



Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

Inclusion Of Increasing Levels Of *Tithonia diversifolia* On Ruminal Degradability *In Vitro* Of The Diet Of Bovine In The Lower Tropic

LAURA KATALINA GUEVARA VALDERRAMA

**Trabajo de grado opción Pasantía**

Presentado como requisito parcial para optar al título de  
**ZOOTECNISTA**

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA

Fusagasugá, 5 de abril de 2024

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios por permitirme culminar mi carrera, a pesar de todas las dificultades, a mis padres por su dedicación y sacrificio, han sido la inspiración detrás de cada logro alcanzado. Su confianza en mí y su incansable labor fue el motor que me impulsó a superar obstáculos para poder alcanzar mis metas. Gracias por el amor incondicional y por ser los pilares de mi éxito. A mi pareja, por haberme brindado su apoyo incondicional y por su compañía en cada momento. A mi familia por su constante apoyo. Agradezco profundamente por cada palabra de aliento y cada gesto de cariño. Agradezco a mis amigos los cuales siempre me apoyaron en todo el desarrollo de este proyecto, para el éxito de este. Agradezco a mis tutores, por su sabiduría, orientación y apoyo académico han sido fundamentales en mi desarrollo como estudiante y como persona. Agradezco por su dedicación, por compartir su conocimiento y por inspirarme a alcanzar mi máximo potencial.



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

Trabajo De Grado Opción Pasantía

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La  
Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS SÍMBOLOS Y UNIDADES.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>DEFINICIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>12</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>17</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>3</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>4</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

**LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS SÍMBOLOS Y UNIDADES**

<i>T. diversifolia</i>	<i>Tithonia diversifolia</i>
Td0	Tratamiento testigo
Td15	Tratamiento de 15% de inclusión de Botón de oro
Td30	Tratamiento de 30% de inclusión de botón de oro
Td45	Tratamiento de 45% de inclusión de botón de oro
pv	Peso Vivo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
DMS	Digestibilidad de la materia seca
T de MS/ha	Toneladas de materia seca por hectárea
ELN	Extracto libre de nitrógeno
PC	Proteína cruda
EM	Energía metabolizable
MS	Materia seca
Mj/kg	Mega julios por kilogramo
Kg	Kilogramo
gr	gramos
MO	Materia orgánica
FDN	Fibra detergente neutra
FDA	Fibra detergente ácida
GLM	Modelo lineal general



UDECA  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

## Trabajo De Grado Opción Pasantía

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

S	Tasa de fermentación
L	Tiempo lag
Vm	Volumen máximo
FR	Fracción de rápida fermentación
FM	Fracción de mediana fermentación
FL	Fracción de lenta fermentación
FFT	Fracción fermentable total
PTG72H	Producción total de gas a las 72 horas



### LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>ILUSTRACIÓN 1.</b> TIZIMÍN/YUCATÁN	25
<b>ILUSTRACIÓN 2.</b> INSTITUTO TECNOLÓGICO CAMPUS TIZIMÍN	26
<b>ILUSTRACIÓN 3.</b> PARCELA DE T. DIVERSIFOLIA	27



## LISTA DE TABLAS

<b>tabla 1.</b> Taxonomía Del Botón De Oro ( <i>Tithonia diversifolia</i> )	19
<b>Tabla 2.</b> Composición Nutricional De Las Diferentes Partes De La <i>Tithonia diversifolia</i>	19
<b>Tabla 3.</b> Composición Bromatológica De <i>Tithonia Diversifolia</i> Cosechada A Diferentes Edades De Corte Durante La Época Seca	22
<b>Tabla 4.</b> Dietas Experimentales	28
<b>Tabla 5.</b> Composición Química De Materias Primas	29
<b>Tabla 6.</b> Ingredientes Y Niveles De Inclusión Del Alimento Para Adaptación De Animales Experimentales.	30
<b>Tabla 7.</b> Resultado De Análisis Bromatológico Del Follaje <i>T. diversifolia</i> A Los 30 Días De Edad.	34
<b>Tabla 8.</b> Resultados De Variables Evaluadas.	44

## RESUMEN

Uno de los principales objetivos de la ganadería es lograr la sostenibilidad a nivel productivo y económico. Año tras año la disponibilidad y calidad de las materias primas y forrajes utilizados para la alimentación de estos animales ha disminuido notablemente hasta el punto de obligar a los productores a utilizar de manera excesiva alimentos concentrados con el fin de cumplir con los requerimientos nutricionales de la especie. Debido a esto, varias investigaciones plantean nuevas estrategias de alimentación, donde a través de alternativas alimenticias se puede llegar a mejorar la calidad de la dieta que se le brinda al ganado bovino. Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes (0%, 15%, 30% y 45%) de follaje de *Tithonia diversifolia* en la degradación ruminal *in vitro* de la dieta de bovinos. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones por tratamiento, siendo, T0: sin inclusión de follaje de *Tithonia diversifolia*; T1: 15% de inclusión de follaje de *Tithonia diversifolia*; T2: 30 % de follaje de *Tithonia diversifolia* y T3: 45% de inclusión de follaje de *Tithonia diversifolia*. Las dietas objetivo de estudio fueron sometidas a análisis de laboratorio para determinar la DIVMS utilizando como sustrato microbiológico el líquido ruminal proveniente de vacas fistuladas. Se observó que no se presentó ninguna alteración respecto a la digestibilidad *in vitro* de la materia seca con ninguna de las dietas suministradas, así mismo, se encontró que para el tratamiento de 15% de inclusión de *Tithonia diversifolia* tuvo una fermentación a nivel ruminal. Por ende, la inclusión de *Tithonia diversifolia* en la dieta de bovinos en crecimiento no altera la digestibilidad *in vitro* de materia seca a nivel ruminal y la inclusión de 15% de *Tithonia diversifolia* en la dieta de bovinos en crecimiento tiene una mejor fermentación a las 72 horas a nivel ruminal a comparación de los demás tratamientos.

