

Evaluación Química Del Botón De Oro *Thitonia Diversifolia* Bajo Las Condiciones De La Amazonía Ecuatoriana Chemical Evaluation Of The Buttercup *Thitonia Diversifolia* Under The Conditions Of The Ecuadorian Amazon

Hernán Alberto Uvidia-Cabadiana^{1*}, Santiago Nicolás Aguiar-Novillo¹, Jhoel Hernán Uvidia-Armijo¹, Darwin Javier Sucoshañay-Villalba¹

¹Universidad Estatal Amazónica (UEA), Vía Napo Km 2 ½, Paso Lateral S/N, Puyo, Pastaza, Ecuador. Centro de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA)

*huvidia@uea.edu

RESUMEN

El estudio del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la Amazonía ecuatoriana busca comprender su potencial en agricultura y medio ambiente. Esta planta, originaria de América Central y México, ha captado la atención debido a sus propiedades medicinales y su capacidad para mejorar la calidad del suelo. El estudio se desarrolló en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA) y en la Universidad Estatal Amazónica. Se recolectaron muestras de hojas y tallos de la planta para un análisis químico detallado. El contenido de materia seca, cenizas, grasa, proteína y fibra en las hojas mostró un incremento a los 45 días de recolección, alcanzando altos niveles de nutrientes esenciales. Los tallos, en cambio, presentaron variaciones significativas, sugiriendo posibles usos complementarios. La evaluación demostró que el tiempo de recolección influye en la composición química de la planta, lo que es crucial para optimizar su uso en la alimentación animal. Los niveles de proteína bruta van desde 32,16%, 35,10% y 38,49% debido a la composición de las hojas de botón de oro a diferentes edades (15, 30 y 45 días). Este estudio contribuye a ampliar el conocimiento sobre las propiedades de esta planta, en la región amazónica, brindando datos útiles para su potencial aplicación en la industria agrícola y ganadera. La investigación resalta la importancia del botón de oro como un recurso natural con potencial beneficio tanto para la salud animal como para la agricultura en la Amazonía ecuatoriana.

Palabras Clave

Thitonia diversifolia, Amazonía ecuatoriana, evaluación química, beneficios agrícolas

ABSTRACT

The study of the Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in the Ecuadorian Amazon aims to understand its potential in agriculture and the environment. This plant, native to Central America and Mexico, has garnered attention due to its medicinal properties and ability to improve soil quality. The study was conducted at the Amazonian Experimental Research and Production Center (CEIPA) and the Amazonian State University. Leaf and stem samples were collected for detailed chemical analysis. The content of dry matter, ash, fat, protein, and fiber in the leaves showed an increase at 45 days of collection, reaching high levels of essential nutrients. The stems, on the other hand, presented significant variations, suggesting possible complementary uses. The evaluation demonstrated that collection time influences the plant's chemical composition, which is crucial for optimizing its use in animal feed. Crude protein levels range from 32.16%, 35.10%, and 38.49% due to the composition of Mexican sunflower leaves at different ages (15, 30, and 45 days). This study contributes to expanding knowledge about the properties of this plant in the Amazon region, providing useful data for its potential application in the agricultural and livestock industries. The research highlights the importance of the Mexican sunflower as a natural resource with potential benefits for both animal health and agriculture in the Ecuadorian Amazon.

Keywords: *Thitonia diversifolia*, Ecuadorian Amazon, Chemical evaluation, agricultural benefits.

Introducción

El estudio del botón de oro, científicamente conocido como *Tithonia diversifolia*, bajo las condiciones de la Amazonía ecuatoriana, representa una investigación de suma importancia en los ámbitos científico, agrícola y ambiental. La Amazonía ecuatoriana, caracterizada por su biodiversidad única y su delicado equilibrio ecológico, alberga una variedad de especies vegetales que son objeto de interés tanto para la ciencia como para las comunidades locales debido a su potencial uso en medicina, agricultura y conservación del medio ambiente (Moyano, Miguez, Viafara, & Marini, 2020).

El botón de oro, originario de América Central y México, ha captado la atención de investigadores y agricultores en diferentes partes del mundo debido a sus propiedades medicinales y su capacidad para mejorar la calidad del suelo

(Elizondo-Salazar & Elizondo-Salazar, 2021). En la Amazonía ecuatoriana, esta planta ha despertado un interés particular debido a su capacidad para adaptarse a las diversas condiciones ambientales de la región y su potencial para proporcionar beneficios tanto agrícolas como ambientales (Calderon-Bedoya et al., 2021).

El análisis químico del botón de oro en el contexto de la Amazonía ecuatoriana abarca una serie de aspectos fundamentales que incluyen la identificación de compuestos bioactivos, la evaluación de su potencial farmacológico, así como su impacto en la fertilidad del suelo y la biodiversidad local (Rodríguez-Molano et al. 2023). Este análisis químico proporciona una comprensión más profunda de los mecanismos bioquímicos que subyacen a las propiedades medicinales y agronómicas de esta planta, lo que puede conducir al desarrollo de aplicaciones prácticas en medicina, agricultura sostenible y conservación ambiental (Angulo-Arizala et al. 2022).

La Amazonía ecuatoriana se ha convertido en un escenario de interés para la investigación botánica y ambiental debido a su riqueza natural y cultural (Nieto-Cañarte et al. 2023). La interacción entre los conocimientos tradicionales de las comunidades locales y los enfoques científicos modernos ofrece una oportunidad única para comprender y aprovechar el potencial de las plantas como el botón de oro de manera sostenible y respetuosa con el ambiente (Arronis, Abarca, & Soto, 2021).

El botón de oro ha sido objeto de interés en la Amazonía ecuatoriana debido a su potencial para proporcionar soluciones a desafíos agrícolas y ambientales (López, Cabrera, & Hernández., 2022). Sin embargo, su estudio también plantea una serie de desafíos y problemáticas que deben abordarse para comprender completamente su papel en el ecosistema amazónico y su potencial para aplicaciones prácticas. Uno de los principales desafíos es la necesidad de investigar y comprender la diversidad química del botón de oro en diferentes hábitats de la Amazonía ecuatoriana (Ponce, 2019). La variabilidad genética y ambiental puede influir significativamente en la composición química de la planta, lo que a su vez puede afectar sus propiedades medicinales y agronómicas (Devi, Raina, Sahoo, & Rajashekar, 2021). Por lo tanto, es fundamental realizar estudios exhaustivos que abarquen una amplia gama de condiciones ambientales y geográficas para obtener una imagen completa de la química del botón de oro en la región amazónica (Ríos & Salazar, 2018).

Otro desafío importante es la identificación y evaluación de los posibles efectos adversos del botón de oro en el ecosistema amazónico (Rojas-Oviedo, Carrasco-Poma, Condo-Plaza, & Japa-Cando, 2022). Aunque esta planta puede proporcionar beneficios agrícolas y medicinales, su introducción y propagación descontroladas pueden tener consecuencias no deseadas, como la competencia con especies nativas, la alteración de los ciclos biogeoquímicos y la pérdida de biodiversidad. Por lo tanto, es crucial evaluar cuidadosamente los posibles impactos ambientales de su uso y promover prácticas de manejo sostenible que minimicen los riesgos para el ecosistema (Londoño C et al., 2019).

