

Productividad de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con diferentes dosis y frecuencias de fertilización nitrogenada, Nueva Guinea, RACCS, 2023

Productivity of buttercup (Tithonia diversifolia) with different doses and frequencies of nitrogen fertilization, Nueva Guinea, RACCS, 2023

Carlos Álvarez Amador¹

Marvin Elimelet Merlo Caballero²

Rodrigo Eulalio Jarquín Cruz³

Wilson Antonio Calero Borge⁴

Wilberto Antonio Cruz Pastora⁵

Resumen

En Nicaragua, la escasez de forraje para la ganadería representa una de las principales limitaciones en la producción, especialmente en la época seca. En este estudio, se evaluó la productividad de la forrajera *Tithonia diversifolia* (botón de oro) bajo diferentes dosis y frecuencias de fertilización nitrogenada en la región de Nueva Guinea, RACCS, como estrategia para mejorar la alimentación del ganado. El diseño experimental fue un Bloque Completo al Azar con diez tratamientos y cuatro repeticiones, en el

1 Máster en Docencia Universitaria, Editor de la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense – URACCAN. Email: carlos.alvarez@uraccan.edu.ni, código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8588-4471>

Master in University Teaching, Editor of the University of the Autonomous Regions of the Nicaraguan Caribbean Coast – URACCAN

2 Máster en Agroforestería Tropical, docente permanente del área de agricultura en la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense - URACCAN, CUR Nueva Guinea. Email: marvin.merlo@d.uraccan.edu.ni, código ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1696-3460>

Master in Tropical Agroforestry, Full Time Professor in Agriculture at the University of the Autonomous Regions of the Nicaraguan Caribbean Coast - URACCAN, CUR Nueva Guinea.

3 Médico Veterinario, docente permanente del área de agricultura en la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense -URACCAN, CUR Nueva Guinea. Email: rodrigo.jarquin@d.uraccan.edu.ni, código ORCID: <https://orcid.org/009-0004-0470-0829>

Veterinary Doctor, Full Time Professor in Agriculture at the University of the Autonomous Regions of the Nicaraguan Caribbean Coast - URACCAN, CUR Nueva Guinea.

4 Máster en Agroforestería Tropical, Coordinador del Área de Investigación y Posgrado de la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense -URACCAN, CUR Nueva Guinea. Email: investigacion.ng@uraccan.edu.ni, código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4243-0490>

Master in Tropical Agroforestry, Coordinator of the Research and Graduate Area of the University of the Autonomous Regions of the Nicaraguan Caribbean Coast -URACCAN, CUR Nueva Guinea.

5 Máster en Docencia Universitaria, docente permanente del área de agricultura de la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense - URACCAN, CUR Nueva Guinea. Email: wilberto.cruz@uraccan.edu.ni, código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4750-5052>

Master in University Teaching, Full Time Professor in Agriculture at the University of the Autonomous Regions of the Nicaraguan Caribbean Coast - URACCAN, CUR Nueva Guinea.

Recibido: 04/04/2024 - Aprobado: 10/06/2024

Álvarez Amador, C., Merlo Caballero, M. E., Jarquín Cruz, R. E., Calero Borge, W. A., y Cruz Pastora, W. A. (2024). Productividad de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con diferentes dosis y frecuencias de fertilización nitrogenada, Nueva Guinea, RACCS, 2023. *Ciencia e Interculturalidad*, 34(1), 218-237. <https://doi.org/10.5377/rCi.v34i1.19709>

Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-NoDerivadas



que se evaluaron tres frecuencias de fertilización (cada 30, 45, y 60 días) y tres dosis de nitrógeno (292, 390 y 487 kg/ha/año). Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, número de tallos, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, peso de materia seca, y relación hoja: tallo. Los resultados indicaron que la fertilización cada 30 días con la mayor dosis de nitrógeno (487 kg/ha/año) promovió el crecimiento general de la planta, optimizando el rendimiento de materia seca. Sin embargo, en otras variables de crecimiento, las diferencias entre los tratamientos no fueron estadísticamente significativas. Se concluye que la aplicación de nitrógeno cada 30 días a 487 kg/ha/año es la combinación más eficiente para maximizar la productividad de *Tithonia diversifolia*, sugiriendo su implementación en sistemas ganaderos de Nueva Guinea para mejorar la sostenibilidad alimentaria en época seca.

Palabras clave: *Tithonia diversifolia*, fertilización nitrogenada, biomasa, forraje, ganadería, sostenibilidad

Abstract

In Nicaragua, the shortage of forage for livestock represents one of the main limitations in production, especially in the dry season. In this study, the productivity of the forage *Tithonia diversifolia* (buttercup) was evaluated under different doses and frequencies of nitrogen fertilization in the Nueva Guinea region, RACCS, as a strategy to improve livestock feeding, especially in the dry season. This study evaluated the productivity of the forage *Tithonia diversifolia* (buttercup) under different doses and frequencies of nitrogen fertilization in the Nueva Guinea region, RACCS, as a strategy to improve livestock feeding. The experimental design was a randomized Complete Block with ten treatments and four replicates, in which three fertilization frequencies (every 30, 45, and 60 days) and three nitrogen doses (292, 390, and 487 kg/ha/year) were evaluated. The variables evaluated included plant height, number of stems, stem diameter, number of leaves, leaf area, dry matter weight, and leaf-to-stem ratio. The results indicated that fertilization every 30 days with the highest dose of nitrogen (487 kg/ha/year) promoted overall plant growth, optimizing dry matter yield. However, in other growth variables, the differences between treatments were not statistically significant. It is concluded that applying nitrogen every 30 days at 487 kg/ha/year is the most efficient combination to maximize the productivity of *Tithonia diversifolia*, suggesting its implementation in livestock systems in New Guinea to improve food sustainability in the dry season.

