

Artículo

Índice de prendimiento y producción de biomasa de girasol mexicano *Tithonia diversifolia* como fuente sustentable de forraje para rumiantes en Tabasco

Heidy Alvarado-Córdova¹, Braulio Ramsés Esteban Hernández¹, Noel Mauricio Maldonado García¹, Fernando Casanova-Lugo² y Carlos Luna Palomera^{1*}

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km 25 Carretera Villahermosa-Teapa, 86284, Centro, Tabasco, México.

² Tecnológico Nacional de México Campus I. T. de la Zona Maya, Carretera Chetumal-Escárcega km 21.5, Ejido Juan Sarabia, 77960. Othón P. Blanco, Quintana Roo, México.

* Autor de correspondencia: C.L.-P. División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km 25 Carretera Villahermosa-Teapa, C.P. 86284, Centro, Tabasco, México. Teléfono 9933581500; E-mail: carlos.luna@ujat.mx (CLP)

Resumen

Cita: Alvarado-Córdova *et al.* Índice de prendimiento y producción de biomasa de girasol mexicano *Tithonia diversifolia* como fuente sostenible de forraje para rumiantes en Tabasco. *Ciencia y Tecnología ITESCAM Calkini* 2025;4(1): 86-94

Editor de sección: Dra. Rosa Yazmín Us Camas

Recibido: 21 de noviembre de 2024

Aceptado: 23 de mayo de 2025

Publicado: 30 de abril de 2025

Copyright: Los datos proporcionados son propiedad de la revista *Ciencia y Tecnología ITESCAM Calkini*.

El girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*) es una alternativa prometedora para la producción de forraje de alto valor nutricional. El objetivo fue evaluar el establecimiento y su potencial forrajero como alternativa para la alimentación animal en el trópico húmedo. Se estableció una parcela de 0.25 hectárea de *Tithonia diversifolia* con material vegetativo de la región, bajo dos densidades de siembra (0.5 x 1 m y 0.75 x 1 m) y dos métodos de siembra (estaca horizontal y vertical). El establecimiento se evaluó mediante el índice de prendimiento (IP) resultante de registrar el éxito o fracaso del surgimiento de brotes a los 60 días. Posterior a la poda de uniformización se evaluó el potencial forrajero a los 45, 60 y 75 días estimando la cantidad de biomasa verde total (BVT), la materia seca total (MST), así como el % de MS. El IP a los 60 días bajo establecimiento horizontal fue de 73.6% de plantas vivas, y bajo el método vertical IP fue de 92.08% de plantas vivas. La tendencia numérica señala que hay un mejor rendimiento de MVT, MST y % de MS para las parcelas cosechadas entre los 60 y 75 días de corte. El establecimiento de *Tithonia diversifolia* por el método vertical y horizontal son igualmente exitosos, teniendo un IP alrededor del 80%. Los mejores rendimientos de biomasa en relación a la MVT, MST y % de MS se encuentran en las frecuencias de corte entre 60 y 75 días.

Palabras clave: materia seca; girasol mexicano; biomasa.

Abstract

The Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) is a promising alternative for the production of forage with high nutritional value. The objective was to evaluate the establishment and forage potential of Mexican sunflower as an alternative for animal feeding under humid tropical conditions in the state of Tabasco. A 0.25 hectare plot of *Tithonia diversifolia* was established with vegetative material from the region, under two planting densities (0.5 x 1 m and 0.75 x 1 m) and two planting methods (horizontal and vertical stem). The establishment was evaluated

using the appendage index (PI) resulting from recording the success or failure of the emergence of sprouts after 60 days. After the uniformization pruning, the forage potential was evaluated to 45, 60 and 75 days, for which the amount of total green biomass (BVT), total dry matter (MST), as well as % DM was estimated. The average budding percentage at 60 days under the horizontal establishment method was 73.6% of live plants, and under the vertical method the average budding percentage at 60 days was 92.08% of plants. alive The numerical trend indicates that there is a better performance of MVT, MST and % DM for plots that are harvested between 60 and 75 days between one cut and another. The establishment of *Tithonia diversifolia* by the vertical and horizontal methods are equally successful, having a yield rate of around 80% or more. The best biomass yields in relation to MVT, MST and % DM are found at cutting frequencies between 60 and 75 days.