Además, la explotación indiscriminada del botón de oro podría plantear desafíos socioeconómicos y culturales para las comunidades locales de la Amazonía ecuatoriana. Si bien esta planta puede proporcionar oportunidades económicas y mejorar la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales, también es importante considerar los sistemas de conocimiento tradicional y las prácticas agrícolas locales para garantizar que su uso sea compatible con las necesidades y valores de las comunidades indígenas y campesinas (Cortes, Olarte, & Timote, 2019).

En este contexto, el análisis químico del botón de oro bajo las condiciones de la Amazonía ecuatoriana adquiere una importancia aún mayor. Además de contribuir al conocimiento científico sobre esta planta y su potencial aplicabilidad, este análisis puede proporcionar información clave para la formulación de políticas y estrategias de manejo que promuevan su uso sostenible y responsable en la región (Londoño C et al., 2019). Con estos antecedentes, el objetivo del presente estudio fue realizar un análisis químico del botón de oro *Thitonia diversifolia* bajo las condiciones de la Amazonía ecuatoriana.

Metodología

Lugar del estudio

La primera parte de la investigación se desarrolló en la región amazónica, específicamente en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA), ubicado en las coordenadas X: 178879; Y: 9863155, zona 18. Este centro forma parte de la Universidad Estatal Amazónica, localizado en el cantón Arosemena Tola, provincia de Napo, Ecuador.

La duración del experimento fue de 45 días, durante los cuales se recolectaron muestras de hojas y tallos en intervalos de 15 días, abarcando tres parcelas distintas. Cada una de las parcelas contó con una superficie de 25 m². Se llevó a cabo un corte de igualación de 60 cm, seleccionándose una planta en cada una de ellas. Las parcelas 1 y 2 se dispusieron con una separación de 1 m entre sí, mientras que la parcela 3 se ubicó a una distancia de 5 m de las parcelas 1 y 2. Los tipos de suelo y condiciones climáticas del CEIPA se muestran respectivamente en las Tablas 1 y 2.

La segunda parte de la investigación que correspondió al análisis químico de las muestras de botón de oro se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica, situada en el kilómetro 2 ½ de la vía a Tena, en el cantón y provincia de Pastaza, a una altitud de 940 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas del lugar son 00° 59' -1" de latitud y 77° 49' 0" de longitud Oeste.

Tabla 1. Tipos de suelos del Centro de Investigaciones de la Universidad Estatal Amazónica.

Principales tipos de suelos de la Amazonia Ecuatoriana				
Provincias	Orden	Suborden	Textura	Características
Napo	Entisol	TIPYC UDIFLUVENTS	Limoso	Suelos recientes, no tienen horizontes formados, poco contenido de materia orgánica.
Pastaza	Inceptisol	TROPEPT + ANDEPT	Franco Arcilloso	Superficiales a moderadamente profundos, topografía inclinada a muy empinada. Suelos de clima tropical húmedo

Fuente: (INIAP, 2018)

Tabla 2. Principales factores climáticos en el CEIPA.

Provincias	Precipitación	Temperatura	Humedad relativa	Velocidad del viento	Sensación térmica
Napo	3600 mm	21.6°C	82%	5.6 km/h	21°C
Pastaza	4604 mm	22°C	95 %	5 km/h	22°C

Fuente: (INAMHI, 2015)

Análisis de Datos

Análisis Bromatológicos

Determinación del contenido de humedad

Se siguió el procedimiento descrito por Serrano, Shahidian, & da Silva (2019). Las muestras frescas fueron pesadas en una balanza marca OHAUS, luego se colocaron en una estufa a 40°C durante 4 días. Después, las muestras secas fueron pesadas y el contenido de humedad fue calculado por diferencia de peso mediante la ecuación 1. Finalmente, se pulverizaron en un molino KitchenAid, modelo BCG1110B y frecuencia nominal de 60 Hz. Se almacenaron en fundas ziploc hasta su posterior análisis.

$$\%H = 100 - \frac{ms}{mi} * 100 \quad (1)$$

Donde ms representa muestra seca (g) y mi la muestra fresca (g)

Determinación del contenido de ceniza

Los análisis se realizaron por triplicado, siguiendo la metodología descrita por Galoc, Pérez, & Bernal (2019). Se colocó 1 g de muestra en un crisol seco y previamente pesado. Posteriormente, se calcinó durante 10 minutos en una plancha calentadora y se sometió a una temperatura de 550°C en una mufla (Thermo scientific) durante 2 horas. Después de este proceso, la muestra se transfirió a un desecador para su enfriamiento y posteriormente se pesó. El porcentaje de ceniza se determinó utilizando la ecuación 2.

$$\%C = \frac{PC-C}{m} * 100 \quad (2)$$

Donde PC-indica el peso del crisol más ceniza (g), C-el peso del crisol vacío (g) y m-el peso de la muestra (g).

Determinación del contenido de proteína bruta

Se aplicó el método Kjeldahl, según la metodología descrita por la AOAC (2023). Se pesó 1 gramo de muestra por triplicado en tubos de digestión a los cuales se le añadió un catalizador (pastilla Kjeldahl), 3 perlas de ebullición para proporcionar un medio de ebullición más uniforme y estable, y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. Luego los tubos se colocaron en un digestor por 2 h. Transcurrido este tiempo, se añadieron a los tubos 65 mL de agua destilada y 60 mL de hidróxido de sodio (45,4%) para destilar el contenido de nitrógeno presente en la muestra digerida, para esto se utilizó un destilador, el producto destilado se recogió en un matraz de Erlenmeyer, el mismo que contenía 35 mL de ácido bórico al 2% y 3 gotas del indicador de Tashiro. Finalmente, el contenido de nitrógeno fue titulado con ácido sulfúrico a 0.2 N. El porcentaje de proteína se calculó aplicando la ecuación 3.

$$\%P = \frac{(Vm-Vb)*N*0.014*FC}{m} * 100 \quad (3)$$

Donde Vm-volumen de gasto en la titulación de la muestra (mL), Vb-volumen de gasto del blanco (mL), N-normalidad del ácido usado en la titulación, Fc-factor de conversión de nitrógeno a proteína bruta (6,25) y m-peso de la muestra (g).