Keywords: *Tithonia diversifolia*, nitrogen fertilization, biomass, forage, livestock, sustainability

I. Introducción

La ganadería en Nicaragua enfrenta grandes desafíos debido a la escasez de forraje, especialmente durante la época seca, lo cual afecta negativamente la producción. En Nueva Guinea, RACCS, el uso de sistemas de alimentación alternativos, como el empleo de *Tithonia diversifolia* (botón de oro), ha ganado interés debido a sus beneficios nutricionales y su adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima. Este estudio plantea evaluar la productividad de esta forrajera bajo distintos niveles de fertilización nitrogenada para establecer estrategias que optimicen su uso como recurso alimenticio en la ganadería local. El objetivo principal fue determinar cómo diferentes frecuencias y dosis de nitrógeno impactan el desempeño productivo de *Tithonia diversifolia*.

Al respecto, en Nicaragua el estudio de *Tithonia diversifolia* es reciente, en Nueva Guinea se investigó sobre adaptabilidad de la forrajera en estado de vivero cuando es tratada con abonos orgánicos (López y Díaz, 2019), se encontró alta sobrevivencia y efecto significativo de los abonos orgánicos en el enraizamiento, grosor de tallo, área foliar y producción de biomasa.

A su vez, Fernández y Murillo (2020) evaluaron la producción de biomasa de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) bajo diferentes alturas y frecuencias de corte, en condiciones edafoclimáticas de Nueva Guinea, RACCS, Nicaragua, obteniendo que la frecuencia de corte a los 45 días y a una altura de 70 cm, era la mejor combinación para obtener altos rendimientos de biomasa, este ensayo fue evaluado durante 12 meses.

II. Revisión de literatura

Generalidades de *Tithonia diversifolia*

Origen y distribución

En un estudio realizado por Pérez *et al.* (2009) exponen que la especie es originaria de Centroamérica, pero se encuentra ampliamente distribuida en el área tropical de diferentes continentes, esto le confiere una gran plasticidad ecológica, lo que significa que tiene la capacidad de tolerar suelos con pH bajo, suelos arcillosos con poco drenaje.

Actualmente se encuentra ampliamente distribuida en la zona tropical; se tienen reportes del Sur de México, Honduras al Salvador, Guatemala, Costa Rica, Panamá, India, Ceylán, Cuba y Colombia (Nash, 1976).

Tithonia diversifolia es una planta herbácea o arbustiva robusta, conocida con diversos nombres comunes que identifican o manifiestan su amplitud de usos benéficos

o características parecidas a otras plantas como son; árbol maravilla, falso girasol y árnica de la tierra, entre otros (Pérez et al., 2009).

Descripción de *Tithonia diversifolia*

La especie *Tithonia diversifolia* es una planta herbácea de 1.5 a 4.0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, a menudo glabras, hojas alternas, pecioladas de 7 a 20 cm de largo y 4 a 20 cm de ancho. Presenta 3 a 5 lóbulos profundos cuneados hasta subtruncados en la base, decurrentes en su mayoría en la base del pecíolo, bordes aserrados, pedúnculos de 4 a 20 cm de largo, lígulas amarillas a naranja de 3 a 6 cm de longitud y corolas amarillas de 8 mm de longitud (Nash, 1976).

Propagación agronómica del botón de oro

En el 2021, Zabala expresa que la siembra por estolón o estaca (asexual) es un método común de reproducción en la especie.

La extensión de la *Tithonia diversifolia*, se puede realizar a través de semillas sexuales o vegetativas, de manera vegetativa es una de las formas más vistas últimamente, este método es por medio de estacas, donde se toma directamente de la planta cuando esta llega a su punto ideal de corte, seleccionando los tallos más gruesos y vigoroso, tomando una forma de siembra ya sea vertical o horizontal teniendo en cuenta que la posición tiene una repercusión directa sobre la velocidad de crecimiento y la producción de biomasa (Zabala, 2021).

Londoño *et al.* (2019) expresan que la siembra por estaca es de mayor rentabilidad cuando se siembra la parte media del tallo de la planta en forma horizontal (acostada), a una profundidad de aproximadamente uno 15 cm, se determina que de esta manera su crecimiento y biomasa es mayor, ya que el contacto que tiene el tallo con el suelo al ubicarse la estaca de forma horizontal lo que propicia un mayor desarrollo radicular y por ende más probabilidad de captación de nutrientes.

Contenido nutricional de *Tithonia diversifolia*

La especie *Tithonia diversifolia* ha sido reconocida entre los productores como una planta con un importante valor nutricional, principalmente por su capacidad para la acumulación de nitrógeno, fibra bruta del 31.6 % a los sesenta días de edad (Medina et al., 2009).

Según Ibrahim et al. (2005) una de las características más sobresalientes en esta planta es el valor nutricional del follaje, puede acumular tanta proteína en sus hojas (hasta 33%) como las leguminosas. Posee altos contenidos de fósforo y tiene, además, alta digestibilidad de materia seca y presencia de aceites en hojas y flores. Además,

presenta un 39,8% de azúcares totales y puede alcanzar alta concentración de carbono en su biomasa aérea, mayor de 77 t/ha/año (González et al., 2013).

Producción de forraje

Según Lezcano *et al.* (2012) esta especie tiene muchas cualidades que permiten clasificarla como planta forrajera de un alto potencial para la producción animal, entre las que se pueden mencionar su fácil establecimiento, resistencia al corte frecuente, tolerancia a suelos pobres, una producción aproximada de 55 toneladas de materia seca por hectárea por año.

