a 70% para la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica y valores de 10 a 18% para proteína cruda (Inyang *et al.* 2010). En México, se han evaluado cultivares del género *Urochloa* desde el punto de vista agronómico (Calzada-Marín *et al.* 2019, Torres *et al.* 2020) y comportamiento de la curva del crecimiento (Rojas-García *et al.* 2018), rendimiento de materia seca (Garay *et al.* 2020) y composición química del ensilado (González *et al.* 2020), sin embargo, la información de producción de biomasa, composición química y su impacto en la producción animal para producción de carne o leche, sigue siendo limitada (Ventura-Ríos *et al.* 2021). El objetivo de la presente investigación fue evaluar el rendimiento de biomasa y valor nutritivo de tres pastos del género *Urochloa* (Cayman, Humidicola y Toledo) a diferente edad de rebrote (ER).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el Sitio Experimental "Papaloapan" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Veracruz, México, Los trabajos iniciaron el 22 de julio de 2020 y finalizaron el 28 de agosto del 2021. El Campus "Papaloapan" está ubicado a 18° 06' LN y 95° 31' LO y 65 msnm. El clima se clasifica como Aw, cálido subhúmedo,

con 80% de la lluvia estacional en verano, donde los datos históricos (40 años) de precipitación anual y temperatura promedio fueron 1142 mm y 25.8 °C (García 2004). En un análisis de suelo realizado por Rueda *et al.* (2016), reportaron que el suelo presente en la zona es acrisol órtico con textura franco-arenosa, baja en materia orgánica (0.34%), pH ácido (3.5), bajo nivel de N inorgánico, y adecuados niveles de Fe, Zn, Mn y P (57, 1.6, 4.4 y 55 mg kg<sup>-1</sup>). Durante la investigación la precipitación acumulada fue de 1 468 mm y temperatura máxima y mínima de 35 y 17 °C, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Comportamiento de la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima durante la fase de muestreo en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz.

### Manejo de los pastos y tratamientos

La siembra se efectuó el 22 de julio de 2020, se sembraron tres pastos del género *Urochloa*: Cayman (*U. híbrido* cv. CIAT BR02/175), Humidicola (*U. humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga) y Toledo (*U. brizantha*) a razón de 10 kg ha<sup>-1</sup> de semilla pura y viable, la cual fue proporcionada por la empresa Papalotla. El suelo se preparó con barbecho y dos pasadas de rastra y se surcó a 0.50 m de distancia. Las parcelas experimentales se establecieron en 5 m × 16 m, con tres repeticiones. Se aplicó fertilizante granulado con 120-80-00 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O a los 43 y 112 días después de la siembra de forma manual. Previo al muestreo, se realizó un corte de uniformidad 32 días después de la siembra (23 de agosto) con machetes a una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo. El muestreo y la fertilización se realizaron por la mañana durante todo el experimento. El experimento concluyó el 28 de agosto de 2021. Se establecieron como tratamientos cuatro frecuencias de corte: intervalo de 30, 60, 90 y 120 días, considerando 12, 6, 4 y 3 muestreos respectivamente, para cada intervalo de corte durante un año.

### Variables evaluadas

La acumulación de biomasa se determinó por unidad de superficie para cada edad de rebrote (ER) 30, 60, 90 y 120 días después del corte de uniformidad en muestreos destructivos por un año. En cada parcela se lanzó al azar en cinco ocasiones, un marco cuadrado de metal de 1 m<sup>2</sup> y se cortó el forraje total (planta entera) a 20 cm de altura, dejando área foliar remanente para la recuperación

de la planta. La biomasa cosechada, se pesó en una balanza Ohaus® de precisión y previamente calibrada con capacidad de 6.2 kg ± 0.1 g (GT-4000®; TEquipment, NJ, EE. UU.). La submuestra se pesó y se secó en una estufa de convección forzada (FE-243A; Felisa®, México, Méx.), a 55 °C durante 72 h y se calculó la MS. Las muestras secas se trituraron en un molino Wiley® con malla de 1 mm (Arthur H. Tomas, Philadelphia, PA, EE. UU.) y se tamizaron con mallas 40 (0.42 - 1.00 mm) y 60 (0.25 - 0.42 mm). Estas fueron utilizadas para las determinaciones químicas.

