

Producción y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray

Production and nutritional quality of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray

Miguel Ángel López-Justo¹ , Salvador Lozano-Trejo^{2*} , Jorge Hernández-Bautista³ , María Isabel Pérez-León² , Gisela Virginia Campos-Angeles² 

¹Egresado del Programa de Maestría en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda Nazareno Xoxocotlán. CP. 71233. Oaxaca, México.

²Profesor Investigador del Programa de Maestría en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda Nazareno Xoxocotlán. CP. 71233. Oaxaca, México.

³Profesor Investigador. Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Avenida Universidad S/N, Cinco Señores. CP. 68120. Oaxaca, México.

*Autor de correspondencia: salvador.lt@voaxaca.tecnm.mx

Nota científica

Recibida: 02 de abril 2025

Aceptada: 02 de enero 2026

RESUMEN. Para estimar el valor nutritivo, describir el crecimiento y desarrollo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, se defoliaron 29 plantas a intervalos de 30, 60, 90 y 120 días, se realizó análisis proximal de la materia seca y Van Soest para la fibra. Se aplicó análisis de varianza y de covarianza, comparación múltiple de medias por ajuste de mínimos cuadrados y modelos de regresión; se estimó la acumulación máxima de biomasa lograda a los 98 días después de la emergencia de las primeras hojas. La defoliación influyó positivamente en todas las variables y estimación de 136.375 t ha⁻¹ de materia verde a los 150 días. El efecto defoliación incrementó la biomasa y los tallos representaron el mayor peso. La PC 19.6% y ELN 37% máximas se registró a los 30 días y para C, FDA y FDN el mayor porcentaje, a los 60 días.

Palabras clave: Biomasa, valor nutrimental, comportamiento productivo, FDA, FDN.

ABSTRACT. To estimate the nutritive value, describe the growth and development of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, 29 plants were defoliated at intervals of 30, 60, 90 and 120 days, proximate analysis of dry matter and Van Soest analysis for fiber were performed. Analysis of variance and covariance, multiple comparison of means by least squares adjustment and regression models were applied; the maximum biomass accumulation achieved was estimated at 98 days after the emergence of the first leaves. Defoliation positively influenced all variables and an estimate of 136,375 t ha⁻¹ of green matter was estimated at 150 days. The defoliation effect increased biomass and the stems represented the greatest weight. The maximum PC 19.6% and ELN 37% are shown at 30 days and for ADF and NDF the highest percentage at 60 days.

Key words: Biomass, nutritional value, productive performance, ADF, NDF.

INTRODUCCIÓN

El sector ganadero en el mundo ha conducido a transformaciones aceleradas ante la necesidad creciente de alimentos de origen animal, con fuertes implicaciones en el ambiente, esto se manifiesta en la disminución de la superficie forestal por la competencia permanente con las áreas con fines pastoriles y agrícolas (Jiménez-Trujillo *et al.* 2018). La implementación de sistemas silvopastoriles con el manejo de recursos forrajeros potenciales podría contribuir a múltiples ventajas frente a los sistemas tradicionales de pastoreo, lo que genera alternativas en el mejoramiento de la producción a través de la inclusión de especies leñosas y semileñosas (Londoño *et al.* 2019). Los pastos tropicales en estado de madurez avanzados presentan bajo contenido de proteína digestible y alto contenido de fibra, situación que limita su uso en los sistemas agropecuarios, con una consecuente alta tasa de producción de metano, producto de la fermentación entérica (Cardona-Iglesias *et al.* 2017). Sin embargo, la inclusión de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, en la alimentación de pequeños o grandes rumiantes en zonas tropicales, optan por preferir y consumir el follaje de esta especie en una etapa fisiológica muy temprana, porque en ella se concentran la mayor cantidad de nutrientes (Vargas *et al.* 2022).

Aunque los pastos son la base fundamental en la alimentación ganadera, en la mayoría de los casos, estos no aportan todos los nutrientes necesarios requeridos por los animales en las fases de crecimiento, desarrollo, mantenimiento y/o producción; de ahí la importancia de conocer diversas fuentes que aporten mayor cantidad de proteína digestible (Nieto-Sierra *et al.* 2020). Se ha demostrado que el follaje de especies arbustivas y arbóreas son una estrategia nutricional en la suplementación de rumiantes, con el fin de mejorar el nivel productivo y alimentario, principalmente durante los períodos de escasez de forraje (Cabrera-Núñez *et al.* 2019). Según, Mejía-Díaz *et al.* (2017) la introducción de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en los sistemas silvopastoriles proporciona diversos bienes y servicios, desde el punto de vista productivo, ecológico y económico y hacen que sea una especie prometedora con potencial en la nutrición de rumiantes. Su follaje tiene un alto grado de aceptación por los animales y aporta un buen suministro de minerales, proteína y además contiene poca fibra en sus hojas. Su inclusión en la dieta aumenta la ingesta de nutrientes, incrementa el rendimiento y puede reducir costos de suplementación en los sistemas silvopastoriles contribuyendo al aumento de producción de carne y de la calidad de leche (Mauricio *et al.* 2017).

T. diversifolia es una especie herbácea y arbustiva robusta, de 1.5 a 4 m de altura, tallo erecto ramificado y es conocida como botón de oro, girasol, árnica, entre otros. Es originaria de América Central y México, aunque no se descarta que lo sea de América del Sur (Hanan y Pichardo 2009, Orwa *et al.* 2009). Pertenece a la familia Asteraceae, y tolera un amplio rango de suelos desde ácidos hasta neutros (5.0 a 7.5 de pH), suelos pobres y fértiles, mal drenados a bien drenados y se desarrolla en altitudes desde 0 hasta 2 400 m, con precipitaciones que oscilan entre 800 a 4 000 mm año⁻¹, en temperaturas que van de 14 a 27 °C (Pérez *et al.* 2009). La germinación por medio de semillas o reproducción sexual es considerablemente baja <50%, sin embargo, existen tratamientos pre-germinativos que pueden mejorar la propagación (Rivero-Herrera *et al.* 2021). En contraste, el establecimiento por semilla agámica o por medio de estacas es la mayor opción para propagar

bancos proteicos provenientes principalmente de la parte media y punta de la planta madre (Iriban *et al.* 2022).