Keywords: dry matter, mexican sunflower, biomass.

1. Introducción

La actividad agropecuaria en México tiene una significativa importancia económica, social y de seguridad alimentaria, debido a la creciente demanda de alimentos. En particular, la ganadería bovina tiene un rol importante en la producción de alimentos debido a su habilidad de transformar los forrajes en alimentos de alta calidad nutricional para el consumo humano. Además, estos sistemas de producción son fuente de trabajo, ingresos directos para las familias, biocombustibles y forman parte del patrimonio de muchas familias (1-3).

Sin embargo, a la actividad ganadera se le atribuye el ejercer una marcada presión sobre los recursos naturales, cambios de uso de suelo, problemas por la pérdida de la diversidad vegetal y la fauna regional, entre las que se cuentan las poblaciones de polinizadores (4,5). No obstante, la presencia de enormes manadas de rumiantes en el continente americano ha estado presente y en equilibrio con el medio ambiente desde antes de la colonización del continente americano. La diferencia son las acciones que en su momento ejecuta el hombre para mantener el equilibrio de los recursos naturales y la sostenibilidad de los sistemas de producción. Por lo que se debe de explorar el uso de recursos locales como alternativa para la alimentación animal (6).

En este sentido, una alternativa prometedora como fuente de forraje es el girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*), con alentadores reportes sobre su producción de biomasa, valor nutricional y producción de polen de excelente calidad (7,8). Se reporta que esta herbácea tiene una alta producción de biomasa (9), valores relevantes de fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN), alto contenido de nitrógeno y calcio, así como porcentajes aceptables de degradación ruminal y contenido de carbohidratos no estructurales (10). Además, contiene metabolitos secundarios responsables de la actividad biológica como las saponinas, taninos, aceites esenciales, flavonoides que actúan como antioxidantes, anticancerígenos, antiparasitarios y reproductivos (11). El contenido de proteína cruda oscila entre el 12 y el 24% dependiendo del estado fenológico y la parte usada de la planta, así como la época del año (12,13).

Sin embargo, en el trópico húmedo de la región sureste de México son pocos los estudios que se han hecho sobre su establecimiento, cultivo, producción de biomasa y calidad nutricional que le permitan su uso más extensivo como alternativa forrajera. Se hipotetiza que en el establecimiento de la herbácea *Tithonia diversifolia*, los índices de prendimiento son altos, con niveles de producción de biomasa y materia seca superiores al de otras regiones de México y Latinoamérica. Por tanto, el objetivo fue evaluar el índice de prendimiento del girasol mexicano y su potencial forrajero, a través de la producción de materia seca y biomasa verde bajo condiciones de trópico húmedo en el estado de Tabasco.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio.

El experimento se estableció en una unidad de producción bovina ubicada en la Ranchería Coabanal 2ª sección 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 43 metros sobre el nivel del mar.

2.2 Tratamientos y diseño experimental.

Se estableció una parcela de 0.25 hectáreas de *Tithonia diversifolia* con material vegetativo por colecta en la región. Previo al establecimiento de la parcela, se realizó un análisis de suelo (pH, salinidad, conductividad eléctrica, arcilla, limo, arena y materia orgánica) y de minerales en suelo (N, P, L, Mg, Ca, Cu, Mn, Zn). El análisis fue realizado a través de los servicios prestados por la empresa FEMEXPALMA. Posteriormente, se realizó la preparación del terreno con un paso de arado y tres pasos de rastra en forma cruzada. La parcela se estableció bajo dos densidades de siembra (D: 0.5 x 1 m y 0.75 x 1 m; ver figura 1 a y b) y dos métodos de siembra (M: estaca horizontal y vertical) resultando en el arreglo factorial 2 x 2 (D x M). La densidad de siembra bajo los arreglos mencionados fue de 20,000 y 15,000 plantas por hectáreas, respectivamente (Figura 1).