Las muestras incineradas (2 h a 600 °C) se usaron para obtener el contenido de materia orgánica y cenizas de acuerdo con la Norma ASTM D 1102-84 (ASTM 2012). La proteína cruda (PC) se determinó por el método Kjeldahl ( $N \times 6.25$ ) y el extracto etéreo se evaluó con el extractor Soxhlet (AOAC 1990). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.* 1991) y lignina detergente ácido (LDA) (Goering y Van Soest 1970) se utilizó un analizador de fibras ANKOM200® (Ankom Technology, Fairport, NY, EE. UU.), con bolsas filtro Ankom® F57 con un tamaño de poro de 30 µm. La celulosa (CL) y hemicelulosas (HC) se calcularon mediante la siguiente fórmula: CL = FDA - LDA mientras que HC = FDN - FDA, respectivamente.

Para probar el efecto del genotipo y la frecuencia de corte sobre las variables de estudio, se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas, donde: la parcela grande fue el genotipo y la parcela chica fue la edad de rebrote (30, 60, 90 y 120) con tres repeticiones. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) usando del procedimiento GLM/SAS. Las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), utilizando SAS para Windows versión 9.3 (SAS 2016).

## RESULTADOS

### Rendimiento de biomasa

La producción de biomasa se incrementó conforme la planta avanzó en su edad fenológica, el mayor rendimiento de biomasa la produjo el pasto Humidicola en la edad de rebrote a 120 días ( $19.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), la cual fue diferente estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) y superior en 55, 32 y 5% a las edades de 30, 60 y 90 días, respectivamente (Tabla 1).

**Tabla 1.** Rendimiento de forraje de tres pastos del género *Urochloa* a diferentes edades de rebrote.

Variable	Edad de rebrote (días)	Pastos			Media	EEM <sup>†</sup>
		Cayman	Humidicola	Toledo		
Biomasa ( $\text{t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ )	30	7.1 <sup>Cy</sup>	12.6 <sup>Ay</sup>	11.2 <sup>By</sup>	10.3	0.007
	60	8.4 <sup>Cy</sup>	14.8 <sup>Ay</sup>	11.9 <sup>By</sup>	11.7	0.007
	90	9.9 <sup>By</sup>	18.6 <sup>Ax</sup>	15.1 <sup>Bx</sup>	14.5	0.006
	120	11.8 <sup>Bx</sup>	19.5 <sup>Ax</sup>	15.6 <sup>Bx</sup>	15.6	0.010

ABCxyz Medias con letra mayúscula diferente en una hilera y letra minúscula diferente en una columna, son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ). <sup>†</sup>EEM = error estándar de la media.

## Composición química de la pared celular

La FDN, se encontró en mayor concentración en el pasto Humidicola, el cual, fue estadísticamente diferente ( $p \leq 0.05$ ) en todas las ER evaluadas (Tabla 2), superando en 2.2 y 5% a los pastos Toledo y Cayman, respectivamente, en la ER de 120 días. Por otro lado, la FDA, en promedio fue mayor en la ER de 90 d (44.7%), donde el cultivar Toledo mostró el mayor contenido (46.1%,  $p \leq 0.05$ ), superando en 5 y 4.2% a los pastos Humidicola y Cayman, respectivamente (Tabla 2). Así también, el contenido de Lignina Detergente Ácida (LDA) en promedio fue mayor en la ER de 120 días (5.7%), donde la mayor concentración de este compuesto fue en pasto Humidicola (7.0%) el cual, fue diferente ( $p \leq 0.05$ ) y superior en 46 y 34.6% para los pastos Toledo y Cayman, respectivamente (Tabla 2).

**Tabla 2.** Contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina digestible en ácido (LDA) de tres pastos del género *Urochloa* a diferentes edades de rebrote.

Variable	Edad de rebrote (días)	Pastos			Media	EEM <sup>†</sup>
		Cayman	Humidicola	Toledo		
FDN	30	53.3 <sup>Cy</sup>	62.5 <sup>Ax</sup>	57.3 <sup>By</sup>	57.7	0.23
	60	56.3 <sup>Cy</sup>	64 <sup>Ax</sup>	59.1 <sup>By</sup>	59.8	0.17
	90	62.2 <sup>Bx</sup>	66.2 <sup>Ax</sup>	62.2 <sup>Bx</sup>	63.5	0.11
	120	61.9 <sup>Cx</sup>	65 <sup>Ax</sup>	63.6 <sup>Bx</sup>	63.6	0.16
FDA	30	35.9 <sup>Cy</sup>	42.4 <sup>Ax</sup>	39.9 <sup>By</sup>	39.4	0.14
	60	37.5 <sup>Cy</sup>	42.1 <sup>Ax</sup>	40.9 <sup>By</sup>	40.2	0.14
	90	44.2 <sup>Bx</sup>	43.9 <sup>Bx</sup>	46.1 <sup>Ax</sup>	44.7	0.15
	120	43.2 <sup>Ax</sup>	44.3 <sup>Ax</sup>	45.3 <sup>Ax</sup>	44.2	0.12
LDA	30	6.1 <sup>Ax</sup>	4.9 <sup>Ay</sup>	4.9 <sup>Ax</sup>	5.3	0.13
	60	5 <sup>Ay</sup>	5.1 <sup>Ay</sup>	5.4 <sup>Ax</sup>	5.2	0.16
	90	6.2 <sup>Ax</sup>	5.3 <sup>Ay</sup>	4.9 <sup>Ax</sup>	5.5	0.12
	120	5.2 <sup>By</sup>	7 <sup>Ax</sup>	4.8 <sup>Cx</sup>	5.7	0.16