La diversidad de arbustos forrajeros y especies promisorias para entornos agroecológicos y sistemas de producción pecuaria es una necesidad real, ya que no solo la productividad de biomasa vegetal es importante sino también se requiere conocer de su valor nutritivo (Ruíz *et al.* 2009). En diferentes estadios de desarrollo, *T. diversifolia* es una planta prometedora con potencial en la alimentación animal, debido a las habilidades que tiene para absorber y extraer nutrientes del suelo (Ruíz *et al.* 2016). Su capacidad productiva después del corte de uniformización, incrementa el área foliar y produce biomasa leñosa, por lo que ha sido reconocida entre los productores por su alta acumulación de biomasa (Gallego-Castro *et al.* 2017). Mientras que Navas y Montaña (2019) afirman que esta especie presenta buena calidad nutricional, caracterizándose por sus altos contenidos de proteína cruda y energía metabolizable, las cuales son superiores a especies de gramíneas forrajeras (24% vs 11% en PC). El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento, comportamiento productivo y valor nutrimental de *T. diversifolia* propagada vegetativamente por estacas, ante diferentes tiempos de defoliación con cortes a los 30, 60, 90 y 120 días después de 90 días de establecida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

El experimento se estableció en la localidad de La Mixtequita, situada en el municipio de San Juan Mazatlán, Oaxaca. Se ubica entre las coordenadas 17.2246° LN y -95.2347° LO, a una altitud de 147 m. El clima es cálido húmedo (Am), con precipitación promedio anual de 1 849 mm y temperatura media anual de 22 °C. Los promedios mensuales de precipitación pluvial y temperaturas máximas, medias y mínimas se muestran en la Figura 1; durante el estudio se acumuló una precipitación aproximada de 1 408 mm de marzo a septiembre del 2020. Los suelos dominantes son Acrisol ortico + Luvisol cromico + Litosol/Textura media/fase Lítica (Ao+Lc+I/2/L), con vegetación secundaria contigua, fase arbustiva de selva alta perennifolia (SAp/Vsa) (SIATL 2023). La topografía del terreno es ondulada y semiplana, en menor grado tipo montaña con pendientes suaves (INEGI 2010).

Preparación y siembra

Se realizó un análisis de suelo de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000, para conocer las propiedades fisicoquímicas (Tabla 1), la preparación del terreno donde se sembraron manualmente estacas de *T. diversifolia*, se eliminaron plantas arvenses y la siembra se realizó con “coa”, insertando en el suelo la mitad de la estaca. Las estacas se colectaron de plantas maduras, con diámetro de tallo de aproximadamente 1.5 cm en la misma zona de estudio, se utilizaron 480 estacas de 35 cm de longitud con corte fino en bisel ambos extremos y la plantación se realizó en marzo de 2020 siguiendo la metodología propuesta por Zapata y Vargas (2014).

Las estacas se plantaron enterrando una de sus puntas a un ángulo de 45°, con una profundidad de 15 cm. Para el establecimiento se sembraron en 12 hileras de 34 m de longitud, con espacio de

1.0 y 0.8 m entre hileras y plantas, respectivamente, con un total de 40 estacas por hilera, equivalente a una densidad de siembra de 12 500 plantas ha⁻¹. Se aplicó riego manual a cada una de las plantas cada siete días durante un mes al inicio del establecimiento, suministrando 250 mL planta⁻¹ de agua, equivalente a 5 mm de lluvia efectiva (COLPOS 2010).

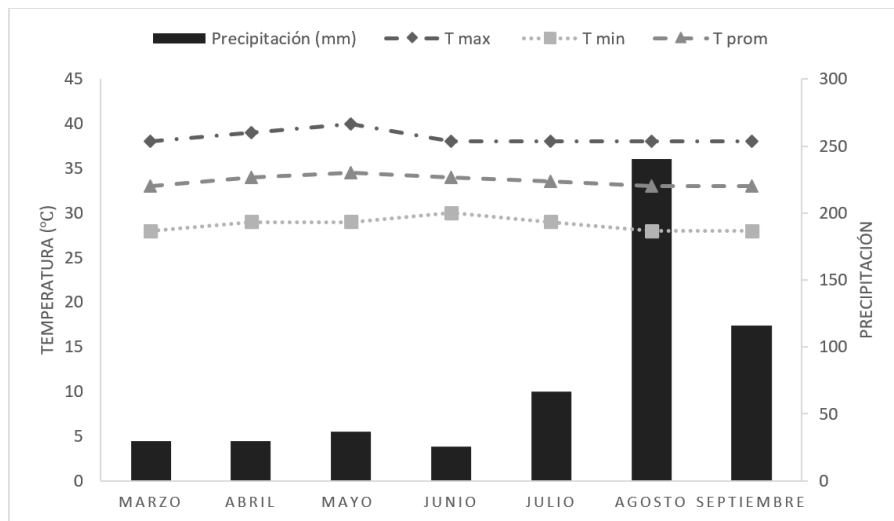


Figura 1. Datos promedio mensuales de temperaturas máximas, medias, mínimas y precipitación mensual, durante el período (marzo-septiembre, 2020).

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo donde se estableció el cultivo de *T. diversifolia*.

Características		Valor	Clasificación	Rango
Materia orgánica (%)		4.04	Alto	3.6-6.0
pH		5.26	Moderadamente ácido	5.1-6.5
Textura	A (%)	55.12		
	L (%)	21.28		
	Ar (%)	23.60		
	Clase	Arcilloso		
Contenido mineral	Nitrógeno total (%)	0.202	Alto	0.15-0.25
	P ¹	8.078	Medio	5.5-11 ppm
	K ⁺²	0.413	Medio	0.3-0.6 Cmol(+)Kh ⁻¹

Características físicas y químicas determinadas por los siguientes métodos. Materia orgánica: Walkey y Black; pH: Extracto con agua 1:2; Textura: Boyoucou; Nitrógeno total: Estimado a partir de la materia orgánica; P: Bray I; K⁺²: Espectrofotometría de absorción atómica, EAA Thermo Scientific iCE 300 series, flama aire acetileno, acetato de amonio 1N.

Variables de estudio

Las plantas se midieron de junio a octubre de 2020 registrando las variables altura de tallo principal (Alt; cm), la cual se realizó con un flexómetro Marca Stanley FatMax modelo H-1842, durante la frecuencia de cortes midiendo desde la base del tallo hasta la punta de la hoja superior funcional; diámetro de tallo principal (Diam; cm), con el uso de un vernier Marca Surtek modelo 142070; se midió a 5 cm a partir del desprendimiento de la estaca original; número de hojas por planta (Nh planta⁻¹), mediante el conteo manual; peso de hojas por planta (Php; g planta⁻¹), en campo

utilizando una báscula digital portátil Marca SmartDeal modelo WJ8501. Se tomaron todas las hojas verdes en buen estado fisiológico, y se pesaron por separado los pecíolos y las hojas por planta Ppp y Php (g planta^{-1}) en una báscula portátil Marca SmartDeal modelo WJ8501. También se contó el número de tallos primarios por planta (Ntp). Posteriormente cada 30 días fueron medidas las mismas variables a la recuperación de la planta, registrándose por frecuencia de defoliación. A los 150 días se seleccionaron al azar 20 plantas que fueron cosechadas cortando a 35 cm de suelo todos los tallos con sus hojas separando por componentes botánicos (hojas y tallos) (Ba) y se pesaron en una báscula Marca Nuevo León modelo JOGUA DIN 10K.

