



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**RENDIMIENTO DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL
GIRASOL MEXICANO (*Tithonia diversifolia*) A DIFERENTES FRECUENCIAS
DE CORTE**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

Braulio Ramsés Esteban Hernández

BAJO LA DIRECCIÓN DE:
DR. CARLOS LUNA PALOMERA

EN CODIRECCIÓN DE:
DR. NOEL MAURICIO MALDONADO GARCÍA

Villahermosa, Tabasco. Enero de 2026

Declaración de Autoría y Originalidad

En la ciudad de Villahermosa Tabasco, el día 19 del mes de Enero del año 2026, el que suscribe Braulio Ramsés Esteban Hernández alumno del Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia con número de matrícula 192C24056, adscrito a la División Académica de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor de la Tesis Presentada para la obtención de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia titulada **RENDIMIENTO DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL GIRASOL MEXICANO (*Tithonia diversifolia*) A DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE** dirigido por el Doctor Carlos Luna Palomera.

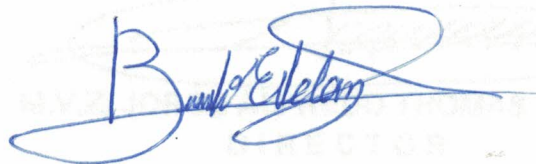
DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a 19 de Enero de 2026

PMVZ Braulio Ramsés Esteban Hernández





UJAT
UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



División
Académica de
Ciencias
Agropecuarias



2025
AÑO DE LA
Mujer
Indígena

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES

Asunto: Autorización de impresión
de Trabajo Recepcional.

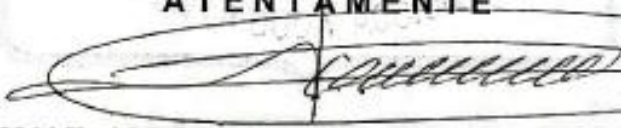
Fecha: 23 de octubre de 2025.

LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y
TITULACIÓN DE LA UJAT.
P R E S E N T E

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado(a), le informo que, con base en el artículo 113 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo **autoriza** al **C. Braulio Ramsés Esteban Hernández**, con matrícula **192C24056**, egresado(a) de la Licenciatura de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, **la impresión de su Trabajo Recepcional** bajo la modalidad de Tesis, titulado: **RENDIMIENTO DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN BROMATÓLOGICA DEL GIRASOL MEXICANO (*Tithonia diversifolia*) A DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE.**

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE


M.V.Z. JORGE ALFREDO THOMAS TELLEZ
DIRECTOR

U.J.A.T.



DIVISION ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

X C.c.p.- Archivo

Carretera Villahermosa - Teapa Km. 25
R/A La Huasteca 2da Sección
Villahermosa, Tabasco. México. C.P. 86298
Tel. (+52 993) 3581500 ext. 6614
Correo electrónico: terminales.daca@ujat.mx

Braulio Ramsés Esteban Hernández

RENDIMIENTO DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL GIRASOL MEXICANO (*Tithonia diversifolia*)

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:507509787

Fecha de entrega

3 oct 2025, 12:40 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

8 ene 2026, 11:27 a.m. GMT-6

Nombre del archivo

Tesis_Braulio entregada para revisión 1_10_25.docx

Tamaño del archivo

6.3 MB

60 páginas

16,005 palabras

85,215 caracteres

U.J.A.T



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
JEFATURA DE ESTUDIOS TERMINALES




3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

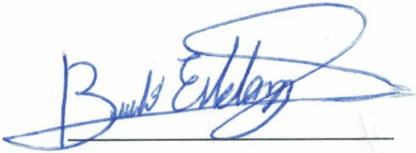
Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 19 de Enero de 2026

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como autor en la producción creación y realización de la obra denominada **RENDIMIENTO DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL GIRASOL MEXICANO (Tithonia diversifolia) A DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE.**

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendiéndolo y acepto el alcance del artículo en mención, de que tengo el derecho al reconocimiento como autor de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedo el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

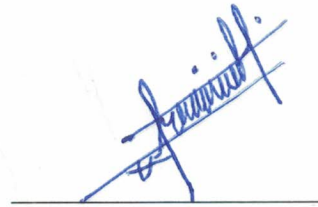
COLABORADORES



ALUMNO O EGRESADO



DIRECTOR



CODIRECTOR

TESTIGOS



Carlos Alberto Gutiérrez Hernández



Deissy Hernández Hernández

Dedicatoria

A mi madre, Deissy Hernández Hernández. Por todo el apoyo económico, emocional y fraternal que me supo proporcionar, cuando más lo requería. Gracias por la guía que me diste como docente para superar las diversas dificultades que la universidad me presentó.

A mi padre, Carlos de Jesús Esteban López. Por todo el apoyo económico, recreativo, inspirativo y fraternal que me supo proporcionar, cuando más lo requería. Gracias por los consejos duros que me has dado y tu confianza en mí.

A las personas más cercanas, Ángel Moisés Esteban Hernández, Fátima Jazmín Gutiérrez Hernández, Lizbeth Esteban López, Isabel López Carabeo, Carlos Alberto Gutiérrez Hernández y Jacinto Esteban Noriega. Por acompañarme y brindarme consejos, pláticas, guía y sobre todo afecto.

Agradecimientos

A Dios, primeramente, Romanos 8:28: A los que aman a Dios, todas las cosas les ayudan a bien.

Al Dr. Carlos Luna Palomera, por la invitación y el apoyo tanto en campo como en la asesoría para realización de esta tesis.

Al Dr. Noel Mauricio Maldonado García, por el apoyo en campo y la asesoría para la realización de esta tesis.

Al Dr. Cesar Márquez Quiroz, por el apoyo en campo.

Índice de Contenido

	Página
Índice de tablas	8
Índice de figuras	9
Resumen	11
Abstract	12
1. Introducción	13
2. Marco Teórico	15
2.1. Antecedentes del girasol mexicano (<i>Tithonia diversifolia</i>)	15
2.2. Factores que afectan el potencial forrajero del girasol mexicano	17
2.3. Tiempo térmico como herramienta para determinar el tiempo óptimo de cosecha de <i>Tithonia diversifolia</i>	21
2.4. Potencial nutricional del girasol mexicano	23
3. Justificación	28
4. Pregunta de investigación	30
5. Hipótesis	30
6. Objetivo general	30
7. Objetivos específicos	30
8. Metodología	31
8.1. Área de estudio.	31
8.2. Establecimiento de la parcela.	31
8.3. Diseño experimental	32
8.4. Evaluación del rendimiento forrajero y componentes estructurales de la planta.	32
8.4.1. Altura promedio de la planta (AP), número de plantas (#P/m ²) y tallos (#T/m ²) y relación hoja-tallo (H:T).	32
8.4.2. Biomasa comestible verde (BCV Ha-1) y Proporción de Biomasa comestible (PBC).	32

8.4.3. Biomasa comestible seca (BCS Ha-1).	33
8.5. Evaluación química proximal, fracciones de fibra y estimación de parámetros nutricionales.	33
9. Resultados	35
9.1. Rendimiento forrajero del girasol mexicano.	36
9.2. Altura promedio de la planta (AP), número de plantas (#P/m ²) y tallos (#T/m ²) y relación hoja-tallo (H:T).	36
9.3. Composición bromatológica del girasol mexicano.	36
10. Discusión	40
10.1. Rendimiento forrajero del girasol mexicano.	40
10.2. Altura promedio de la planta (AP), número de plantas (#P/m ²) y tallos (#T/m ²) y relación hoja-tallo (H:T).	43
10.3. Composición bromatológica del girasol mexicano.	44
11. Conclusiones	47
12. Referencias	48

Índice de Tablas

	Página
Tabla 1. Rendimiento y composición nutricional de <i>Tithonia diversifolia</i> de acuerdo con diversos autores	18
Tabla 2. Valores de referencia de la composición nutricional de <i>Tithonia diversifolia</i> de acuerdo con diferentes estudios en Latinoamérica	21
Tabla 3. Valores de referencia del contenido mineral en <i>Tithonia diversifolia</i> .	22
Tabla 4. Valores de referencia del contenido nutricional de <i>Tithonia diversifolia</i> a diferentes edades de corte.	22
Tabla 5. Compuestos secundarios presentes en el forraje de <i>Tithonia diversifolia</i>	23
Tabla 6. Desempeño productivo de <i>Tithonia diversifolia</i> en diferentes épocas del año y a frecuencias de corte de 45, 60 y 75 días.	34
Tabla 7. Composición bromatológica de <i>Tithonia diversifolia</i> en diferentes épocas del año y a frecuencias de corte de 45, 60 y 75.	37

Índice de Figuras

	Página
Figura 1. Parcela experimental de girasol mexicano (<i>Tithonia diversifolia</i>) para las frecuencias de corte a los 45, 60 y 75 días después del establecimiento.	31
Figura 2. Condiciones climatológicas de precipitación pluvial (PP, mm), temperatura media (T, °C) y humedad relativa (HR, %) del sitio de evaluación del desempeño productivo del girasol mexicano (<i>Tithonia diversifolia</i>) en las épocas de Secas (Marzo-Mayo), Lluvias (Junio-October) y Nortes (Noviembre-Febrero). Con información de NASA Prediction of Worldwide Energy Resource.	35 38
Figura 3. Producción de biomasa y número de tallos de girasol mexicano registrada a diferentes frecuencias de corte.	
Figura 4. Número de plantas por m ² de girasol mexicano registradas en las épocas de Secas, Lluvias y Nortes.	38

RENDIMIENTO DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL GIRASOL MEXICANO (*Tithonia diversifolia*) A DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE

RESÚMEN

El girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*) es una alternativa prometedoras como fuente de forraje en las regiones tropicales y subtropicales de México. El objetivo fue evaluar entre otras variables, la proporción de materia seca (MS, %) proporción de biomasa comestible (PBC, %), rendimiento de biomasa seca (RBS, %) y la composición nutricional en base a proteína cruda (PC, %), fibra detergente neutra (FDN, %), fibra detergente ácida (FDA, %) y valor relativo del forraje (VRF) de *Tithonia diversifolia* cosechadas en diferentes épocas del año (EA) de Secas, Lluvias y Nortes, y bajo diferentes frecuencias de corte (FC) de 45, 60 y 75 días en el trópico húmedo mexicano. La proporción de MS, PBC y RBS fueron afectadas por los efectos de EA x FC. La proporción de MS fue mayor ($P < 0.01$) en la época de Secas a una frecuencia de cosecha de 60 y 75 días (35.4% y 38.37%, respectivamente). En el caso de la PBC, el mejor desempeño se observó durante la época de Lluvias a las frecuencias de 45, 60 y 75 días (98.15%, 99.25% y 98.64%, respectivamente). Los RBS más altos se presentaron a los 75 días en las épocas de Secas, Lluvias y Nortes (9207.41 kg, 7819.86 kg y 9466.65 kg, respectivamente). El porcentaje de MS, PC, FDN, FDA y el VRF fueron afectadas por la interacción EA x FC. Para PC, los mejores niveles se registraron en la época de Nortes a los 45, 60 y 75 d (17.75%, 13.37% y 22.14%, respectivamente). Con relación a la FDN los mayores niveles se registraron a los 60 d en la época de Secas (57.77%), 60 y 75 d para la época de Lluvias (58.53% y 59.39%) y a los 45 d para la época de Nortes (57.96%). Los mayores niveles de FDA se obtuvieron a frecuencias de corte de 60 d para las épocas de Secas (45.01%), y para la época de Lluvias a los 60 y 75 d (45.64% y 48.15%, respectivamente). El mayor VRF se encontró a una frecuencia de corte de 45 d en las épocas de Secas y Lluvias, y a los 60 y 75 d para la época de Norte. De acuerdo con las evidencias generadas de su comportamiento productivo y valor nutricional a diferentes épocas y frecuencias de corte colocan al girasol mexicano como una alternativa forrajera bajo condiciones tropicales.

Abstract

Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) is a promising alternative source of forage in tropical and subtropical regions of México. The objective was to evaluate, among other variables, the proportion of dry matter (DM, %), proportion of edible biomass (EBC, %), dry biomass yield (DBY, %), and nutritional composition based on crude protein (CP, %), neutral detergent fiber (NDF, %), acid detergent fiber (ADF, %), and relative forage value (RFV) of *Tithonia diversifolia* harvested at different times of the year (EA) of dry, rainy, and northerly seasons, and under different cutting frequencies (CF) of 45, 60, and 75 days in the Mexican humid tropics. The proportions of DM, EBC, and DBY were affected by the EA x CF effects. The DM proportion was highest ($P < 0.01$) during the dry season at harvest frequencies of 60 and 75 days (35.4% and 38.37%, respectively). In the case of PBC, the best performance was observed during the rainy season at frequencies of 45, 60, and 75 days (98.15%, 99.25%, and 98.64%, respectively). The highest RBS were observed at 75 days in the dry, rainy, and northerly seasons (9207.41 kg, 7819.86 kg, and 9466.65 kg, respectively). The percentages of DM, CP, NDF, ADF, and VRF were affected by the EA x FC interaction. For CP, the highest levels were recorded during the Nortes season at 45, 60, and 75 d (17.75%, 13.37%, and 22.14%, respectively). Regarding NDF, the highest levels were recorded at 60 d during the Dry season (57.77%), 60 and 75 d during the Rainy season (58.53% and 59.39%), and at 45 d during the Nortes season (57.96%). The highest ADF levels were obtained at cut-off frequencies of 60 d during the Dry season (45.01%), and at 60 and 75 d during the Rainy season (45.64% and 48.15%, respectively). The highest RFV was found at a cutting frequency of 45 d during the dry and rainy seasons, and at 60 and 75 d during the northern season. The evidence generated on its productive performance and nutritional value at different seasons and cutting frequencies places the Mexican sunflower as a forage alternative under tropical conditions.

Palabras claves. Buttercup, dry biomass production, crude protein, NDF, relative forage value.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina en México es una fuente importante de alimentos y empleo. Los pastizales y praderas usados en la ganadería enfrentan cambios ambientales asociados a la distribución de las lluvias y como consecuencia la disponibilidad de forraje en las épocas del año menos lluviosas (secas) o con menos luminosidad (nortes) (Muñoz-González et al., 2016 a,b). Por otra parte, a la ganadería se le atribuyen efectos negativos tales como presión sobre los recursos naturales, la pérdida de biodiversidad y los cambios en el uso del suelo (Rivero et al., 2021). Por tanto, el estudio de especies arbustivas no convencionales que sean resistentes a los pastoreos o cortes frecuentes, condiciones medioambientales adversas y que a su vez alcancen altos volúmenes de biomasa de manera sostenible, así como niveles nutricionales considerables, constituyen los objetivos prioritarios de las investigaciones que se desarrollan en el ámbito de la ganadería (Alexandre et al., 2021; Krüger et al. 2024; Casanova-Lugo et al., 2025).