ABCxyz: Medias con letra mayúscula diferente en una hilera y letra minúscula diferente en una columna, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ). †EEM = error estándar de la media.

## Contenido de proteína cruda y azúcares estructurales

La PC fue mayor en edades tempranas del rebrote, por ejemplo, a 30 días el contenido fue de 9.4% en promedio, donde el pasto Cayman (10%) mostró la mayor concentración y fue diferente estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) a los demás pastos, superando en 39 y 20% a los pastos Humidicola y Toledo, respectivamente (Tabla 3). En promedio el mayor contenido de celulosa se encontró en la ER de 90 días (40%), donde el pasto Toledo mostró el mayor contenido (41.8%) y fue diferente ( $p \leq 0.05$ ) a los demás materiales evaluados. El pasto Toledo, superó en 6.6 y 39% al pasto Humidicola y Cayman, respectivamente (Tabla 3). Por otro lado, la edad de rebrote de 90 días del pasto Humidicola mostró el mayor contenido de hemicelulosas (23.1%), el cual, fue diferente ( $p \leq 0.05$ ) y superior en 23 y 36% a los pastos Cayman y Toledo, respectivamente.

**Tabla 3.** Contenido de proteína cruda, celulosa y hemicelulosas de tres pastos del género *Urochloa* a diferentes edades de rebrote.

Variable	Edad de rebrote (días)	Pastos			Media	EEM <sup>†</sup>
		Cayman	Humidicola	Toledo		
Proteína Cruda	30	10 <sup>Ax</sup>	7.2 <sup>Cx</sup>	8.3 <sup>Bx</sup>	9.4	0.13
	60	7.1 <sup>Ay</sup>	7.3 <sup>Ax</sup>	7.1 <sup>Ax</sup>	7.2	0.13
	90	6 <sup>Ay</sup>	6.9 <sup>Ax</sup>	5.9 <sup>Ay</sup>	6.4	0.15
	120	5.1 <sup>Ay</sup>	5.9 <sup>Ax</sup>	4.8 <sup>Ay</sup>	6.6	0.17
Celulosa	30	31.1 <sup>Cy</sup>	38.1 <sup>Ax</sup>	35.4 <sup>By</sup>	34.8	0.15
	60	32.9 <sup>Cy</sup>	38.3 <sup>Ax</sup>	35.1 <sup>By</sup>	35.5	0.14
	90	30 <sup>Cy</sup>	39.2 <sup>Bx</sup>	41.8 <sup>Ax</sup>	40	0.19
	120	38 <sup>Bx</sup>	38.2 <sup>Bx</sup>	41.1 <sup>Ax</sup>	39.1	0.13
Hemicelulosas	30	18.2 <sup>Bx</sup>	21 <sup>Ax</sup>	17.2 <sup>Bx</sup>	18.8	0.15
	60	19 <sup>Bx</sup>	22.2 <sup>Ax</sup>	19.1 <sup>Bx</sup>	20.1	0.17
	90	18.8 <sup>Bx</sup>	23.1 <sup>Ax</sup>	17 <sup>Cx</sup>	19.6	0.17
	120	18.9 <sup>Bx</sup>	21.2 <sup>Ax</sup>	18.9 <sup>Bx</sup>	19.7	0.17

ABCxyz Medias con letra mayúscula diferente en una hilera y letra minúscula diferente en una columna, son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ). †EEM = error estándar de la media.

### Contenido de extracto etéreo y cenizas

En promedio el contenido de extracto etéreo fue mayor en la ER de 60 d (2.2%), donde, el menor contenido se encontró en el pasto Toledo (1.3%) y fue diferente ( $p \leq 0.05$ ) a los demás cultivares (Tabla 4). El mayor contenido de cenizas se encontró en etapas tempranas, la ER de 30 d (10.4%) en promedio presentó el valor mayor, donde el pasto Cayman (12.1%) mostró el mayor contenido y fue diferente ( $p \leq 0.05$ ) y superior en 36 y 18.6% a los pastos Humidicola y Toledo, respectivamente.