En un estudio en Panamá, en una zona de trópico sub húmedo, los rendimientos de materia seca de botón de oro encontrados variaron entre 1628, 5082 y 8759 kg MS/ha con frecuencias de corte de 8, 12 y 16 semanas respectivamente (Chiari, 2015). Por otra parte, el área foliar alcanzada por una planta durante ciertos estadios específicos del desarrollo es un dato indispensable para la calibración, adaptación y en general para la aplicación racional de los modelos de simulación agroambientales (Warnock et al., 2006).

De esta manera, Mahecha y Rosales (2005) resaltan el potencial de *Tithonia diversifolia* como forrajera, pues sin ser leguminosa, presenta un forraje de alto valor nutritivo, con altos contenidos de proteína, minerales, alta digestibilidad de la materia seca, presencia de aceites tanto en hojas como en flores y un porcentaje de azúcares totales del 39.80%; puede alcanzar una alta concentración de carbono (C) en su biomasa aérea, mayor de 77 t/ha/año. Además, es una especie con buena capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del corte, lo que depende de la densidad de siembra, de los suelos y del estado vegetativo. Rodríguez (1990) reportó una producción potencial de forraje de 31,41 t/ha con distancias de siembra de 0,75 m x 0,75 m y una producción potencial de 21,2 t/ha, sin diferencias significativas entre ambas.

La producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* puede variar entre 30 a 70 t/ha de forraje verde, dependiendo de la densidad de siembra, suelos y estado vegetativo (Mahecha et al., 1998). En este mismo punto Gallego et al. (2014) afirman que puede producir hasta 275 toneladas de material verde (unas 55 toneladas de materia seca) por hectárea por año.

Además, esta especie, es muy ruda y puede soportar la poda a nivel del suelo y la quema (Lezcano et al., 2012) con estos aportes se puede afirmar que esta forrajera será de mucha importancia que sea introducida en todos los hatos ganaderos de la zona y del país, por todas las ventajas antes mencionadas, y por los sistemas de producción que predominan en nuestra zona. En un estudio realizado por Navas y

Montaña (2019) encontraron una producción de materia seca de 25.5 t/ha/año, pero encontraron mayor producción de tallos que de hojas.

Según González et al. (2013) en estudios realizados en Colombia alcanzó mayor rendimiento de *Tithonia* a distancias de 0.50 m entre surco para ambas épocas del año y la plantación debe ser cortada a alturas entre 10 y 15 cm, con frecuencia de corte de 60 y 80 días en la estación de lluvia y seca, respectivamente.

Elizondo y Boschini (2001) expresan que los forrajes, son una fuente importante para ser utilizado en la alimentación animal y dentro de su investigación establecieron una distancia entre plantas de 30 cm lo que les permitió obtener una mayor producción de forraje verde por hectárea y mejor relación hoja-tallo de igual manera, determinaron que la producción de materia seca en las hojas fue mayor a la de tallo antes de los 70 días.

Digestibilidad de botón de oro

En una investigación de McDonald (1986) se define la digestibilidad de un alimento como la proporción del alimento que no es excretado con las heces y que se supone, por lo tanto, que ha sido absorbido. Es la fracción de alimento consumido que no aparece en las heces y por lo tanto se absorbe en el tracto gastrointestinal (Stein *et al.*, 2007).

Por otra parte, la digestibilidad también sirve como una medida para determinar la calidad de la dieta y de las materias primas utilizadas en ella, la disponibilidad de los nutrientes que las constituyen, la importancia que tienen estos en la salud de los animales, su desempeño y las características de las heces, además sirve como soporte para el cálculo de los requerimientos nutricionales (Harmon, 2007).

Gallego et al. (2014) reportaron valores para la digestibilidad ruminal entre 68,9% y 73,7%, refiriendo que no se vio afectada por el contenido de metabolitos secundarios de la planta. Basados en estos estudios se puede decir que se tendrán resultados exitosos al implementar en la dieta de los bovinos la forrajera botón de oro.

También es de destacar que esta especie se identificó como un material con una alta degradación de la materia seca a nivel ruminal en 24 horas, 149% con relación a un patrón de cascarilla de soya y un contenido de proteína entre el 21 y 25%. Por estas razones se considera que puede ser una especie con potencial para alimentación de animales monogástricos (Vargas, 1996). En otro trabajo se encontró una alta degradabilidad de la materia seca, especialmente a las 24 horas. La degradabilidad fue de 33, 50, 83 y 90% a las 0, 12, 24 y 48 horas respectivamente (Rosales, 1996).

Inclusión en la dieta de los animales

En un estudio realizado por Gallego et al. (2014) afirman que el uso de *Tithonia diversifolia* en la producción de leche es relevante debido a sus nutrientes y la presencia de taninos, y derivado de esto, por la posible mejoría de la fermentación, lo que implica una mayor eficiencia en el uso de los nutrientes de la dieta. Sin embargo, aún no se referencian estudios que evidencien realmente todos los beneficios que se podrían tener al usar esta planta en la alimentación de vacas lecheras.

En bovinos, el consumo de *Tithonia diversifolia* en vacas es una buena opción, ya que disminuye los costos de producción y aporta una fuente de proteína, minerales y carbohidratos, para ser usado en la alimentación de esta especie animal, en pastoreo como suplemento en bovinos, produce un efecto significativo sobre la reducción parasitaria (McDonald, 1986). En ovejas, se ha alcanzado consumo de 1.67 kg de forraje/cabra/día en base fresca, en estado de prefloración, equivalentes a 712 gramos en base seca (Mahecha et al., 1998).