Una alternativa prometedora como fuente de forraje es el uso del girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*) Hemsl. A Gray. Este cultivo ha demostrado un alto potencial productivo y nutricional, al ofrecer altos rendimientos de biomasa y contenidos significativos de nutrientes esenciales, como nitrógeno, calcio y proteínas, además de compuestos bioactivos con beneficios adicionales (Ribeiro et al., 2016; Verdecia et al., 2018; Uu-Espens et al., 2022). Sin embargo, existen factores ambientales, tales como la precipitación pluvial y temperatura, a lo largo del año que pueden impactar la producción de biomasa comestible, la proporción de materia seca y en consecuencia la calidad nutricional del forraje (Uu-Espens et al., 2022). En la región de trópico húmedo y particularmente en el estado de Tabasco se tiene identificada tres épocas del año (Seca, Lluvias y Nortes; De Dios-Vallejo 2001; García-Domínguez, 2019) que impactan significativamente la producción forrajera (Muñoz-González et al., 2016 a, b) y que deben ser consideradas dentro de los factores de estudios de especies forrajeras nativas e introducidas.

Otro de los factores importantes a considerar en la producción de biomasa comestible, la proporción de materia seca y la calidad nutricional de *T. diversifolia*, es la frecuencia o edad de corte. Al respecto Uu-Espens et al. (2022) sugieren que intervalos de corte entre 60 y 75 días maximizan el rendimiento de materia seca, alcanzando producciones de hasta 9.2 toneladas por hectárea. Sin embargo, Ziegler et al. (2022) evaluaron frecuencias de corte a

los 42, 56 y 72 días, encontrado que a una frecuencia de corte de 72 días se obtenía un mejor rendimiento de biomasa de materia seca debido a que se obtenían plantas con mayor altura; no así con las frecuencias de cortes de 42 y 56 días. Sin embargo, estos resultados contrastan con los reportados por Ovai et al. (2024) a frecuencias de corte de 21, 28, 35 y 45 días, reportando un incremento lineal en la producción de biomasa a una menor frecuencia de cosecha (un período de rebrote más prolongado), pero que afecta negativamente el valor nutricional y los productos de la fermentación ruminal.

En síntesis, es necesario evaluar bajo condiciones de trópico húmedo mexicano los efectos de época del año y frecuencias de corte sobre los rendimientos de materia seca comestible y composición bromatológica. Esto permitirá conocer su comportamiento, maximizar los rendimientos y calidad nutricional, así como emitir recomendaciones de manejo y aprovechamiento.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar el rendimiento de biomasa seca y la composición nutricional de *Tithonia diversifolia* cosechadas en diferentes épocas del año y tres frecuencias de corte (45, 60 y 75 d) en el estado de Tabasco.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*).

El girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*) es una planta que pertenece a la familia *Asteracea* y el género *Tithonia* comprende diez especies originarias de América Central y México (Roig y Mesa, 1974) aunque también ha sido reportada en América del Sur. Autores como Roig y Mesa (1974) la observaron y clasificaron en Cuba, pero también ha sido reportada en Las Filipinas y Kenia (Wanjau et al., 1998), India, Ceilán, Sur de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia y Venezuela (Ríos, 2002) con diversos nombres y usos, incluida la nutrición animal.

Pérez et al. (2009) la definen como una planta herbácea o arbustiva robusta, perteneciente al Reino Plantae, Subreino Traqueobionta División Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Subclase Asteridae, Orden Asterales, familia *Asterácea* y género *Tithonia* (Medina et al., 2009; Fasuyi et al., 2010). El rango de altura es de 1.5 a 4.0 metros, posee una amplia red radicular (Peters et al., 2002), ramas fuertes, raíz principal fusiforme con derivaciones secundarias muy finas, el tallo es erecto y único con 24 a 36 haces vasculares que le dan soporte esquelético y poco tejido leñoso en el parénquima (Murgueitio y Ospina, 2002).

El girasol mexicano posee una gran capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y altitudes en el estado de Chiapas, México. Además, la existencia de una gran variabilidad genética entre los materiales silvestres de posible recolección en la región (Lazo et al., 2024). La capacidad adaptativa se manifiesta gracias a la variabilidad de propagación (Semilla y material vegetativo), tasa de germinación e índice de velocidad de emergencia (velocidad con la que las plántulas emergen después de la siembra). Es importante mencionar que la siembra por semillas es casi nula, debido a la baja tasa de germinación de las semillas. Sin embargo, autores como (Rivera et. al, 2021), postulan la viabilidad de utilizar semillas para la propagación de *Tithonia diversifolia*, evaluando siete genotipos previamente identificados mediante análisis de diversidad genética. Los resultados destacaron que los genotipos 5 y 7 presentaron el mayor rendimiento en términos de producción de cabezas de semillas por planta, el mayor porcentaje de semillas completas y el mayor número de semillas por planta, probablemente debido a un mayor número de ramas. Asimismo, se corroboró que

T. Diversifolia posee una baja tasa de germinación (<50%), aunque se identificaron tratamientos pregerminativos efectivos para incrementar este porcentaje:

- La aplicación de agua a 80 °C aumentó la germinación en un 15%.
- La fertilización también mejoró la germinación en un promedio del 9,2% en diferentes genotipos, lo que sugiere que es una opción viable para las plantas productoras de semillas.

Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar genotipos superiores y emplear técnicas de manejo agronómico para maximizar la eficiencia reproductiva de la especie.

Es importante considerar que el uso de esta especie puede ser más eficiente en conjunto con otros géneros como lo plantea Rodríguez (2017). El uso de vegetación mixta, que combina en el mismo espacio, y al mismo tiempo, gramíneas, leguminosas rastreras, arvenses nobles y no tóxicas, palmas, arbustos y árboles, incrementan la fotosíntesis, mejora el reciclaje de nutrientes, recupera la biota e incrementa la biodiversidad. En Cuba documentan que el girasol mexicano se desarrolla adecuadamente en las variadas condiciones edafológicas y climáticas del país (Savon, 2017). Por otro lado, en la Amazonia Ecuatoriana, se menciona que el botón de oro es rico en minerales y tiene un gran potencial como forraje alternativo. Usando el porcentaje de cenizas (Promedio de ceniza de $1.37\% \pm 0.29$) como un indicador general de contenido mineral total y no especifica las cantidades de minerales individuales (como calcio, fósforo, etc.). La ceniza representa el residuo inorgánico que queda después de la incineración de la materia orgánica, y su porcentaje es un reflejo de la cantidad total de minerales presentes en la muestra (Jiménez et. al, 2024). Existe evidencias de que el girasol mexicano puede acumular entre 15-33 % de nitrógeno en sus hojas, al igual que algunas leguminosas, tiene altos niveles de fósforo, gran volumen radicular, habilidad para extraer los nutrientes del suelo, amplio rango de adaptación tolera condiciones de acidez y baja fertilidad del suelo, es muy rústica y puede soportar la poda a nivel del suelo y la quema. Es una planta de rápido crecimiento, baja demanda de insumos y pocas exigencias en el manejo de su cultivo (Rodríguez, 2017).

Adicional a la adaptabilidad de *Tithonia diversifolia* en las variadas condiciones de edafológicas y climáticas de diversos países del trópico, (Cabanilla et. al, 2021) afirma que

las mejores características morfoagronómicas, incluidas la altura de la planta, la relación hoja/tallo, el peso de hojas y tallos por planta, la tasa de crecimiento absoluta, la biomasa por planta y la producción total, se observaron a los 75 días de corte. En concreto, a los 75 días, la planta alcanzó una altura de 1.71 m, una relación hoja/tallo de 13.24 y una producción de 5.62 T MS/Ha.

Su versatilidad ha permitido usarla en sistemas silvopastoriles en combinación con árboles y plantas arbustivas con gran potencial de producción de biomasa (Botero et al., 2019), la variabilidad en el germoplasma nativo permite identificar variedades con potencial para producir biomasa tanto en estación seca como en lluviosa. En la actualidad girasol mexicano, es considerada una de las especies que puede ser un componente del estrato forrajero arbustivo de alta densidad bajo un Sistema Silvopastoril Intensivo (Rodríguez, 2017).

2.2. Factores que afectan el potencial forrajero del girasol mexicano

El potencial productivo de cualquier planta está regido por diversos factores ambientales, como la altitud, la época del año, las temperaturas a las que la planta puede crecer, el terreno en donde sea sembrada, la fauna con la que tendrá que subsistir, la calidad y pH del suelo, así como la frecuencia de corte (Tabla 1).

Método de siembra. El girasol mexicano a pesar de ser un ejemplar productivo y rústico puede establecerse por diferentes métodos de siembra que incluyen la semilla y el material vegetativo. Se ha encontrado evidencia de que el material vegetativo en posición horizontal potencia un mejor desarrollo de la planta, mayor población (tallos) y producción de biomasa. Según Savon (2017) la plantación de tallos del girasol mexicano en posición horizontal en el fondo del surco permite obtener más tallos por metro lineal, lo cual es fundamental para lograr una mayor producción de biomasa estable en el tiempo.

Tabla 1. Rendimiento y composición nutricional de *Tithonia diversifolia* de acuerdo con diversos autores

Edad corte, días	MV t/ha	MS t/ha	MS%	PC %	FDN %	FDA %	LIG %	CNF %	Autor y lugar
30	13.66	1.18	8.64	27.61	31.71	22.45	15.46	19.36	Gamboa, 2023 Costa Rica
50	38.63	3.56	9.27	19.13	39.62	31.47	19.14	23.08	
70	77.18	7.10	9.20	11.57	52.64	41.52	22.80	20.81	
30	-	0.82	16.39	26.35	-	-	-	-	Lugo, 2012 Venezuela
60	-	1.73	19.41	21.60	-	-	-	-	
85	-	2.58	17.92	19.77	-	-	-	-	
30	-	0.67	8.64	24.68	41.56	29.69	-	-	Cabanilla 2021, Ecuador
45	-	1.87	9.86	22.60	42.73	31.78	-	-	
60	-	3.85	16.35	15.17	46.94	35.80	-	-	
75	-	5.62	21.80	12.37	47.10	34.96	-	-	
60	-	-	19.77	28.95	43.66	27.69	-	-	Ramírez 2011, Málaga, España
120	-	-	26.53	26.11	46.84	29.70	-	-	
180	-	-	29.47	18.05	50.51	32.12	-	-	

Densidad de siembra. La densidad de siembra es otro aspecto que puede afectar la producción de biomasa. Nieves *et al.* (2011) encontraron mayor producción de biomasa (5450 Kg MS/Ha) con un espaciamiento de 0.5×1 m. Se afirma que a medida que aumentaba la distancia de siembra, los rendimientos disminuyen, en consecuencia, esta especie puede llegar a tener: alta producción de biomasa, que llega hasta las 55 T MS/Ha/año. En el trabajo de (Cardona *et al.*, 2020) reportan un rendimiento de 22.8 T MS/Ha/año a una distancia de 1×1 m. Por tanto la densidad de siembra es un aspecto que se debe valorar al momento de plantar el girasol mexicano.

Fertilidad del suelo. La fertilidad del suelo también es un factor que impacta la producción de biomasa vegetal. El girasol mexicano es una planta con alta plasticidad ecológica ya que se puede establecer en suelos de baja fertilidad y ayuda a la recuperación de suelos degradados, es resistente a plagas y enfermedades, y se puede usar en la alimentación de diferentes especies animales (Van Sao *et al.*, 2010). Asimismo, se ha indicado su fácil adaptación a diversas condiciones de suelos y resistencia al corte frecuente (Gallego *et al.*, 2014). La producción de biomasa verde y seca se incrementa considerablemente usar fertilización nitrogenada aplicadas en forma de urea, la producción de biomasa verde por hectárea por corte osciló entre 51.150 y 97.925 kg, al usar entre 150 y 300 kg de fertilizante por hectárea (Mora y Elizondo, 2024).

Altura de corte. Los factores productivos y forrajeros de *T. diversifolia*, no solo se rigen por los factores ambientales, la metodología de corte es crucial para el desarrollo futuro de la planta. Canto *et al.* (2023) reportan que el peso más alto del forraje verde por cultivador se observó a una altura de corte de 0 cm. Sin embargo, para el rendimiento total por metro cuadrado y materia seca, las alturas de corte de 10 cm, 20 cm y 30 cm mostraron rendimientos superiores a los de 0 cm. Esto indica que, si bien los cultivadores individuales pueden pesar más cuando se cortan a nivel del suelo, los cortes más altos conducen a una mejor producción general de biomasa en toda la zona, así como el desarrollo de componentes fibrosos para la MS. Esto sugiere que dejar algo de material vegetal residual promueve un mayor crecimiento general y el macollamiento de los tallos existentes, lo que conlleva que las hojas contengan mayor contenido nutricional. Según Canto *et al.* (2023) la altura de corte de 10 cm es la más adecuada para *T. diversifolia* bajo las condiciones experimentales reportadas. En base al

equilibrio entre el alto rendimiento materia verde y seca por m² y la mejora de los indicadores de calidad, como la relación hoja-brote, que es crucial para la alimentación animal.

No obstante, Savon (2017) ha reportado que los mejores resultados productivos se obtuvieron cuando el corte se realizó cada dos meses a una altura de 50 cm. Bajo estas condiciones se ha encontrado que el mayor rendimiento (3-5 T/Ha) se produce durante la época de lluvias con la menor distancia de siembra (50 cm), sin efecto relacionado con la altura de corte. Esto se debe a que el rendimiento podría estar asociado a una mayor población por metro cuadrado y mejor distribución de las raíces. Al mismo tiempo, durante el período de escasas lluvias, la menor distancia de siembra también mostró un mejor rendimiento, y se observó el efecto de la altura de corte con un menor rendimiento a 5 cm. Esto podría estar influenciado por la época del año, ya que en las plantas cortadas a esta altura les quedan menos reservas en los tallos para el siguiente brote (Savon, 2017).