Palabras clave: fermentación, digestibilidad, follaje, degradación, dietas, tratamientos.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

**ABSTRACT**

One of the main objectives of livestock farming is to achieve sustainability at a productive and economic level. Year after year, the availability and quality of raw materials and forage used to feed these animals has decreased significantly to the point of forcing producers to use concentrated feed excessively in order to meet the nutritional requirements of the species. . Due to this, several investigations propose new feeding strategies, where through dietary alternatives the quality of the diet provided to cattle can be improved. Therefore, the present study aims to evaluate the effect of including increasing levels (0%, 15%, 30% and 45%) of *Tithonia diversifolia* foliage on in vitro ruminal degradation of bovine diets. A completely randomized design was used with four treatments and six repetitions per treatment, being T0: without inclusion of *Tithonia diversifolia* foliage; T1: 15% inclusion of *Tithonia diversifolia* foliage; T2: 30% *Tithonia diversifolia* foliage and T3: 45% inclusion of *Tithonia diversifolia* foliage. The target diets of the study were subjected to laboratory analysis to determine the DIVMS using the ruminal fluid from fistulated cows as a microbiological substrate. It was observed that there was no alteration regarding the in vitro digestibility of the dry matter with any of the diets supplied, likewise, it was found that for the treatment of 15% inclusion of *Tithonia diversifolia* there was fermentation at the rumen level. Therefore, the inclusion of *Tithonia diversifolia* in the diet of growing cattle does not alter the in vitro digestibility of dry matter at the rumen level and the inclusion of 15% of *Tithonia diversifolia* in the diet of growing cattle has better fermentation at 72 hours at the ruminal level compared to the other treatments.

Keywords: fermentation, digestibility, foliage, degradation, diets, treatments.



## INTRODUCCIÓN

La alimentación de los animales es uno de los aspectos más críticos al iniciar una producción, ya que cada especie tiene necesidades específicas, estos requisitos son fundamentales para lograr un rendimiento óptimo en los animales, por lo tanto, si la dieta carece de algún nutriente esencial, la producción tiende a sufrir una disminución significativa y el producto final no obtiene la calidad esperada.

En el trópico la alimentación del ganado mayormente se sustenta con el pastoreo de gramíneas (Emerenciano et al., 2014; Santana et al., 2020) las cuales, al ser sometidas a situaciones estacionales, experimentan fases de abundancia seguidas de períodos en los que la disponibilidad de masa forrajera se ve restringida. La restricción en la disponibilidad y calidad del forraje es el factor que más limita la producción de los rumiantes, ya que, durante la época seca, resulta insuficiente para cubrir los requerimientos nutricionales (Canul et al., 2018a; Canul et al., 2020). Frente a esta situación, es necesario ofrecer a los animales una dieta que contenga niveles adecuados de nutrientes principalmente energía y proteína, con el propósito de que los mismos mantengan o mejoren la productividad (Canul et al., 2018b). Este hecho actualmente se ha ido logrando mediante el uso de alimentos concentrados que ocasionan una mayor dependencia del uso de insumos externos al agroecosistema ganadero (Herrero et al., 2013; Rudel et al., 2015). Entendiendo lo anterior, es importante comprender, investigar e ir desarrollando tecnologías amigables con el medio ambiente, que contribuyan a una mejor eficiencia de los sistemas productivos ganaderos para aportar al aumento de la seguridad alimentaria (Emerenciano et al., 2014; Paciullo et al., 2014; Roa et al., 2015).

La seguridad alimentaria, el cambio climático y la conservación del medio ambiente se han convertido en temas fundamentales para la producción animal sostenible, que tienen



### Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

pertinencia y relevancia en la actualidad. La producción de alimentos tanto agrícolas como pecuarios y el uso excesivo de agroquímicos han contribuido a la degradación de los ecosistemas. Entendiendo lo anterior, los sistemas de producción tradicionales que aún se encuentran en algunas zonas del país, no son compatibles con la realidad ambiental vigente; ya que estos se fundamentan en la intensificación de la producción de alimentos y esta manera de producción causa impacto negativo al ambiente (Luna-Mendicuti, 2021).