Valor nutricional

Del material vegetal cosechado en cada período (30, 60, 90 y 120 días), se tomaron muestras que fueron trasladadas en bolsa de papel al laboratorio, para ser colocadas en una estufa de secado Marca Riossa H-33, a 55 °C por 72 h (peso constante), posteriormente el material deshidratado fue triturado en un molino eléctrico Marca Apex Serie: A39854/4. Para el análisis proximal (Weende) se determinó materia seca (MS) utilizando una estufa Marca Felisa, modelo FE-143 a 100 °C por 24 h; contenido de cenizas (C) mediante incineración en una mufla Marca Lindberg modelo 51894 a 550 °C durante 3 h; proteína cruda por el método de Kjeldahl en equipo FOSS de acuerdo a la Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2016); además, se determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest (1994).

Análisis estadístico

Las estacas sembradas presentaron las primeras hojas verdaderas o desarrolladas a los 58 días, de las cuales se seleccionaron 29 plantas al azar y se cosechó el follaje (hojas y pecíolos) realizando la defoliación total de planta cada 30 días. Se realizó un análisis de varianza por el procedimiento de modelo lineal general (GLM) y análisis de covarianza utilizando como covariable el número de tallos primarios emergentes por planta (Ntp) y comparación múltiple de medias por mínimos cuadrados (Steel y Torrie 1988), para lo cual fue necesario formar grupos de plantas con 4-6 tallos, 7-8 y 20 tallos. Las variables de respuesta fueron biomasa de la materia verde (BMV) y biomasa de la materia seca (BMS) (kg planta^{-1} , kg ha^{-1}) en función de la frecuencia de defoliación a los 30, 60, 90, y 120 días y se realizó un análisis de correlación Pearson para las variables de respuesta. Para el análisis de varianza, se utilizó el software R Estudio; además, las medias ajustadas de 29 plantas por corte, fueron utilizadas en un análisis de regresión lineal (polinomial) para determinar la acumulación máxima de biomasa en hojas a través del tiempo (frecuencias de defolicación), se ajustó un modelo cuadrático para BMS de plantas con 4 tallos y un modelo cúbico para plantas con 1-3 tallos; a partir del cual se obtuvo la segunda derivada para conocer el momento de la máxima acumulación de biomasa. También se realizó un análisis de varianza para identificar las diferencias estadísticas del valor nutricional de hojas + pecíolos a través de las frecuencias de defoliación; los valores porcentuales resultantes fueron transformados a valores de raíz cuadrada+1 para cumplir con los supuestos de normalidad (Gutiérrez-Pulido y de la Vara-Salazar 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de crecimiento

La emergencia de meristemos apicales ocurrió a los 34 días después de la plantación de estacas, y 58 días después aparecieron las primeras hojas desarrolladas, mostrando un crecimiento lento, asociado a la baja precipitación pluvial presente en el área de establecimiento coincidente con la época seca en la localidad. En la Tabla 2 se muestran los valores promedio para Alt mostrando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre frecuencias de defoliación, presentando valores iniciales de 97.88 cm, y valores crecientes hasta los 120 días. Similarmente el Diam mostró diferencias significativas entre las frecuencias de defoliación ($P < 0.05$), alcanzando un diámetro promedio de 2.52 ± 0.08 cm a los 120 días. El Nhp presentó diferencias significativas a través de las defoliaciones ($P < 0.05$), alcanzando el mayor valor a los 120 días. El Php y Ppp se incrementó con respecto a la frecuencia de defoliación expresando diferencias significativas entre defoliaciones ($P < 0.05$).

Tabla 2. Crecimiento y biomasa de *T. diversifolia* a diferentes tiempos de defoliación (junio-septiembre de 2020).

Variables	Frecuencia de defoliación (días)				
	30	60	90	120	Pr > F
Altura de tallo principal (Alt) (cm)	97.88 $\pm$ 9.28 ^a	165.68 $\pm$ 8.76 ^b	211.33 $\pm$ 8.85 ^c	265.45 $\pm$ 9.00 ^d	<.0001
Diámetro de tallo (Diam) (cm)	1.45 $\pm$ 0.08 ^a	1.89 $\pm$ 0.08 ^b	2.24 $\pm$ 0.08 ^c	2.52 $\pm$ 0.08 ^d	<.0001
Número de hojas (Nh planta ⁻¹)	58.03 $\pm$ 7.62 ^a	50.08 $\pm$ 7.19 ^b	71.02 $\pm$ 7.27 ^c	109.47 $\pm$ 7.39 ^d	<.0001
Peso de hojas (Php) (g planta ⁻¹)	296.85 $\pm$ 36.36 ^a	374.30 $\pm$ 34.33 ^b	411.93 $\pm$ 34.70 ^c	571.32 $\pm$ 35.29 ^d	<.0001
Peso de pecíolos (Ppp) (g planta ⁻¹)	86.83 $\pm$ 12.45 ^a	121.45 $\pm$ 11.75 ^b	151.52 $\pm$ 11.88 ^c	184.79 $\pm$ 12.08 ^d	<.0001

^{abcd} Letras distintas en hilera indican *diferencia significativa por mínimos cuadrados*, $\pm$ Error estándar, Pr > F, Probabilidad. Cada valor son las medias ajustadas por efecto de covariable Ntp.

Durante la etapa de evaluación morfológica en el transcurso de las cuatro defoliaciones, las variables mostraron una correlación positiva y alta entre las variables Nhp y Ppp ($r = 0.82$) (<.0001); Alt y Diam ($r = 0.83$) (<.0001); Nhp y Php ($r = 0.86$) (<.0001); y la correlación entre Php y Ppp alcanzó el 0.95 (<.0001). Las plantas presentaron el mayor desarrollo morfológico a los 60 días y a los 120 días la mayor producción de biomasa; lo cual sugiere, que las plantas de *Tithonia* pueden seguir acumulando biomasa gracias a la emergencia de nuevos tallos.

Los resultados para la variable Alt, registraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), obteniendo la mayor altura a los 120 días (265 cm); para esta característica, Holguín *et al.* (2015) reportaron 214 y 262 cm en época lluviosa a los 60 y 120 días, respectivamente. Alonso *et al.* (2015), reportaron resultados similares a los expuestos en esta investigación, entre 169 y 204 cm de longitud a los 60 y 90 días en época de lluvia, sobre un suelo ferrálico rojo de rápida desecación, a una altitud de 92 m. No obstante, Botero *et al.* (2019) reportan que *T. diversifolia* muestra un desarrollo vertical de 90.65 cm a los 50 días, obteniendo menor crecimiento al evaluar el rendimiento y calidad nutricional con diferentes niveles de fertilización. Mientras que Ruíz *et al.* (2017), presentan valores promedio superiores a los 60 días que los obtenidos en el presente estudio reportando altura de 142.50 cm en un suelo ferrálico rojo de rápida desecación, donde la humedad

relativa promedio anual fue de 80.88%. Adicionalmente, Dos-Santos *et al.* (2018), reportaron 250 cm de Alt a los 120 días valor inferior al obtenido en este estudio.