En el establecimiento de la parcela, se evaluó el índice de prendimiento (IP) resultante de registrar el éxito o fracaso del surgimiento de brotes a los 60 días bajo los métodos de siembra y densidades de siembra descritos anteriormente, el cual fue expresado en porcentajes. Tres meses después de su establecimiento, se realizó una poda de uniformización para dar lugar a la evaluación productiva. La producción de biomasa se evaluó en la época de secas bajo la influencia de factores naturales y sin control de los mismos (plagas, humedad e intensidad luminosa). Se evaluaron tres etapas fenológicas (F) para el corte de la planta: botón (45 días), prefloración (60 días) y floración (75 días) bajo dos métodos de siembra (horizontal y vertical) y dos densidades de siembra resultando en un arreglo factorial 3 x 2 x 2 (F x M x D) con tres repeticiones por combinación de factores. Se reportan la cantidad de materia verde total (MVT) y de materia seca total (MST) por hectárea, así como el % de materia seca (MS).

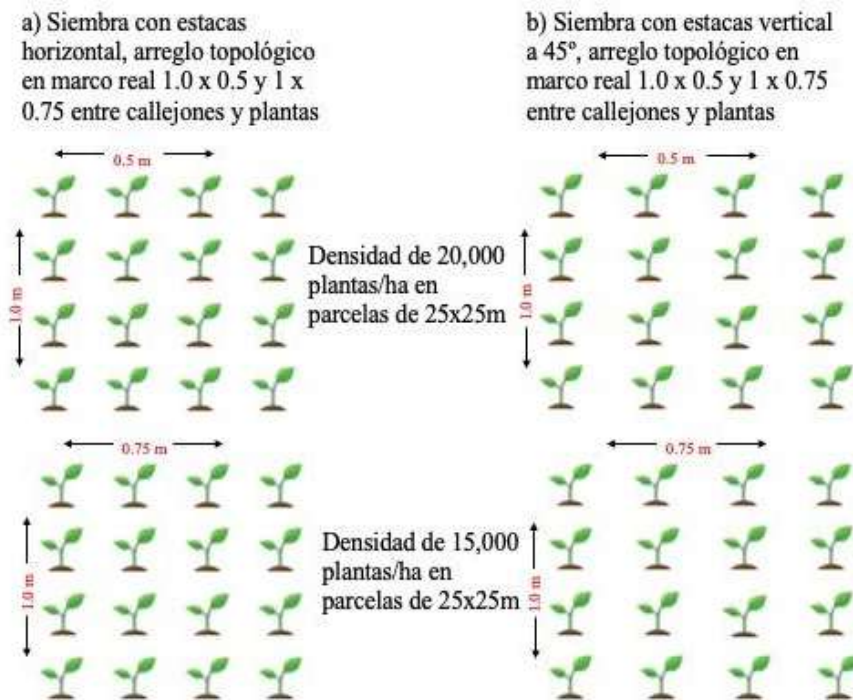


Figura 1. Establecimiento de una parcela de girasol mexicano (*Tithonia diversifolia*) a dos métodos y densidades de siembra: a) Siembra vertical en parcelas de 25 x 25 m, b) Siembra horizontal en parcelas de 25 x 25 m.

2.3 Análisis de los datos.

Las variables IP, MVT, MST y % de MS fueron analizadas mediante el procedimiento Means y Multivariate del paquete estadístico SAS (2004; Cary, NC, USA), para determinar la normalidad de los datos y reportar los estadísticos básicos de media, desviación estándar, así como los valores máximos y mínimos observados para cada variable analizada.