Frente a este escenario, es primordial la implementación de tecnologías de producción sostenibles y responsables con el medio ambiente. En este sentido, la producción de rumiantes se puede realizar mitigando su impacto ambiental a través del uso de tecnologías agroforestales o silvopastoriles (Canul et al., 2020). Según el autor Sarabia et al. (2020) las tecnologías silvopastoriles y su aplicación permitirán la adaptación y resistencia de los sistemas de producción de leche y carne a las necesidades de una rentabilidad económica, social y ambiental, que permitan el aprovechamiento de los recursos forrajeros locales de una manera más eficaz.

El presente proyecto tiene como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de follaje de *Tithonia diversifolia* (0%, 15%, 30% y 45%) en la dieta de bovinos sobre la degradación ruminal *in vitro* de la materia seca.

## DEFINICIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ganadería tiene un gran papel sobre el desarrollo económico y social en el país a pesar de los desafíos a los cuales se enfrenta. Entre estos desafíos se encuentran mejorar la calidad del producto final para cumplir con las exigencias del mercado, mejorar la competitividad, y ser amigable con el ambiente (Mahecha et al, 2022). En la actualidad, el cambio climático ha influido directamente en la restricción, la disponibilidad y la calidad del forraje, esto se ha convertido en una preocupación crítica para la producción ganadera. En la mayoría de los sistemas de producción de trópico bajo es tradicional encontrar una base forrajera de gramíneas y algunas leguminosas. Este forraje desempeña un papel esencial en la alimentación del ganado y la salud de los sistemas productivos, el cual si no es de buena calidad afecta negativamente la nutrición de este, la productividad y, en última instancia, la rentabilidad de los productores. Su limitación puede tener un impacto significativo en la sostenibilidad de la industria pecuaria. Por lo tanto, es de vital importancia evaluar la eficiencia de nuevas alternativas forrajeras no convencionales. La *Tithonia diversifolia* comúnmente llamada botón de oro es una planta herbácea de rápida recuperación al corte y resistente a épocas de larga sequía, esta es una valiosa fuente de nutrientes, el follaje de *Tithonia diversifolia* presenta entre 18.52 a 24.13 % de PC, 32.94 a 38.62 % de FDN y 10.33 a 34.48 % de fibra detergente ácida (FDA) (Verdecia et al, 2011; Gallego et al, 2014). El autor Canul et al, (2018) encontraron contenidos de 18% de PC de *Tithonia diversifolia* en asociación con *Gliricidia sepium* - *Cynodon nlemfuensis*, en el centro norte del estado de Yucatán.

Se ha identificado como una especie prometedora para la alimentación de animales rumiantes, ovinos, cerdos y conejos (Moran, 2022). La *Tithonia diversifolia*, ya sea utilizada como forraje mediante diferentes estrategias tecnológicas o procesada en forma de harina, representa una excelente alternativa de alimentación tanto para animales rumiantes como no



UDECA  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDIRAMARCA

## Trabajo De Grado Opción Pasantía

### Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

rumiantes. Esto se debe a su composición nutricional que se caracteriza por altos niveles de proteína y carbohidratos solubles, un bajo contenido de FDN (fibra detergente neutra) y un adecuado aporte de minerales. La versatilidad en sus formas de uso la convierte en una opción viable para atenuar los impactos ambientales asociados a la actividad agropecuaria, así como para reducir costos y mejorar los rendimientos en los sistemas de producción ganadera del país (Zabala-B, 2021). Así mismo, Gallego et al. (2014) dice que la *Tithonia diversifolia*, por su contenido de proteína, carbohidratos solubles y la presencia de taninos, puede ayudar a mejorar el balance ruminal en cuanto al aporte de energía y proteína. Lo expuesto anteriormente, implica una mayor eficiencia para la transformación del amonio (NH<sub>3</sub>) en proteína microbiana, lo que a la vez provoca una disminución en los costos energéticos por las menores pérdidas de metano y CO<sub>2</sub> ruminales y una disminución en la contaminación ambiental. Por lo anterior, el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) se presenta como una alternativa alimenticia viable para mejorar la calidad de la dieta que se le ofrece a bovinos en crecimiento.

## JUSTIFICACIÓN

Un programa destinado a la alimentación de animales debe centrarse en la constante mejora de las condiciones de vida de los animales. Esto implica proporcionarles una dieta que cumpla con sus necesidades nutricionales tanto en términos de cantidad como de calidad. Este enfoque debería traducirse en un rendimiento óptimo de los animales, lo cual se refleja en diversos indicadores de productividad y reproducción, como el peso al nacer, el peso al destete, la ganancia de peso, la producción de leche y el intervalo entre partos. Además, este programa también debe tener en cuenta la salud y el bienestar general del rebaño como un todo (FAO, 2019). Uno de los aspectos claves como BPA (buenas prácticas agrícolas), es la cantidad y calidad de la proteína que se aporte en la dieta, por lo que es prioritario reconocer y usar de modo apropiado forrajes como las leguminosas u otras especies ricas en proteína. Según la FAO (2019), los nutrientes básicos que se deben tener en cuenta en el balance de la dieta son: energía, proteína, minerales, vitaminas y agua. Entendiendo lo anterior, esto quiere decir que es necesario identificar y conocer cada uno de los nutrientes básicos y sus principales fuentes a la hora de alimentar un animal.