La altura de las plantas de *Tithonia* como indicador del crecimiento lento en la fase inicial de la planta, se explica debido a la dependencia de las reservas vegetativas utilizadas de la estaca, que con el paso de los días, el desarrollo radicular y la aparición de hojas nuevas, habrá una mayor intercepción de luz y absorción de nutrientes disponibles en el suelo para una mayor actividad fotosintética. Al respecto Ruíz *et al.* (2017), en un ambiente con precipitación anual de 1 361 mm, registró 2.20 cm de diámetro a los 60 días, valor superior al encontrado en este estudio (1.89 cm). Según González *et al.* (2013), señalan que la parte inferior basal de la planta es donde se encuentra el material vegetal más añejo y es donde existe menor actividad metabólica de la planta, como síntesis de enzimas y proteínas, lo que pudiera influir en la movilización de estas sustancias de reserva hacia las hojas. Por otra parte, Ruíz *et al.* (2018), evaluaron el crecimiento de 24 materiales de *T. diversifolia*, recolectados en el oriente de Cuba, donde se evidenció una amplia diversidad en materiales recolectados, confiriendo gran adaptabilidad a distintos ambientes, así como variabilidad genética y fenotípica, reportando a los 30 días, un promedio de diez hojas por tallo, en comparación al reportado en este estudio con promedio de 14 hojas por tallo.

Producción de biomasa (hojas y pecíolos)

En la producción de BMV y BMS, se observaron diferencias entre frecuencias de defoliación ($P < 0.05$), se presentó un aumento significativo de la biomasa a través de las defoliaciones, pasando de 4 795 a 9 451 kg ha⁻¹ de MV de los 30 a 120 días, y de materia seca de 1 278 a 2 461 kg ha⁻¹ (Tabla 3). Como resultado del análisis de regresión, considerando el número de tallos primarios por planta, el pronóstico de la producción de materia seca revela que, por cada tallo adicional que desarrolle la planta de *Tithonia* durante su crecimiento hasta los 120 días, se esperaría un incremento adicional de 496 kg ha⁻¹ de MS aproximadamente.

Tabla 3. Producción de biomasa de hojas y pecíolos de *T. diversifolia* en diferentes defoliaciones (junio-septiembre de 2020).

Variables	Frecuencia de cortes (días)				Pr > F
	30	60	90	120	
BMV (g planta ⁻¹)	383.68 ± 47.46 ^d	495.75 ± 44.81 ^c	563.45 ± 45.29 ^b	756.12 ± 46.07 ^a	<.0001
BMV (kg ha ⁻¹)*	4 795.95 ± 593.28 ^d	6 196.91 ± 560.01 ^c	7 043.15 ± 566.13 ^b	9 451.48 ± 575.86 ^a	<.0001
BMS (g planta ⁻¹)	102.24 ± 12.42 ^d	127.54 ± 11.73 ^c	146.34 ± 11.85 ^b	196.93 ± 12.06 ^a	<.0001
BMS (kg ha ⁻¹)*	1 278.06 ± 155.26 ^d	1 594.32 ± 146.58 ^c	1 829.25 ± 148.15 ^b	2 461.65 ± 150.70 ^a	<.0001

^{abc} Letras distintas en hilera indican *diferencia significativa por mínimos cuadrados*, ± Error estándar, Pr > F, Probabilidad. *datos extrapolados. Cada valor son las medias ajustadas por efecto de covariable Ntp. BMS: biomasa de la materia verde; BMS: biomasa de la materia seca.

En la Figura 2, se muestra el comportamiento de acumulación de BMS, a través de los cortes de defoliación, para plantas que presentaron de uno a cuatro tallos primarios (Ntp); lo anterior sugiere que, a mayor número de tallos, mayor BMS. Además, se muestra el ajuste de los datos por un modelo cuadrático ($R^2 = 0.99$) para las plantas que presentaron cuatro tallos primarios por planta; permitiendo calcular el máximo de acumulación de BMS a los 98 días, con una estimación de 205 g

planta⁻¹ y 2 565 kg ha⁻¹; mientras que para plantas con 1, 2, y 3 tallos el comportamiento fue bimodal con dos momentos de máxima acumulación, a los 55 días y a los 120 días.

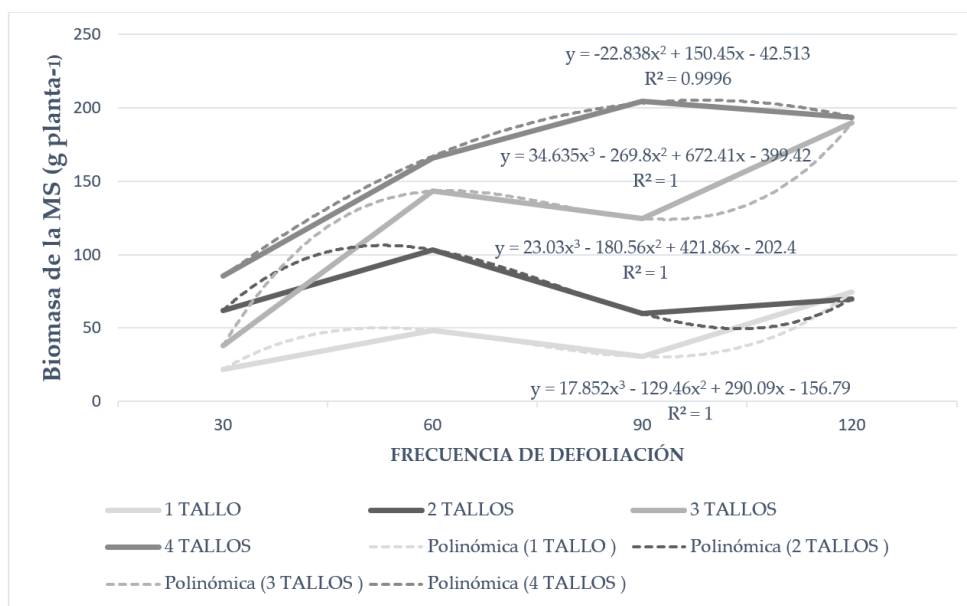


Figura 2. Comportamiento de acumulación de biomasa en materia seca, de plantas a través de días a la defoliación de *Tithonia diversifolia*.