Frecuencia de corte. De igual forma la frecuencia de corte es algo extremadamente importante para el rendimiento de *T. diversifolia*. (Polo y Medina, 2021) resaltan que la frecuencia de corte a 84 y 112 días mostró un marcado aumento de materia seca y añaden que estos rendimientos se observaron tanto en la estación lluviosa como en la seca. Sin embargo, se observó un mayor contenido de proteína a los 28 y 56 días de corte, tanto en la estación lluviosa como en la seca, en todas las fracciones de la planta, consecuentemente el contenido de calcio y fósforo en la materia seca disminuyó a medida que aumentaba la frecuencia de corte. Esto sugiere que los cortes más frecuentes (intervalos más cortos) producen forraje con niveles más altos de proteína, calcio y fósforo.

Por otra parte, Polo y Medina, (2021) resaltan que la frecuencia de corte a 84 y 112 días mostró un marcado aumento de materia seca y añaden que estos rendimientos se observaron tanto en la estación lluviosa como en la seca. Sin embargo, se observó un mayor contenido de proteína a los 28 y 56 días de corte, tanto en la estación lluviosa como en la seca, en todas las fracciones de la planta, consecuentemente el contenido de calcio y fósforo en la materia seca disminuyó a medida que aumentaba la frecuencia de corte. Esto sugiere que los cortes más frecuentes (intervalos más cortos) producen forraje con niveles más altos de proteína, calcio y fósforo. Por el contrario intervalos de corte mas amplios producen forraje con niveles más bajos de proteína y altos en materia seca, tal como lo asegura Paumier *et al.*, (2020)

obtuvo un mayor rendimiento de MS a los 180 días, con 16.09 T MS/Ha. Para Ruiz *et al.* (2024) en Cuba, anualmente, el mayor rendimiento se obtuvo con el intervalo de corte más largo (80 días), lo que también se observó en el período de mayor precipitación. Por el contrario, en el período de poca precipitación, el mayor rendimiento se alcanzó a los 60 días.

2.3 Potencial nutricional del girasol mexicano

El girasol mexicano por su contenido de proteína, carbohidratos solubles y la presencia de taninos, puede ayudar a mejorar el balance ruminal en cuanto al aporte de energía y proteína (Cabanilla-Campos *et al.*, 2021; Uu-Espens *et al.*, 2022). Esto implica una mayor eficiencia para la transformación del amoníaco en proteína microbiana, lo que a la vez provoca una disminución en los costos energéticos por las menores pérdidas de amoníaco, metano y CO₂ ruminales y una disminución en la contaminación ambiental (Gallego *et al.*, 2014). Se podría contemplar como una planta para suplementar a los animales, debido a sus múltiples beneficios ruminales y su gran palatabilidad. No se ha considerado el efecto del forraje de girasol mexicano a más de la mitad del porcentaje de la dieta; sin embargo, el porcentaje que ocupa en la dieta en las diferentes especies ganaderas no suele ser superior al 50%. Es necesario enfatizar la calidad del alimento alternativo con esta especie arbustiva, ya que el contenido de nutrientes depende de la edad y la parte de la planta a utilizar.

Tabla 2. Valores de referencia de la composición nutricional de *Tithonia diversifolia* de acuerdo con diferentes estudios en Latinoamérica (Krüger, 2024).

Referencias	%	gr/kg de MS			Observaciones
	MS,	PC ^a	FDN ^a	FDA ^a	
Arguello-Rangel <i>et al.</i> (2020)	190	252	337	145	Planta entera
Calsavara <i>et al.</i> (2016)	200	165	476	333	Hojas
Calsavara <i>et al.</i> (2016)	195	225	410	261	
Chin and Hue (2012)	146	239	384	n/a	
Durango <i>et al.</i> (2021)	212	185	462	343	
Guatusmal-Gelpud <i>et al.</i> (2020)	n/a	267	331	150	
Lezcano <i>et al.</i> (2012)	101	219	n/a	n/a	

Lezcano et al. (2012)	127	190	n/a	n/a	Época de lluvias Época seca Sin fertilización
Londoño et al. (2019)	185	273	268	169	
Mahecha and Rosales (2005)	172	242	253	304	Época de lluvias Época seca
Mahecha et al. (2022)	n/a	223	359	181	
Naranjo and Cuartas (2005)	191	241	386	345	
Van Sao et al. (2010)	146	239	384	n/a	
Verdecia et al. (2011)	198	289	436	276	
Verdecia et al. (2011)	182	275	404	241	

MS: Materia seca, PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida. Los valores están expresados en g/kg de MS.

Londoño *et al.* (2019) mencionan que su contenido de carbohidratos solubles, proteicos y taninos, además tienen un gran impacto positivo en la ganadería intensiva (Ribeiro *et al.*, 2016). Por otro lado, (Cabanilla *et al.*, 2021) asegura que la digestibilidad no se ve afectada significativamente por las diferentes edades de corte.

Tabla 3. Valores de referencia del contenido mineral en *Tithonia diversifolia*.

Mineral	Etapa de crecimiento				
	Crecimiento avanzado	Prefloración	Floración media	Floración completa	Floración transcurrida
Calcio	2.3	2.14	2.47	2.4	1.96
Fósforo	0.38	0.35	0.36	0.36	0.32
Magnesio	0.05	0.05	0.07	0.06	0.06

(Savon, 2017)

Tabla 4. Valores de referencia del contenido nutricional de *Tithonia diversifolia* a diferentes edades de corte.

Días	MS, %	PC, %
Crecimiento avanzado (30)	13.5	14.8
Prefloración (50)	23.23	28.8

Floración avanzada (89)	23.23	28.8
-------------------------	-------	------

(Savon, 2017)

Rodríguez (2017) comenta que tiene una concentración proteica de 18.9% a 28.8%, 39.8% de azúcares, 7.2% de carbohidratos solubles, y alta degradabilidad en el rumen. Cabe resaltar que la composición química y valor nutricional se ven afectados por la parte de la planta que sea cosechada (hoja, tallo o flor) (Olmos González *et al.*, 2022). Igualmente (Cabanilla *et al.*, 2021) sugiere que el contenido de proteína cruda (PC) fue máximo a los 30 y 45 días de corte (24.68% y 22.60%, respectivamente). En contraste (Soares *et al.* 2024) reporta una concentración proteica de 13.2% y el 18.3%. De la misma manera Gallego *et al.* (2014) afirman que el uso de especies forrajeras arbustivas influye positivamente sobre la actividad ruminal y por tanto, disminuye la emisión de metano, aumentando el paso de nutrientes hacia el duodeno y el aporte de energía al rumiante. Se reporta que el girasol mexicano tiene mayor contenido de cenizas en comparación con la alfalfa, lo cual puede explicarse por su concentración elevada de minerales como Ca, P y Mg (Vega *et al.*, 2019). Se sabe que la alfalfa es uno de los mejores forrajes usados en alimentación para el ganado, debido a su porcentaje de materia seca, proteína cruda, Cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y Lignina. Sin embargo, Vega *et al.* (2019) mencionan que, dentro de las alternativas más rentables para reemplazar la alfalfa por girasol mexicano, esto es viable cuando se busca dietas ricas en fibra sin sacrificar el consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia.

Tabla 5. Compuestos secundarios presentes en el forraje de *Tithonia diversifolia*.

Compuestos secundarios	Existencia
Taninos	Moderado
Alcaloides	Bajo
Flavonoides	Ausente
Saponinas	Ausente
Triterpenos	Ausente
Antocianidinas	Bajo
Azúcares reductores	Moderado

Cumarinas	Ausente
Quinonas	Ausente
Grupo α amino	Abundante
Resinas	Ausente
G. cardiotónico	Ausente

(Savon, 2017)

Respecto a la fermentación ruminal, Holguín *et al.* (2020) comentan que los ensilajes que incorporaron *Tithonia diversifolia* presentaron una cantidad menor de metano emitido. Esta reducción, aunque la cantidad total de CH₄ liberado no disminuyó significativamente, podría traducirse en una menor emisión de CH₄ por unidad de proteína animal producida en condiciones prácticas. En especial cuando *T. diversifolia* se ensila en conjunto con *Pennisetum purpureum* (PP). En estudios posteriores, como el de (Castillo y Moreira, 2024). Se reafirmó el uso del ensilaje de *Pennisetum purpureum* y *Tithonia diversifolia* en conjunto con 2 aditivos (el suero de leche e Inoculante biológico; Silamix). El estudio demostró que los tratamientos influyeron significativamente en los niveles de proteína y fibra del ensilado. Concretamente, los niveles de proteína oscilaron entre el 15.03% y el 17.95%, y los niveles de fibra oscilaron entre el 20.13% y el 24.78%. En contraste con los hallazgos anteriores Rodríguez *et al.* (2022) evaluó la adición de *T. diversifolia* como aditivo proteico para mejorar el ensilaje de pasto OM22 de Cuba y *Musa sp.* (plátano cuadrado). Por cada 25% de *T. diversifolia* añadida al ensilaje se aumentaron los niveles de proteína cruda en 0.5 %, carbohidratos no fibrosos (CNF) un 4.25%, nutrientes digestibles totales (TND) y se redujo la fibra de detergente neutro (NDF) en un promedio de 5 %. Es importante tener en cuenta la cantidad de sustancias anti-nutricionales de *T. diversifolia*, al considerar este elemento es posible aproximarnos al porcentaje ideal de la planta en un ensilado, debido a que el umbral de tolerancia es diferente en cada especie. Pazla *et al.* (2023) comprobaron la inclusión de ensilaje de *T. diversifolia* en un 14% vs. 18.5%, causando la disminución significativa del consumo del ensilaje en cabras.

2. JUSTIFICACIÓN

Diversos estudios resaltan las cualidades nutricionales del girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*) Hemsl. A. Gray. Las referencias indican que esta herbácea presenta un contenido proteico hasta el 20%, lo que representa aproximadamente el doble del valor encontrado en pastos tropicales convencionales. Asimismo, se ha reportado una alta degradabilidad ruminal (>80% a las 24 horas de incubación) y una menor concentración de fracciones de pared celular en comparación con las gramíneas típicamente utilizadas en la alimentación de rumiantes en regiones tropicales.

Además de su perfil nutricional, el girasol mexicano destaca por su elevado rendimiento productivo, con una producción de biomasa que oscila entre 30 y 45 toneladas de materia seca por hectárea al año, lo que refuerza su potencial como recurso forrajero en sistemas ganaderos. Sin embargo, la mayoría de los reportes se han generado principalmente en diferentes países de América tropical, así como en regiones de trópico sub-húmedo del sureste de México.

Por otra parte, existen factores ambientales, tales como la precipitación pluvial y temperatura, a lo largo del año que pueden impactar la producción de biomasa comestible, la proporción de materia seca y en consecuencia la calidad nutricional del forraje. En la región de trópico húmedo y particularmente en el estado de Tabasco se tiene identificada tres épocas del año (Seca, Lluvias y Nortes) que impactan significativamente la producción forrajera y que deben ser consideradas dentro de los factores de estudios de especies forrajeras nativas e introducidas.

La frecuencia o edad de corte es otro factor que se debe evaluar en la producción de biomasa comestible, la proporción de materia seca y la calidad nutricional de *T. diversifolia*. La evaluación del efecto de estos factores permitirá conocer el comportamiento del girasol mexicano, maximizar los rendimientos y calidad nutricional, así como emitir recomendaciones de manejo y aprovechamiento bajo condiciones de trópico húmedo en Tabasco.

El girasol mexicano es una alternativa prometedora como fuente de forraje se considera una opción sostenible y adecuada para la alimentación de rumiantes (bovinos, búfalos, ovinos y

caprinos), así como en monogástricos (conejos, porcinos, aves). Es una planta extremadamente versátil en cuanto a la aceptación de ésta por parte de los animales y de igual forma, es muy beneficiosa para los insectos y fauna silvestre.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es potencial productivo y nutricional de *Tithonia diversifolia* en las diferentes épocas del año y frecuencias de corte que permite considerarla como alternativa forrajera para la alimentación animal en el estado de Tabasco?

4. HIPÓTESIS

El rendimiento de biomasa seca comestible y calidad bromatológica son afectadas por los factores ambientales de épocas del año (Seca, Lluvias y Nortes) así como por las frecuencias de corte (45, 60, y 75 días): esto permitirá conocer su comportamiento, maximizar los rendimientos y calidad nutricional, así como emitir recomendaciones de manejo y aprovechamiento.

5. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el rendimiento de biomasa seca comestible y la composición nutricional de *Tithonia diversifolia* cosechadas en diferentes épocas del año y tres frecuencias de corte (45, 60 y 75 d) en el estado de Tabasco

6. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Evaluar la producción biomasa seca comestible de *Tithonia diversifolia* a los 45, 60 y 75 días de edad en tres épocas del año (Seca, Lluvias y Nortes).
- 2) Determinar la composición nutricional (MS, cenizas, lignina, PC FDN, FDA y digestibilidad), así como el valor verdadero del forraje de *Tithonia diversifolia* a los 45, 60 y 75 días de edad en tres épocas del año (Seca, Lluvias y Nortes).

7. METODOLOGÍA

8.1. Área de estudio. El estudio experimental se realizó en la localidad de Caobanal 2ª Sección, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México, cuyas coordenadas geográficas son 17°36'40.6" Latitud Norte y 93°25'04.2" Longitud Oeste, con una elevación de 25 metros sobre el nivel del mar. Los datos climáticos correspondientes a precipitación, humedad relativa y temperatura ambiental se obtuvieron del sistema *NASA Prediction of Worldwide Energy Resources* (NASA POWER, 2025) para el período comprendido entre enero de 2024 y marzo de 2025.

8.2. Establecimiento de la parcela. Antes de la siembra, se evaluó las propiedades químicas (pH, salinidad, conductividad eléctrica) y físicas del suelo (textura: arcilla, limo y arena), el contenido de materia orgánica, así como la concentración de minerales (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, cobre, manganeso y zinc). La preparación del terreno se realizó con un paso de arado seguido de tres pasos de rastra en disposición cruzada para garantizar una adecuada homogenización del sustrato.

El establecimiento del girasol mexicano se realizó en una parcela experimental de 25 × 25 metros (Figura 1). El método fue mediante material vegetativo utilizando estacas de 25 cm de longitud. Estas se depositaron en posición horizontal a una profundidad de entre 5 y 10 cm, con una densidad de siembra de 1 m entre hileras y 0.5 m entre plantas, equivalente a una población de 20,000 plantas por hectárea.