Fertilización en *Tithonia diversifolia*

En relación a este tema, Astúa et al. (2021) exponen que la fertilización (orgánica e inorgánica) es considerada una estrategia eficiente de nutrición para las plantas, pues a través de esta se provee a la planta de los nutrimentos necesarios para su crecimiento. El nitrógeno (N), es el nutrimento más considerado al momento de las fertilizaciones, debido a que se obtiene respuesta en la productividad de los forrajes. Esta respuesta se debe a la participación del N en reacciones bioquímicas involucradas en el crecimiento de la parte foliar de las plantas en general. Zavala et al. (2007) han reportado que las fertilizaciones nitrogenadas crecientes reflejan mayores producciones de biomasa y el contenido de materia seca (MS) de la planta de *Tithonia diversifolia* puede variar de un 13,50 hasta el 35 %, según diferentes factores, entre los que destacan fundamentalmente la etapa fenológica del cultivo y las condiciones climáticas (Arias, 2018).

En relación al efecto de los niveles de fertilización en *Tithonia diversifolia*, Cerdas-Ramírez (2018) realizó un estudio sobre extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada, en la finca de Santa Cruz de la Universidad de Costa Rica, encontrando que la dosis de 200 kgN/ha/año causó un incremento en la producción de biomasa verde de 46,6%, al compararla con la producción obtenida con 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea por año, pero las diferencias no fueron significativas con las dosis de 300 y 400 kgN/ha/año, a los 49 días de crecimiento luego del corte de uniformidad.

El rendimiento de forraje es el factor que controla la extracción y el consumo de nutrientes, y la práctica de fertilización adquiere mayor significado en aquellas especies con alto potencial genético de producción. Para identificar la dosis apropiada

de fertilizante, se debe tomar en cuenta el nivel esperado de producción de forraje, las condiciones del suelo, el ambiente, la tecnología aplicada y el potencial genético de productividad de la especie (Bernal y Espinosa, 2003).

Entre los beneficios de fertilizar forrajes, se puede observar un incremento en el contenido de nitrógeno (proteína), digestibilidad, altura de la planta, densidad, relación hoja-tallo y mayor producción de biomasa. Además, se obtiene un ligero incremento en el consumo de forraje y la producción de carne y leche, por lo que sí se fertiliza y no se aumenta la carga animal para aprovechar la biomasa producida, los beneficios económicos de esta práctica en la producción de carne o leche son pocos (Cerdas, 2011).

Adaptabilidad de *Tithonia diversifolia* en periodo lluvioso

González et al. (2013) evaluaron el efecto de la sección del tallo, basal o media, así como la forma de colocar la estaca en el surco, parada o acostada, en la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* en periodos lluvioso y poco lluvioso, los resultados mostraron interacción entre los factores evaluados para altura en ambas estaciones climáticas para el peso/hoja. Los mejores valores se lograron cuando se sembró la parte media acostada. La sección del tallo influyó en el crecimiento de la planta en el periodo lluvioso.

En un estudio de Pérez et al. (2009) al evaluar la altura (15 y 30 cm) y frecuencia de corte (30 y 60 días) obtuvieron 14 t/ha como promedio en la primera cosecha, lo que resultó bajo al compararlo con las 35 t/ha que se obtuvieron en el período de establecimiento. Ello se debió a la poca cantidad de precipitaciones durante ese período.

Holguín et al. (2015) expresan que una alta capacidad de crecimiento, en especial durante la época de lluvias, se emergen desde diferentes materiales de propagación, sexual o asexual, se da la producción de nuevos brotes a partir de un corte, aumentando la capacidad de producción de MS de alta calidad nutricional. Además, las plantas disponen hasta una altura de 251 cm en dependencia de su frecuencia de corte (Ruiz et al. 2010).

En la investigación realizada por Gallego et al. (2016) refieren que los resultados obtenidos para MS fueron de 12,74%, 12,90% y 12,45, los cuales, fueron superiores al 10,13% reportados por Lezcano et al. (2012) en periodo lluvioso, y similares al 12,78% para periodos poco lluviosos; aunque estos reportes fueron para plantas de sesenta días de edad, es importante considerar que la edad de corte de las plantas y la época del año son factores que influyen sobre el contenido de MS, aspectos importantes de consideración para estimar y optimizar el rendimiento en biomasa del cultivo.

Usos de la forrajera Botón de oro

Se utiliza principalmente para corte y acarreo en la alimentación animal debido a su alto valor nutricional, rusticidad y a la elevada tasa de producción de forrajera. También se puede utilizar como barreras vivas, corta vientos, bancos mixtos de forraje, fuente de néctar para las abejas (Gallego *et al.*, 2016). Además, debido a la facilidad que tiene de cubrir el terreno erosionado ayuda a la restauración ecológica de áreas degradadas formando en terrenos inestables densos mantos de raíces (Ruiz *et al.*, 2010).

III. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la comunidad El Bochinche, ubicada a 3 km de la cabecera municipal de Nueva Guinea, RACCS, Nicaragua. Se condujo bajo el enfoque cuantitativo, de tipo experimental empleando un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con un arreglo bifactorial, evaluando tres frecuencias de aplicación de nitrógeno (cada 30, 45, y 60 días) y tres dosis (292, 390 y 487 kg/ha/año), además de un tratamiento sin fertilización. Cada tratamiento incluyó cuatro réplicas, es decir, estuvo constituido por 4 bloques (171.5 m²/bloque) con 10 parcelas por bloque (40 parcelas en total), el tamaño de las parcelas fue de 4.9 metros de largo por 3.5 metros de ancho (17.15 m²). El área experimental de 1200.8 m².