La producción de biomasa de hojas y peciolo (BMS) mostró diferencias estadísticas entre las medias a través de la frecuencia de defoliación; es decir, se observó un incremento progresivo de BMS de *T. diversifolia*, en los diferentes tiempos de defoliación, lo cual se podría atribuir a la asociación de la ocurrencia de precipitaciones, mayores temperaturas y avance del ciclo fenológico. A los 98 días ocurrió la mayor acumulación de BMS, concurrente con una mayor precipitación pluvial registrada en agosto (240 mm). Esta acumulación máxima de BMS, pudiera estar influenciada por la ocurrencia de mejores condiciones de precipitación y acumulación de unidades calóricas, con la expresión de su máximo crecimiento y desarrollo vegetativo, para acumular el mayor volumen de biomasa. Los valores obtenidos de BMS en este estudio fueron inferiores en comparación a lo reportado por Navas y Montaña (2019), con 2 280 kg ha⁻¹ a los 90 días, esto en condiciones altitudinales de 248 m y precipitación pluvial promedio de 2 300 mm, aplicando micorrizas en la cepa de las estacas, donde la acumulación de biomasa está determinada por la frecuencia de corte, como ocurrió en este estudio. Igualmente, la capacidad de esta especie y su contenido nutrimental, están definidos por diversos factores asociados a su estado fenológico. También se ha encontrado que *Tithonia* muestra buena respuesta a la poda, lo que hace recuperarse de forma muy rápida a los cortes sucesivos y además posee una elevada tasa de rebrote, produciendo grandes cantidades de biomasa (Lugo *et al.* 2012). En un estudio realizado por Ruíz *et al.* (2013), donde evaluaron el efecto de la combinación de la distancia de plantación (0.5 y 1.0 m), frecuencia de cortes (40, 60 y 80 días) y altura de corte (5, 10 y 15 cm), en la producción de biomasa de *T. diversifolia*, determinaron que la altura de corte de 15 cm presentó los mejores rendimientos a los 60 días (1 700 kg ha⁻¹ de BMS), incluyendo tallos, valor similar al obtenido en este estudio en la estación lluviosa, reportado a los 60 días.

Producción de biomasa aérea (Ba) (hojas y tallos)

Las plantas que desarrollaron 20 tallos fueron las que presentaron mejor crecimiento morfoestructural ($P < 0.05$). Estas plantas presentaron mayor producción de biomasa aérea en materia verde (kg planta^{-1}), se observó un mayor volumen de acumulación de biomasa considerando a las plantas con altura de 333 cm, e influyeron marcadamente en la acumulación de hojas registrando valores de $2.44 \text{ kg planta}^{-1}$ y peso total de planta de $10.91 \text{ kg planta}^{-1}$, con una estimación de producción extrapolada de 136 t ha^{-1} a los 150 días (Tabla 4), donde los tallos representaron el mayor peso de la biomasa aérea. Se observó que existe una correlación media entre peso de hojas por planta y peso de tallos por planta ($r = 0.51$).

Tabla 4. Estimación de biomasa total aérea (tallos + hojas + pecíolos) en materia verde de *T. diversifolia* y sus componentes a los 150 días (octubre de 2020).

Variable	Número de tallos primarios			
	4-6 tallos	7-8 tallos	20 tallos	Pr > F
Diámetro de tallo principal (cm)	2.60 ± 0.17	2.93 ± 0.1	3.10 ± 0.33	0.2559
Altura de tallo principal (cm)	309.37 ± 12.25	333.90 ± 10.95	333.00 ± 24.49	0.3286
Peso de hojas+pecíolos (kg planta^{-1})	1.44 ± 0.21^c	1.95 ± 0.19^b	2.44 ± 0.42^a	0.0768
Peso de tallos (kg planta^{-1})	2.60 ± 0.54^c	4.72 ± 0.48^b	8.47 ± 1.08^a	0.0004
Biomasa aérea MV (kg planta^{-1})	4.04 ± 0.72^a	6.67 ± 0.65^b	10.91 ± 1.45^c	0.0014
Biomasa aérea MV (kg ha^{-1})*	$50\ 500 \pm 9\ 000^d$	$83\ 375 \pm 8\ 215^c$	$136\ 375 \pm 18\ 125^a$	0.0014

abc Letra distintas en hilera indican diferencia significativa Tukey ($\alpha = 0.05$), *datos extrapolados $\pm$ Error estándar, Pr > F, Probabilidad; MV = materia verde.

Según Navas y Montaña (2019), al estudiar el comportamiento de bancos forrajeros de *T. diversifolia* establecida en suelos degradados, bajo condiciones de bosque húmedo tropical, con precipitación anual de 2 300 mm, a una altura de 248 msnm, reportaron un promedio de $138.3 \text{ (t ha}^{-1} \text{ año}^{-1})$ de la biomasa aérea verde, equivalente a $25.5 \text{ (t ha}^{-1} \text{ año}^{-1})$ de MS, en densidades de siembra de $1 \times 1 \text{ m}$ de distancia entre plantas, cortando las plantas a 0.80 m del suelo, lo que produjo un valor ligeramente superior al reportado en este estudio. La acumulación de biomasa aérea verde se incrementa con la edad y esto se puede atribuir al aumento del proceso fotosintético y síntesis de metabolitos, que son necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta, lo que trae consigo la acumulación de MS (Martínez y Leyva 2014). En este sentido Rodríguez *et al.* (2017) al determinar el efecto de la edad de rebrote en los componentes de rendimiento, demuestran el aumento de biomasa con respecto a la edad. Ajustando ecuaciones de regresión cuadráticas reportan valores promedio de 180 y 150 t ha^{-1} de materia verde en período lluvioso y poco lluvioso a los 180 días, respectivamente, valores superiores a lo reportado para 150 días en este estudio con 136.37 t ha^{-1} .

Valor nutricional

Los resultados de contenido de PC, ELN, FDA, FDN, MS y C presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) a través de las defoliaciones (Tabla 5). Los contenidos más altos se presentaron a los 60 días, para las variables C, FDA y FDN para después ir disminuyendo con respecto al resto de las defoliaciones. Sin embargo, en plantas defoliadas a los 30 días se presentó el mayor contenido de PC con 19.63%.

Tabla 5. Composición y contenido nutrimental de *T. diversifolia* en diferentes defoliaciones (junio-septiembre de 2019).

Variables (%)	Frecuencia de cortes (d)				Pr > F
	30	60	90	120	
Cenizas	15.25 ± 0.33 ^{ab}	16.42 ± 0.33 ^a	15.07 ± 0.33 ^b	15.00 ± 0.33 ^b	0.0271
Fibra Detergente Ácida	27.16 ± 0.88 ^c	42.90 ± 0.88 ^a	41.43 ± 0.88 ^{ab}	38.72 ± 0.88 ^b	<.0001
Fibra Detergente Neutra	30.09 ± 1.27 ^c	40.10 ± 1.27 ^a	36.22 ± 1.27 ^b	36.04 ± 1.27 ^b	0.0039
Proteína Cruda	19.62 ± 0.94 ^a	17.56 ± 0.94 ^b	16.67 ± 0.94 ^b	17.15 ± 0.94 ^b	<0.0001
Extracto libre de Nitrógeno (ELN)	37.05	26.09	28.62	29.27	

abc Letras distintas en hilera indican diferencia significativa Tukey ($\alpha = 0.05$), $\pm$ Error estándar, Pr > F significancia de la prueba. ELN estimado por diferencia. Los valores porcentuales fueron transformados ($\sqrt{x+1}$) para el análisis de varianza.