**Tabla 4.** Contenido de extracto etéreo y cenizas de tres pastos del género *Urochloa* a diferentes edades de rebrote.

Variable	Edad de rebrote (días)	Pastos			Media	EEM <sup>†</sup>
		Cayman	Humidicola	Toledo		
Extracto Etéreo	30	2.1 <sup>Ax</sup>	2.3 <sup>Ax</sup>	2.2 <sup>Ax</sup>	2.1	0.14
	60	2.3 <sup>Ax</sup>	2.2 <sup>Ax</sup>	1.3 <sup>By</sup>	2.2	0.11
	90	2.1 <sup>Ax</sup>	2.1 <sup>Ax</sup>	1.8 <sup>By</sup>	2.1	0.20
	120	2 <sup>Ax</sup>	1.8 <sup>Ax</sup>	1.4 <sup>Ay</sup>	1.9	0.12
Cenizas	30	12.1 <sup>Ax</sup>	8.9 <sup>Cy</sup>	10.2 <sup>Bx</sup>	10.4	0.14
	60	10 <sup>Ay</sup>	8.3 <sup>By</sup>	9.1 <sup>Ax</sup>	9.1	0.12
	90	9.3 <sup>Az</sup>	8.3 <sup>Ay</sup>	9.2 <sup>Ax</sup>	8.9	0.17
	120	8.2 <sup>Bz</sup>	12.2 <sup>Ax</sup>	7.2 <sup>Cy</sup>	9.2	0.14

ABCxyz Medias con letra mayúscula diferente en una hilera y letra minúscula diferente en una columna, son estadísticamente diferentes (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ). †EEM = error estándar de la media.

## DISCUSIÓN

### Rendimiento de biomasa

La producción de biomasa es variable para cada edad de rebrote, dado que depende del ambiente y factores ecofisiológicos de la planta, siendo la temperatura y humedad, quienes determinan dicha variable a través del año. Al respecto, Santiago *et al.* (2016) reportaron valores de 11.1 y 20.7 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en pasto Toledo (*U. brizantha*) a 30 y 120 días, respectivamente. Al respecto, Rojas-García *et al.* (2018) reportaron rendimientos de 2.5 t ha<sup>-1</sup> a los 56 días de rebrote en el pasto Cobra (*U. híbrido* BR02/1794), en el trópico seco del estado de Guerrero, los autores concluyeron que el rendimiento de forraje puede modificarse dependiendo del manejo de la pradera como es la frecuencia o intensidad de pastoreo, independientemente de la época del año.

### Composición química de la pared celular

La composición química de la pared celular (celulosa, hemicelulosas y lignina) sufre cambios en su estructura a medida que aumenta la edad de rebrote (Ventura *et al.* 2023), la intensidad y frecuencia de pastoreo (Cruz *et al.* 2017a), adición de fertilizantes, precipitación y radiación solar (Da-Silva *et al.* 2013) modifican tanto, la producción de biomasa, como el valor nutricional. Al respecto, Rojas-García *et al.* (2018) reportaron valores de 63.7 a 73.6% de FDN para el pasto Cobra, sin la adición de fertilizantes, en contraparte, Alves *et al.* (2014) reportaron valores de 63.7 y 66.4% de FDN para *U. brizantha* cvs. Piatá y Xaraés, respectivamente, bajo la adición de fertilizantes. Conforme avanza la madurez la madurez fisiológica, los cambios que sufren los pastos tropicales radican en su proceso metabólico, ya que las plantas C<sub>4</sub> son más eficientes que las plantas C<sub>3</sub>, sobre todo cuando las concentraciones del CO<sub>2</sub> son bajas y las temperaturas altas y el agua escasa; estas condiciones ambientales limitan el intercambio de gases a través de los estomas, lo que permite a la planta ser más eficiente y modificar su pared estructural primaria y secundaria con mayor velocidad (Carroll y Somerville 2009).