De la combinación de los niveles de ambos factores, se derivan los tratamientos, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1
Tratamientos evaluados en el estudio

Tratamientos	Código	Frecuencia de aplicación de N (días)	Nivel de fertilización (kg N/ha/año)	Combinación (Días:Kg/N/ha/año)
1	F1XD1	30	292	30:292
2	F1XD2	30	390	30:390
3	F1XD3	30	487	30:487
4	F2XD1	45	194	45:194
5	F2XD2	45	260	45:260
6	F2XD3	45	325	45:325
7	F3XD1	60	146	60:146
8	F3XD2	60	195	60:195
9	F3XD3	60	244	60:244
10	Testigo (0:0)	Sin aplicación	0	Sin aplicación:0

Respecto a la parcela útil, esta incluyó 3 plantas en el centro de cada parcela, sumando 120 plantas para la medición de variables. En total, se establecieron 1400 plantas en el ensayo, distribuidas en 350 plantas por bloque.

En relación con el establecimiento del ensayo, esto se hizo en el año 2022 y para ello, se seleccionó y limpió el área, delimitando bloques y parcelas. Se plantaron esquejes de 30 cm con 3-5 nudos y grosor uniforme, colocados a 0.7 m de distancia con una inclinación de 45° sobre el suelo. Luego, se asignaron aleatoriamente los tratamientos y se etiquetó cada planta de la parcela útil con cintas de plástico, indicando bloque, tratamiento y número de planta para asegurar una identificación precisa según tratamiento y réplica.

Respecto al manejo del ensayo, se inició con un corte de uniformidad a 30 cm de altura, seguido del control de malezas con Gramoxone. Posteriormente, se aplicaron los tratamientos correspondientes. El control de malezas se realizó de manera periódica según fuera necesario. Se aplicó fertilizante urea 46-0-0 para aportar nitrógeno. Todas las actividades de manejo agronómico fueron iguales en todas las parcelas, excepto lo establecido como parte de los tratamientos.

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (medida desde el nivel del suelo hasta la última hoja de las plantas de la parcela útil), número de tallos, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, peso de materia seca y relación hoja: tallo y fueron medidas cada 60 días. La fase de campo tuvo una duración de 8 meses.

Para calcular la materia seca, se consideró el peso verde de las plantas y se tomó un valor de referencia de MS del 19% a partir de Astúa *et al.* (2021), y se utilizó la siguiente ecuación:

$$Ms \text{ (ton/ha)} = \frac{Mv * Vr}{100}$$

Donde:

MS: Materia seca (ton/ha).

Mv: Peso verde (ton/ha).

Vr: Valor de referencia (19%).

Los datos se analizaron con el software INFOSTAT mediante análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de separación de medias con un 95% de confianza a través de la Diferencia Mínima Significativa (DMS).

IV. Resultados y discusión

Desarrollo vegetativo de *Tithonia diversifolia* por efecto de diferentes frecuencias y dosis de fertilización nitrogenada

Altura de plantas

En la altura de planta del botón de oro (*Tithonia diversifolia*), se encontró que el tratamiento siete tiene la mayor altura con 137.25 cm, siendo este el de mayores días en la frecuencia de aplicación de fertilización nitrogenada (60 días) y la menor dosis de fertilizante (146 Kg/N/ha/año), esta es la mejor combinación en el crecimiento de altura de *T. diversifolia*. Sin embargo, la menor altura de planta en los diferentes tratamientos, lo presenta el testigo (T10), dicho tratamiento obtuvo 103.92 cm, y es el único al que no se le aplicó fertilizante. Cabe destacar que no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (ver Tabla 2).

Gallego et al. (2015) encontraron en Colombia, crecimiento de altura de *Tithonia diversifolia* de hasta 70.07 cm a los 56 días, después de un corte de uniformidad hasta la cosecha sin la aplicación de fertilización, estos datos son menores a los encontrados en la presente investigación. Por otro lado, en el mismo sitio donde se desarrolló dicha investigación, Bravo y Chavarría en 2023 obtuvieron una altura de 147 cm a los 60 días de corte, con la aplicación de fertilizante completo a razón de 14.18 gr (1726.56kg/ha/año) y Botero et al. (2019) obtuvieron a los 50 días, una altura de 155 cm con la aplicación de 88.5 gr (6195 kg/ha/año) de fertilizante completo por planta en Colombia.

Es importante mencionar que, el hecho de que Bravo y Chavarría (2023) y Botero et al. (2019) hayan encontrado mayores crecimientos de altura en *T. diversifolia*, probablemente sea porque aplicaron mayor dosis de fertilización por planta.

Número de tallos

En relación al número de tallos por planta en *Tithonia diversifolia*, se encontró que el tratamiento ocho es el de mayor número de tallos con 4.92, siendo este el de mayores días en la frecuencia de fertilización (60 días) a razón de 195 Kg/N/ha/año. Es importante señalar, que el número de tallos encontrados en el tratamiento control (testigo) es de 3.59 tallos por planta. Encontrándose diferencia significativa entre tratamientos (ver Tabla 2).

Cabe mencionar que Fernández y Murillo (2020) en Nueva Guinea, encontraron un número de tallos de 21.79 a los 60 días de corte con la aplicación de fertilizante foliar. Por otro lado, Botero et al. (2019) obtuvieron un número de tallos de 29.18 con la aplicación de 88.5 gr (6195 kg/ha/año) de fertilizante completo por planta en Colombia. Estos datos son mayores a los encontrados en la presente investigación.