La principal limitación en la producción de rumiantes se debe a la escasez y la calidad insuficiente del forraje disponible, especialmente durante la temporada seca. Esto se traduce en una incapacidad para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales (Canul et al, 2018; Canul et al,2020). Dada esta circunstancia, es esencial proporcionar a los animales una alimentación que incluya cantidades adecuadas de energía y proteínas, con el objetivo de mantener o incluso incrementar su nivel de producción (Canul et al, 2018). En este contexto, en las zonas tropicales se ha venido introduciendo la inclusión de una variedad de especies arbustivas como opciones para elevar la calidad nutricional de la alimentación de los rumiantes. (Canul et al., 2020). Según Canul et al (2020), el follaje de las especies arbustivas y arbóreas

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

presenta alta calidad nutritiva por su elevada concentración de proteína cruda (PC) (16 a 32%) y digestibilidad de la materia seca (DMS) (50 a 60%). Entendiendo esto, dentro de la variedad de especies arbustivas disponibles, se encuentra *Tithonia diversifolia*, que representa un recurso con potencial como componente de la dieta de los rumiantes. El botón de oro (*Tithonia diversifolia*) es fácil de establecer, resiste bien el corte frecuente, es capaz de prosperar en suelos de baja calidad y puede generar hasta aproximadamente 2.8 toneladas de materia seca por hectárea (t de MS/ha) en la región central del estado de Yucatán (Canul-Solis et al, 2018).

Esta especie, se destaca por su alto valor nutricional, en particular debido a su capacidad para retener nitrógeno (Luna, 2021). Además, presenta niveles bajos de fibra bruta, registrando un 31.6% a los sesenta días de edad (Luna, 2021), y exhibe un alto grado de degradabilidad de la materia seca en el rumen, que varía entre el 70% y el 82% (Naranjo y Cuartas, 2011) citado por (Luna, 2021). Entendiendo lo anterior, según el autor Luna (2021), el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) puede ser un recurso prometedor para la suplementación de rumiantes en regiones tropicales.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inclusión de follaje de *Tithonia diversifolia* en la degradación y fermentación ruminal de bovinos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar efecto de inclusión de follaje de *Tithonia diversifolia* sobre la cinética de degradación ruminal *in vitro* de la materia seca.
- Determinar efecto de los parámetros de fermentación ( $V_m$ , S, L) y la cinética de las fracciones fermentables (FR, FM, FL) al incluir follaje de *Tithonia diversifolia*.

## ESTADO DEL ARTE

### Digestión y fermentación del rumen

El rumen se caracteriza por ser un sistema complejo donde los nutrientes ingeridos por los rumiantes experimentan una digestión a través de un proceso de fermentación facilitado por los microorganismos presentes en el rumen, que incluyen bacterias, protozoos y hongos. Estos microorganismos mantienen una relación simbiótica, gracias a su capacidad para adaptarse e interactuar entre sí. Mientras el rumiante crea las condiciones adecuadas para que estos microorganismos se establezcan, a cambio, obtiene energía derivada de los productos finales resultantes de la fermentación. En el ambiente confinado del rumen, los microorganismos cohabitan en condiciones de pH cercanas a la neutralidad. Estos microorganismos llevan a cabo la fermentación de los componentes presentes en la dieta del rumiante, como azúcares, proteínas y lípidos. A pesar de ello, la eficiencia del proceso de fermentación no es completa, ya que durante este se generan pérdidas de energía, principalmente en forma de gas metano (CH<sub>4</sub>). Este fenómeno plantea preocupaciones medioambientales debido a que el metano es un gas de efecto invernadero. (Castillo-González, et al, 2014). La fermentación microbiana de los alimentos en el rumen origina los ácidos grasos volátiles (AGV) y la proteína microbiana, que son utilizados por el animal (Yañez-Ruiz, 2016).

### Botón de oro (*Tithonia diversifolia*)

En la producción animal, es común encontrar sistemas que se basan en el cultivo único de forrajes, en los cuales suelen utilizarse suplementos alimenticios con altos niveles de proteínas y carbohidratos solubles. En tales sistemas, a menudo se ha dado prioridad a la cantidad en lugar de la calidad por parte de los ganaderos y técnicos. Esto ha generado



Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

diversas complicaciones relacionadas con los niveles de proteína y grasa en la alimentación de los animales (Rúgeles, 2021).

Según Guatusmal et al (2020), la adopción de sistemas silvopastoriles (SSP), como la creación de cercas vivas o la incorporación de árboles dispersos en los pastizales, ofrece diversas ventajas en comparación con los métodos convencionales. En el caso de los bancos forrajeros (BF), se emplean especies de plantas leñosas y herbáceas que se adaptan a la región y se cultivan en densidades elevadas con el propósito de asegurar un suministro adecuado de proteínas, energía y fibra para el ganado rumiante. Especies como el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y el saúco (*Sambucus nigra*), podrían llegar a ser una opción en suplementación para rumiantes, sobre todo en épocas de escasez de pasturas.