Horizontal 1 x 0.5		
45	60	75
60	75	45
75	45	60
25 m		

Figura 1. Parcela experimental de girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*) para las frecuencias de corte a los 45, 60 y 75 días después del establecimiento.

8.3. Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial. El factor A consistió en tres frecuencias de corte (45, 60, y 75 días después del establecimiento del cultivo), y el factor B consistió en tres épocas del año: Secas (del 1° de marzo al 31 de mayo de 2024), Lluvias (del 1° de abril al 31 de octubre de 2024) y Nortes (del 1° de noviembre al 28 de febrero de 2025) (De Dios-Vallejo, 2001). Dando como resultado nueve combinaciones posibles.

Dada las características del terreno que presentó una depresión en la parte media a todo lo largo de la parcela, se definieron tres bloques, con tres unidades experimentales por bloque.

8.4. Evaluación del rendimiento forrajero y componentes estructurales de la planta.

De acuerdo con el diseño experimental previamente establecido, se analizó el potencial forrajero del cultivo en función de tres frecuencias de corte y tres épocas del año. Para la evaluación del rendimiento forrajero y los componentes estructurales de la planta, se implementó un muestreo sistemático *mediante dos unidades experimentales (1 m² cada una)*, distribuidas aleatoriamente en cada subparcela. En cada unidad de muestreo, se procedió a la cosecha de toda la biomasa vegetal presente a una altura de corte estandarizada de 50 cm sobre el nivel del suelo.

8.4.1. Altura promedio de la planta (AP), número de plantas (#P/m²) y tallos (#T/m²) y relación hoja-tallo (H:T). En cada unidad de muestreo, previo al corte del forraje, se cuantificaron las siguientes variables: altura de planta (AP), número de plantas (NP) y número de tallos (NT) por metro cuadrado. La AP fue medida mediante un flexómetro, realizando cinco lecturas aleatorias dentro de cada unidad experimental. Cada medición registró la distancia en centímetros desde la base del tallo principal hasta el meristemo apical. Por su parte, el NP y NT se determinó mediante conteo directo de todos los individuos vegetales y tallos fisiológicamente activos presentes en el área de evaluación. La relación H:T se calculó partir de las submuestras colectadas, se determinó también la H: T separando la hoja del tallo y pesando cada una de las fracciones colectadas y fue expresado en kilogramos de materia verde (HTMV) y materia seca (H:TMS).

8.4.2. Biomasa comestible verde (BCV Ha-1) y Proporción de Biomasa comestible (PBC). Se concentró todo el material vegetal cosechado en los dos puntos de muestreo por

subparcela. La biomasa total cosechada fue pesada en su totalidad y en sus componentes hoja y tallo (H:T) y material senescente. La BCV en Kg Ha⁻¹ representa el material cosechado menos el material senescente multiplicado por 5000, mientras que la PBC representa el porcentaje de la BCV respecto de la biomasa total cosechada.

8.4.3. Biomasa comestible seca (BCS Ha⁻¹). Para determinar el rendimiento de BCS Ha⁻¹ se tomó una submuestra en verde de 400 g tanto de las hojas como de los tallos, los cuales fue secados en estufa a 65 °C durante 48 horas para después ser pesados y determinar el porcentaje de materia seca. Dicho porcentaje de materia seca fue aplicado al material verde colectado en campo para determinar el rendimiento de BCS Ha⁻¹.

8.5. Evaluación química proximal, fracciones de fibra y estimación de parámetros nutricionales.

Los análisis químico-proximal y de fracciones de fibra se realizó en el laboratorio de nutrición animal del Instituto Tecnológico de la Zona Maya ubicado en el Km 21.5 de la carretera Chetumal-Escárcega en el estado de Quintana Roo.

En cada tiempo y puntos de muestreo de las unidades experimentales se tomó una muestra de aproximadamente 1 kg de la planta entera picada. Aparte de la submuestra (~100 g) para la determinación de humedad mediante el método 925.10 del AOAC (2023), el resto se secó en una estufa a 55 °C durante 48 horas. Una vez deshidratadas las muestras fueron molidas en un molino eléctrico IKA MF 10 (IKA Works, Inc., Wilmington, Carolina del Norte, EE. UU.) hasta obtener un tamaño de partícula de <1.0 mm. Las muestras secas y molidas fueron sometidas a los métodos 923.03 del AOAC (2023) para determinar el contenido de cenizas y la proteína cruda, fue estimada con un analizador elemental PerkinElmer 2400 Serie II (PerkinElmer Inc., Massachusetts, EE. UU.). Las determinaciones de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina se realizaron mediante la técnica desarrollada por Van Soest et al (1991), con un analizador de fibra ANKOM A200 (ANKOM Technology, Macedon, Nueva York, EE. UU.).

Adicionalmente se estimaron otras variables nutricionales que se describen a continuación:

1. Digestibilidad de la materia seca (DMS, %) = $88.9 - (0.779 \times \text{FDA}\%)$ (Ravhuhali *et al.*, 2022).

2. Consumo de materia seca (CMS, %) = 120/FDN% (Jerayama y García 2004).
3. Valor relativo del forraje (VRF) = (DMS% x CMS%)/1.29 (Jerayama y García 2004).

Análisis estadístico. Las variables generadas fueron analizadas bajo un diseño de bloques completos con arreglo factorial (3 x 3) donde el primer factor fue las frecuencias de corte (45, 60 y 75 días) y el segundo factor la época del año (Secas, Lluvias y Nortes). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS (SAS institute, 1999). Las medias se compararán por diferencia mínima significativa con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

El modelo estadístico para evaluar las variables productivas y de composición bromatológica fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (BC)_{jk} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Es la variable de respuesta relacionada al desempeño productivo y composición bromatológica del girasol mexicano.

μ = Es la media general

A_i = Efecto aleatorio i-ésimo bloque (1 al 3)

B_j = Efecto de la j-ésima frecuencia de corte (45, 60 y 75 d)

C_k = Efecto del k-ésima época del año (Seca, Lluvias y Nortes)

$(BC)_{jk}$ = Efecto de la ij-ésima interacción de frecuencia de corte x época del año

E_{ijk} = Efecto del ijk-ésimo error experimental

8. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación del rendimiento de biomasa seca y la composición nutricional de *Tithonia diversifolia* cosechadas en las épocas de Secas (Marzo-Mayo), Lluvias (Junio-Octubre) y Nortes (Noviembre-Febrero) bajo las tres frecuencias de corte (45, 60 y 75 d) en el estado de Tabasco, México.

Las condiciones ambientales y climáticas que prevalecieron en el año se resumen en la Figura 2. La precipitación pluvial acumulada fue de 61.39 mm, 1284.20 mm y 373.30 mm para las épocas de Secas, Lluvias y Nortes, respectivamente. La temperatura promedio observada fue de 29.14 °C, 26.32 °C y 22.15 °C para las épocas de Secas, Lluvias y Nortes, respectivamente. Por otra parte, la humedad relativa prevaleciente fue de 74.80%, 81.84% y 93.32% para las épocas de Secas, Lluvias y Nortes, respectivamente.

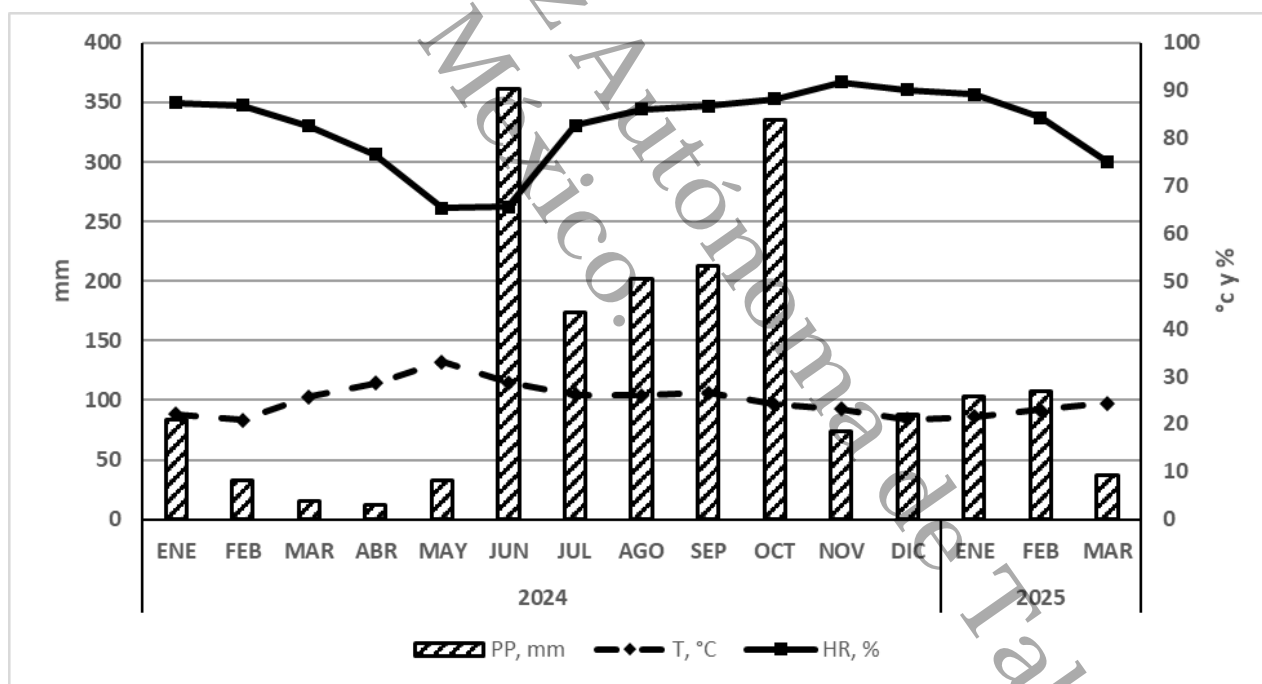


Figura 2. Condiciones climatológicas de precipitación pluvial (PP, mm), temperatura media (T, °C) y humedad relativa (HR, %) del sitio de evaluación del desempeño productivo del girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*) en las épocas de Secas (Marzo-Mayo), Lluvias (Junio-Octubre) y Nortes (Noviembre-Febrero). Con información de NASA Prediction of Worldwide Energy Resource.

9.1. Rendimiento forrajero del girasol mexicano. La proporción de materia seca (MS), proporción de biomasa comestible (PBC) y rendimiento de biomasa seca (RBS) fueron afectadas por los efectos de EA x FC (Tabla 3). La proporción de MS fue mayor ($P < 0.01$) en la época de Secas a una frecuencia de cosecha de 60 y 75 días (35.4% y 38.37%, respectivamente), en comparación con las épocas de Nortes y Lluvias. En el caso de la PBC, el mejor desempeño se observó durante la época de Lluvias a las frecuencias de 45, 60 y 75 días (98.15%, 99.25% y 98.64%, respectivamente), en comparación con las épocas de Secas y Nortes (Tabla 3). Los RBS más altos se presentaron a los 75 días en las épocas de Secas, Lluvias y Nortes (9207.41 kg, 7819.86 kg y 9466.65 kg, respectivamente), sin diferencias significativas a esta edad de rebrote entre las diferentes épocas. Los rendimientos más bajos correspondieron a una frecuencia de corte de 45 días en las tres épocas del año (Tabla 3).

9.2. Altura promedio de la planta (AP), número de plantas ($\#P/m^2$) y tallos ($\#T/m^2$) y relación hoja-tallo (H:T). El desempeño productivo para las variables AP, $\#T/m^2$, $\#P/m^2$, relación H:TMV y H:TMS, fueron similares ($P > 0.05$) para la interacción EA x FC. El $\#P/m^2$ y el $\#T/m^2$ fueron influenciados estadísticamente por la época del año y la frecuencia de corte, respectivamente.

9.3. Composición bromatológica del girasol mexicano, fracciones de fibra y VRF. El porcentaje de MS, PC, FDN y FDA, así como la digestibilidad estimada de la MS fueron afectados por la interacción de época del año y frecuencia de corte (Tabla 8). Para el caso de la PC, los mejores niveles se registraron en la época de Nortes a los 45, 60 y 75 d (17.75%, 13.37% y 22.14%, respectivamente), seguido por la de Lluvias y con menores niveles de PC en la época de Secas (Tabla 8). Para la época de Secas, el VRF encontrado fue superior (135.87 a una edad de corte de 45 días comparado con la de 60 y 75 (Cuadro 8). Para la época de Norte fue a los 75 días (126.01), sin diferencia estadística para época de Nortes (Cuadro 8). No obstante, también se encontraron diferencias estadísticas entre épocas del año a las mismas edades de corte (Cuadro 8).

Tabla 7. Desempeño productivo de *Tithonia diversifolia* en diferentes épocas del año y a frecuencias de corte de 45, 60 y 75 días.