Determinación del contenido de grasa bruta

Se utilizó un determinador de grasa automático de marca Ankom. Las condiciones de trabajo establecidas en el equipo fueron: tiempo de extracción 2 h, temperatura 90°C y como solvente se utilizó hexano (AOAC, 2023). Se pesó por triplicado 1 g de muestra en fundas especiales para grasa previamente pesadas, luego se colocaron dentro del equipo para la extracción de la grasa. Al finalizar la extracción, las fundas se pusieron en estufa a 105°C por 20 min para eliminar restos del solvente utilizado; finalmente se pesaron y el porcentaje de grasa bruta se determinó por diferencia de peso aplicando la ecuación 4.

$$\%G = \frac{m-(Fg-F)}{m} * 100 \quad (4)$$

Donde Fg- peso de la funda más la muestra desengrasada (g), F- peso de la funda vacía (g) y m- peso de la muestra (g)

Determinación del contenido de fibra bruta

Se comenzó el proceso pesando 1 gramo de muestra y colocándolo en una funda previamente pesada. Posteriormente, la muestra se introdujo en un vaso de precipitado y se humedeció con agua destilada. Las fundas se trasladaron a un equipo automatizado de determinación de fibra de la marca Tecnal, donde se mezclaron con 3 litros de una disolución de ácido sulfúrico al 1,25%, mantenida a 90°C, y se agitaron durante 30 minutos. Después de este paso, las muestras fueron enjuagadas cuatro veces con 3 litros de agua destilada a 90°C, cada vez durante cinco minutos. A continuación, se añadieron 3 litros de una disolución de hidróxido de sodio al 1,25% a 90°C, y se mantuvieron en agitación durante 30 minutos. Seguidamente, las muestras se enjuagaron cuatro veces con agua destilada a 90°C. Una vez completado este proceso, las muestras fueron retiradas del equipo, enjuagadas con alcohol y luego con acetona. Posteriormente, cada muestra se colocó en un crisol y se mantuvo en una estufa durante 4 horas, para luego ser pesada y calcinada durante 2 horas en una mufla. Finalmente, se pesó el crisol junto con las cenizas, y se calculó el porcentaje de fibra bruta utilizando la ecuación 5 (AOAC 2023).

$$\%F = \frac{(C-A)-D}{B} * 100 \quad (5)$$

Donde A- peso de la bola vacía (g), B- masa de la muestra (g), C masa del conjunto crisol-bolsa-extracto y D- masa del conjunto crisol-ceniza

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza mediante el software desing expert para evaluar el efecto del tiempo de recolección sobre la composición química de la planta botón de oro.

Resultados

Los resultados del análisis químico (Tabla 3) en las hojas de botón de oro revelaron importantes datos sobre su composición. Se encontró un porcentaje de materia seca que osciló entre 11,36% y 13,91%, lo que sugiere un contenido significativo de nutrientes concentrados. En cuanto a las cenizas, se registró un intervalo entre el 14,38% y 15,98%, indicando la presencia de minerales y otros elementos inorgánicos. La grasa bruta mostró variaciones entre 10,80% y el 14,09%, lo que podría influir en su potencial para la extracción de compuestos lipídicos. La proteína bruta se encontró en un intervalo notable, desde el 30,93% hasta el 43,60%, lo que señala una fuente potencialmente rica en este macronutriente esencial. Por último, la fibra bruta presentó valores entre el 14,78% y el 17,34%, lo que indica la presencia de componentes estructurales y su posible implicación en la digestibilidad y la salud intestinal de los animales. Estos hallazgos proporcionan una visión detallada de la composición química de las hojas de botón de oro, lo que puede ser relevante para su uso en la alimentación animal.

Tabla 3. Resultados del análisis químico en hojas de botón de oro

#Experimento	Tiempo (días)	MS (%)	C (%)	Gb (%)	Pb (%)	Fb (%)
1	15	11,37	14,49	10,80	33,38	15,84
2	15	11,36	14,38	10,90	31,99	14,80
3	15	12,03	14,78	11,04	31,11	14,78
4	30	13,03	14,99	11,50	30,96	16,99
5	30	11,77	14,74	12,078	37,10	15,99
6	30	12,86	15,45	12,68	37,25	15,72
7	45	13,91	15,47	13,13	35,92	17,34
8	45	12,03	14,97	13,55	35,96	16,56
9	45	13,68	15,98	14,09	43,60	16,04

MS: materia seca, C: ceniza, Gb: grasa bruta, Pb: proteína bruta, Fb: fibra bruta

El análisis de varianza reveló una significativa influencia del tiempo en la composición química de las muestras de botón de oro ($p < 0,05$). Se observó que las concentraciones más elevadas de componentes se alcanzaron a los 45 días de desarrollo. Esta relación temporal se manifestó de manera consistente y directamente proporcional en todas las variables estudiadas (Figura 1A, 1B, 1C y 1D). El contenido de MS, C, Gb, Pb y Fb aumentó de forma coherente con el transcurso del tiempo. Estos resultados subrayan la importancia de considerar el momento óptimo de recolección para obtener las máximas concentraciones de compuestos de interés en esta planta.