La *Tithonia diversifolia* o más conocida como botón de oro, es una planta herbácea perteneciente a la familia Asteracea, originaria de Centroamérica. Es una planta que posee un amplio rango de adaptación, tolerante a condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo. Además, es una especie con buena capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento, una baja demanda de insumos y manejo para su cultivo (Barcia, 2022). La *Tithonia diversifolia* según Gallego et al. (2015) presenta alta producción de biomasa, con reportes de 19 t ha<sup>-1</sup> MS-1 al año. Esta presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie con potencial en alimentación animal (Barcia, 2022). Se destaca por su notable contribución de proteínas, con niveles que pueden alcanzar hasta un 25 % de proteína cruda (PC), y su contenido de aminoácidos esenciales en proporción a la cantidad total de proteína. Adicionalmente, contiene un nivel positivo de extracto libre de nitrógeno (ELN), como lo indicado en el estudio de Cardona et al. (2017), el cual mostró un contenido del 29,5 % a los 70 días después del rebrote.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

En la tabla 1 se puede observar la clasificación taxonómica de la *Tithonia diversifolia* como planta objetivo de estudio en esta propuesta de investigación.

**Tabla 1.** Taxonomía del Botón de oro (*Tithonia diversifolia*)

División:	Spermatophyta
Clase:	Dicotiledoneae
Subclase:	Metaclamídeas
Orden:	Campanuladas
Familia:	Compositae
Género	<i>Tithonia</i>
Especie:	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray

Fuente: (Barcia, 2022)

El forraje de *Tithonia diversifolia* demostró ser nutricionalmente excelente, destacándose por su elevado contenido de proteína cruda (PC), superando a las gramíneas forrajeras en este aspecto. Además, presenta niveles sustanciales de energía metabolizable (EM). Como se observa en la tabla 2, entre las distintas partes de la planta, las hojas sobresalen por su calidad nutricional superior, ofreciendo una mayor cantidad de nutrientes y siendo más fácilmente accesibles en comparación con los tallos (Navas y Montaña, 2019).

**Tabla 2.** Composición nutricional de las diferentes partes de la *Tithonia diversifolia*

Planta	MS (%)	PC (%)	DIVMS (%)	EM (Kcal)	FDN (%)	FDA (%)
Planta entera	19	20	57	2093	62	43
Hojas	19	27	55	2072	60	44



Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

Tallo	22	6	46	1779	70	55
-------	----	---	----	------	----	----

Donde, MS: materia seca; PC: proteína cruda; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca;

EM: energía metabolizable; FDN: fibra detergente neutro y FDA: fibra detergente ácido.

Fuente: Navas y Montaña, 2019

Los rumiantes albergan en su sistema digestivo, específicamente en el rumen y retículo, una comunidad de microorganismos que tiene la capacidad de fermentar los alimentos, en su mayoría los que contienen fibra. En la actualidad, se realizan esfuerzos encaminados a diversificar la oferta forrajera y se promueven sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* una alternativa para la alimentación de ganado en producción lechera. (Gallego et al. 2017, Galindo et al. 2018 y Rivera et al. 2021).

Algunas forrajeras arbustivas además de ser utilizadas para alimentación animal pueden ser usadas también como cercas vivas y ornamentales. Además, la utilización de este tipo de arbustos es fundamental tener presente el contenido de fenoles y taninos, los cuales, al ser consumidos por los animales, tienen la posibilidad de originar inconvenientes de toxicidad potencial, baja palatabilidad y digestibilidad (Cerdas & Ramírez, 2018).

La concentración de proteína en la planta oscila entre el 14.0% y el 36.6%. Los animales muestran una preferencia por consumir toda la planta, especialmente sus hojas y flores. Este patrón de alimentación beneficia el equilibrio en el rumen y mejora la eficiencia en la conversión del amonio en proteína microbiana. Esto, a su vez, puede resultar en una reducción de los gastos energéticos asociados con las pérdidas de amoníaco, metano y CO<sup>2</sup> en el rumen, lo que aporta a la disminución potencial de impactos ambientales negativos. (Gallego, et al, 2022)



### Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

El Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) puede llegar a convertirse en una materia prima importante para la elaboración de suplementos balanceados, los cuales son muy utilizados en las ganaderías de alta producción lechera y puede llegar a disminuir costos de producción, dado que los cereales como el maíz y los subproductos de oleaginosas como la torta de soya, presentan cada vez precios de mercado más elevados (Barcia, 2022). Según la investigación de González et al. (2014), se caracteriza a la *Tithonia diversifolia* como una planta con un contenido proteico altamente valioso, además de presentar una cantidad de carbohidratos solubles superior en comparación con otras plantas forrajeras. A pesar de que su contenido de taninos no es significativamente alto, su presencia no impacta de manera significativa en la actividad ruminal, este hecho podría desempeñar un papel fundamental en el desempeño productivo de los animales, ya que se espera que contribuya a la salud del rumen y, por ende, genere beneficios económicos y ambientales significativos.