3. Resultados

2.1 Evaluación del establecimiento.

En la Tabla 1 se resumen los resultados del IP durante el establecimiento de la parcela de girasol mexicano evaluado a los 60 días. Bajo el método de siembra horizontal se registró un promedio de 40.8 plantas por hilera o fila, con una densidad mínima de 27 estacas correspondientes a la densidad de siembra entre estacas de 0.75 x 1 m entre hileras; mientras que con una mayor densidad el número de estacas máximas registradas fueron de 55 correspondiente a una densidad de 0.5 x 1 m entre hileras. El IP promedio a los 60 días bajo el método de establecimiento horizontal fue de 73.6% de plantas vivas con brotes, con una variación entre 33.0% y 97.0% por hilera.

Bajo el método de establecimiento vertical, el promedio de estacas colocadas fue de 38.92 con una densidad mínima de 28 estacas correspondientes a la densidad de siembra de 0.75 x 1 m entre plantas; mientras que la densidad máxima fue de 52 estacas correspondiente a una densidad de 0.5 x 1 m entre plantas. El IP promedio a los 60 días fue de 92.08% de plantas vivas con brotes, con una variación entre 77.0% hasta 100.0% por hilera.

Tabla 1. Porcentaje de prendimiento de *Tithonia diversifolia* a los 60 días establecida mediante dos métodos de siembra.

Método de siembra	Hileras n	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Horizontal	50				
Plantas		40.80	9.07	27.00	55.00
Plantas vivas, %		73.60	17.21	33.00	97.00
Vertical	50				
Plantas		38.92	10.60	28.00	52.00
Plantas vivas, %		92.08	6.21	77.00	100.00
Total	100				
Plantas		39.86	9.84	27.50	53.50
Plantas vivas, %		82.84	11.71	55.00	98.50

Rendimiento de materia verde y materia seca. En la Tabla 2 se resumen los estadísticos básicos de los rendimientos de MVT, MST y % de MS. En términos generales se observó una amplia variabilidad (desviaciones estándar) sobre todo para las variables MVT y MST dentro de cada frecuencia de corte y entre frecuencias de corte; sin embargo, de acuerdo a la tendencia numérica se observó un mejor rendimiento de MVT, MST y % de MS para las parcelas que son cosechadas a 60 días de intervalo entre un corte y otro. El segundo mejor desempeño observado corresponde a la frecuencia de corte de 75 días, siendo la frecuencia de corte a 45 días la que menor biomasa de MVT y MST registró, con un menor contenido de MS (18.52%).

Tabla 2. Rendimiento de materia verde y materia seca de *Thitonia diversifolia* a tres frecuencias de corte durante la época de secas en el trópico húmedo.

Frecuencia de Corte	Muestras n	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
45 días	24				
MVT, Kg/ha		13,771.53	11,895.66	2,250.00	58,000.00
MST, Kg/ha		2,608.15	2,522.60	420.49	12,099.77
MS, %		18.52	2.79	13.95	25.53
60 días	12				
MVT, Kg/ha		24,687.50	25,317.78	7,500.00	101,000.00
MST, Kg/ha		9,204.95	12,400.44	2,718.75	47,975.00
MS, %		34.17	5.09	27.5	47.5
75 días	12				
MVT, Kg/ha		22,145.83	12,527.90	5750.00	48,000.00
MST, Kg/ha		8,827.82	4,567.76	2,661.61	19,733.87
MS, %		41.15	3.30	33.79	46.29
Total	48				
MVT, Kg/ha		18,594.10	16,750.41	2250.00	101,000.00
MST, Kg/ha		5,812.27	7,381.38	420.49	47,975.00
MS, %		28.09	10.58	13.95	47.50

4. Discusión

El método de siembra de la parcela *Thithonia diversifolia* es uno de los pasos más importantes para asegurar su establecimiento, buen desarrollo de la planta y producción de biomasa. El establecimiento del cultivo se puede hacer de manera sexual a través de semilla (14) o bien asexual por material vegetativo o estacas (15); sin embargo, se prefiere el último método debido a la disponibilidad de material vegetativo y éxito en la emergencia y establecimiento. Comercialmente es difícil encontrar semilla que asegure un porcentaje de germinación aceptable, ya que el manejo y tipo de suelo puede ser un factor determinante en el porcentaje de germinación y el establecimiento final (14). Suelos arcillosos o con drenaje deficiente pueden dificultar su establecimiento mediante el método de siembra horizontal.