El contenido de celulosa y lignina (FDA) reportado por Cruz *et al.* (2017) fue de 26 y 40% durante época de sequía y lluvias, respectivamente en pasto Mulato (*Urochloa* spp.); similarmente, Alves *et al.* (2014) reportaron valores de 36 y 45% de FDA para el pasto *U. decumbens* durante el primero y cuarto muestreo, respectivamente. Los valores reportados en estos estudios son similares a los del presente experimento, donde los cambios en la pared celular son muy marcados a medida que la planta avanza en su madurez fisiológica. En las paredes celulares secundarias de las gramíneas, la lignina contribuye a la rigidez y naturaleza hidrófoba de células especializadas que brindan soporte mecánico y coadyuvan en el transporte de agua y como se ha documentado, este compuesto es variable en plantas C<sub>3</sub> versus C<sub>4</sub> (van-der-Weijde *et al.* 2013). En este sentido, al evaluar dos cultivares del género *U. brizantha*, Previdelli *et al.* (2018) reportaron concentraciones de 4.9% en el cv. Paiaguás y 5.3% en el cv. Piatá, mientras que, Jančík *et al.* (2008) reportaron valores de 2.2% en pastos tropicales. En el presente estudio, el promedio fue de 5.2 % en la ER de 60 d y 5.7% en la ER de 120 días, el cual, coincide con lo reportado por Previdelli *et al.* (2018), pero difiere con lo reportado con Wongwatanapaiboon *et al.* (2012) quienes encontraron 4.5% en el pasto Ruzi (*U. ruziziensis*).

## Contenido de proteína cruda y azúcares estructurales

La etapa de madurez al corte o las edades de rebrote se ha demostrado que son los principales factores que afectan el valor nutritivo de las plantas forrajeras (Mandevbu *et al.* 1998); como en la presente investigación, se observa una reducción en el contenido de proteína cruda del 50, 18 y 42% al pasar de la ER de 30 a 120 días, en pasto Cayman, Humidicola y Xaraés, respectivamente. Mientras que Vendramini *et al.* (2012) no encontraron diferencias ( $p > 0.10$ ) en el contenido de proteína cruda (13.1 y 13.7% en el primer año y 10 y 10.7% en el segundo año en pasto Mulato II *versus* Tifton 85 cortados cada 5 o 6 semanas a una altura de 10 cm sobre nivel del suelo, respectivamente. Por otro lado, Almeida *et al.* (2002) reportaron resultados similares y encontraron valores máximos durante la época de lluvia de 9.7% *versus* 8.9% en época de seca. En otro estudio, al evaluar el cultivar Mulato II a diferentes frecuencias (21 y 28 días) e intensidades (ligero 17-20 cm y severo 22-25 cm) de pastoreo durante tres épocas del año (lluvias, nortes y sequía), Cruz-Sánchez *et al.* (2018) encontraron que el contenido de proteína cruda disminuyó de 14.4 a 9.5% al ampliar la frecuencia del pastoreo de 21 a 28 días durante las épocas de seca y lluvias, respectivamente. Los valores obtenidos de proteína en este experimento, independientemente de los pastos y edades de rebrote, son relativamente bajos en comparación a los obtenidos en otros estudios, dado que la biomasa analizada en el presente estudio fue de planta completa y no por componentes morfológicos (Ventura *et al.* 2019).

Las matrices de la pared celular son compuestos bastantes complejos, principalmente porque están formados de polisacáridos estructurales donde la celulosa (hexosas) se ensambla en matrices con compuestos fenólicos formando un compuesto altamente complejo, difícil de romper y comprender en su estructura química (Hatfield *et al.* 2017). El compuesto de azúcares estructurales es variable y la celulosa se puede encontrar en gramíneas en rangos de 21 a 49% (van-der-Weijde *et al.* 2013). En trabajos previos, Wongwatanapaiboon *et al.* (2012) reportaron 34.5% en pasto Ruzi (*U. ruziziensis*), mientras que, Santiago *et al.* (2016) reportaron 42% en pasto Toledo (*U. brizantha*). En este sentido, Previdelli *et al.* (2018) reportaron 25.4% en promedio para los pastos Paiaguás y Piatá, respectivamente. Los resultados obtenidos en investigaciones previas son similares a los del presente experimento, ya que, en promedio se encontró 34.8 a 40% a diferentes edades de rebrote. En la pared celular de los pastos, el principal polisacárido hemicelulósico es el xilano (pentosas) y representan del 20 al 30% de la pared celular total (Hatfield *et al.* 2017). En contraste, van-der-Weijde *et al.* (2013) reportaron concentraciones de 11 a 34% para hemicelulosas en gramíneas. Al respecto, Santiago *et al.* (2016) reportaron concentraciones de 26.7% a 90 días después del rebrote en pasto Toledo (*U. brizantha*). En promedio, los rangos obtenidos para este compuesto fueron de 18.8 a 20%, lo cual, es inferior a lo reportado por Santiago *et al.* (2016) y similar a lo obtenido por Hatfield *et al.* (2017) y van-der-Weijde *et al.* (2013).