El contenido de cenizas fue de 15.25, 16.42, 15.07 y 15.00% a los 30, 60, 90 y 120 días, respectivamente, valores que coinciden con el rango reportado por Lezcano *et al.* (2012), quienes al caracterizar algunos componentes del valor nutritivo en dos etapas del ciclo fisiológico, encontraron los mayores valores de 16.32% en el período lluvioso *versus* el período poco lluvioso con 20.59% en hojas a los 30 días y 17.20%, y 16.59% a los 60 días. Mas tarde Vega *et al.* (2019), reportaron 16.82% a los 60 días valor similar al reportado en este estudio y La O *et al.* (2012) 16.04% en hojas a los 97 días valor superior al obtenido a los 90 días de este estudio. Mientras que, Gallego-Castro *et al.* (2017) hallaron 16.19% de cenizas, en *T. diversifolia* propagada por medio de estacas al cosechar forraje a los 120 días. Las variaciones en el contenido mineral, están determinadas por diversos factores, como la etapa fenológica en la que se encuentra la planta, la posición de las estructuras analizadas, la fertilidad del suelo que determina los nutrimentos que están disponibles y por supuesto, la disponibilidad de humedad en el mismo.

Los contenidos de FDA encontrados para este estudio fueron de 27, 43, 41 y 39% a los 30, 60, 90 y 120 días, respectivamente. Estos resultados son superiores con lo reportado por Verdecia *et al.* (2018), quienes, al sembrar la misma especie en suelos pardos con contenido de carbonatos, obtuvieron porcentajes menores de FDA de 27 %, 29% y 33% en período lluvioso *versus* el período poco lluvioso con 24%, 28% y 32% al realizar cosechas en tres edades 60, 120 y 150 días, observando un incremento de FDA con respecto a la edad. Según Valenciaga *et al.* (2018), con diferentes materiales vegetales de *T. diversifolia* a partir de colectas en la región oriental de Cuba, determinó promedios de 42.9% de FDA a los 60 días de corte, resultado similar a los obtenidos en este estudio, probablemente influenciados por mayores temperaturas incidentes sobre el cultivo, que obligan a las plantas a una mayor fotorespiración, reduciendo el contenido de carbohidratos solubles y aumentando el valor de la lignina y carbohidratos estructurales (Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto 2017a 2017b).

Diversos autores mencionan que existe variabilidad en porcentajes de FDA según el estado vegetativo, morfológico y período estacional en *T. diversifolia*; en hojas más tallos en período lluvioso se ha reportado 25.36%, 27.81% a los 60, 120, y 180 días de edad; 37.14% en 60 días de establecimiento; en planta completa se ha obtenido 43%, en hojas 44%, en tallos hasta 55% en 90 días y 27%, 30% en período lluvioso, poco lluvioso respectivamente a los 120 días de edad en hojas más tallos (Verdecia *et al.* 2014, Vega *et al.* 2019, Navas y Montaña 2019, Verdecia *et al.* 2018). En general, el contenido de fibra depende de la estructura que tenga la pared celular de los órganos

vegetales analizados, está se compone de celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, nitrógeno lignificado, cutina y sílica (Cruz y Sánchez 2000). Por lo que su contenido varía conforme transcurre el ciclo fenológico de la planta, al aumentar la edad existe una disminución de la proporción del contenido celular, se reduce el lumen celular con sus componentes solubles y se incrementan los componentes fibrosos (Rodríguez 2017).

Los contenidos de FDN hallados fueron de 30, 40, 36 y 36% a los 30, 60, 90 y 120 días respectivamente. Estos resultados son inferiores con los que mencionan Ronan *et al.* (2011) al evaluar la producción de biomasa y valor nutritivo reportado a los 30 días en estado de prefloración con 40.15%. Mientras que Vega *et al.* (2019) registraron 56.20% a los 60 días, lo anterior explica que existe gran variabilidad en cuanto al contenido de FDN en *T. diversifolia*, y que pueden ser múltiples las causas de esta variación, entre las que se encuentran la edad de la planta y la temporada del año incidiendo factores climáticos.

Otros autores han reportado 40.29% a 90 días; 34.44%, 28.53% a los 80 y 90 días respectivamente; 46.84% en período lluvioso y 45.93% en período poco lluvioso al realizar cortes a los 120 días (Ronan *et al.* 2011, Verdecia *et al.* 2011, Guatusmal-Gelpud *et al.* 2020). Los diversos contenidos reportados por estos autores se debe a que la planta cuando se encuentra creciendo en la etapa lluviosa, desde el punto de vista metabólico no tiene factores limitantes para su fotosíntesis, en comparación con la etapa poca lluviosa que se caracteriza por las menores temperaturas, radiación solar y lluvias, esto impone factores limitantes a la planta para el crecimiento, sin embargo se debe adaptar a los factores de estrés que predominan en el período poco lluvioso (Herrera *et al.* 2017).

Para el contenido de MS de 90.94, 90.10, 89.37 y 88.53% a los 30, 60, 90 y 120 días, respectivamente. Según Rodríguez (2017), los contenidos de MS varían según diferentes factores entre los que destacan la etapa fenológica, y las condiciones climáticas a las cuales está sometido el cultivo. Nieves *et al.* (2011), a los 30 días después del corte de uniformización reportaron 88.55% de MS. Meza *et al.* (2014), obtuvieron a los 60 días 91.32 % en un estudio sobre inclusión de harinas hechas a base de follajes arbóreos y arbustivos. La O *et al.* (2012), al determinar la composición química de nueve ecotipos de *T. diversifolia* encontraron cifras de 88.12 a 89.21% de MS a los 90 días. Mientras que Oluwasola y Dairo (2016) obtuvieron 91.03% en hojas en estado de floración de la planta a los 90 días de establecimiento.

Los contenidos de PC se muestran con tendencia decreciente a través de los períodos de defoliación (Tabla 5), sin embargo, los aportes totales de proteína multiplicados por los incrementos de BMS resultan compensados con un aporte creciente desde 250.7 kg de PC por hectárea a los 30 días, 279.9 kg ha⁻¹ (60 días), luego a 304.9 kg ha⁻¹ (90 días) y 422.8 kg ha⁻¹ a los 120 días. Según Lezcano-Más *et al.* (2016) informaron sobre contenidos de PC de 19.03% en 39 días, en época seca, valor ligeramente inferior a lo reportado en este estudio a los 30 días. Mientras que Rodríguez *et al.* (2019), al evaluar siete ecotipos de *T. diversifolia* en la zona oriental de Cuba, encontraron en el ecotipo 2, valores de 19.2% de PC a 60 días de edad. Contenidos de PC similares a los de esta investigación de 16.5% a la baja, fueron reportados por otros autores (Ferrerira *et al.* 2016, Cardona-Iglesias *et al.* 2017, Verdecia *et al.* 2018).