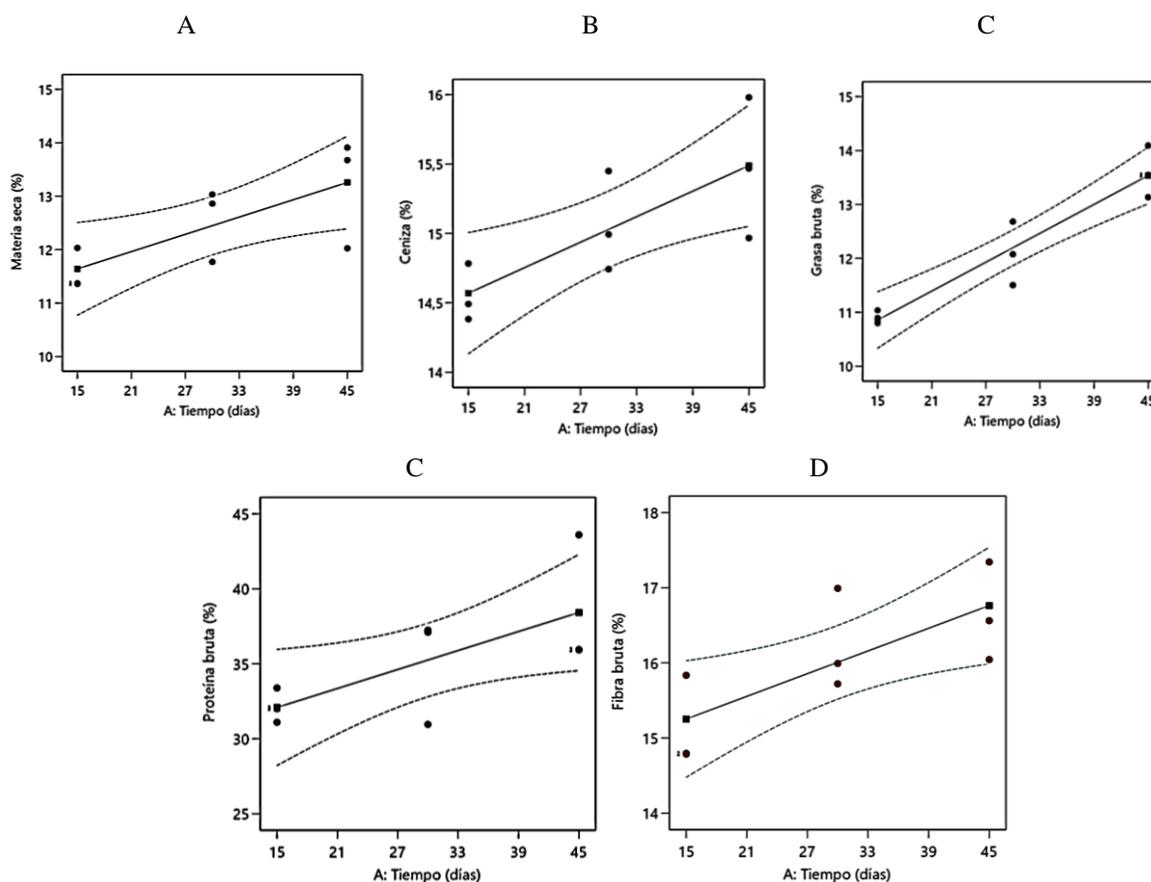


Figura 1. Influencia del tiempo sobre el contenido de materia seca (A), ceniza (B), grasa bruta (C), proteína bruta (D) y fibra bruta (D) en las hojas de botón de oro.

El software desing expert generó 5 ecuaciones para estimar el contenido de MS, C, Gb, Pb y Fb en las hojas de botón de oro a niveles de tiempo que no fueron incluidos en este estudio.

$$MS = 10,83 + 0,054t \quad (6)$$

$$C = 14,11 + 0,031t \quad (7)$$

$$Gb = 9,52 + 0,089t \quad (8)$$

$$Pb = 28,92 + 0,211t \quad (9)$$

$$Fb = 14,50 + 0,050t \quad (10)$$

t-representa el tiempo en días.

El análisis de la composición química (Tabla 4) de los tallos de la planta de botón de oro reveló variaciones significativas en comparación con las hojas. Se observaron diferencias notables en los porcentajes de los diferentes componentes. Por ejemplo, el contenido de MS osciló entre el 5,16% y el 9,72%, mientras que el contenido de C varió entre 11,35% y 17,50%. La Gb mostró intervalos entre el 12,18% y 15,87%, y la Pb entre el 26,33% y 30,75%. Además, la Fb presentó una variabilidad significativa, con valores que fluctuaron entre 18,78% y 43,55%. Estos hallazgos resaltan las diferencias en la composición química entre los tallos y las hojas de la planta de botón de oro, lo que sugiere posibles usos diferentes o complementarios para ambas partes de la planta en diversos campos, como la alimentación animal.

Tabla 4. Resultados del análisis químico en tallos de botón de oro

#Experimento	Tiempo (días)	MS (%)	C (%)	Gb (%)	Pb (%)	Fb (%)
1	15	5,16	11,35	12,18	28,26	18,94
2	15	5,92	12,30	13,40	27,76	19,90
3	15	6,94	11,43	14,19	26,33	18,78
4	30	7,28	16,30	13,81	30,04	30,69
5	30	7,54	16,48	13,81	28,06	29,31
6	30	7,86	15,46	13,95	28,63	29,42
7	45	9,03	17,39	15,87	31,53	41,50
8	45	9,72	17,50	14,49	30,75	43,55
9	45	9,50	16,80	14,86	30,60	40,63

MS: materia seca, C:

ceniza, Gb: grasa bruta, Pb: proteína bruta, Fb: fibra bruta

El análisis de varianza destacó el efecto significativo ($p < 0,05$) del tiempo de recolección de las muestras en la composición química. Este descubrimiento resalta la influencia directa que el tiempo ejerce sobre los componentes químicos estudiados. Además, la relación proporcional de este factor se ilustra claramente en la Figura 2, donde se evidencia cómo la composición química incrementó con el aumento del tiempo.

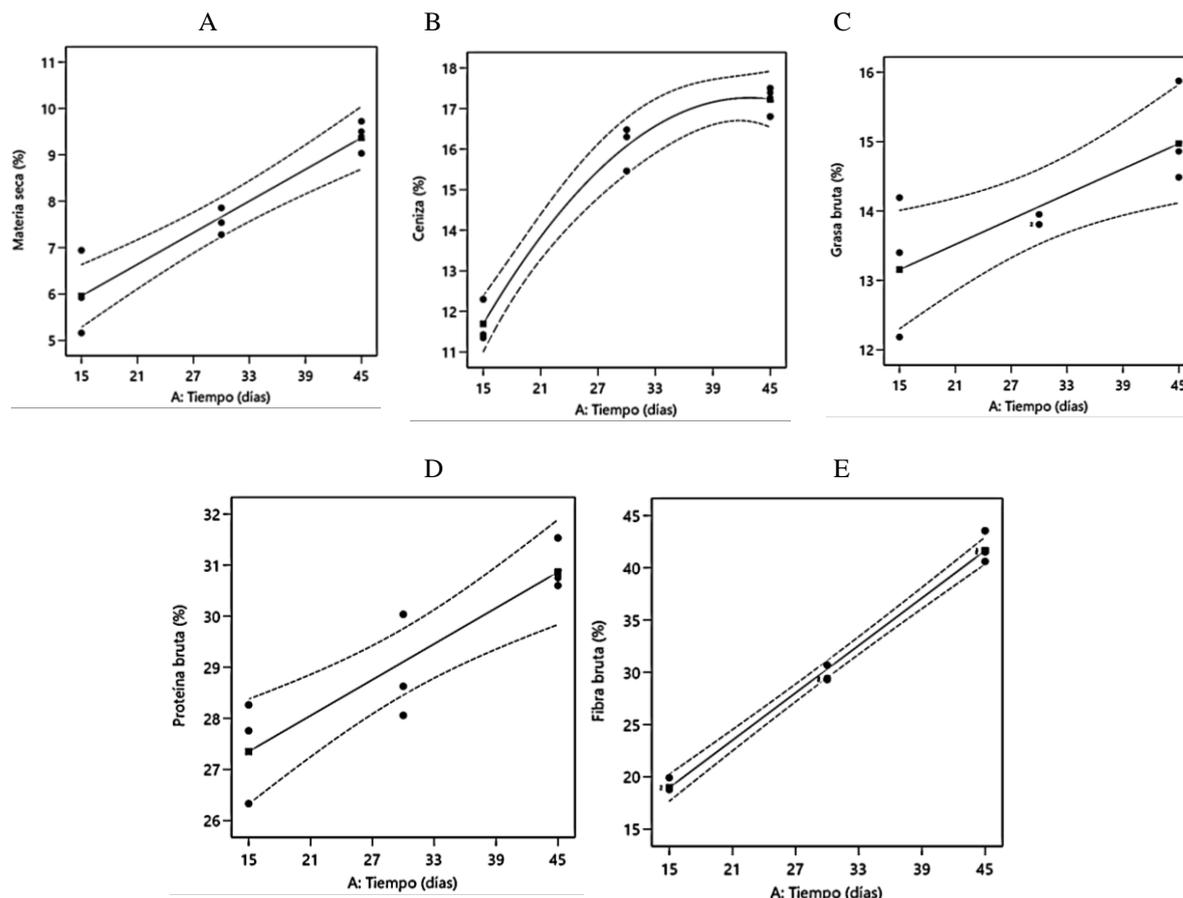


Figura 2. Influencia del tiempo sobre el contenido de materia seca (A), ceniza (B), grasa bruta (C), proteína bruta (D) y fibra bruta (E) en tallos de botón de oro.