## Contenido de extracto etéreo y cenizas

El extracto etéreo tiene una composición heterogénea y está formado por lípidos (galactolípidos, triglicéridos y fosfolípidos) y demás compuestos no polares (pigmentos, vitaminas liposolubles y ceras) que pueden extraerse con disolventes (Van-Soest 1994). La cantidad de extractivos está en función de la fisiología y morfología de la planta y condiciones ambientales (Ventura *et al.* 2023). La concentración de extracto etéreo dependerá en mucho del contenido de clorofila en el momento del corte y el método de extracción para cuantificación sobre todo en forrajes tropicales (Barbosa *et*



*al.* 2017). En diversos estudios conducidos para cuantificar la concentración de extractos en pastos, se han obtenido diversos resultados: 1.3% (Ventura *et al.* 2019), 1.4% (Silva *et al.* 2011), 1.5% (Jančík *et al.* 2008), 10.2% (Ventura *et al.* 2017) y 12% (Mohammed *et al.* 2015). Los resultados obtenidos en este experimento concuerdan con algunas investigaciones, ya que en promedio el valor obtenido fue de 1.9 a 2.1% en las diferentes edades de rebrote. Los valores determinados en otros pastos son similares a los del presente estudio: 9.1% en pastos tropicales (Jančík *et al.* 2008) y 9.4% en *Cenchrus purpureus* (Ventura *et al.* 2019), sin embargo, este compuesto es variable entre pastos C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>, ya que se modifica a medida que la planta avanza en su madurez fisiológica, como se ha documentado en estudios previos, el material inorgánico depende de la etapa de corte (Ventura *et al.* 2019), fertilidad en el suelo, componentes morfológicos analizados (Mohammed *et al.* 2015), estación del año y zona geográfica (Rueda *et al.* 2020).

## CONCLUSIONES

El rendimiento de materia seca se incrementó conforme aumentó la edad de rebrote para todos los pastos evaluados. La composición química, favoreció al pasto Humidicola en su contenido de azúcares estructurales (celulosa y hemicelulosas), así también, permitió obtener 1 150 kg ha<sup>-1</sup> de PC a 120 días de rebrote. Con base en los resultados obtenidos, el pasto Humidicola es un forraje de alta calidad y rendimientos de biomasa, que puede ser usado en condiciones tropicales de México.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a CONAHCyT por el financiamiento otorgado para la realización del presente trabajo de investigación.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## LITERATURA CITADA

- American Society for Testing and Materials (ASTM) (2012) Annual Book of ASTM Standards. Biological effects and environmental fate; biotechnology. ASTM International, West Cornshohocken, PA, USA. Vol. 11.06. 1461p.
- Alves MG, Aparecida de Phino CK, da Costa SE, Soares EP, Flavio NJ, Goncalves RM, Bezerra FP, Guimarães SJF, Gomes GW (2014) Yield and chemical composition of Brachiaria forage grasses in the offseason after corn harvest. American Journal of Plant Sciences 5: 933-941. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.57106>.