Variable	n	45 d		60 d		75d	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE
SECAS							
MS,%	6	18.52 ^{a, x}	1.4	35.4 ^{b, x}	2.0	38.37 ^{b, x}	42.0
PBC, %	6	98.23 ^{a, x}	0.36	97.68 ^{a, y}	0.36	98.75 ^{a, x}	0.36
RBS, Kg/ha	6	3146.35 ^{c, x}	946.47	6152.08 ^{b, x}	1338.52	9207.41 ^{a, x}	1338.52
AP, cm	6	97.53 ^b	15.4	144.68 ^a	21.9	162.62 ^a	21.9
#T/m ²	6	41.57 ^a	4.9	28.55 ^b	6.9	28.75 ^b	6.9
#P/m ²	6	3.97	0.3	4.12	0.5	3.12	0.5
H: TMV, kg	6	1.27 ^{a, x}	0.17	0.49 ^{b, y}	0.25	0.32 ^{b, y}	0.2
H: TMS, kg	6	0.92	0.1	0.88	0.1	1.16	0.1
LLUVIAS							
MS, %	6	14.19 ^{a, y}	1.2	11.49 ^{a, y}	1.2	12.67 ^{a, z}	1.4
PBC, %	6	98.15 ^{b, x}	0.44	99.25 ^{a, x}	0.63	98.64 ^{b, x}	0.63
RBS, Kg/ha	6	4347.76 ^{b, x}	772.7	5185.79 ^{b, x}	772.7	7819.86 ^{a, x}	946.4
AP, cm	6	147.04 ^c	12.6	175.76 ^b	12.6	205.67 ^a	15.4
#T/m ²	6	34.15 ^a	4.1	32.17 ^a	4.1	30.26 ^a	4.9
#P/m ²	6	2.74	0.3	3.39	0.3	3.10	0.3
H: TMV, kg	6	0.87 ^{a, y}	0.1	0.65 ^{a, y}	0.1	0.60 ^{a, y}	0.1
H: TMS, kg	6	1.30	0.09	1.09	0.09	0.99	0.11
NORTES							
MS, %	6	15.33 ^{a, x, y}	1.2	14.85 ^{a, y}	1.4	19.38 ^{b, y}	1.4
PBC, %	6	98.95 ^{a, x}	0.36	99.44 ^{a, x}	0.44	97.49 ^{b, x}	0.44
RBS, Kg/ha	6	4202.68 ^{b, x}	772.7	3931.13 ^{b, x}	946.4	9466.65 ^{a, x}	946.4
AP, cm	6	122.82 ^b	12.6	130.86 ^b	15.4	181.16 ^a	15.4
#T/m ²	6	50.35 ^a	4.9	36.61 ^a	4.9	34.10 ^a	4.9
#P/m ²	6	2.77	0.3	2.83	0.3	2.75	0.3
H: TMV, kg	6	1.02 ^{a, x}	0.14	0.83 ^{a, b, x}	0.18	0.51 ^{b, y}	0.18
H: TMS, kg	6	1.21	0.09	1.03	0.11	0.96	0.11

MS= materia seca; PBC= proporción de biomasa comestible; RBS= rendimiento de biomasa seca; AP= altura de la planta; #T= número de tallos; #P= número de plantas; H: TMV= relación hoja:tallo en materia verde; H:TMS= relación hoja:tallo en materia seca.

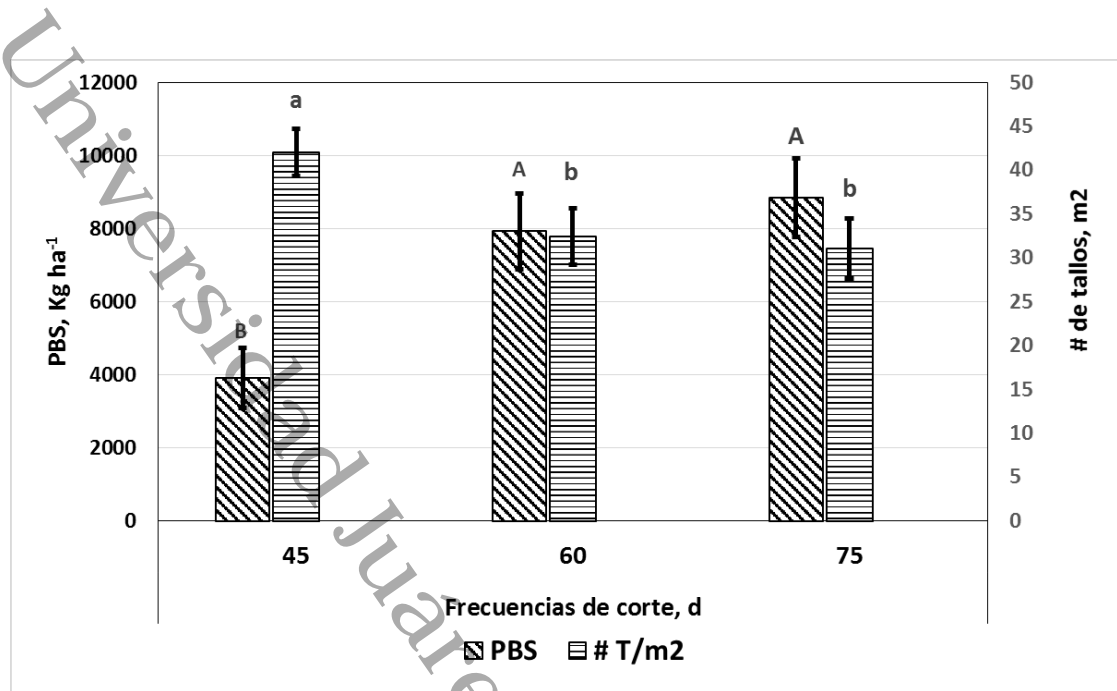
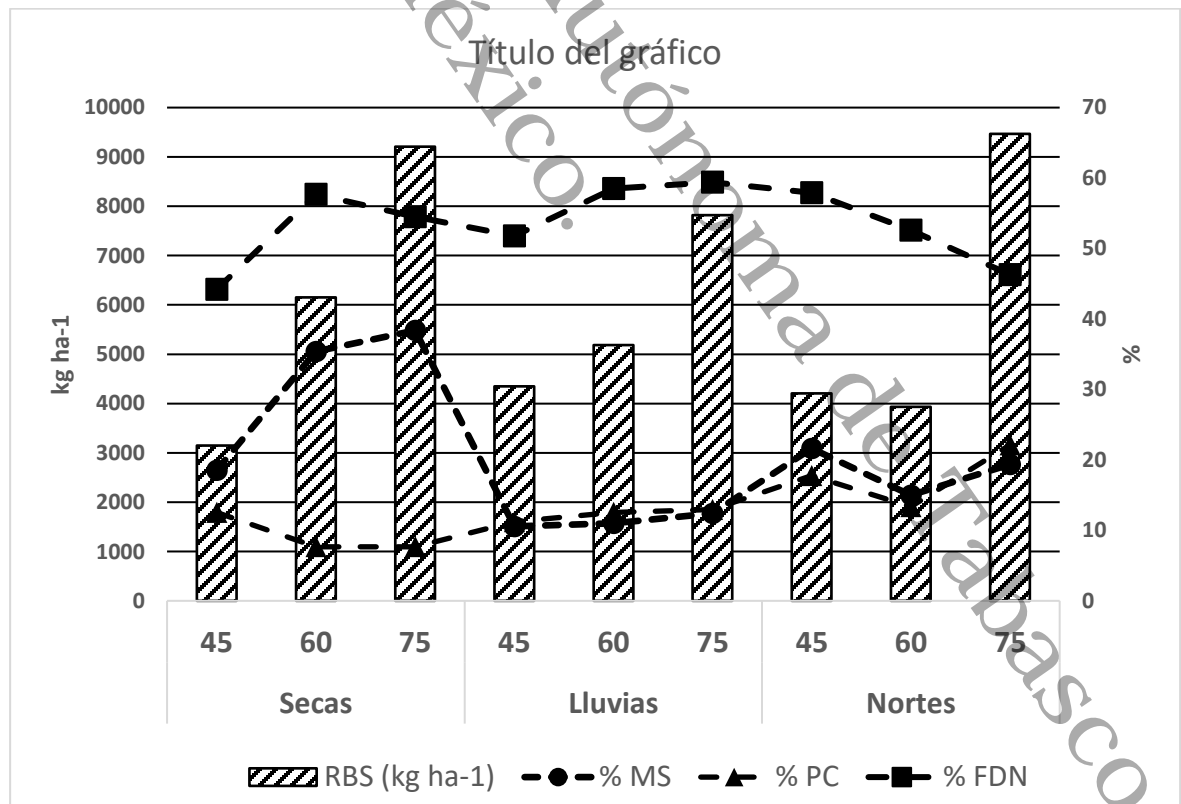


Figura 3. Producción de biomasa seca (PBS, Kg ha⁻¹) y número de tallos (m²) de girasol mexicano registrada a diferentes frecuencias de cortes.



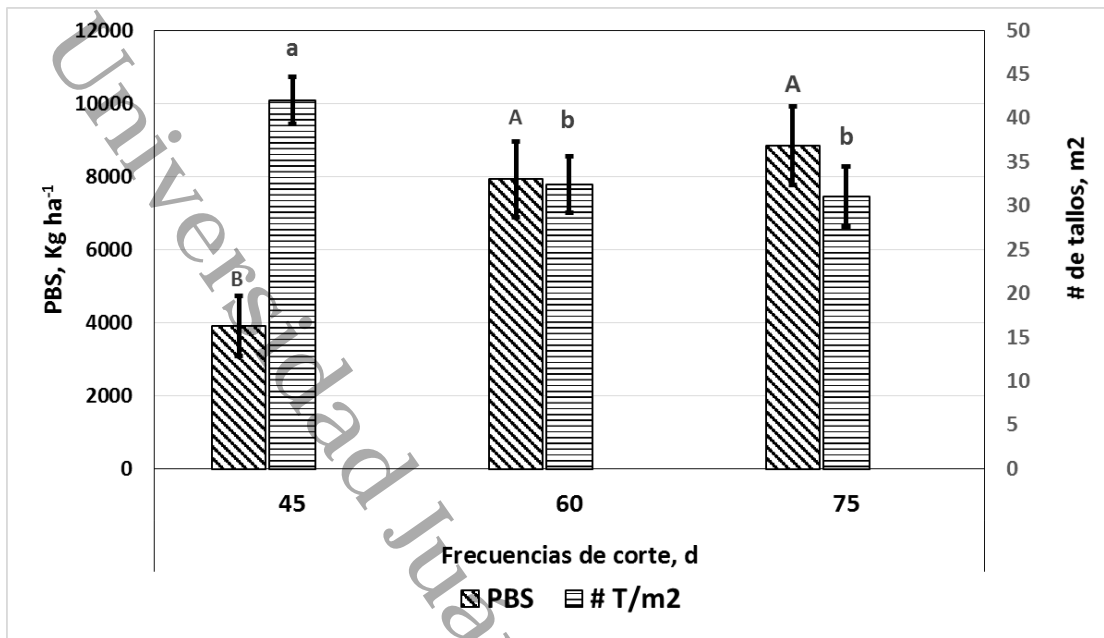


Figura 4. Producción de biomasa seca (PBS, Kg ha⁻¹) y número de tallos (m²) de girasol mexicano registrada a diferentes frecuencias de cortes.

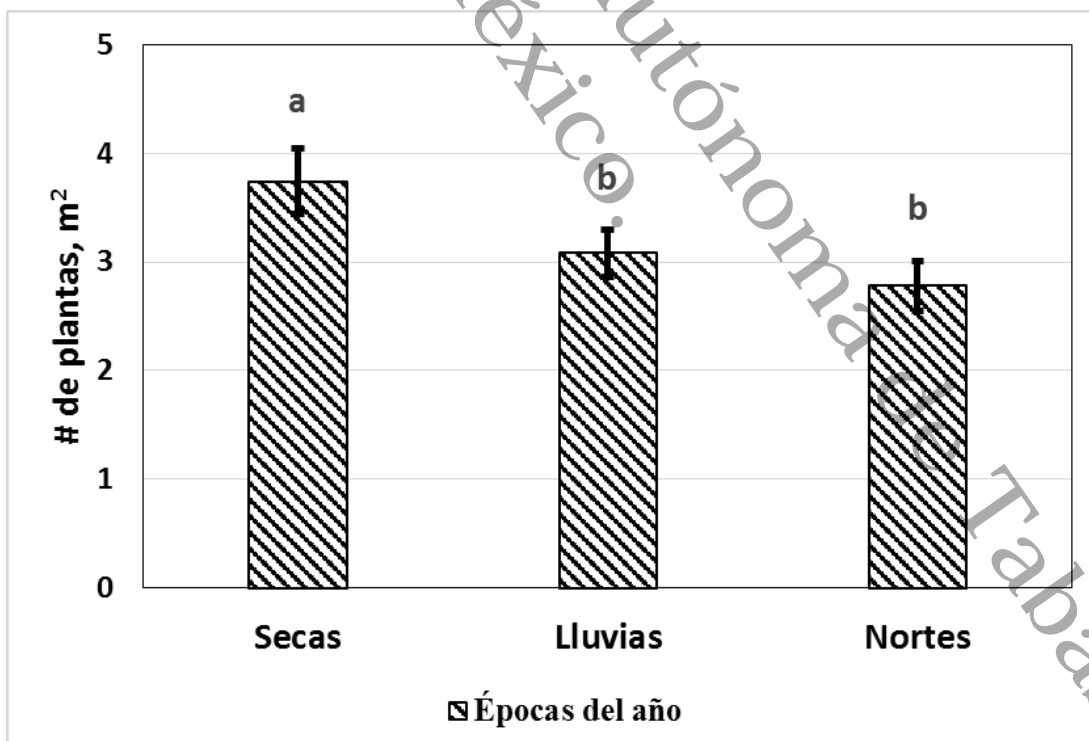


Figura 5. Número de plantas por m² de girasol mexicano registradas en las épocas de Secas, Lluvias y Nortes.

Tabla 8. Composición bromatológica de *Tithonia diversifolia* en diferentes épocas del año y a frecuencias de corte de 45, 60 y 75 días.