El software Design Expert proporcionó 5 ecuaciones diseñadas específicamente para estimar el contenido de MS, C, Gb, Pb y Fb en los tallos de botón de oro. Estas ecuaciones son útiles para su aplicación en niveles de tiempo que no fueron contemplados en el presente estudio. Este enfoque proporciona una herramienta valiosa para la extrapolación de

datos y la proyección de la composición química de los tallos en diferentes momentos temporales, ampliando así el alcance y la utilidad de la investigación.

$$MS = 4,25 + 0,114t \quad (11)$$

$$C = 4,07 + 0,616t - 0,007t^2 \quad (12)$$

$$Gb = 12,25 + 0,061t \quad (13)$$

$$Pb = 25,59 + 0,117t \quad (14)$$

$$Fb = 7,62 + 0,756t \quad (15)$$

t-representa el tiempo en días

Discusión

La variabilidad de la composición química de diferentes plantas forrajeras ha sido reportada en estudios previos. Por ejemplo, Lindon Willy et al. (2021) demostraron en su investigación que la época en la que recolectaron muestras de 25 especies forrajeras influyó significativamente en la composición química. Méndez-Martínez, Reyes-Pérez, Luna-Murillo, & Ledea-Rodríguez (2020) en su estudio sobre el efecto del clima y edad de rebrote en la composición química de *Cenchrus purpureus* indicaron variaciones en el contenido de nutrientes obteniendo mejores resultados para materia seca, proteína y fibra en climas lluviosos. García et al. (2019) investigaron la influencia del tiempo en la composición bromatológica de muestras en 11 especies del género *Albizia* los resultados mostraron una elevada variabilidad en el contenido de materia seca, proteína, fibra y ceniza, así mismo, la composición de P, K, Na, Ca y Mg tuvo diferencias significativas en las especies estudiadas. Las diferencias en la composición química en pastos forrajeros pueden deberse a diferentes factores como edad de la planta (Mancipe-Muñoz, Vargas-Martínez, & Avellaneda, 2020), parte de la planta usada (Sinchipa, Cárdenas, & Paspuel, 2021), contenido mineral del suelo (Elizondo-Salazar & Espinoza-Fonseca, 2021) y factores ambientales (Julieta et al., 2021).

El contenido de materia seca encontrado en la presente investigación concuerda con lo reportado por (Ríos & Salazar, 2018) y (Ponce, 2019). Según Méndez, Chilbroste, & Aguerre (2020) la materia seca es importante para determinar el valor nutricional del forraje. Por otro lado, Bretas et al. (2021) indica que, cuanto mayor sea el porcentaje de materia seca, mayor será la concentración de nutrientes como proteínas, carbohidratos, minerales y grasas. Karunaratne et al. (2020) han mostrado que el análisis de la materia seca en pastos forrajeros es esencial para los ganaderos y agricultores, ya que les permite calcular la cantidad de alimento disponible para el ganado y determinar su valor nutritivo. Además, Melo et al. (2022) han mencionado que la materia seca es un factor importante en la conservación del forraje, ya que la descomposición y la fermentación son procesos que ocurren más lentamente en materiales con menor contenido de agua. Además, se demostró que los pastos más jóvenes y tiernos tienen un contenido de materia seca más bajo que los pastos maduros. Zhu et al. (2020) indican que un mayor contenido de materia seca en pastos generalmente se correlaciona con un mayor contenido de nutrientes concentrados, como proteínas, carbohidratos y minerales. Sin embargo, Gurgel et al. (2021) manifiestan una disminución en la digestibilidad de la fibra vegetal a medida que aumenta el contenido de materia seca. Así mismo, Lukas, Hartinger, Südekum, & Susenbeth (2021) dicen que el contenido de materia seca afecta la digestibilidad del forraje ya que los pastos con un contenido de materia seca más alto suelen ser más fibrosos y, por lo tanto, pueden ser más difíciles de digerir para el ganado. Raiesi (2021) manifiesta que la materia seca de los pastos juega un papel fundamental en la alimentación animal al influir en la calidad nutricional, la digestibilidad, la disponibilidad de alimento y la gestión del pastoreo.

Los valores de ceniza reportados en este estudio fueron superiores a los informados por Herrera, Verdecia, & Ramírez (2020) y Devi et al. (2021). Diferentes investigaciones han recalcado la importancia de este componente en plantas forrajeras. Según Mganga et al. (2021) el contenido de ceniza presente en pastos forrajeros destinados a la alimentación animal es un aspecto crucial que influye en la calidad nutricional de la dieta del ganado. Faji et al. (2021) manifiestan que los minerales presentes en la ceniza son fundamentales para el mantenimiento de la salud y el desarrollo adecuado del ganado; así mismo, Khan et al. (2020) señalan que minerales como el calcio y fósforo, son esenciales para la formación y fortaleza de los huesos, mientras que el potasio y el sodio son cruciales para el equilibrio electrolítico y la función muscular. En este sentido, Bantihun, Asmare, & Mekuriaw (2022) plantean que una deficiencia de estos minerales puede conducir a problemas de salud y un rendimiento deficiente en el ganado.

En la investigación realizada por Omolola (2019) informó valores de grasa bruta inferiores a los obtenidos en este estudio. Por otro lado, Espens et al. (2023) reportan resultados superiores. Muhakka, Suwignyo, Budianta, & Yakup (2020) señalaron que la grasa bruta en los pastos forrajeros consiste en una mezcla de ácidos grasos saturados, insaturados y otros lípidos presentes en las hojas y tallos de las plantas; así mismo, Faji, Kebede, Feyissa, Mohammed, & Mengistu (2022) manifiestan que estos lípidos son una fuente importante de energía para el ganado y pueden variar en cantidad y composición según el tipo de pasto, el clima, la estación del año y las prácticas de manejo agrícola. Según Ma et al. (2021) la grasa presente en pastos forrajeros es necesaria para la síntesis de hormonas y la salud metabólica del ganado. Por lo tanto, el contenido de grasa bruta en el pasto botón de oro contribuye significativamente a la nutrición y el rendimiento del ganado. En otro estudio se puntualizó que las prácticas agrícolas, como la fertilización, el riego y la calidad del suelo, pueden influir en el contenido de grasa bruta en el pasto botón de oro. Por ejemplo, la

fertilización adecuada puede mejorar la calidad nutricional del pasto, mientras que el estrés hídrico o la degradación del suelo pueden disminuir su contenido de grasa bruta (Karbivska et al., 2020).