Diámetro de tallos

En *Tithonia diversifolia*, el mayor diámetro de tallos prevaleció en el tratamiento uno, con 1.55 cm a los 60 días de corte, siendo este el de menores días en la frecuencia de aplicación en la fertilización (30 días) a razón de 292 Kg/N/ha/año, encontrando que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (ver Tabla 2).

No obstante, los resultados en esta investigación son mayores a los de Rivera et al. (2023) quien encontró en Colombia, diámetros en *T. diversifolia* de 1.19 cm a los 40 días de corte y también son mayores al diámetro de 0.63 cm, el cual fue encontrado por Fernández y Murillo (2020) en Nueva Guinea, a los 60 días de corte aplicando fertilizantes foliares.

Tabla 2

Respuesta del desarrollo vegetativo de *Tithonia diversifolia* por efecto de diferentes frecuencias y dosis de fertilización nitrogenada

Tratamientos/combinación de frecuencia y dosis de aplicación de N (Días:Kg/N/ha/año)	Variables		
	Altura de planta (cm)	Número de tallos	Diámetro de tallo (cm)
T1 (30:292)	115.50a	4.50ab	1.55a
T2 (30:390)	131.50a	2.92c	1.03a
T3 (30:487)	132.75a	4.17abc	1.12a
T4 (45:194)	107.25a	4.17abc	0.98a
T5 (45:260)	118.92a	3.17bc	0.95a
T6 (45:325)	112.42a	4.00abc	1.06a
T7 (60:146)	137.25a	4.42ab	1.20a
T8 (60:195)	107.67a	4.92a	1.03a
T9 (60:244)	115.17a	3.00c	0.90a
T10 (sin aplicación:0)	103.92a	3.59abc	1.02a

Notas: Promedios con letras iguales entre columnas, son estadísticamente iguales ($p > 0.05$). Altura de plantas, p -valor=0.7402, CV=24.47%, número de tallos, p -valor=0.072, CV=24.82%, diámetro de tallos, p -valor=0.779, CV=43.47%.

Número de hojas y área foliar de *Tithonia diversifolia* por efecto de diferentes frecuencias y dosis de fertilización nitrogenada

Número de hojas

De acuerdo a López y Díaz (2019) el número de hojas tiene una importancia relevante para evaluar la productividad de una forrajera, por su disponibilidad de alimentos en épocas de escasez.

En esta investigación el número de hojas por planta fue variando de acuerdo a la frecuencias y dosis de fertilización, encontrando que el tratamiento ocho es el de mayor número de hojas con 174, siendo este el de mayores días en la frecuencia de fertilización (60 días) a razón de 195 Kg/N/ha/año, y el menor número de hojas en los diferentes tratamientos lo presenta el testigo con 107.92 encontrando estadísticamente diferencias significativas (ver Tabla 3).

Por otra parte, Bravo y Chavarría (2023) encontraron en el mismo sitio de investigación un promedio 190.78 hojas por planta con aplicación de fertilizantes completo (NPK) cada 60 días con una dosis de 28.35 g (3465 kg/ha/año), cabe destacar que el número de hojas es superior a los encontrados en la actual investigación, probablemente por la mayor dosis de fertilización (3465 kg/ha/año).

Área foliar

En relación al área foliar por planta, la mejor combinación encontrada en esta investigación, lo presenta el tratamiento siete con 44,151 cm² aplicando fertilización de nitrógeno cada 60 días con dosis 146 kg de N/ha/año, mostrando diferencias significativas con respecto al testigo, que obtuvo la menor área foliar con 20,128 cm² (ver Tabla 3).

Por otro lado, se encontró diferencias significativas del T7 con respecto a los otros tratamientos. Sin embargo, los resultados en la presente investigación con respecto al área foliar, son menores que los encontrados por Astúa et al. (2021) quienes encontraron 102,38 cm² a los 60 días de corte con aplicación de 200kg/ha de abono completo.

Tabla 3
Área foliar de *Tithonia diversifolia* por efecto de diferentes frecuencias y dosis de fertilización nitrogenada

Tratamientos/combinación de frecuencia y dosis de aplicación de N (Días:Kg/N/ha/año)	Variables	
	Número de hojas	Área foliar/planta (cm ²)
T1 (30:292)	135.50ab	33425.25ab
T2 (30:390)	115.67b	32814.25ab
T3 (30:487)	133.67ab	35609.75ab
T4 (45:194)	153.92a	34340.50ab
T5 (45:260)	127.75ab	36134.25ab
T6 (45:325)	152.00a	26520.00ab
T7 (60:146)	142.34b	44151.00a
T8 (60:195)	174.00a	34722.50ab
T9 (60:244)	129.50ab	36294.50ab
T10 (sin aplicación:0)	107.92b	20128.00b

Notas: Promedios con letras iguales entre columnas, son estadísticamente iguales ($p > 0.05$). Número de hojas, p -valor=0.5081, CV=29.10%, área foliar, p -valor=0.790, CV=49.26%.

Rendimiento de *Tithonia diversifolia* por efecto de diferentes frecuencias y dosis de fertilización nitrogenada

Materia seca

El mayor peso de MS total de la planta del botón de oro (*Tithonia diversifolia*), se encontró en el tratamiento tres con 1.96 ton/ha, siendo este el de menores días en la frecuencia de aplicación de fertilización nitrogenada (30 días) y la mayor dosis de fertilizante con 487 Kg/N/ha/año. Por otro lado, cabe destacar que el menor peso de MS total en los diferentes tratamientos, lo presenta el testigo, el cual obtuvo 1.04 ton/ha, siendo el único al que no se le aplicó fertilizante (ver Tabla 4).