Variable	n	45 d		60 d		75d	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE
SECA							
MS,%	3	99.51 ^{a,x}	0.96	98.55 ^{a,x}	0.96	98.04 ^{a,x}	0.96
Cenizas, %	3	18.68	1.00	11.49	1.00	10.35	1.05
MO, %	3	85.87 ^a	1.30	87.06 ^a	1.30	87.68 ^a	1.30
Lignina, %	3	5.48 ^{a,x}	0.52	7.36 ^{a,x}	0.52	6.27 ^{a,x}	0.52
Proteína %	3	12.56 ^{a,y}	1.07	7.67 ^{b,y}	1.07	7.67 ^{b,z}	1.07
FDN, %	3	44.20 ^{b,x}	3.43	57.77 ^{a,x}	3.43	54.53 ^{a,x,y}	3.43
FDA, %	3	33.66 ^{b,x}	2.78	45.01 ^{a,x}	2.78	41.77 ^{a,x}	2.78
DMS, %	3	62.68 ^{a,x}	2.17	53.83 ^{b,x}	2.17	56.35 ^{b,x}	2.17
VRF	3	135.87 ^{a,x}	10.23	87.31 ^{b,x}	10.23	99.41 ^{b,x,y}	10.23
LLUVIAS							
MS,%	3	95.56 ^{a,x}	0.96	95.56 ^{a,x}	0.96	96.56 ^{a,x}	0.96
Cenizas, %	3	11.10	1.00	11.17	1.00	11.41	1.00
MO, %	3	84.45 ^a	1.30	85.05 ^a	1.30	85.15 ^a	1.30
Lignina, %	3	2.12 ^{a,y}	0.52	1.26 ^{a,z}	0.52	0.94 ^{a,z}	0.52
Proteína %	3	11.21 ^{a,y}	1.07	12.53 ^{a,x}	1.07	12.95 ^{a,y}	1.07
FDN, %	3	51.85 ^{a,x}	3.43	58.53 ^{a,x}	3.43	59.39 ^{a,x}	3.43
FDA, %	3	40.88 ^{a,x}	2.78	45.64 ^{a,x}	2.78	48.15 ^{a,x}	2.78
DMS, %	3	57.05 ^x	2.17	63.34 ^{a,x}	2.17	51.37 ^{a,y}	2.17
VRF	3	102.43 ^{a,x}	10.23	85.09 ^{a,x}	10.23	80.46 ^{a,y}	10.23
NORTES							
MS, %	3	96.50 ^{a,y}	0.96	96.36 ^{a,x}	0.96	97.09 ^{a,y}	0.96
Cenizas, %	3	15.85	1.00	15.59	1.00	16.02	1.00
MO %	3	80.66 ^a	1.30	80.65 ^a	1.30	81.19 ^a	1.30
Lignina, %	3	3.02 ^{a,y}	0.52	4.01 ^{a,y}	0.52	4.12 ^{a,y}	0.52
Proteína %	3	17.75 ^{b,x}	1.07	13.37 ^{c,x}	1.07	22.14 ^{a,x}	1.07
FDN, %	3	57.96 ^{a,x}	3.43	52.56 ^{a,b,x}	3.43	46.30 ^{b,y}	3.43
FDA, %	3	42.81 ^{a,x}	2.78	39.56 ^{a,c,x}	2.78	33.89 ^{b,c,y}	2.78
DMS, %	3	55.55 ^{b,c,x}	2.17	58.08 ^{a,c,x}	2.17	62.49 ^{a,x}	2.17
VRF	3	92.13 ^{b,y}	10.23	102.92 ^{a,x}	10.23	126.01 ^{a,x}	10.23

9. MS= materia seca; MO= Materia orgánica; FDA= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácida; DMS= Digestibilidad de la materia seca; VRF= Valor real del forraje; TND= Total de nutrientes digestibles

10. DISCUSIÓN

10.1. Rendimiento forrajero del girasol mexicano. En relación con la frecuencia de corte, se ha encontrado que cortes con menos espaciamiento tiene un efecto positivo sobre el porcentaje de materia seca y a su vez sobre la producción de materia seca total por corte y anual, mientras que cortes más espaciamiento tiende a reducirla. Por otra parte, las características de las plantas individuales del girasol mexicano donde los tallos se enterraron en posición vertical por una de sus puntas muestran plantas más débiles, con menos hojas, menor peso y menor peso de la planta completa (Nieves *et al.*, 2011). Es importante señalar que en la plantación con material vegetativo se debe evitar el uso de la parte tierna del tallo, debido a que una planta con tallos maduros tiene mayor capacidad para generar rebrotes y follaje en comparación con la parte tierna. Cuando se compara el sistema radicular de los tallos plantados (vertical y horizontal), se observa un mayor volumen de raíces y más por metro lineal en los tallos que se plantaron en posición horizontal en el fondo del surco. Probablemente esto se deba a un mayor contacto entre la superficie del tallo y el suelo y el suelo debe tener un drenaje rápido (Savon, 2017).

La MS se encuentra dentro de los valores altos reportados en la literatura para *Tithonia diversifolia* y son superiores a los reportados Polo y Medina (2022) en Panamá edades de corte de 4 (1628 Kg Ha⁻¹), 8 (5082 Kg Ha⁻¹), 12 (8759 Kg Ha⁻¹) y 16 (15860 Kg Ha⁻¹) semanas. El incremento en producción de biomasa relacionado con la disminución de la frecuencia de corte se ha reportado comúnmente (Lugo *et al.*, 2012, Gualberto *et al.*, 2011, Cabanilla *et al.*, 2021); sin embargo, la similitud en el rendimiento de biomasa entre las diferentes épocas requiere de mayor análisis.

Por su parte Reis *et al.* (2015) a frecuencias de corte de 80 días registraron MS de girasol mexicano sin irrigación de 2.1 y 4.0 T MS ha⁻¹ para la época poco lluviosa y lluviosa, respectivamente. Con el empleo de irrigación las RBS fueron mayores para la época seca (9.8 T ha⁻¹) comparado a parcelas con irrigación en época de lluvias (6.3 T ha⁻¹). Los resultados en la presente investigación muestran que la época de mayor precipitación no fue necesariamente la de mayor producción de MS sobre las otras épocas, lo cual sugiere que el girasol mexicano responde bien a condiciones de moderada humedad (Secas), debido a la

humedad residual proveniente de precipitaciones elevadas durante las Lluvias y/o Nortes, complementadas por precipitaciones ocasionales dentro de la misma época de Secas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Por otra parte, producciones de biomasa elevadas se han reportado en época de Secas de entre 10.5 y 19.7 T MS ha⁻¹ corte⁻¹ sin irrigación para girasol mexicano en estado de posfloración (Gualberto *et al.*, 2011). Similarmente, a partir de los datos encontrados por Ríos y Salazar (1995), ajustados a un 25% de MS, se pueden estimar producciones BSC para girasol mexicano de entre 11.5 a 20 T MS ha⁻¹ en período seco, sin irrigación, a los 110 días de edad de corte.

Otro factor por considerar para la similitud encontrada respecto del rendimiento de biomasa entre las diferentes épocas climáticas, son los niveles de materia seca en la biomasa comestible, los cuales fueron hasta dos veces menores, en la época de Lluvias (12.7%) que en la época de secas (38.4%) a los 75 días de edad de rebrote de la planta. Tales variaciones en el contenido de MS han sido igualmente reportadas por Navarro y Rodríguez (1990) quienes registraron variaciones de entre 13.5 a 23.23%, las cuales fueron atribuidas a la edad de la planta y frecuencia de poda.

El efecto de época del año (Secas, Lluvias y Nortes) sobre el contenido de MS y RBS era la esperada en regiones del trópico húmedo. En la época de Secas se observó el mayor contenido de MS a frecuencias de 60 y 75 días; sin embargo, los mejores RBS se observaron al cosechar cada 75 días de edad. Esto se explica debido a que *Tithonia diversifolia*, muestra patrones fisiológicos distintivos en la absorción y utilización del agua durante su ciclo de crecimiento. La eficiencia del uso del agua de la planta y los procesos fisiológicos relacionados alcanzan su punto máximo durante períodos específicos de rebrote, optimizando tanto el crecimiento como el uso de recursos. Adicionalmente, la fotosíntesis y conductancia estomática son inicialmente bajas después del corte, alcanzan sus valores máximos alrededor de los 39-51 días de rebrote y luego disminuyen (Souza *et al.*, 2025). Esto indica que la capacidad de la planta para absorber y utilizar agua para la fotosíntesis es más eficiente durante esta fase de rebrote intermedio. Por otra parte, la eficiencia en el uso del agua refleja la eficacia con la que la planta convierte el agua en biomasa, la cual alcanza su máximo hasta los 45 días después del rebrote. Este período se alinea con la actividad fisiológica y el crecimiento óptimos. La tasa de transpiración se ve puede ver disminuida a medida que la planta envejece, lo que sugiere que las plantas más viejas (60 o 75 d) pierden menos agua a través de las hojas,

posiblemente como una estrategia para conservar agua durante las etapas posteriores del crecimiento (Souza *et al.*, 2025).

Con base en los mayores RBS por corte que se obtuvieron en este estudio a los 75 días de rebrote, con 9.2, 7.8 y 9.5 T MS ha⁻¹ para las épocas climáticas de Secas, Lluvias y Nortes, respectivamente, es posible estimar una producción acumulada anual de forraje de botón de 42.4 T MS Ha⁻¹. Los mayores RBS reportadas ha⁻¹ año⁻¹ para botón de oro se encuentran entre los 40 y 55 T (Wanjau *et al.*, 1998; Ferreira *et al.*, 2016). Valores medios de RBS de girasol mexicano de entre 17 y 25.5 T MS Ha⁻¹ año⁻¹ han sido registradas por Gallego *et al.* (2017) y Navas y Montaña (2019), mientras que menores RBS anuales ha⁻¹ desde 10.1 a 13.6 T han sido también reportadas por Uu-Espens *et al.* (2007) y González *et al.* (2013).

Como puede apreciarse en términos del RBS que se obtuvo en este estudio, el girasol mexicano representa una excelente alternativa frente a los recursos convencionales que se utilizan como forraje suplementario de alivio. (agregar recomendaciones)

10.2. Altura promedio de la planta (AP), número de plantas (#P/m²) y tallos (#T/m²) y relación hoja-tallo (H:T). Al evaluar la frecuencia de corte, se busca el balance entre producción de biomasa, calidad de la misma, y el mantenimiento de la viabilidad de la plantación. La práctica de manejar diferentes frecuencias de corte durante la época seca se sustenta en el hecho de que el número de plantas por metro cuadrado (Tabla 7) no se vio afectada por la frecuencia de cortes, sino más bien por el manejo de las plantas a medida que el experimento avanzó desde su inicio en la época de Secas hasta la época de Nortes. Por otra parte, también se evidenció que el número de tallos por m² disminuyó a medida que se incrementó la frecuencia de corte, independientemente de la época del año (Figura 3). Lo anterior podría justificar la práctica de cosechar el follaje cada 45 días durante la época de seca sin detrimento de la integridad de las plantas.

La disminución observada en el #P/m², no parece haber afectado el RBS ni en la época Lluvias ni en la de Secas. Los rendimientos de biomasa seca registrados Gualberto *et al.* (2011) en prefloración (103 días de edad) al final de la época lluviosa (3.53 T MS ha⁻¹) y en floración (133 días de edad) en época seca (8.57 T MS ha⁻¹) son inferiores a los encontrados en este estudio a los 75 días de FC ya sea para la época de lluvias o secas, donde se registraron 9.5 y 9.2 T MS ha⁻¹, respectivamente. La disminución en la densidad de la plantación en el

transcurso anual de esta investigación (Figura 4), sugiere que en posteriores trabajos con girasol mexicano se deben extender en el tiempo a modo de evaluar el efecto del manejo de la plantación en el largo plazo en la sobrevivencia de las plantas y por tanto, en la sostenibilidad de las plantaciones de girasol mexicano.

10.3. Composición bromatológica del girasol mexicano.

La revisión de literatura identificó estudios que, por la similitud en los factores y variables evaluados como el uso de planta entera, frecuencias de corte y la influencia de épocas climáticas, ofrecen datos comparables para el contenido de proteína cruda en botón de oro. Entre estas investigaciones se incluyen las de Lezcano et al. (2012), Ferreira et al. (2016), Arias et al. (2003) y Cabanilla et al. (2021). En conjunto, estos trabajos reportan un promedio de proteína cruda de 19.7%, con un rango que oscila entre 11.3% y 28.8%.

Al contrastar estos valores de referencia con los resultados del presente estudio, se observa lo siguiente: los niveles de proteína cruda registrados durante la época de Nortes (13.3% - 22.4%) se sitúan en torno al promedio documentado en la literatura. Por el contrario, en la época de secas los valores obtenidos (7.67% - 12.56%) se ubican por debajo del límite inferior del rango establecido. Asimismo, durante los cortes realizados en la época de lluvias (11.21% - 12.95%), los niveles de proteína se mantienen dentro del extremo inferior del rango reportado.

La evidencia científica existente sobre el contenido de proteína cruda en *Tithonia diversifolia* establece un amplio rango de variabilidad (11.3 - 28.8%), con una media de 19.7%, atribuible a prácticas agronómicas y condiciones ambientales (Lezcano et al., 2012; Cabanilla et al., 2021; Ferreira et al., 2016). En el presente estudio se corrobora la variabilidad del contenido de PC por la estacionalidad. Mientras que los datos de la época de Nortes se sitúan alrededor de la media bibliográfica, los registros de la temporada de secas evidencian una marcada reducción proteica, disminuyendo por debajo del umbral inferior preestablecido. Por su parte, los valores de la época de lluvias se mantienen consistentes, aunque inferior del rango de variación conocido. Este patrón se propicia por el efecto de la disponibilidad hídrica y las condiciones climáticas en la acumulación de proteína en esta especie forrajera.

Los pastos tropicales que representan la base de la alimentación de los rumiantes en el trópico húmedo de México se caracterizan por poseer niveles bajos de proteína cruda y niveles elevados de pared celular. Al respecto, Juárez et al. (1999) reportaron para 15 gramíneas tropicales valores promedio y rangos de 8% (5.5-11.9) y 70.2% (63.5-74.7), para proteína cruda y pared celular, respectivamente. De manera similar, la revisión de 7 especies de gramíneas tropicales (*Cynodon plectostachyus*, *Megathyrsus maximus* var Guinea, *Megathyrsus maximus* var Mombaza, *Pennisetum purpureum* var Napier, *Pennisetum purpureum* var Taiwan, *Urochloa brizantha* var Inrugente, *Urochloa brizantha* x *U. ruziziensis* var Mulato) de una base de datos con más de 20 especies evaluadas y sistematizadas por Castrejón et al. (2021) muestra, a partir de diferentes épocas climáticas, y frecuencias de corte (21 a 90 días), un promedio de 6.32% de PC y 70.23% de FDN.

En comparación a los pastos tropicales evaluados por Juárez et al. (1999) y Castrejón et al. (2021), se considera que el girasol mexicano, en este estudio presentó valores de PC de bajos a aceptables para la época de Secas (7.67 a 12.56%), niveles de aceptables a buenos en la época de Lluvias (11.21 a 12.92%) lo cuales se encuentran por encima del rango superior al observado en pastos tropicales, y niveles muy buenos en la época de Nortes (13.37 a 22.14%); sin embargo, en términos generales, se encontró que el girasol mexicano presentó niveles de proteína cruda de hasta 3 veces el promedio observado en las gramíneas forrajeras tropicales.

Con relación a la FDN los mayores niveles se registraron a los 60 días en la época de Secas (57.77%), 60 y 75 días para la época de Lluvias (58.53% y 59.39%) y a los 45 días para la época de Nortes (57.96%). Diferentes reportes muestran que el girasol mexicano posee en promedio 42.4% de FDN (Naranjo y Cuartas, 2011; Ferreira et al., 2016; Cabanilla et al., 2021), con niveles desde 30.2 % en plantas sometidas a frecuencias de corte de 30 días (Arias et al., 2003), hasta niveles máximos de 53.8% en plantas de 56 días de rebrote (Gallego et al., 2017).