La proteína bruta en el pasto botón de oro se compone de una variedad de aminoácidos esenciales y no esenciales que son fundamentales para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento del ganado (K. C. Salazar-Cubillas & Dickhoefer, 2021). En el estudio realizado por Otemuyiwa, Adekunle, Adegbite, & Falade (2020) encontraron valores de proteína bruta acordes a los encontrados en esta investigación. Thers, Stødkilde, Jensen, & Eriksen (2021) señalaron que la inclusión del follaje de botón de oro puede elevar la calidad de la nutrición del ganado dado que su nivel de proteína cruda es el doble que el de las hierbas tropicales. Así mismo, Faji et al. (2022) mencionan que la proteína es esencial para el crecimiento muscular, la producción de leche, la salud inmunológica y otros procesos metabólicos en el ganado. Por otro lado, Núñez et al. (2022) plantean que una dieta equilibrada en proteínas es crucial para maximizar el rendimiento del ganado en términos de ganancia de peso, producción de leche y reproducción. Los animales que reciben una adecuada ingesta de proteínas tienen un crecimiento más saludable, una mayor eficiencia alimenticia y una mejor respuesta inmune, lo que se traduce en un mayor rendimiento económico para los productores (Zhang, Yin, Amombo, Li, & Fu, 2020). Una deficiencia de proteínas en la dieta puede conducir a una serie de problemas de salud en el ganado, como retraso en el crecimiento, pérdida de peso, debilidad del sistema inmunológico y mayor susceptibilidad a enfermedades (Leite et al., 2021).

Algunos autores Selvaraj and Mylsamy (2023), Pérez-Márquez et al. (2023) y Arias-Gamboa, López-Herrera, Castillo-Umaña, & Alpízar-Naranjo (2023) han reportado valores inferiores de fibra bruta. K. Salazar-Cubillas & Dickhoefer (2021) han señalado que la presencia de fibra bruta en la dieta de animales ayuda a regular el movimiento de los alimentos a lo largo del tracto digestivo y puede prevenir problemas como la constipación o la diarrea, manteniendo un tránsito intestinal saludable. (Hassan et al., 2022) mencionan que este componente en la dieta estimula la masticación y el proceso de rumia, lo que mejora la eficiencia digestiva y la salud ruminal; sin embargo, Indah, Permana, & Despal (2020) han manifestado que la fibra bruta en exceso puede reducir la digestibilidad de otros nutrientes presentes en la dieta, como los carbohidratos y las proteínas. Esto puede llevar a una menor absorción de nutrientes y a una menor eficiencia alimenticia. Por otro lado, algunas fuentes de fibra bruta pueden fermentarse en el intestino grueso, lo que produce gases como metano y dióxido de carbono (Ihediwa et al., 2022). Un exceso de producción de gas puede provocar distensión abdominal, cólicos y malestar en los animales (Botero-Londoño, Celis-Celis, & Botero-Londoño, 2021).

Conclusión

En la presente investigación se demostró que el tiempo tuvo influencia significativa en la composición química del botón de oro y los mejores resultados se obtuvieron a los 45 días de recolección de las muestras. Se destaca el importante aporte de nutrientes de esta especie lo cual es una opción prometedora en la alimentación animal.

Referencias Bibliográficas

1. Angulo-Arizala, J., Nemocón-Cobos, A. M., Posada-Ochoa, S. L., Mahecha-Ledesma, L., (2022). Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) o ensilaje de maíz. Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial, 20(1), 27–40. doi:10.18684/BSAA.V20.N1.2022.1535
2. AOAC. (2023). Annual Meeting & Exposition - AOAC International.
3. Arias-Gamboa, L. M., López-Herrera, M., Castillo-Umaña, M., & Alpízar-Naranjo, A. (2023). Fertilization and regrowth age on yield and bromatological composition of *Tithonia diversifolia*. Agronomía Mesoamericana, 34(3). doi:10.15517/AM.2023.53172
4. Arronis, V., Abarca, S., & Soto, R. (2021). Degradación ruminal efectiva de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Alcances Tecnológicos, 14(1), 13–21.
5. Bantihun, A., Asmare, B., & Mekuriaw, Y. (2022). Comparative Evaluation of Selected Grass Species for Agronomic Performance, Forage Yield, and Chemical Composition in the Highlands of Ethiopia. Advances in Agriculture, 2022. doi:10.1155/2022/6974681
6. Botero-Londoño, J. M., Celis-Celis, E. M., & Botero-Londoño, M. A. (2021). Nutritional quality, nutrient uptake and biomass production of Pennisetum purpureum cv. King grass. Scientific Reports, 11(1), 1–8. doi:10.1038/s41598-021-93301-w
7. Bretas, I. L., Valente, D. S. M., Silva, F. F., Chizzotti, M. L., Paulino, M. F., D'Áurea, A. P., ... Chizzotti, F. H. M. (2021). Prediction of aboveground biomass and dry-matter content in *Brachiaria* pastures by combining meteorological data and satellite imagery. Grass and Forage Science, 76(3), 340–352. doi:10.1111/GFS.12517
8. Cortes, D., Olarte, O., & Timote, S. (2019). Experiencias en campo a partir de la reproducción sexual de botón de oro *tithonia diversifolia* – semillero de investigación sipass. Agricolae & Habitat, 2(1), 52–63. doi:10.22490/26653176.3522
9. Devi, T. B., Raina, V., Sahoo, D., & Rajashekar, Y. (2021). Chemical composition and fumigant toxicity of the essential oil from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Grey against two major stored grain insect pests. Journal of Plant Diseases and Protection, 128(2), 607–615. doi:10.1007/S41348-020-00424-9/METRICS