Los resultados evidencian que en la medida que aumentó la dosis de fertilización, también incrementó el peso de la hoja, coincidiendo con Botero *et al.* (2019) quienes afirman que la fertilización química genera un impacto importante sobre el comportamiento agronómico de *T. diversifolia* en el peso de la hoja con dosis crecientes de nitrógeno.

Relación hoja: tallo

En la relación hoja: tallo, el mayor rendimiento de forraje lo presenta el tratamiento uno con 1.09, siendo este el de menores días en la frecuencia de aplicación de fertilización (30 días) y la menor dosis de fertilizante con 292 Kg/N/ha/año, de igual manera, el testigo también presenta la mayor producción de forraje, ya que por cada t/ha de forraje presente, hay 1.09 t/ha de tallo, indicando en ambos casos, que, a medida que la fertilización es mayor estimula el crecimiento del tallo. Es importante resaltar que no se encontró diferencia significativa en los tratamientos (ver Tabla 4).

Coincidiendo con Botero et al. (2019) quienes encontraron que, a medida que se incrementan los niveles de fertilización, decrece la relación hoja: tallo, mostrando relaciones para las plantas sin fertilización de 1.46 y de 0.79 con la aplicación de 88.5 g de fertilizante por planta a los 50 días de corte.

Tabla 4

Respuesta del rendimiento de *Tithonia diversifolia* por efecto de diferentes frecuencias y dosis de fertilización nitrogenada

Tratamientos/combinación de frecuencia y dosis de aplicación de N (Días:Kg/N/ha/año)	Variables				
	Peso verde de hojas (ton/ha)	Peso verde de tallos (ton/ha)	Peso verde total (ton/ha)	Materia seca total (ton/ha)	Relación hoja: tallo
T1 (30:292)	3.96ab	3.64a	7.60a	1.45a	1:1.09a
T2 (30:390)	5.55ab	2.72a	8.27a	1.57a	1:2.04a
T3 (30:487)	6.44ab	3.91a	10.34a	1.96a	1:1.65a
T4 (45:194)	5.31ab	3.04a	8.35a	1.59a	1:1.75a
T5 (45:260)	6.06ab	3.10a	9.16a	1.74a	1:1.95a
T6 (45:325)	4.41ab	3.51a	7.92a	1.50a	1:1.26a
T7 (60:146)	8.07a	3.30a	11.37a	1.74a	1:2.45a
T8 (60:195)	4.98a	3.04a	8.01a	1.52a	1:1.64a
T9 (60:244)	4.96ab	1.89a	6.85a	1.30a	1:2.62a
T10 (sin aplicación:0)	2.86b	2.62a	5.48a	1.04a	1:1.09a

Notas: Promedios con letras iguales entre columnas, son estadísticamente iguales ($p > 0.05$). Peso verde de hojas, p -valor=0.5422, CV=57.47%, peso verde de tallos, p -valor=0.95, CV=64.30%, peso verde total, p -valor=0.7715, CV=50.92%, materia seca total, p -valor=0.9319, CV=52.78%, relación hoja: tallo, p -valor=0.8354, CV=214.91%. Los resultados corresponden a un solo corte.

V. Conclusiones

- Se concluye que la fertilización de *Tithonia diversifolia* cada 30 días con una dosis de 487 kg/ha/año es la combinación más eficaz para optimizar la producción de biomasa en condiciones locales de Nueva Guinea, RACCS.
- La implementación de esta práctica puede contribuir a mejorar la disponibilidad de forraje en épocas de escasez, beneficiando la sostenibilidad del sector ganadero.
- Futuros estudios deberían enfocarse en evaluar el impacto de estas prácticas en condiciones de sequía para obtener un panorama integral del desempeño de esta especie en distintos contextos climáticos.

VI. Referencias

- Arias, G. L. M. (2018). *Evaluación del uso de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como suplemento de vacas Jersey en etapa productiva* [Monografía, Universidad Nacional de Costa Rica]. https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14864/TFG_Mauricio%20Arias%20Gamboa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Astúa, U. M., Campos-Granados, C. M., y Rojas-Bourrillo, A. (2021). Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad de rebrote sobre las características morfológicas y rendimiento agronómico del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) ecotipo INTA-Quepos. *Nutrición Animal Tropical* 15(1), 1-18. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/47521/46991>
- Bernal, J., y Espinosa, J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos. Potash and Phosphate Institute of Canada*. <https://infopastosyforrajes.com/libros-y-manuales-pdf/manual-de-nutricion-y-fertilizacion-de-pastos/>
- Botero, J. M., Gómez, A., y Botero, M. A. (2019). Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 10(3), 789-800. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v10n3/2448-6698-rmcp-10-03-789-en.pdf>
- Bravo, J. T., y Chavarría, E. A. (2023). *Producción de biomasa de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) con diferentes dosis y frecuencias de fertilización Nueva Guinea, RACCS, 2022* [Monografía]. Universidad URACCAN, Nicaragua.
- Cerdas, R. (2011). Programa de fertilización de forrajes; desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes*, 12(24), 109-128. <https://doi.org/10.15517/isucr.v12i24.967>