Según Meza *et al.* (2014) en esta misma especie obtuvieron valores de 18.0% a los 120 días en período poco lluvioso, resultados superiores a los mostrados en esta investigación debido al factor especie,

condiciones climáticas y suelo. La PC resume todas las formas de nitrógeno; orgánicas e inorgánicas presente en la planta, por ello, sería relevante realizar investigaciones a futuro y poder cuantificar las diferentes formas de nitrógeno como NO_3 , NO_2 y proteína verdadera, lo que permitiría mejorar el manejo de la planta y conformar dietas que no produzcan alteraciones en el animal que lo consume (Cerdas-Ramírez 2018, Verdecia *et al.* 2018). La variabilidad en los contenidos de PC está determinada por las diferencias en el manejo y dependiendo de las condiciones climáticas, lo que demuestra buena adaptación de esta especie en diferentes condiciones edafo-climáticas esto explica la disminución de la PC con la edad que pudiera estar relacionada con la reducción de la síntesis de compuestos proteicos y al incremento de la síntesis de carbohidratos estructurales, celulosa y hemicelulosa; aunque otros factores también están implicados, como la disponibilidad de agua y el contenido de nitrógeno disponible en el suelo, que pudieran influir en este comportamiento.

Finalmente *Tithonia diversifolia* es una planta que incrementa su producción de biomasa en hojas y pecíolos, a través de las defoliaciones con el incremento progresivo de número de tallos a los 150 días de crecimiento y desarrollo; los tallos, representan el mayor peso de los componentes de rendimiento. Las plantas que desarrollaron 20 tallos fueron las que presentaron mayor crecimiento y acumulación de biomasa, por lo tanto, en la selección de plantas para un mayor rendimiento, debe considerarse esta variable estructural. El contenido de cenizas, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro en hojas y pecíolos de *Tithonia diversifolia*, se registró el mejor contenido a los 60 días, en las posteriores defoliaciones, mostró una tendencia de incremento promedio. A pesar de que el contenido de proteína cruda tuvo un comportamiento variable en los cuatro períodos de defoliación, el valor de proteína cruda se mantuvo alrededor de 16% en promedio, con valores de hasta 19% a los 30 días.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia en esta sección.

LITERATURA CITADA

- Alonso LJ, Achang FG, Tuffi SLD, Arruda SR (2015) Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. *Livestock Research for Rural Development* 27(6): 1-9.
- AOAC (2016) Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International: 3172p.
- Botero LJM, Gómez CA, Botero LMA (2019) Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 10(3): 789-800. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4667>
- Cabrera-Núñez A, Lammoglia-Villagomez M, Alarcón-Pulido A, Martínez-Sánchez C, Rojas-Ronquillo R, Velázquez-Jiménez S (2019) Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Revista Abanico Veterinario* 9: 1-12. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.913>

- Cardona-Iglesias JL, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J (2017) Efecto sobre la fermentación *in vitro* de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Revista Agronomía Mesoamericana* 28(2): 405-426. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.25697>
- Cerdas-Ramírez R (2018) Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes* 19(39): 172-187. <https://doi.org/10.15517/isucr.v19i39.34076>
- Chaves-Barrantes NF, Gutiérrez-Soto MV (2017a) Respuestas al estrés por calor en los cultivos I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Revista Agronomía Mesoamericana* 28(1): 237-253. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21903>
- Chaves-Barrantes NF, Gutiérrez-Soto MV (2017b) Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. *Revista Agronomía Mesoamericana* 28(1): 255-271. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>
- COLPOS (2010) Estimación de las demandas de consumo de agua. Colegio de posgraduados-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. https://www.academia.edu/32110228/ESTIMACION_DE_LAS_DEMANDAS_DE_CONSUMO_DE_AGUA_COLEGIO_DE_POSTGRADUADOS_SECRETARIA_DE_AGRICULTURA_GANADERIA_DESARROLLO_RURAL_PESCA_Y_ALIMENTACION Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural 2 CONTENIDO. Fecha de consulta: 19 de diciembre de 2024.
- Hanan AAM, Pichardo MJ (2009) Ficha técnica sobre *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tithonia-diversifolia/fichas/ficha.htm>. Fecha de consulta: 2 de diciembre de 2024.
- Cruz CM, Sánchez MIJ (2000) La fibra en la alimentación del ganado lechero. *Revista Nutrición Animal Tropical* 6(1): 39-74.
- Dos-Santos SAM, Da-Silva LD, Rodríguez-Da-Cruz PJ, Vitória SM, Pereira-De-Souza CM, De-Melo FMM (2018) Producción y valor nutricional de la *Tithonia diversifolia* en el período de establecimiento. *Livestock Research for Rural Development* 30: 158.
- Ferreira LH, Silveira RS, Delarota G, Freitas DS, Sacramento JP, Campos Paciullo DS (2016) Potencial forrajero para la alimentación de rumiantes. *Livestock Research for Rural Development* 28(17).
- Gallego-Castro LA, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J (2017) Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Revista Agronomía Mesoamericana* 28(1): 213-222. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
- González D, Ruíz TE, Díaz H (2013) Sección del tallo y forma de plantación: su efecto en la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 47(4): 425-429.
- Guatusmal-Gelpud C, Escobar-Pachajoa LD, Meneses-Buitrago DH, Cardona-Iglesias JL, Castro-Rincón E (2020) Producción y calidad de *Tithonia diversifolia* y *Sambucus nigra* en trópico altoandino colombiano. *Revista Agronomía Mesoamericana* 31(1): 193-208. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36677>
- Gutiérrez-Pulido H, y de la Vara-Salazar R (2012) Análisis y diseño de experimentos. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México. 506p.
- Herrera RS, Verdecia DM, Ramírez JL, García M, Cruz AM (2017) Relación entre algunos factores climáticos y la composición química de *Tithonia diversifolia*. *Cuban Journal of Agricultural Science* 51(2): 1-9.
- Holguín VA, Ortíz GS, Velasco NA, Mora-Delgado J (2015) Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Candelaria, Valle del Cauca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 62(2): 57-72. <https://doi.org/10.15446/RFMVZ.v62N2.51995>
- INEGI (2010) Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Juan Mazatlán, Oaxaca clave geoestadística 20207. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20207.pdf. Fecha de consulta: 29 de enero de 2025.