De acuerdo a la Tabla 1, aunque se observan variaciones de un número mínimo de plantas viables en algunas hileras, el promedio y el porcentaje de prendimiento o plantas viables fue numéricamente superior bajo el método de establecimiento vertical (92.08%) comparado con el horizontal (73.06%). Estos porcentajes se encuentran dentro de los valores de referencia reportados por algunos autores que oscilan alrededor del 80% (16, 17). Es importante mencionar que bajo el método de establecimiento horizontal, el suelo tiene que estar bien drenado, ya que el exceso de humedad en suelos francos como el del presente estudio, disminuye la probabilidad de que el material vegetativo prenda o emerjan brotes. El exceso de humedad causa proliferación de hongos y pudrición del material vegetativo, lo cual ocurre en menor proporción si se establece de manera vertical.

De acuerdo a los resultados preliminares presentados, la producción MVT y MST fue muy variable en esta época del año (marzo-mayo) evidenciado por los valores mínimos y máximos (Tabla 2), lo cual resultó en desviaciones estándar amplias. Este hecho se explica debido a que los muestreos registrados a las frecuencias de corte de 45 (14 de abril), 60 (29 de abril) y 75 (15 de mayo) días se realizaron en momentos donde hubo disminución abrupta en las precipitaciones pluviales, pasando de 33.2 mm en el mes de febrero a 15.3 y 12.7 mm en el mes de marzo y abril, respectivamente (18). Debido a las características y relieve del suelo, este efecto favoreció la acumulación o pérdida de humedad en ciertos sectores de la parcela, favoreciendo el crecimiento de la planta en aquellas áreas con mayor humedad remanente y estrés hídrico en aquellas áreas con menor humedad (datos no reportados para este trabajo). Por lo tanto, el análisis de datos en las próximas publicaciones se hará considerando estos efectos.

Sin embargo, pese a la limitación de humedad, los niveles de producción de biomasa verde y de materia seca son superiores a los reportados por otros autores para épocas secas (13,15) con valores de entre 2.31 y 3.6 ton/ha de MS (15) y de alrededor de 1 ton/ha de MS por corte en el trópico sub-húmedo de México (13). Además, los resultados encontrados en este estudio también son comparables y en algunos casos superiores a los reportados en Cuba (19) con niveles de producción entre 2.1 y 3.0 ton/ha; América Latina (20) con 5.5 ton/ha de MS y biomasa desde 21.2 a 31.5 ton/ha; y Brasil (21) desde 5.6 hasta 8.1 ton/ha de MS, y desde 24.7 hasta 41.3 ton/ha de biomasa verde. Estas variaciones

obedecen a efectos ambientales de época (humedad y luminosidad), densidades de siembra y manejo agronómico.

Por otra parte, no se reportan diferencias entre el método de siembra horizontal o vertical para la producción de materia verde o materia seca total (15), pero si se encuentran diferencias en cuanto el número de plantas por surco, con ligera ventaja para las plantas que son establecidas de manera horizontal. Sin embargo, la tendencia encontrada es que las plantas establecidas de manera horizontal, desarrollan un mayor número de raíces al entrar en contacto una mayor superficie del material vegetativo con el suelo (22). Finalmente, los resultados preliminares permiten visualizar el potencial en la producción de biomasa en la época de menor precipitación pluvial; de manera interesante, se observa que los mejores rendimientos de biomasa en cuanto a MVT, MST y % de MS se encuentra entre los 60 y 75 días de intervalo entre cortes. El girasol mexicano se perfila como una alternativa sostenible para la producción de forrajes para la alimentación animal, lo cual concuerda con la visión de otros autores que consideran seriamente a esta herbácea en sistemas silvopastoriles y en bancos forrajeros (23).