AGROPECUARIA

- Cerdas-Ramírez, R. (2018). Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 19(39), 172-187. <https://doi.org/10.15517/isucr.v19i39.34076>
- Chiari, G. P. F. (2015). *Evaluación de forrajes enriquecidos con microorganismos de montaña en la producción y calidad de leche caprina* [Tesis, Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7175>
- Elizondo, J., y Boschini, C. (2001). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 181-187. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43712208>
- Fernández, R. D., y Murillo, W. (2020). *Producción de biomasa de botón de oro bajo diferentes alturas y frecuencias de corte, Nueva Guinea, RACCS, 2019* [Monografía de grado]. Universidad URACCAN, Nicaragua.
- Gallego, L. A., Mahecha, L., y Angulo, J. (2015). *Crecimiento y desarrollo Tithonia diversifolia (Hemsl). A Gray en condiciones de trópico alto*. https://www.researchgate.net/publication/276266842_Crecimiento_y_desarrollo_de_Tithonia_diversifolia_Hemsl_A_Gray_en_condiciones_de_tropico_alto
- Gallego, C. L. A., Mahecha-Ledesma, L., y Angulo-Arizala, J. (2016). 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., Mahecha, L., y Angulo, J. A. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393-403. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43731480017>
- González, D., Ruiz, T. E., y 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. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193029815017>
- Harmon, D. (2007). Experimental approaches to study the nutritional value of foods ingredients for dogs and cats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, Suplemento especial, 251-262.
- Holguín, V., Ortiz, S., Velasco, N., y Mora, J. (2015). Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray en Candelaria, Valle

del Cauca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 62(2), 57-72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407642416006>

Ibrahim, M., Villanueva, C., y Mora, J. (2005). *Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms*. CABI Books. CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845930011.0013>

Lezcano, Y., Soca, M., Ojeda, F., Roque, E., Fontes, D., Montejo, I. L., Santana, H., Martínez, J., y Cubillas, N. (2012). Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y Forrajes*, 35(3), 275-282. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269125186003>

Londoño, J., Mahecha, L., y Angulo, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 11(1), 1-14 <https://doi.org/10.24188/recia.vo.no.2019.693>

López, A. E. G., y Díaz, L. J. J. (2019). Efecto de tres fertilizantes orgánicos en el crecimiento de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en condiciones de vivero, Nueva Guinea, RACCS. *Ciencia e Interculturalidad*, 24(01), 203-214. <https://doi.org/10.5377/rci.v24i01.8016>

Mahecha, L., Londoño, J., y Rosales, M. (1998). *Experiencias en un sistema silvopastoril de Leucaena Agroforestería para la Producción Animal en Centroamérica*. https://www.researchgate.net/publication/45117789_Importancia_de_los_sistemas_silvopastoriles_y_principales_limitantes_para_su_implementacion_en_la_ganaderia_colombiana.

Mahecha, L., y Rosales, M. (2005). Valor Nutricional del Follaje de Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la Producción Animal en el Trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 17(9), 100-106. <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm>

McDonald, P. (1986). *Nutrición animal*. Acribia. <https://www.iberlibro.com/buscar-libro/titulo/nutrici%F3n-animal/autor/mcdonald/>

Medina, M. D., García, E., González, L., Cova, L., y Morantinos, P. (2009). Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, 27(2), 121-134. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So798-72692009000200003&lng=es&tlng=es.

- Nash, D. L. (1976). *Flora de Guatemala. Museo de campo de historia natural*. <https://jardinbotanico.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2021/04/Ciencia-y-Conservacion-2014.pdf>
- Navas, P. A., y Montaña, V. (2019). Comportamiento de *Tithonia diversifolia* bajo condiciones de bosque húmedo tropical. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 721-732. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.15066>
- Pérez, A., Montejo, I., Iglesias, J., López, O., Martín, G., García, D., Milián, I., y Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 32(1), 1-15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119696001>
- Rivera, H. J. E., Gómez-Leyva, J. F., Ramírez, D., Chará, J., Morales, J. G., Barahona, R. R., y Ruiz-Vásquez, T. (2023). Diversidad genética, morfológica y química de colectas de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray para la alimentación animal. *Livestock Research for Rural Development*, 35(10), 78-94. https://www.researchgate.net/publication/374355751_Diversidad_genetica_morfologica_y_quimica_de_colectas_de_Tithonia_diversifolia_Hemsl_A_Gray_para_la_alimentacion_animal
- Rodríguez, E. M. (1990). *Tithonia diversifolia* (Hemsl). *Posible alternativa forrajera no convencional para la alimentación animal en el trópico*.
- Rosales, M. (1996). *In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees* [Tesis de doctorado, Oxford, Oxford University]. https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:cb8e7b8f-fabb-4aed-a5c5-8a58b6c294a6/download_file?file_format=application%2Fpdf&safe_filename=602806554.pdf&type_of_work=Thesis
- Ruiz, T. E., Febles, G., Torres, V., González, J., Achang, G., Sarduy, L., y Díaz, H. (2010). Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(3), 291-296. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015664013>
- Stein, H. H., Fuller, M. F., y Moughan, P. J. (2007). *Definición de digestibilidad real aparente, verdadera y estandarizada de aminoácidos en cerdos. Ganadería. Colombia*. <http://190.15.17.25/vetzootec/downloads/v6n1a09.pdf>
- Vargas, J. E. (1996). *Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca* [Tesis Maestría, Cali, Colombia, Universidad Javeriana]. <https://www.fao.org/3/x1213s/x1213s07.pdf>

- Warnock, R., Valenzuela, J., Trujillo, A., Madriz, P., y Gutiérrez, M. (2006). Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de Caraota. *Agronomía Tropical* 56(1), 21-42. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000100002&lng=es&tlng=es.
- Zabala, L. B. (2021). *Botón de oro (Tithonia diversifolia) como alternativa sostenible en granjas de producción con especies de interés zootécnico en Colombia* [Monografía, Girardot, Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/44738>
- Zavala, Y., Rodríguez, J., y Cerrato, M. (2007). Concentración de carbono y nitrógeno a seis frecuencias de poda de *Tithonia diversifolia* y *Morus alba*. *Tierra Tropical*, 3(2), 149-159.