- Iriban DCA, Alonso-Vázquez AC, Benítez OM (2022) Evaluación de métodos de plantación de secciones del tallo de *Tithonia diversifolia* para conformar bancos proteínicos. *Revista Instituto de Información Científica y Tecnológica* 24(1): 107-119.
- Jiménez-Trujillo JA, Ramírez DR, Hernández NJG, Galdámez MD (2018) Caracterización de la ganadería bovina del Estado de Chiapas. CATIE, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México, CONABIO, IICA. 53p. <https://biopasos.com/situacion/Carac-Gan-Chiapas2020.pdf> Fecha de consulta: 11 de diciembre 2024.
- La O O, González H, Orozco A, Castillo Y, Ruíz O, Estrada A (2012) Composición química, degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(1): 47-53.
- Lezcano Y, Soca M, Ojeda F, Roque E, Fontes D, Montejo IL (2012) Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Revista Pastos y Forrajes* 35: 275-282.
- Lezcano-Más Y, Soca-Pérez M, Roque-López E, Ojeda-García F, Machado-Castro R, Fontes-Marrero D (2016) Forraje de *Tithonia diversifolia* para el control de strongílidos gastrointestinales en bovinos jóvenes. *Revista Pasto y Forrajes* 39(2): 133-138.
- Londoño CJ, Mahecha LL, Angulo AJ (2019) Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 11(1): 1-14. <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>
- Lugo SM, Molina F, González I, González J, Sánchez E (2012) Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Revista Zootecnia Tropical* 30(4): 317-325.
- Martínez RA, Leyva GA (2014) La biomasa de los cultivos en el agroecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *Cultivos tropicales Review* 35(1): 11-20.
- Mauricio RM, Calsavara LHF, Ribeiro RS, Pereira LGR, De Freitas DS, Paciullo DS, Barahona R, Rivera JE, Chara J, Murgueitio E (2017) Feed ruminants using *Tithonia diversifolia* as a forage. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research Review* 5(3): 117-120. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2017.05.00146>
- Medina MG, García DE, González ME, Cova LJ, Moratinos P (2009) Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Revista Zootecnia Tropical* 27(2): 121-134.
- Mejía-Díaz E, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J (2017) *Tithonia diversifolia*: Especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *Revista Agronomía Mesoamericana* 28(1): 289-302. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22673>
- Meza GA, Loor NJ, Sánchez AR, Avellaneda JH, Meza CJ, Vera DF (2014) Inclusión de harinas de follajes arbóreos y arbustivas tropicales (*Morus alba*, *Erythrina peoppigiana*, *Tithonia diversifolia* e *Hibiscus rosa-sinensis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 61(3): 258-269. <https://doi.org/10.15446/RFMVZ.v61N3.46874>
- Navas PA, Montaña V (2019) Comportamiento de *Tithonia diversifolia* bajo condiciones de bosque húmedo tropical. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 30(2): 721-732. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.15066>
- Nieto-Sierra DF, Meneses-Buitrago DH, Morales-Montero SP, Hernández-Oviedo F, Castro-Rincón E (2020) Características productivas de cultivos forrajeros en sistemas de producción de leche, Nariño, Colombia. *Revista Agronomía Mesoamericana* 31(1): 177-192. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36596>
- Nieves D, Teran O, Cruz L, Mena M, Gutiérrez F, Ly J (2011) Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(1): 309-314.

- Oluwasola TA, Dairo FAS (2016) Proximate composition, amino acid profile and some anti-nutrients of *Tithonia diversifolia* cut at two different times. African Journal of Agricultural Research 11(38): 3659-3663. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10910>
- Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Simons A (2009) Agroforestry database: A tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre, Kenya. <https://www.worldagroforestry.org/output/agroforestry-database>. Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2024.
- Pérez A, Montejó I, Iglesias JM, López O, Martín GJ, García DE, Milián I, Hernández A (2009) *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Revista Pastos y Forrajes 32(1): 1-15.
- Rivero-Herrera JE, Ruíz-Vásquez T, Chará-Orozco J, Gómez-Leyva JF, Barahona-Rosales R (2021) Fases de desarrollo y propagación de ecotipos destacados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 12(3): 811-827. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5720>
- Rodríguez GI (2017) Potencialidades de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. Livestock Research for Rural Development 29(4).
- Rodríguez R, Galindo J, Ruíz TE, Solís C, Scull I, Gómez S (2019) Valor nutritivo de siete ecotipos de *Tithonia diversifolia* colectados en la zona oriental de Cuba. Livestock Research for Rural Development 31(8).
- Ronan G, Souza JOF, Costa NR, Braccialli CD, Gaion LA (2011) Influencia del espacio y estadio de desarrollo de la planta en la producción de biomasa y valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) Gray. Revista Nucleus 8(1): 241-256. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.362>
- Ruíz TE, Alonso J, Febles GJ, Galindo JL, Savón LL, Chongo BB (2016) *Tithonia diversifolia*: I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva. Revista Avances en Investigación Agropecuaria 20(3): 63-82.
- Ruíz TE, Alonso J, Torres V, Valenciaga N, Galindo J, Febles G (2017) Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-este de Cuba. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria 21(3): 31-39.
- Ruíz TE, Alonso J, Torres V, Valenciaga N, Galindo J, La O O (2018) Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona de Las Tunas y Granma en el oriente de Cuba. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria 22(1): 19-27.
- Ruíz TE, Febles G, Díaz H, Achang G (2009) Efecto de la sección y el método de plantación del tallo en el establecimiento de *Tithonia diversifolia*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 43(1): 91-93.
- Ruíz TE, Torres V, Febles G, Díaz H, González J (2013) Estudio del comportamiento de ecotipos destacados de *Tithonia diversifolia* en relación con algunos componentes morfológicos. Livestock Research for Rural Development 25(154).
- SIATL (2023) Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/ Fecha de consulta: 8 de diciembre.
- Steel RGD, Torrie JH (1988) Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México 529p.
- Valenciaga D, López JR, Galindo J, Ruiz T, Monteagudo F (2018) Cinética de degradación ruminal de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* recolectados en la región oriental de Cuba. Livestock Research for Rural Development 30(11).
- Van Soest PJ (1994) Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press. New York, NY, USA. 489p.
- Vargas VVT, Pérez HP, López OS, Castillo GE, Cruz LC, Jarillo RJ (2022) Producción y calidad nutritiva de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en tres épocas del año y su efecto en la preferencia por ovinos Pelibuey. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 13(1): 240-257. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5906>
- Vega GE, Sanginés GL, Gómez GA, Hernández-Ballesteros A, Solano L, Escalera-Valente F (2019) Reemplazo de alfalfa con *Tithonia diversifolia* en corderos alimentados con ensilado de caña de azúcar y pulidura

- de arroz. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 10(2): 267-282. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4455>
- Verdecia ADM, Herrera GRS, Ramírez de la Ribera JL, Leonard AI, Bodas RR, Andrés LS (2014) Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba. Revista Avances en Investigación Agropecuaria 18(3): 75-90.
- Verdecia DM, Herrera RS, Ramírez JL, Bodas R, Leonard I, Giráldez FJ (2018) Componentes del rendimiento, caracterización química y perfil polifenólico de la *Tithonia diversifolia* en el Valle del Cauto, Cuba. Revista Cuban Journal of Agricultural Science 52(4): 457-471.
- Verdecia DM, Ramírez JL, Leonard I, Álvarez Y, Bazán Y, Bodas R (2011) Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. Revista Electrónica de Veterinaria 12(5): 1-13.
- Zapata CA, Vargas SJE (2014) Botón de oro: Manual para su establecimiento y manejo en sistemas ganaderos. Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, COLOMBIA. https://www.researchgate.net/publication/300114148_Boton_de_oro_Manual_para_su_establecimiento_y_manejo_en_sistemas_ganaderos_1_ed_Manizales_Caldas_Colombia_Universidad_de_Caldas. Fecha de consulta: 29 de enero de 2025.