Según Londoño et al (2019), la *Tithonia diversifolia* es un arbusto originario del sur de México y centro América la cual se ha extendido a diferentes partes del mundo, esta planta se caracteriza por su alto grado de adaptabilidad, se puede encontrar entre 0 - 2500 msnm, con precipitaciones anuales entre 800 a 5000 mm y en diferentes tipos de suelo; tolera condiciones de acidez, de baja fertilidad y tiende a crecer a orillas de caminos, ríos y carreteras. Por ende, esta planta arbustiva tiene un potencial forrajero gracias a su tolerancia a la poda y a su buena capacidad de rebrote, la cual permite obtener buena cantidad de biomasa por unidad de área. Así mismo, el autor Arias (2019) encontró que el botón de oro ayuda la revitalización de suelos empobrecidos, además, que este presenta una resistencia frente a plagas y enfermedades. En relación con su contenido nutricional, se ha observado que sus hojas, debido a su amplia forma, albergan considerables cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio. Algunos expertos hacen referencia a niveles elevados de proteínas y carbohidratos fácilmente solubles.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

Por otra parte, el autor Cabanilla et al (2021) realizó una investigación donde evaluó el nivel nutricional del botón de oro a diferentes edades de corte, como resultado obtuvo que el nivel de proteína cruda más alto era a los 30 y 45 días de edad con 24,68% y 22,60% respectivamente. Sin embargo, la composición de MS fue mayor a los 75 días de edad con 21,80% y 84,85% respectivamente (Tabla 3).

**Tabla 3.** Composición bromatológica de *Tithonia diversifolia* cosechada a diferentes edades de corte durante la época seca

TRAT	MS (%)	MO (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)
T1	8,64 <sup>c</sup>	80,20 <sup>b</sup>	24,68 <sup>a</sup>	41,56 <sup>a</sup>	29,69 <sup>a</sup>
T2	9,86 <sup>c</sup>	80,60 <sup>b</sup>	22,60 <sup>a</sup>	42,73 <sup>a</sup>	31,78 <sup>a</sup>
T3	16,35 <sup>b</sup>	84,76 <sup>a</sup>	15,17 <sup>b</sup>	46,94 <sup>a</sup>	35,80 <sup>a</sup>
T4	21,80 <sup>a</sup>	84,85 <sup>a</sup>	12,37 <sup>b</sup>	47,10 <sup>a</sup>	34,96 <sup>a</sup>
EEM	0,39	0,71	1,13	2,25	1,64
Valor P	<0,001	<0,001	<0,001	0,237	0,073

Donde, MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro y fibra detergente ácido. T1: 30 días de corte; T2: 45 días de corte; T3: 60 días de corte; T4: 75 días de corte; MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutra; FDA: Fibra detergente ácida.

Fuente: (Cabanilla et al, 2021)

Así mismo, Mahecha et al. (2007) citado por Gallego, et al, (2022), realizaron un estudio donde evaluó el efecto de inclusión del forraje de *Tithonia diversifolia* como reemplazo parcial del alimento concentrado en vacas cruzadas Holstein por Cebú, sin encontrar diferencias en la



### Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

producción y la calidad de la leche, por lo que recomiendan su uso como opción estratégica para la producción bovina.

Por otro lado, el entorno ruminal de los bovinos que se alimenta mayormente de forrajes que no han pasado por procesos de fertilización por lo que tienden a carecer de nitrógeno, lo anterior, hace que haya una limitación en la producción de microorganismos ruminales, como consecuencia, esto impide que la producción de biomasa microbiana no alcance su máximo potencial (Arias, 2019). Sin embargo, al proporcionar suplementos ricos en nitrógeno a los animales, la productividad aumenta gracias al impacto que esto tiene en los microorganismos presentes en el rumen. Estos microorganismos son posteriormente aprovechados en etapas posteriores a la digestión, contribuyendo así al rendimiento general del animal por aportar cantidades significativas de proteína metabolizable comúnmente de alto valor biológico por estar compuestas de aminoácidos esenciales (Arias, 2019).

Así mismo, el autor Del Pezo (2022) realizó una revisión bibliográfica sobre botón de oro, donde encontró que la inclusión de *Tithonia diversifolia* en la dieta de bovinos se presenta como una alternativa beneficiosa, ya que proporciona una fuente de proteínas, minerales y carbohidratos. Este recurso puede ser empleado en la alimentación de bovinos, ya sea como suplemento en pastoreo, el cual tiene un impacto positivo en la disminución de la carga parasitaria. Gracias a su composición química, esta especie resulta adecuada como fuente proteica para los rumiantes, y puede servir como un sustituto viable de ingredientes como el salvado de trigo, gracias a su contenido aceptable de fibra cruda y nitrógeno. Esto permite a los animales obtener la energía necesaria para su desarrollo productivo de manera efectiva.