Para el caso de 22 evaluaciones de más de 10 especies de pastos tropicales ampliamente distribuidos en el trópico húmedo de México, Juárez et al. (1999) y Castrejón et al. (2021) reportan un promedio similar de 70.2% de FDN. El promedio encontrado de FDN en la presente investigación, de todas las frecuencias de corte en las diferentes épocas climáticas es de 53.7%, mostrando un rango desde 44.2% para la época de seca cortando cada 45 días,

hasta 59.39% para la época de lluvias en la frecuencia de cortes de 75 días. El promedio de FDN observado en este estudio, si bien se encuentra 11.3% por arriba del promedio reportado en la literatura prevaleciente para el girasol mexicano, muestra por otra parte, que es 17% menor al contenido de pared celular de los pastos tropicales más comúnmente utilizados en el sureste mexicano.

Los menores niveles de FDA se obtuvieron a frecuencias de corte de 45 días para la época de Secas (33.6%) y a los 75 días para época de Nortes (33.89%), y los niveles más altos a los 60 días para las épocas de Secas (45.01%), y para la época de Lluvias a los 60 y 75 días (45.64% y 48.15%, respectivamente). El valor promedio de FDA (41.2%) encontrado en esta investigación es ligeramente superior al promedio revisado en la literatura para girasol mexicano (Naranjo y Cuartas, 2011; Ferreira *et al.*, 2016; Cabanilla *et al.*; 2021) el cual muestra un promedio de 35.1% de FDA con rangos de 21.9% y 48.18% para plantas sometidas a frecuencias de corte de 30 (Arias *et al.*, 2003) y 56 días (Gallego *et al.*, 2017), respectivamente. Los valores presentados en este estudio son de igual manera cercanos a los reportados para pastos tropicales, en donde se han reportado en Colombia valores promedio de 45.9% (Rivera *et al.*, 2015) y de 42.8% en México (Castrejón *et al.*, 2021).

El VRF, usado como indicador para categorizar la calidad de los forrajes, se basa en las estimaciones de CMS y DMS, las cuales a su vez se estiman a partir de los contenidos de FDN y FDA del forraje (Jerayama y García 2004, Ravhuhali *et al.*, 2022). De acuerdo con las estimaciones de CMS y DMS de este estudio, los niveles de FDN del girasol mexicano son considerablemente más bajos que el de las gramíneas tropicales, lo cual promueve consumos mayores de MS de girasol mexicano, resultando en un VRF promedio de 100 puntos en comparación al VRF de 71.7 de pastos comúnmente usados en el sureste de México (Rivera *et al.*, 2015, Castrejón *et al.*, 2021), lo que a su vez clasifica al girasol mexicano como un forraje de mayor calidad en comparación al de los pastos tropicales.

11. CONCLUSIONES

El girasol mexicano demostró alto potencial como cultivo forrajero en regiones tropicales húmedas, la productividad y calidad nutricional varió significativamente tanto con la época del año como con la frecuencia de corte. La frecuencia de corte de 75 días generalmente arrojó la biomasa más alta, mientras que las frecuencias y épocas de corte específicas optimizaron la materia seca, la biomasa comestible y el contenido de proteína cruda, convirtiéndola en una alternativa viable a las fuentes forrajeras convencionales.

El girasol mexicano muestra comportamientos bien diferenciados respecto de su valor nutritivo y producción de biomasa, que requiere diferentes manejos de la plantación y la alimentación animal de acuerdo con las diferentes épocas climáticas y sus frecuencias de corte.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

12. REFERENCIAS CITADAS

- Alexandre, G., Rodriguez, L., Arece, J., Delgadillo, J., Garcia, G. W., Habermeier, K. & Archimède, H. (2021). Agroecological practices to support tropical livestock farming systems: a Caribbean and Latin American perspective. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-13.
- Angulo-Arizala, J., Barragán-Hernandez, W., Casas-Toro, N. y Mahecha-Ledesma, L. (2024). Evaluación agronómica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray basado en criterio de corte con tiempo térmico. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 35 (5), e29287. <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i5.29287>
- AOAC. (2023). AOAC International. Official Methods of Analysis of Aoac International, 22nd ed.; Aoac International: Gaithersburg, MD, USA.
- Arguello, R. J, et al. (2020). Perfil Nutricional y Productivo de Especies Arbustivas En Trópico Bajo, Antioquia (Colombia). *Cienc. Tecnol. Agropecu*, 21, 1-20
- Arias-Gamboa, L. M., López-Herrera, M., Castillo-Umaña, M., & Alpízar-Naranjo, A. (2023). Fertilization type and regrowth age on ruminal parameters of *Tithonia diversifolia*. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 53192. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53192>
- Bath DL, Marble VL. (1989). Testing alfalfa for its feeding value. Leafl. 21437. WREP 109. Div Agric Nat Resour Oakland Cal University Carlifonia USA.
- Botero, M. A. Botero, J. M. y Gómez, A. (2019). Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. DOI: [10.22319/rmcp.v10i3.4667](https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4667)
- Bowskill, V., Bhagwat, S., & Gowing, D. (2023). Depleting soil nutrients through frequency and timing of hay cutting on floodplain meadows for habitat restoration and nutrient neutrality. *Biological Conservation*, 283, 110140. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110140>
- Cabanilla-Campos, M. G., Meza-Bone, C. J., Avellaneda-Cevallos, J. H., Meza-Castro, M. T., Vivas-Arturo, W., & Meza-Bone, G. A. (2021). Desempeño agronómico y valor

- nutricional en *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray bajo un sistema de corte. *Revista Ciencia y Tecnología*, 14(1), 71–78. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i1.450>
- Calsavara, L. H, et al. (2016). Potencial of *Tithonia diversifolia* as Source of Forage for Ruminants. *Livest Res. Rural Dev*, 28 1-9.
- Calvache, I., Balocchi, O., Arias, R., & Alonso, M. (2021). The use of thermal time to describe and predict the growth and nutritive value of *Lolium perenne* L. and *Bromus valdivianus* Phil. *Agronomy*, 11(4), 774. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040774>
- Canto Sáenz, F. M., Ampuero Trigoso, G. y Quispe-Ccasa, H. A. (2023). Efecto of the height of corte about the agronomic parameters of *Tithonia diversifolia*. *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 25 (2), 117—121.
- Cardona-Iglesias, J.L., Urbano-Estrada, M.F., & Castro-Rincon, E. (2020). Evaluación de sólidos solubles en recursos forrajeros del trópico alto en el departamento de Nariño. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 15 (2), 8—22.
- Casanova-Lugo, F., Gutiérrez-López, A., Jiménez-Hernández, H., Quezada-Raya, G., Enríquez-Nolasco, J., & Cetzal-Ix, W. (2025). Especies arbóreas forrajeras de la península de Yucatán: una opción para diversificar los agroecosistemas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 12(1).
- Castillo García, A. A., & Moreira Macías, N. M. (2024). *Determinación de la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22 (Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum) y botón de oro (Tithonia diversifolia), en diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje* (Tesis de grado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Santo Domingo, Ecuador.
- Castrejón-Pineda, F.A., & Corona-Gochi (2021) Características Nutrimientales de Gramíneas, Leguminosas y Algunas Arbóreas Forrajeras del Trópico Mexicano: Fracciones de Proteína (A, B1, B2, B3 y C), Carbohidratos, Digestibilidad in vitro, Elementos Minerales y Aporte de Energía. UNAM Proyecto PAPIIT IN215310

- Chin, N. y Hue, K. (2012). Supplementing *Tithonia diversifolia* with Guinea Grass or Tree Foliages: Effects on feed Intake and Live Weight Gain of Growing Goats. *Livest. Res. Rural Dev*, 24, 188.
- De Dios-León, G. E., Ramos-Juárez, J. A., Izquierdo-Reyes, F., Joaquín-Torres, B. M., & Meléndez-Nava, F. (2022). Comportamiento productivo y valor nutricional del pasto *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-115, a diferente edad de rebrote. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 13(4), 1055–1066. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.521>
- De Dios-Vallejo O.O. (2001). Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Ed. Rovirosa. Páginas 300-332.
- Durango, S. G. et al. (2021). Feeding Strategies to Increase Nitrogen Retention and Improve Rumen Fermentation and Rumen Microbial Population in Beef Steers Fed with Tropical Forages. *Sustainability*, 13, 10312.
- Ferreira Calsavara L H, Ribeiro R S, Silveira S R, Delarota G, Freitas D S, Sacramento J P, Campos Paciullo D S e Maurício R M (2016). Potencial forrageiro da *Tithonia diversifolia* para alimentação de ruminantes. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28(2), <http://www.lrrd.org/lrrd28/2/ferr28017.html>
- Ferrer Reyes, Maira, Roque Rodés, Reinaldo, Lamelas Felipe, Carlos, & González Marrero, Alberto. (2016). Relación entre el tiempo térmico acumulado durante el gran periodo de crecimiento con los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar. *Centro Agrícola*, 43(4), 73-78. Recuperado en 13 de agosto de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000400010&lng=es&tlng=es.
- Fonnesbeck PV, Clark DH, Garret WN, Speth CF. (1984). Predicting energy utilization from alfalfa hay from the Western Region. In: Proceedings of the 2002 Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacture, East Syracuse, NY. Ithaca, NY: Cornell University USA.
- Gallego-Castro, Luis Alberto, Mahecha-Ledesma, Liliana, & Angulo-Arizala, Joaquín. (2017). Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas

- de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 213-222.
<https://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
- Gallego, L. A. Mahecha, L. y Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Revista colombiana de ciencia animal*. Recuperado de: [Potencial forrajero de Tithonia diversifolia Hemsl: A Gray en la producción de vacas lecheras](#)
- Gamboa, L. M. et al. (2023). Fertilización y edad de rebrote sobre rendimiento y composición bromatológica de *Tithonia diversifolia*. *Universidad de Costa Rica*. Recuperado: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/53172/56124>
- García Domínguez, A. (2019). Determinación de la biomasa en vegetación de los sistemas de producción forestal en la cuenca baja del Usumacinta en la región de Los Ríos, Tabasco, México. Tesis de Doctorado. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Disponible en: <https://ri.ujat.mx/handle/200.500.12107/5482>
- González, D., Ruiz, T. E., & 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.
- Gualberto, R., Souza, O., Costa, N., Braccialli, Caio, y Gaion, A., 2011 Influência do espaçamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) Gray. *Nucleus*, 8 (1), 241-255.
<https://doi:10.3738/1982.2278.362>
- Guatusmal, G. C. et al. (2020). Producción y calidad de *Tithonia diversifolia* y *Sambucus Nigra* En Trópico Altoandino Colombiano. *Agrom. Mesoam*, 31, 193-208.
- Holguín, V. A., Cuchillo-Hilario, M., Mazabel, J., Quintero, S. y Mora-Delgado, J. (2020). Efecto de la mezcla ensilada de *Pennisetum purpureum* y *Tithonia diversifolia* sobre la fermentación ruminal *in vitro* y su emisión de metano en el sistema RUSITEC. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11 (1), 19-37.
- Jeranyama P. & Garcia AD. (2004). Understanding relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ). Cooperative Extension Service. SD, USD South Dakota USA.

- Jiménez, L., Velástegui, C., Vargas, J. y Uvidia, J. (2024). Evaluación de parámetros morfológicos y bromatológicos en *Arachis pintoi* y *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, in the Amazonia Ecuatoriana. *Reincisol*, 3 (6), 2134—2154. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)2134-2154](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)2134-2154)
- Juárez, L.F.I., Fox, D.G., Blake, R.W., and Pell, A.N., 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual purpose cows in tropical México. *Journal of Dairy Science*, 82, 2136–2145.
- Khalil JK, Sawaya WN, Hyder SZ (1986) Nutrient composition of *Atriplex* leaves grown in Saudi Arabia. *J Range Mana* 39:104–107.
- Krüger, A. M., Lima, P. D. M. T., Ovani, V., Pérez-Marquéz, S., Louvandini, H., & Abdalla, A. L. (2024). Ruminant Grazing Lands in the Tropics: Silvopastoral Systems and *Tithonia diversifolia* as Tools with Potential to Promote Sustainability. *Agronomy*, 14(7), 1386. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/agronomy14071386>
- Lazo, J. A., Zepeda, R. G., López, R. H., Soto, L. P., Hernández, L. C. y Gracia, M. E. R. (2024). Caracterización morfo-productiva de materiales de *Tithonia diversifolia* recolectados en el estado de Chiapas, México. *Pastizales tropicales-Forrajés Tropicales*, 12 (1), 36—48. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(12\)36-48](https://doi.org/10.17138/TGFT(12)36-48)
- Lezcano, Y., Soca, M., Ojeda, F., Roque, E., Fontes, D., Montejo, I., Santana, H., Martínez, J., & Cubillas, N. (2012). Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y Forrajés*, 35(3), 275-282.
- Londoño, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista colombiana de ciencia animal recia*. 11(1): 28-41.
- Lugo M., 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. *Zootecnia Tropical*, 30(4): 317-325.