- Almeida RG, Nascimento JD, Euclides VPB (2002) Produção animal em pastos consorciados sob três taxas de lotação, no cerrado. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31: 852-857. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000400007>
- Association of Official Analytical Chemists (1990) Protein (Crude) Determination in Animal Feed. Official Methods of Analysis. 15th ed. Helrich K (ed) AOAC. Arlington. VA, U.S.A. pp. 72-74.
- Baptistella JLC, López de ASA, Favarin JL, Mazzafera P (2020) *Urochloa* in Tropical Agroecosystems. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4: 1-17. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00119>
- Barbosa MM, Detmann E, Filho VS, Detmann CSK, Franco OM, Batista DE, Rocha GC (2017) Evaluation of methods for the quantification of ether extract contents in forage and cattle feces. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89: 1295-1303. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720160708>
- Boddey RM, Macedo R, Tarre MR, Ferreira E, de Oliveira OC, Renzende PdeC, Cantarutti BR, Periera MJ, Alves RJV, Urquiaga S (2004) Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: The key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103: 389-403. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.010>
- Calzada-Marín JM, Enríquez-Quiroz JF, Ortega-Jiménez E, Hernández-Garay A, Vaquera-Huerta H, Escalante-Estrada JA, Honorato-Salazar JA (2019) Análisis de crecimiento del pasto Toledo *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster en clima cálido subhúmedo. *Agroproductividad* 12: 3-9. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1443>
- Carroll A, Somerville C (2009) Cellulosic biofuels. *Annual Review of Plant Biology* 60: 165-182. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.043008.092125>
- Cook BG, Schultze-Kraft R (2015) Botanical name changes—nuisance or a quest for precision? *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 3: 34-40. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(3\)34-40](https://doi.org/10.17138/TGFT(3)34-40)
- Cruz HA, Hernández GA, Aranda IE, Chay CAJ, Márquez QC, Rojas GAR, Gómez VA (2017) Nutritive value of Mulato grass under different grazing strategies. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4: 65-72. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.883>
- Cruz-Sánchez OE, Cruz-Hernández A, Gómez-Vázquez A, Chay-Canul AJ, Joaquín-Cancino S, De la Cruz-Lázaro E, Márquez-Quiroz C, Osorio-Osorio R, Hernández-Garay A (2018) Producción de forraje y valor nutritivo del pasto Mulato II (*Brachiaria* híbrido 36087) a diferente régimen de pastoreo. *Agroproductividad* 11: 18-23.
- Cruz-Hernández A, Hernández-Garay A, Vaquera-Huerta H, Chay-Canul A, Enríquez-Quiroz JF, Ramírez-Vera S (2017) Componentes morfogénéticos y acumulación del pasto mulato a diferente frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8: 101-109. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4310>
- Da-Silva SHM, Vendramini JMB, Leite de Oliveira FC, Filho SVS, Kaneko M, Silveira M, Sanchez JMD, Yarborough KJ (2020) Harvest frequency effects on herbage characteristics of 'Mavuno' *brachiariagrass*. *Crop Science* 60: 1113-1122. <https://doi.org/10.1002/csc2.20046>
- Da-Silva SC, Gimenes AMF, Sarmento LOD, Sbrissia FA, Oliveira ED, Hernández-Garay A, Pires VA (2013) Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. *The Journal of Agricultural Science* 151: 727-739. <https://doi.org/10.1017/S0021859612000858>.
- García E (2004) Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 217p.
- Garay MJR, Estrada DB, Bautista MY, Bernal FA, Mendoza PSI, Martínez GJC, Sosa ME, Cancino SJ (2020) Forage yield and quality of buffel H-17 and *Urochloa* hybrids at different regrowth ages under semi-arid conditions. *Grassland Science* 66: 277-284. <https://doi.org/10.1111/grs.12278>

- Goering HK, Van Soest PJ (1970) Forage fiber analyses: apparatus, reagents, procedures, and some applications. No. 379. Agricultural Research Service, Department of Agriculture, USA, 24p. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000400007>
- González MA, Garay MJR, Estrada DB, Bernal FA, Limas MAG, Cancino SJ (2020) Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado de pasto insurgente e híbridos de *Urochloa*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 24: 177-189. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2368>
- Hare MD, Pizarro EA, Phengphet S, Songsiri T, Sutin N (2015) Evaluation of new hybrid brachiaria lines in Thailand. 1. Forage production and quality. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales* 3: 83-93. [https://doi.org/10.17138/tgft\(3\)83-93](https://doi.org/10.17138/tgft(3)83-93)
- Hatfield DR, Rancour DM, Marita JM (2017) Grass cell walls: A story of cross-linking. *Frontiers in Plant Science* 18: 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02056>
- Inyang U, Vendramini BJM, Sollenberger EL, Silveira MLA, Sellers B, Adesogan A, Paiva L, Lunpha A (2010) Harvest frequency and stubble height affects herbage accumulation, nutritive value, and persistence of 'Mulato II' brachiaria grass. *Forage and Grazinglands* 8: 1-8. <https://doi.org/10.1094/FG2010-0923-01-RS>
- Jančík F, Homolka P, Čermák B, Lád F (2008) Determination of indigestible neutral detergent fibre contents of grasses and its prediction from chemical composition. *Czech Journal of Animal Science* 53: 128-135. <https://doi.org/10.17221/2716-CJAS>
- Mandebvu P, Westa WJ, Gates NR, Hill GM (1998) Effect of hay maturity, forage source, or neutral detergent fiber content on digestion of diets containing Tifton 85 bermudagrass and corn silage. *Animal Feed Science and Technology* 73: 281-290. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00152-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00152-7)
- Mohammed YI, Abakr AY, Kazi KF, Yusup S, Alshareef I, Chin AS (2015) Comprehensive characterization of napier grass as a feedstock for thermochemical conversion. *Energies* 8: 3403-3417. <https://doi.org/10.3390/en8053403>
- Previdelli OMA, Pereira da SA, Amorim OAC, Watte SC, Lopes PC, Alves DC (2018) Use of organic compost for the fertilization of Piata and Paiaguas grasses: Effects of dose on morphogenetic, structural, nutritional, and productive characteristics. *Compost Science and Utilization* 26: 1-8. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2018.1457998>
- Rojas-García AR, Torres-Salado N, Maldonado-Peralta M de los A, Sánchez-Santillán P, García-Balbuena A, Mendoza-Pedroza SI, Álvarez-Vázquez 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. *Agroproductividad* 11: 34-38.
- Rueda JA, Guerrero RJ, Ramírez OS, Aguilar MCU, Hernández MW, Ortega JE (2020) Morphological composition and fiber partitioning along regrowth in elephant grass CT115 intended for ethanol production. *Scientific Reports* 10: 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72169-2>
- Rueda JA, Ortega JE, Hernández GA, Enríquez QJF, Guerrero RJD, Quero CAR (2016) Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone intended as energy crop. *Biomass and Bioenergy* 88: 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.03.007>
- Rusdy M, Yusuf M, Ismartoyo (2019) Utilization of *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* as supplements by goats fed Panicum maximum basal diet. *Tropical Animal Health and Production* 52: 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02040-8>
- SAS (2016) Base SAS®9.4 Procedures guide: High-performance procedures. Sixth edition. SAS Institute Inc. Statistical Analysis System. Cary, NC, USA. 170p.
- Santiago OMA, Honorato SJA, Quero CAR, Hernández GA, López CC, López GI (2016) Biomasa de *Urochloa brizantha* cv. Toledo como materia prima para la producción de bioetanol. *Agrociencia* 50: 711-726.