#### **Técnica de producción de gas *in vitro***



Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

La digestibilidad de los forrajes o las raciones completas para ganado pueden ser estimadas por métodos biológicos, algunos de los cuales pretenden simular el proceso de digestión, uno de los métodos más utilizados es el de producción de gas in vitro (Menke et al., 1979). La metodología de generación de gas *in vitro* posibilita la obtención de la cinética de degradación de los alimentos destinados al ganado al incubarlos en frascos. El fundamento de esta técnica radica en que el gas generado resulta de la fermentación ruminal; dicho gas, contenido en los frascos, se registra mediante un dispositivo de presión digital normalizado. A través de esta técnica, podemos inferir que el volumen de gas producido refleja cierta cantidad de degradabilidad de la materia seca. Siguiendo este principio, podemos deducir las similitudes o diferencias en la degradabilidad de diversos sustratos. (Muro-Reyes et al. 2017)

## METODOLOGÍA

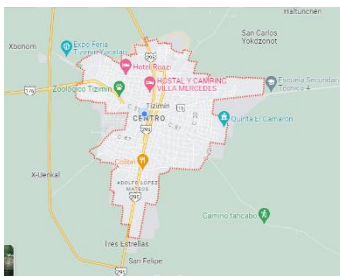
### Ubicación y características agro-climatológicas

El presente proyecto se realizó en el municipio de Tizimín (ilustración 1) ubicado al noreste del estado de Yucatán México, donde según weather spark (s,f) el período de clima cálido abarca alrededor de 1.9 meses, desde el 8 de abril hasta el 4 de junio, con una temperatura máxima diaria promedio superior a los 34°C. Mayo destaca como el mes más cálido en Tizimín, presentando una temperatura máxima promedio de 35°C y una mínima de 23°C. Por otro lado, la temporada fresca se extiende durante unos 3.3 meses, desde el 30 de octubre hasta el 10 de febrero, con una temperatura máxima diaria promedio inferior a los 30°C. El mes más frío en Tizimín es enero, registrando una temperatura mínima promedio de 18°C y una máxima de 29°C.

La distancia desde la capital del estado hasta Tizimín es de aproximadamente 160 kilómetros. Debido a su ubicación geográfica, limita al este con el Golfo de México y al oeste con los municipios de Temozón, Calotmul, Espita, Siculá, Panabá y Río Lagartos. Según el mapa de la República Mexicana, el municipio de Tizimín se encuentra en las coordenadas 21° 08' 34" de latitud norte, que está justo al sur del Trópico de Cáncer, y 88° 09' 04" de longitud oeste, medida desde el Meridiano de Greenwich. La superficie total de Tizimín abarca alrededor de 413,237 kilómetros cuadrados, con una altitud promedio de 17 metros sobre el nivel del mar. Además, según el tercer censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2010, el municipio de Tizimín tenía una población total de 73,135 habitantes. (Municipios.mx, 2023)

***Ilustración 1. Tizimín/Yucatán***

## Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo



Fuente: Google Maps, 2023

### Infraestructura y equipos

El presente estudio se desarrolló en las instalaciones del Instituto tecnológico (ilustración 2) de Tizimín Yucatán, exactamente en el área de producción bovina, se utilizaron dos vacas adultas fistuladas de raza Simbrah que se encuentran con el mismo estado fisiológico. Así mismo, se utilizó el laboratorio de suelos-planta y agua para llevar a cabo análisis de las muestras.

#### *Ilustración 2. Instituto Tecnológico Campus Tizimín*



Fuente: Autor (2023)

### Recolección y obtención de muestras forrajeras

Se recolectó el follaje de *Tithonia diversifolia* (ilustración 3) de una parcela del área de forrajes del Instituto Tecnológico de Tizimín, el corte de la planta se realizó a los 30 días de edad a una altura de 0,50 metros del suelo, el follaje fue secado en una estufa de aire forzado durante 48 horas a 55°C, transcurrido este lapso, el follaje fue procesado en un molino tipo

### Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

Willey a tamaño de partícula de 0.8 mm. Las parcelas del banco forrajero se establecieron por estacas en el año 2017 a una densidad de siembra de 1.0 x 0.5 m entre hilera y planta, respectivamente (Luna-Mendicuti, 2021). Previo a la obtención de la planta para las dietas experimentales, se realizó un corte de uniformización a 0.50 metros de altura sobre el ras de suelo para poder obtener las edades de rebrote de 30 días.

#### **Ilustración 3. Parcela de *T. diversifolia***



Fuente: Autor (2023)

#### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron: dieta control (T0) 0% de inclusión de harina de follaje de *Tithonia diversifolia*, dieta con un 15% de inclusión de harina de follaje de *Tithonia diversifolia* (T15), dieta con inclusión del 30 % de harina de follaje de *Tithonia diversifolia* (T30) y una dieta con un 45% de inclusión de harina de follaje de *Tithonia diversifolia* (T45). Para la degradabilidad *in vitro* se utilizó como unidad experimental un frasco de vidrio ámbar de 120 ml de capacidad y en cada replica se incubó la dieta correspondiente al tratamiento respectivo.

Para la elaboración de las dietas experimentales se utilizó forraje cosechado a la edad de rebrote de 30 días a una altura de corte (0.50 m). Se elaboraron cuatro dietas para hembras de raza brahmán en etapa de crecimiento (Tabla 4). Se incluyó harina de follaje de *T. diversifolia* a cada dieta experimental. Las dietas se formularon con base a recomendaciones

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

del software BR-CORTE (2016) y balanceadas a través del programa Feedsoft. Así mismo, el contenido de MS (Materia seca), EM (Energía metabolizable), PC (Proteína cruda), están basados en la base de datos BR-CORTE (2016), para animales en crecimiento con un peso promedio de  $275 \pm 25$  Kg de raza Brahma con una GDP de 850 gramos. Las dietas fueron balanceadas para ser isoenergéticas e isoproteicas.