- Mahecha L. et al. (2022). Agronomic and Nutritional Assessment of an Intensive Silvopastoral System: *Tithonia diversifolia*, *Sambucus nigra*, *Cynodon nlemfuensis*, and *Urochloa plantaginea*. *Proc. Nat. Acad. Sci. India Sect. B Biol. Sci.* 92, 37-47.
- Mahecha, L. y Rosales, M. (2005). Valor Nutricional Del Follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* Gray) En La Producción Animal En El Trópico. *Livest. Res. Rural Dev.* 17, 1-9.
- Mahecha, L., Escobar, J. P., Suárez, J. F., & Restrepo, L. F. (2007). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development*, 19(2), 1-6.
- Mora-Mora, M. G., & Elizondo-Salazar, J. A. (2024). Respuesta del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) a la fertilización nitrogenada y a la edad de cosecha [Response of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) to nitrogen fertilization and harvesting age]. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, *7*(4), 1-16. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n4-065>
- Muñoz-González, J. C., Huerta-Bravo, M., Lara Bueno, A., Rangel Santos, R., & Rosa Arana, J. L. D. L. (2016a). Producción y calidad nutricional de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(SPE16), 3315-3327.
- Muñoz-González, J. C., Huerta-Bravo, M., Lara Bueno, A., Rangel Santos, R., & Rosa Arana, J. L. D. L. (2016b). Producción de materia seca de forrajes en condiciones de Trópico Húmedo en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(SPE16), 3329-3341.
- Narango, J., & Cuartas, C. (2011). Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *CES Medicina Veterinaria Y Zootecnia*, 6(1), 9–19.
- NASA POWER. (2025). NASA Prediction of Worldwide Energy Resource. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

- Navarro, F. & Rodríguez, E.F. 1990. Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima.
- Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F. & Ly, J. (2011). Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14: (1). 309-314.
- Olmo-González, C., Verdecia-Acosta, D. M., Hernández-Montiel, L. G., Ojeda-Rodríguez, A., Ramírez-de la Ribera, J. L., & Martínez-Aguilar, Y. (2022). Chemical composition of the foliage meal of *Tithonia diversifolia*. *Enfoque UTE*, 13(4), 1-10.
- Ovani, V., Pérez-Márquez, S., Monteiro, A., Kruger, A. M., Lima, P. D. M. T., Bizzuti, B. E., & Abdalla, A. L. (2024). Understanding the impacts of intensity and harvest frequency on *Tithonia diversifolia* for use in tropical silvopastoral systems.
- Partey S.T. (2011). Effect of pruning frequency and pruning height on the biomass production of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. *Agroforestry Systems*, 71 (3)
- Paumier, M., Méndez Martínez, Y., Torres, E., Sánchez, A. R., Ramírez, J. L., Herrera, R. S., Santana, A., & Verdecia, D. M. (2020). Indicators of yield of *Tithonia diversifolia* in the zone of Granma Province, Cuba. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, 6(4), 670-673. <https://doi.org/10.31031/MCDA.2020.06.000645>
- Pazla, R., Jamarun, N., Elihasridas, Arief, Yanti, G., & Ikhlas, Z. (2023). The impact of replacement of concentrates with fermented tithonia (*Tithonia diversifolia*) and avocado waste (*Persea americana* miller) in fermented sugarcane shoots (*Saccharum officinarum*) based rations on consumption, digestibility, and production performance of Kacang goat. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 11(3), 394–403. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2023/11.3.394.403>
- Pereira M.M., Gándara L., De San J. & Fernandez J.A. (2018). Acumulación de biomasa aérea y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia*: efectos de la densidad de plantación y la frecuencia de corte. Proceeding of the 41° Congreso Argentino de Producción Animal Mar del Plata, Argentina, 16-19 October 2018.

- Polo, E. A. L. y Medina, L. T. (2021). Effect of the frequency of corte over the performance and quality of forraje of gold button (*Tithonia diversifolia*). *Revista Semilla del Este*, 2 (1), 59-69.
- Ramírez, J. L. et al. (2011). Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. *Revista electrónica veterinaria*. Recuperado de: [Redalyc.Calidad de la Tithonia diversifolia en una zona del Valle del Cauto](#)
- Ravhuhali, K. E., Msiza, N. H., & Mudau, H. S. (2022). Seasonal dynamics on nutritive value, chemical estimates and in vitro dry matter degradability of some woody species found in rangelands of South Africa. *Agroforestry Systems*, 1-11.
- Reis, M.M., Santos, L.D.T., Pegoraro, R.F., Santos, M.V., Colen, F., Montes, W.G., Júnior, R.R.M., da Cruz, L.R. and Oliveira, F.G., 2018. Productive and nutritional aspects of *Tithonia diversifolia* fertilized with biofertilizer and irrigated. *Journal of Agricultural Science*, 10(11) <https://DOI:10.5539/jas.v10n11p367>
- Ribeiro, R. S., Terry, S. A., Sacramento, J. P., Silveira, S. R. E., Bento, C. B. P., da Silva, E. F., ... & Chaves, A. V. (2016). *Tithonia diversifolia* as a supplementary feed for dairy cows. *PloS one*, 11(12), e0165751.
- Ríos, C. I., and Salazar, A., 1995. Boton de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray) una fuente proteica alternativo para el tropic. *Livestock Research for Rural Development*, 6(3).
- Ríos, K.C.I. (2002). *Tithonia diversifolia*, (hemsl.) Gray una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. Bogotá, Colombia.
- Rivera-Herrera, J. E., Ruíz-Vásquez, T., Chará-Orozco, J., Gómez-Leyva, J. F., & 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>
- Rivera, J. E., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tafur, O., Hurtado, E. A., Arenas, F. A., ... & Murgueitio, E. (2015). Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina

- en el piedemonte Amazónico colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 27(10), 1-13.
- Rivero, M. J., Grau-Campanario, P., Mullan, S., Held, S. D., Stokes, J. E., Lee, M. R., & Cardenas, L. M. (2021). Factors affecting site use preference of grazing cattle studied from 2000 to 2020 through GPS tracking: a review. *Sensors*, 21(8), 2696.
- Rodríguez-Badilla, B., Alvarez-Brito, R., & López-Herrera, M. (2022). Inclusión de *Tithonia diversifolia* sobre la calidad de ensilajes de Cuba OM22 con la adición de *Musa sp.* *Nutrición Animal Tropical*, 16(2), 71-90. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i2.52298>
- Rodríguez, I. (2017). Potencialidades de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray en la alimentación animal. *Instituto de Ciencia Animal*. Recuperado de: [Potencialidades de *Tithonia diversifolia* \(Hemsl.\) Gray en la alimentación animal](#)
- Roig, J. T. & Mesa, A. (1974). Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. La Habana, Cuba. 709 p.
- Ruiz, T. E., Febles, G. J., Torres, V., Lok, S., Valenciaga, N., Rodríguez, B., Báez, N., & Medina, Y. (2024). Frecuencia de corte en la producción de biomasa de materiales destacados de *Tithonia diversifolia* identificados en Cuba [Effect of cutting frequency on the biomass production of outstanding materials of *Tithonia diversifolia* identified in Cuba]. *Tropical Grasslands-Forrajeras Tropicales*, *12*(2), 106–115. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(12\)106-115](https://doi.org/10.17138/TGFT(12)106-115)
- Sánchez Hernández, M. A., Cruz Vázquez M., Sánchez Hernández C., Morales Terán G., Rivas Jacobo, M. A., & Villanueva Verduzco, C. (2019). Rendimiento forrajero de maíces adaptados al trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 699–712. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1546>
- Sanchez, T., Sallenave, R., Ganguli, A., & Meiklejohn, K. (2023). *Accumulated Growing Degree Days: How to Use Them to Describe and Predict Grazing Readiness for Common New Mexico Rangeland Grasses*. New Mexico State University. https://pubs.nmsu.edu/_b/B-826_Accumulate_growing_degree_days.pdf
- SAS. (1999). Statistical Analysis System. version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA.

- Savon, L. L. et. al. (2017). Mulberry, Moringa and Tithonia in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean. Instituto de Ciencia animal, Cuba. Recuperado de: [ResearchGate \(en inglés\)](#)
- SIACON. 2023 Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Secretaría e Agricultura y Desarrollo Social México. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/documentos/siacon-ng-161430>
- Soares, N. O., Lazo, J. A., Donato, L. M. S., Ferreira, E. A., Menezes, G. L. P., Souza, R. F., Oliveira, V. A. V., Azevedo, A. M., & Santos, L. D. T. (2024). *Tithonia diversifolia* potential for forage production: Selection of accessions occurring in Cerrado and Atlantic Forest Biomes in Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 76(6), e13185. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-13185>
- Souza, M., Santos, L., Donato, L., Barros, R., Machado, V., & Geraseev, L. (2025). Cut management of *Tithonia diversifolia* as a function of regrowth ages: a physiological and morphological approach. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-13339>.
- Uu-Espens, C., Canul-Solís, J. R., Chay-Canul, A. J., Piñeiro-Vázquez, Á. T., Villanueva-López, G., Aryal, D. R. & Casanova-Lugo, F. (2022). Seasonal variation in biomass yield and quality of *Tithonia diversifolia* at different cutting heights. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3).
- Valles-de la Mora, B., Castillo-Gallegos, E., & Bernal-Barragán, H. (2016). Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 7(2), 141–158. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i2.4170>
- Van Sao, N., Mui, N. T., & Van Binh, D. (2010). Biomass production of *Tithonia diversifolia* (Wild Sunflower), soil improvement on sloping land and use as high protein foliage for feeding goats. *Livestock Research for Rural Development*, 22(8), 2010.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci* 74: 3583-3597.

- Vega, E. Sanginés, L. Gómez, A. Hernández, A. Solano, L. Escalera y F. Loya, J. L. (2019). Reemplazo de alfalfa con *Tithonia diversifolia* en corderos alimentados con ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz. *Universidad Autónoma de Nayarit*. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4455>
- Verdecia, D. et al. (2011). Nutritive Value of the *Tithonia diversifolia* in a Location of Valle Del Cauto. *Rev. electrón. Vet.* 12, 1–13.
- Verdecia, D. M., et al. (2018). Yield components, chemical characterization and polyphenolic profile of *Tithonia diversifolia* in Valle del Cauto, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(4).
- Wanjau, S., Mukalama, J., & Thijssen, R. (1998). Biomass transfer: harvesting free fertiliser. *ILEIA Newsletter*, 13(3), 25.
- Ziegler, A., Rossner, M. B., & Yáñez, E. A. (2022). Defoliation frequency and intensity effects on biomass production and the morphology of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Livestock Research for Rural Development*, 34, 62.
- Pérez, A., Montejó I., Iglesias, J. M., López O., Martín G. J., García D. E., Idolkis M. y A. Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl. A Gray. Pastos y forrajes, Volumen 32. Recuperado de: [Artículo APérez](#)
- Peters, M., Franco, L. H., Schmidt, A., & Hincapié, B. (2003). *Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica* (Publicación CIAT No. 333). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/54680>
- Murgueitio, E., & Ospina, S. (2002). *Tres especies vegetales promisoras: Nacedero (Trichanthera gigantea), Botón de oro (Tithonia diversifolia) y Boñe (Alocasia macrorrhiza)*. COLCIENCIAS-CAB-CIPAV.
- Medina, M., García, D., González, M., Cova, L. J., & Moratinos, P. (2009). Variables morfoestructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, 27(2), 121-134.

Fasuyi, A. O., Dairo, F. A. S., & Ibitayo, F. J. (2010). Ensiling wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaves with sugar cane molasses. *Livestock Research for Rural Development*, 22(3).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Alojamiento de La Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de Tesis:	“RENDIMIENTO DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL GIRASOL MEXICANO (<i>Tithonia diversifolia</i>) A DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE”
Autor de la Tesis:	Braulio Ramsés Esteban Hernández
ORCID	https://orcid.org/0009-0006-2339-3830
Resumen de la Tesis:	<p>El girasol mexicano (<i>Tithonia diversifolia</i>) es una alternativa prometedora como fuente de forraje en las regiones tropicales y subtropicales de México. El objetivo fue evaluar entre otras variables, la proporción de materia seca (MS, %) proporción de biomasa comestible (PBC, %), rendimiento de biomasa seca (RBS, %) y la composición nutricional en base a proteína cruda (PC, %), fibra detergente neutra (FDN, %), fibra detergente ácida (FDA, %) y valor relativo del forraje (VRF) de <i>Tithonia diversifolia</i> cosechadas en diferentes épocas del año (EA) de Secas, Lluvias y Nortes, y bajo diferentes frecuencias de corte (FC) de 45, 60 y 75 días en el trópico húmedo mexicano. La proporción de MS, PBC y RBS fueron afectadas por los efectos de EA x FC. La proporción de MS fue mayor ($P < 0.01$) en la época de Secas a una frecuencia de cosecha de 60 y 75 días (35.4% y 38.37%, respectivamente). En el caso de la PBC, el mejor desempeño se observó durante la época de Lluvias a las frecuencias de 45, 60 y 75 días (98.15%, 99.25% y 98.64%, respectivamente). Los RBS más altos se presentaron a los 75 días en las épocas de Secas, Lluvias y Nortes (9207.41 kg, 7819.86 kg y 9466.65 kg, respectivamente). El porcentaje de MS, PC, FDN, FDA y el VRF fueron afectadas por la interacción EA x FC. Para PC, los mejores niveles se registraron en la época de Nortes a los 45, 60 y 75 d (17.75%, 13.37% y 22.14%, respectivamente). Con relación a la FDN los mayores niveles se registraron a los 60 d en la época de Secas (57.77%), 60 y 75 d para la época de Lluvias (58.53% y 59.39%) y a los 45 d para la época de Nortes.</p>

	<p>(57.96%). Los mayores niveles de FDA se obtuvieron a frecuencias de corte de 60 d para las épocas de Secas (45.01%), y para la época de Lluvias a los 60 y 75 d (45.64% y 48.15%, respectivamente). El mayor VRF se encontró a una frecuencia de corte de 45 d en las épocas de Secas y Lluvias, y a los 60 y 75 d para la época de Norte. De acuerdo con las evidencias generadas de su comportamiento productivo y valor nutricional a diferentes épocas y frecuencias de corte colocan al girasol mexicano como una alternativa forrajera bajo condiciones tropicales.</p>
<p>Palabras claves de la Tesis:</p>	<p>Ranúnculo, producción de biomasa seca, proteína cruda, FDN, valor relativo del forraje.</p>
<p>Referencias citadas:</p>	<p>Alexandre, G., Rodríguez, L., Arece, J., Delgadillo, J., Garcia, G. W., Habermeier, K. & Archimède, H. (2021). Agroecological practices to support tropical livestock farming systems: a Caribbean and Latin American perspective. <i>Tropical Animal Health and Production</i>, 53, 1-13.</p> <p>Angulo-Arizala, J., Barragán-Hernandez, W., Casas-Toro, N. y Mahecha-Ledesma, L. (2024). Evaluación agronómica de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray basado en criterio de corte con tiempo térmico. <i>Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú</i>, 35 (5), e29287. https://doi.org/10.15381/rivep.v35i5.29287</p> <p>AOAC. (2023). AOAC International. Official Methods of Analysis of Aoac International, 22nd ed.; Aoac International: Gaithersburg, MD, USA.</p> <p>Arguello, R. J, et al. (2020). Perfil Nutricional y Productivo de Especies Arbustivas En Trópico Bajo, Antioquia (Colombia). <i>Cienc. Technol. Agropecu</i>, 21, 1-20</p>