10. Elizondo-Salazar, J. A., & Elizondo-Salazar, J. A. (2021). Calidad nutricional y consumo por cabras de forraje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). *Agronomía Costarricense*, 45(2), 135–142. doi:10.15517/RAC.V45I2.47774
11. Elizondo-Salazar, J. A., & Espinoza-Fonseca, H. (2021). Evaluación de los purines como una alternativa de fertilización orgánica en pasto estrella africana. *Nutrición Animal Tropical*, 15(2), 25–41. doi:10.15517/NAT.V15I2.48001
12. Espens, C., Pozo-Leyva, D., Aryal, D. R., Dzib-Castillo, B., Villanueva-López, G., Casanova-Lugo, F., ... Canú-Solís, J. (2023). BIOMASS PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF *Tithonia diversifolia* BY THE DATE OF HARVESTING AT DIFFERENT CUTTING HEIGHTS. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3). doi:10.56369/tsaes.4888
13. Faji, M., Kebede, G., Feyissa, F., Mohammed, K., & Mengistu, G. (2022). Yield, Yield Components, and Nutritive Value of Perennial Forage Grass Grown under Supplementary Irrigation. *Advances in Agriculture*, 2022(23), 4. doi:10.1155/2022/5471533
14. Faji, M., Kebede, G., Feyissa, F., Mohammed, K., Minta, M., Mengistu, S., & Tsegahun, A. (2021). Evaluation of ten perennial forage grasses for biomass and nutritional quality. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 9(3), 292–299. doi:10.17138/TGFT(9)292-299
15. Galoc, N., Pérez, H. V. V., & Bernal, W. (2019). Caracterización nutricional de trece variedades de pastos naturalizados de la región Amazonas. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(3), 29–38. doi:10.25127/UCNI.V2I3.601
16. García, D. E., Medina, M. G., Ojeda, F., Humbría, J., Domínguez, C., Baldizán, A., & Toral, O. (2019). Variabilidad fitoquímica y repercusión antinutricional potencial en especies del género *Albizia*. *Pastos y Forrajes*, 30(1), 1–1.
17. Gurgel, A. L. C., dos Santos Difante, G., Neto, J. V. E., Santana, J. C. S., Fernandes, P. B., dos Santos, G. T., ... de Medeiros, H. R. (2021). Prediction of dry matter intake by meat sheep on tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*, 53(5), 1–8. doi:10.1007/S11250-021-02916-8/METRICS
18. HASSAN, H. H. M., EL-SOBKY, E. S. E. A., MANSOUR, E., EL-KHOLY, A. S. M., AWAD, M. F., ULLAH, H., & DATTA, A. (2022). Influence of preceding crop and tillage system on forage yield and quality of selected summer grass and legume forage crops under arid conditions. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(11), 3329–3344. doi:10.1016/J.JIA.2022.08.088
19. Herrera, R. S., Verdecia, D. M., & Ramírez, J. L. (2020). Chemical composition, secondary and primary metabolites of *Tithonia diversifolia* related to climate Composición química, metabolitos secundarios y primarios de *Tithonia diversifolia* relacionados con el clima. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(3).
20. Ihediwa, V. E., Akpan, G. E., Akuwueke, L., Oriaku, L., Ndubuisi, C. O., Mbanasor, J., & Ndukwu, M. C. C. (2022). Thermal dehydration of some forage grasses for livestock feeding: Effect of different methods on moisture diffusivity and the quality of dried leaves. *Energy Nexus*, 8, 100156. doi:10.1016/J.NEXUS.2022.100156
21. Indah, A. S., Permana, I. G., & Despal. (2020). Determination dry matter digestibility of tropical forage using nutrient composition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 484(1), 012113. doi:10.1088/1755-1315/484/1/012113
22. Julieta, M., Aristega, C., Augusto, R., Murillo, L., Lucia, A., & Coronel, E. (2021). Producción y composición química de megathyrus máximus cultivares tanzania y mombasa bajo condiciones del subtrópico ecuatoriano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 6427–6443. doi:10.37811/CL_RCM.V5I4.777
23. Karbivska, U., Kurgak, V., Gamayunova, V., Butenko, A., Malynka, L., Kovalenko, I., ... Pshychenko, O. (2020). Productivity and quality of diverse ripe pasture grass fodder depends on the method of soil cultivation. *Acta Agrobotanica*, 73(3). doi:10.5586/AA.7334
24. Karunaratne, S., Thomson, A., Morse-McNabb, E., Wijesingha, J., Stayches, D., Copland, A., & Jacobs, J. (2020). The Fusion of Spectral and Structural Datasets Derived from an Airborne Multispectral Sensor for Estimation of Pasture Dry Matter Yield at Paddock Scale with Time. *Remote Sensing*, 12(12). doi:10.3390/RS12122017
25. Khan, M. N., Ali, S., Yaseen, T., Adnan, M., Ullah, S., Zaman, A., ... Ozdemir, F. A. (2020). Assessment of Proximate and Nutritional Contents in Selected Weedy Grasses for Potential Use as Fodder in District Charsadda, KP. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences*, 57(2), 83–94.
26. Leite, R. G., Cardoso, A. da S., Fonseca, N. V. B., Silva, M. L. C., Tedeschi, L. O., Delevatti, L. M., ... Reis, R. A. (2021). Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. *Scientific Reports*, 11(1), 1–8. doi:10.1038/s41598-021-94098-4
27. Lindon Willy, M.-L., Faustina, C.-R., del Artículo Resumen, D., Paz, L., Plurinacional de Bolivia, E., & Plurinacional de Bolivia Lindon Willy Mamani-Linares, E. (2021). Evaluación de la producción, composición botánica y contenido nutricional de pastos nativos en dos épocas del año en altiplano. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(2), 59–72. doi:10.36610/J.JSAAS.2021.080200059
28. Londoño C, J., Mahecha L, L., Angulo A, J., Londoño C, J., Mahecha L, L., & Angulo A, 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. doi:10.24188/RECIA.V11.N1.2019.693