- Silva TP, Detmann E, Filho VCS, Detmann CSK, Barros VL, Martins VCS, Morais EL, Costa VAC (2011) Evaluation of total and non-fatty ether extract in feeds and cattle feces using two analytical methods. *Animal Feed Science and Technology* 163: 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.10.012>
- Soares FVC, Cavazzana JF, Heinrichs R, Vendramini JMB, Lima GC, Moreira A (2018) The impact of organic biofertilizer application in dairy cattle manure on the chemical properties of the soil and the growth and nutritional status of Urochloa grass. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 49: 358-370. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1427261>
- Torres SN, Moctezuma VM, Rojas GAR, Maldonado PM, Gomez VA, Sanchez SP (2020) Comportamiento productivo y calidad de pastos híbridos de Urochloa y estrella pastoreados con bovinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 24: 35-46. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2356>
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* (74): 3583-3589. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Van Soest PJ (1994) *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd Edition. Cornell University Press: Ithaca, NY, USA. 488p.
- Van-der-Weijde T, Kamei ACL, Torres AF, Vermerris W, Dolstra O, Visser RGF, Trindade ML (2013) The potential of C4 grasses for cellulosic biofuel production. *Frontiers in Plant Science* 4: 1-18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00107>
- Vendramini BJM, Adesogan AT, Silveira MLA, Sollenberger EL, Queiroz OC, Anderson WE (2010) Nutritive value and fermentation parameters of warm-season grass silage. *The Professional Animal Scientist* 26: 193-200. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30580-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30580-5)
- Vendramini BJM, Sollenberger EL, Lamb CG, Foster LJ, Liu K, Maddox MK (2012) Forage accumulation, nutritive value, and persistence of 'Mulato II' Brachiariagrass in Northern Florida. *Crop Science* 52: 914-922. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.06.0338>
- Ventura RJ, Honorato SJA, Hernández GA, Aburto AJA, Vaquera HH, Enríquez QJF (2017) Composición química y rendimiento de biomasa de maralfalfa para producción de bioetanol de segunda generación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 215-221. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.85>
- Ventura RJ, Reyes VI, García SA, Muñoz GC, Muro RA, Maldonado PM, Rojas GAR, Cruz HA (2019) Rendimiento, perfil nutrimental y de fermentación ruminal *in vitro* de pasto maralfalfa (*Cenchrus purpureus* Schumach.) Morrone a diferentes frecuencias de corte en clima cálido. *Acta Universitaria* 29: 1-11. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2204>
- Ventura-Ríos J, Santiago-Ortega MA, Maldonado-Peralta MÁ, Álvarez-Vázquez P, Maldonado-Peralta R, Barrera-Martínez I, Wilson-García CY (2021) Biomasa de *Urochloa humidicola* como materia prima para producir biocombustible. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44: 797-804. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4-A.797>
- Ventura RJ, Rojas GAR, Barrera MI, García SA, Maldonado PM (2023) Cutting frequency in cayman grass (*Urochloa* hybrid) on the calorific power of the mexican wet tropic. *Agrociencia* 57(3): 1-14. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i3.2581>
- Wongwatanapaiboon J, Kangvansaichol K, Burapatana V, Inochanon R, Winayanuwattikun P, Yongvanich T, Chulalaksananukul W (2012) The potential of cellulosic ethanol production from grasses in Thailand. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 303748: 1-10. <https://doi.org/10.1155/2012/303748>