5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados preliminares para las variables reportadas en la época de secas, el establecimiento por el método vertical y horizontal son igualmente exitosos, teniendo un índice de prendimiento alrededor del 80% o superior. Es importante considerar que en suelos arcillosos y con bajo nivel de drenaje, el método vertical puede ser la mejor opción de establecimiento. Los mejores rendimientos de biomasa en relación a la MVT, MST y % de MS se encuentran en las frecuencias de corte de 60 y 75 días.

En estudios posteriores se presentará la evaluación completa de un año del cultivo de girasol mexicano con mayores evidencias que permitan concluir de manera clara los efectos de épocas de año, método y frecuencia de siembra sobre la producción forrajera y calidad nutricional.

Contribución de los autores: Todos los autores han participado en la ejecución del proyecto. HAC y BREH son tesisistas del proyecto y participaron en todas las evaluaciones de campo. NMMG, estuvo a cargo de la evaluación agronómica. FCL evaluó la composición nutricional del cultivo. CLP coordinó y participó de la evaluación de campo, así como del análisis de la información y redacción del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación recibió Fondos del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco bajo el proyecto PRODECTI 2023-01/30.

Agradecimientos: Especial agradecimiento al Sr Virgilio Briceño Hernández por la donación de material vegetativo para el establecimiento de la parcela de girasol mexicano.

Conflicto de intereses: Los autores declaramos que no existe conflicto de intereses para la divulgación de los resultados, discusión, análisis de datos y conclusiones presentados en el presente trabajo.

Referencias

1. Luna-Palomera C. Estrategias de manejo para mejorar la productividad y desempeño reproductivo en bovinos de doble propósito. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 2019; 6:101-117. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/issue/view/12>
2. Orantes-Zebadúa, Miguel Ángel, et al. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 1.1 (2014): 49-58. <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/6>
3. Rojo Rubio R., Vázquez-Armijo J.F., Pérez-Hernández P., Mendoza-Martínez G.D., Salem A.Z.M., Albarrán-Portillo B., González-Reyna A., Hernández-Martínez J., Rebollar S. and Cardoso Jiménez D. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 2009; 41(5): 715-721. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-008-9249-8>
4. Solís-Montero, L., del Coro Arizmendi, M., de Castro Dubernard, A. M., Vergara, C. H., Díaz, M. Á. G., & Vandame, R. Pollination by Wild and Managed Animal Vectors. In *Mexican Fauna in the Anthropocene* 2023; (pp. 527-548). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17277-9_24
5. Albacete, Sergio, et al. Bees exposed to climate change are more sensitive to pesticides. *Global change biology* 2023; 29.226248-6260. <https://doi.org/10.1111/gcb.16928>
6. Verdecia, D. M., et al. Yield components, chemical characterization and polyphenolic profile of *Tithonia diversifolia* in Valle del Cauto, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science* 2018; 52.4. <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/838>
7. Briceño-Santiago, C. I., Cano-Sosa, J., Ramos-Díaz, A. L., Noriega-Trejo, R., & Couoh-May, D. I. Study of flora present in apiaries of three municipalities in the State Of Yucatan, Mexico. *Polibotánica* 2022; (53), 13-34. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.53.2>.
8. Alcivar-Saldaña, J. J., Rodríguez-Monroy, M. A., & Canales-Martínez, M. M. Current Knowledge of the *Melliferous Florae* in Mexico Using Methodologies to Understand Bee–Plant–Human Interactions. *Applied Sciences* 2023; 13(15), 8591 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13158591>
9. Van Sao, N., Mui, N. T., & Van Binh, D. 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* 2010; 22(8). <http://www.lrrd.org/lrrd22/8/sao22151.htm>
10. Ribeiro, R. S., Terry, S. A., Sacramento, J. P., Silveira, S. R. E., Bento, C. B. P., da Silva, E. F., ... & Chaves, A. V. *Tithonia diversifolia* as a supplementary feed for dairy cows. *PloS one* 2016; 11(12), e0165751. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165751>
11. Olmo-González, C., Verdecia-Acosta, D. M., Hernández-Montiel, L. G., Ojeda-Rodríguez, A., Ramírez-de la Ribera, J. L., & Martínez-Aguilar, Y. Chemical composition of the foliage meal of *Tithonia diversifolia*. *Enfoque UTE*, 2022; 13(4), 1-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9016258>
12. Cabanilla-Campos, M. G., Meza-Bone, C. J., Avellaneda-Cevallos, J. H., Meza-Castro, M. T., Vivas-Arturo, W., & Meza-Bone, G. A. Desempeño agronómico y valor nutricional en *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray bajo un sistema de corte. *Revista Ciencia y Tecnología* 2021; 14(1), 71–78. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i1.450>
13. Uu-Espens, C., Canul-Solís, J. R., Chay-Canul, A. J., Piñeiro-Vázquez, Á. T., Villanueva-López, G., Aryal, D. R., ... & Casanova-Lugo, F. Seasonal variation in biomass yield and quality of *Tithonia diversifolia* at different cutting heights. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2022; 9(3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3252>
14. Etejere, E. O., & Olayinka, B. U. Seed Production, Germination, Emergence and Growth of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray as Influenced by Different Sowing Depths and Soil Types. *Albanian Journal of Agricultural Sciences* 2015; 14.3: 294. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20153360713>
15. Humberto, D. Stem section and planting method: its effect on *Tithonia diversifolia* biomass production. *Cuban Journal of Agricultural Science* 47.4 (2013). <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/393>
16. Padilla, C., and Idalmis Rodríguez. Gamic seed production of *Tithonia diversifolia* Hemsl.) A. Gray. sowing and establishment. *Cuban Journal of Agricultural Science* 2021; 55.3. <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/1030>
17. Uu-Espens, C. E. A., et al. Establecimiento de un banco de forraje de *Tithonia diversifolia* en el sur de Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 2019; 6 1289-1294. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/issue/view/12>