29. López, R. G., Cabrera, I. R., & Hernández, M. V. (2022). Respuesta al pastoreo de Botón de Oro (*Tithonia Diversifolia*) y baja suplementación de concentrados en vacas lecheras. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 5(3), 14–20.
30. Lukas, M., Hartinger, T., Südekum, K. H., & Susenbeth, A. (2021). Estimation of diet organic matter digestibility in grazing dairy cows. *Archives of Animal Nutrition*, 75(3), 153–166. doi:10.1080/1745039X.2021.1935599
31. Ma, Y., Khan, M. Z., Liu, Y., Xiao, J., Chen, X., Ji, S., ... Li, S. (2021). Analysis of Nutrient Composition, Rumen Degradation Characteristics, and Feeding Value of Chinese Rye Grass, Barley Grass, and Naked Oat Straw. *Animals* 2, 11(9), 2486. doi:10.3390/ANI11092486
32. Mancipe-Muñoz, E. A., Vargas-Martínez, J. de J., & Avellaneda, Y. (2020). Efecto de la edad de rebrote sobre el desarrollo morfológico y la composición química del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto colombiano. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 15(2), 23–37. doi:10.21615/CESMVZ.15.2.2
33. Marcela, V., Bedoya, C., Velásquez Vélez, R., Angel, M., & Benitez, C. (2021). Efecto de la suplementación con forrajes arbustivos sobre el desempeño productivo de conejos (*Oryctolagus cuniculus*). *Revista Politécnica*, 17(34), 30–38. doi:10.33571/RPOLITEC.V17N34A2
34. Melo, C. D., Maduro Dias, C. S. A. M., Wallon, S., Borba, A. E. S., Madruga, J., Borges, P. A. V., ... Elias, R. B. (2022). Influence of Climate Variability and Soil Fertility on the Forage Quality and Productivity in Azorean Pastures. *Agriculture*, 12(3), 358. doi:10.3390/AGRICULTURE12030358
35. Méndez, M. N., Chilibroste, P., & Aguerre, M. (2020). Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management. *Animal*, 14(4), 846–853. doi:10.1017/S1751731119002349
36. Méndez-Martínez, Y., Reyes-Pérez, J., Luna-Murillo, R. A., & Ledea-Rodríguez, J. L. (2020). Efecto de la edad del rebrote y el clima en la composición química de *Cenchrus purpureus* en ecosistemas degradados de Cuba. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 301–308. doi:10.17268/SCI.AGROPECU.2020.03.02
37. Mganga, K. Z., Ndathi, A. J. N., Wambua, S. M., Bosma, L., Kaindi, E. M., Kioko, T., Musimba, N. K. R. (2021). Forage value of vegetative leaf and stem biomass fractions of selected grasses indigenous to African rangelands. *Animal Production Science*, 61(14), 1476–1483. doi:10.1071/AN19597
38. Moyano, J., Miguez, J. P., Viafara, D., & Marini, P. (2020). Digestibilidad fecal aparente de ovinos Blackbelly en la etapa de engorde alimentados con forrajes amazónicos. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 9(2), 55–61. doi:10.59410/RACYT-V09N02EP05-0133
39. Muhakka, Suwignyo, R. A., Budianta, D., & Yakup. (2020). Nutritional values of swamp grasses as feed for Pampangan Buffaloes in South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(3), 953–961. doi:10.13057/BIODIV/D210314
40. Nieto Cañarte, C. A., Jordán Hernán, M. S., Guamán Sarango, V. M., & Burgos Carpio, B. A. (2023). Condiciones edafoclimáticas actuales y futuras para establecimiento de la balsa (*Ochroma ssp.*) con pastos en el Oriente Ecuatoriano. *Revista de Climatología*, 23, 167. doi:10.59427/RCLI/2023/V23.167-178
41. Núñez, L., Hirigoyen, A., Durante, M., Arroyo, J. M., Cazzuli, F., Bremm, C., & Jaurena, M. (2022). What Factors Control the Crude Protein Content Variation of a Basaltic “Campos” Native Grassland of South America? *Agronomy*, 12(8), 1756. doi:10.3390/AGRONOMY12081756
42. Omolola, T. O. (2019). Phytochemical, Proximate and Elemental Composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray leaves. *International Annals of Science*, 8(1), 54–61. doi:10.21467/ias.8.1.54-61
43. Otemuyiwa, I. O., Adekunle, A. S., Adegbite, J. F., & Falade, O. S. (2020). Comparative study of physicochemical properties of *Tithonia diversifolia* and Sunflower seed oils. *Malaysian Journal of Applied Sciences*, 5(2), 69–77. doi:10.37231/MYJAS.2020.5.2.236
44. Pérez-Márquez, S., Ovani, V. S., Lima, P. de M. T., Lana, Á. M. Q., Louvandini, H., Abdalla, A. L., & Maurício, R. M. (2023). *Tithonia diversifolia* Improves In Vitro Rumen Microbial Synthesis of Sheep Diets without Changes in Total Gas and Methane Production. *Agronomy*, 13(11), 2768. doi:10.3390/AGRONOMY13112768
45. Ponce, J. (2019). Composición química, degradabilidad y cinética ruminal in situ del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en diferentes periodos de corte. *Nutrición Animal Tropical*, 4(2).
46. Raiesi, F. (2021). The quantity and quality of soil organic matter and humic substances following dry-farming and subsequent restoration in an upland pasture. *Catena*, 202, 105249. doi:10.1016/J.CATENA.2021.105249
47. Ríos, C., & Salazar, A. (2018). Botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hems. Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 6(3).
48. RODRÍGUEZ-MOLANO, C. E., NIÑO-MONROY, L. E., GARCÍA-GÓMEZ, H. A., RODRÍGUEZ-MOLANO, C. E., NIÑO-MONROY, L. E., & GARCÍA-GÓMEZ, H. A. (2023). Efecto de suplementación con forrajes verdes sobre parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(1), 39–50. doi:10.18684/RBSAA.V21.N1.2023.1915
49. Rojas-Oviedo, L. A., Carrasco-Poma, J., Condo-Plaza, L. A., & Japa-Cando, C. C. (2022). Comportamiento biológico de cuyes en la fase de engorde alimentados con *Axonopus scoparius* y diferentes niveles de *Arachis pintoi* en la provincia Morona Santiago. *Polo Del Conocimiento*, 7(7), 1364–1378. doi:10.23857/pc.v7i7



50. Salazar-Cubillas, K. C., & Dickhoefer, U. (2021). Evaluating the Protein Value of Fresh Tropical Forage Grasses and Forage Legumes Using In Vitro and Chemical Fractionation Methods. *Animals*, 11(10), 2853. doi:10.3390/ANI11102853
51. Salazar-Cubillas, K., & Dickhoefer, U. (2021). Estimating the proportion of in situ rumen-undegraded crude protein from chemical crude protein and fiber fractions in tropical forage grasses and legumes. *Animal Feed Science and Technology*, 282, 115122. doi:10.1016/J.ANIFEEDSCI.2021.115122
52. Selvaraj, M., S, A., & Mylsamy, B. (2023). Characterization of New Natural Fiber from the Stem of *Tithonia Diversifolia* Plant. *Journal of Natural Fibers*, 20(1). doi:10.1080/15440478.2023.2167144
53. Serrano, J., Shahidian, S., & da Silva, J. M. (2019). Evaluation of Normalized Difference Water Index as a Tool for Monitoring Pasture Seasonal and Inter-Annual Variability in a Mediterranean Agro-Silvo-Pastoral System. *Water*, 11(1), 62. doi:10.3390/W11010062
54. Sinchipa, O., Cárdenas, F., & Paspuel, C. (2021). Valor nutricional y producción de los principales cultivos forrajeros en el cantón Guaranda – Bolívar - Ecuador. *Tesla Revista Científica*, 3(2), e192–e192. doi:10.55204/TRC.V3I2.E192
55. Thers, H., Stødkilde, L., Jensen, S. K., & Eriksen, J. (2021). Linking Protein Quality in Biorefinery Output to Forage Crop Crude Protein Input via the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 193(8), 2471–2482. doi:10.1007/S12010-021-03496-X/METRICS
56. Zhang, Y., Yin, Y., Amombo, E., Li, X., & Fu, J. (2020). Different mowing frequencies affect nutritive value and recovery potential of forage bermudagrass. *Crop and Pasture Science*, 71(6), 610–619. doi:10.1071/CP19369
57. Zhu, Y., Merbold, L., Leitner, S., Pelster, D. E., Okoma, S. A., Ngetich, F., Butterbach-Bahl, K. (2020). The effects of climate on decomposition of cattle, sheep and goat manure in Kenyan tropical pastures. *Plant and Soil*, 451(1–2), 325–343. doi:10.1007/S11104-020-04528-X/TABLES/3