18. NASA-POWER (2025). NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) | Data Access Viewer (DAV)v2.4.14. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
19. González, D., Ruiz T.E. & Díaz, H. Stem section and planting method: its effect on *Tithonia diversifolia* biomass production. Cuban Journal of Agricultural Science 2023; 47(4). <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/393>
20. Ruiz, T. E., Febles, G. J., Alonso, J., Crespo, G., & Valenciaga, N. (2017). Agronomy of *Tithonia diversifolia* in Latin America and the Caribbean region. Mulberry, moringa and *tithonia* in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean. Savon, LL, Gutierrez, O. & Febles, F.(eds.). Ed. FAO-ICA. La Habana, Cuba, 171-202. https://www.feedipedia.org/sites/default/files/public/savonvaldes_2017.pdf#page=184
21. Calsavara, L. H. F., Ribeiro, R. S., Silveira, S. R., Delarota, G., Freitas, D. S., Sacramento, J. P., ... & Maurício, R. M. Potential of *Tithonia diversifolia* as source of forage for ruminants. Livestock Research for Rural Development, 2016, Vol. 28, No. 2, Article 17 ref. 29. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20163078141>
22. Ruíz, T. E., Febles, G. & Díaz, H. & Achang, G. Effect of the section and the planting method of the stem on the establishment of *Tithonia diversifolia*. Cuban Journal of Agricultural Sciece. 2009; 43:89. <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/393>
23. Krüger, A. M., Lima, P. D. M. T., Ovani, V., Pérez-Marquéz, S., Louvandini, H., & Abdalla, A. L. Ruminant Grazing Lands in the Tropics: Silvopastoral Systems and *Tithonia diversifolia* as Tools with Potential to Promote Sustainability. Agronomy 2024; 14(7), 1386. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071386>