**Tabla 4. Dietas experimentales**

	<b>Td0</b>	<b>Td15</b>	<b>Td30</b>	<b>Td45</b>
<b>Ingredientes</b>	<b>USO %</b>	<b>USO %</b>	<b>USO %</b>	<b>USO %</b>
Harina de Maíz	49,60	25,00	29,10	23,50
Pan Rayado	20,00	35,90	23,89	13,95
Palmiste	13,00	12,00	5,00	5,00
Harina soya	12,40	7,00	7,00	5,00
Melaza de caña	5,00	5,00	5,00	5,00
Aceite de soya	0,01	0,10	0,01	2,54
<i>Tithonia diversifolia</i>	-	15,00	30,00	45,00
<b>Contenido</b>				
EM(Mj/Kg)	11,60	11,37	11,01	11,00
PC (%)	14,00	14,32	14,50	14,50
MS (%)	51,59	59,95	45,43	37,02

Donde: Td0: Tratamiento testigo; Td15: Tratamiento con 15% de *Tithonia diversifolia*; Td30: Tratamiento con 30% de *Tithonia diversifolia*; Td45: Tratamiento con 45% de *Tithonia diversifolia*; EM: Energía metabolizable; PC: Proteína cruda; MS: Materia seca.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo
**Tabla 5.** Composición química de materias primas

Alimento	PB%	FDN%	EE%	Almidón	Azucares
Harina De Maíz	20,5	31,6	2,6	15,0	2,2
Pasta De Soya	44,0	12,8	1,9	0,5	7,0
Palmiste	16,13	63,8	1,8	0	2,0
Pan Rayado	13,0	7,9	1,7	55,0	6,5
Melaza De Caña	4,3	0	0,1	0	46,0

Donde: PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutra; EE: extracto etéreo

Fuente: FEDNA (2021)

### Animales experimentales y manejo

Se utilizaron dos vacas de raza Simbrah de  $381,25 \pm 54$  kg de peso vivo provistas de una fístula ruminal (Bar Diamond, Parma, Idaho, USA), que permanecieron alojadas en corrales con bebederos para proporcionar agua a libre acceso. Las cuales tuvieron un período de adaptación de 2 a 3 semanas al manejo y a las dietas experimentales (tabla 5), con el fin de estimular el crecimiento de la flora y fauna ruminal. Así mismo, para la degradación *in vitro* se utilizaron los mismos sujetos experimentales como donadoras de líquido ruminal. El líquido ruminal se obtuvo a través de una cánula ruminal, y posteriormente se colocó en un termo hermético a 39 °C en condiciones anaeróbicas y se transportó hasta el laboratorio para luego filtrarlo con ocho capas de gasas de algodón estéril con tejido tipo VII 20 x 12.

Los animales se alimentaron con forraje fresco picado de *Pennisetum purpureum* con tamaño de partícula de aproximadamente 3 centímetros y de 8 semanas de rebrote. El forraje se ofreció diariamente a las 9:00 y las 16:00 horas, al igual la dieta suplementar compuesta por maíz, soya, palmiste y harina de pan, como se observa en la tabla 3. Toda la dieta fue ofertada a los animales en proporciones que oscilen entre el 2 – 3% PV en materia seca, acordes a los requerimientos.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

**Tabla 6.** *Ingredientes y niveles de inclusión del alimento para adaptación de animales experimentales.*

Ingrediente	% Inclusión
<i>Pennisetum purpureum</i>	50,00
Harina de maíz	20,00
Pasta de soya	8,7
Palmiste	5,0
Melaza	5,0
Pan rallado	11,29

**Técnica de producción de gas *in vitro***

La cinética de la fermentación ruminal se determinó con la producción de gas *in vitro*. Se empleo la técnica de gas *in vitro* descrita por Menke y Steingass (1988) y modificada por Theodorou et al. (1994). Para cada dieta experimental se pesó 0.5 g en base seca de muestra; las dietas experimentales fueron previamente colocadas en una estufa de aire forzado para el secado durante un periodo 48 horas a 55°C y posteriormente se incubaron con 90 ml de inóculo ruminal.

El inóculo ruminal estuvo compuesto por una mezcla en proporciones de 1: 9, (líquido ruminal: solución mineral reductora) en un frasco de vidrio ámbar de 120 ml de capacidad. La solución mineral se elaboró con 680 ml de H<sub>2</sub>O, 75 ml de solución A (6,0 g de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> por litro de H<sub>2</sub>O), 75 ml de solución B (6,0 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 6,0 g de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 12 g de NaCl, 2,45 g de MgSO<sub>4</sub> y 1,6 g de CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O por litro de H<sub>2</sub>O), 50 ml de solución C (80 g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> por litro



### Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

de H<sub>2</sub>O) y 20 ml de solución reducida (2.5 g L de cisteína, 15 ml de NaOH (2N), 7.69 g de Na<sub>2</sub>S<sub>9</sub>H<sub>2</sub>O y 0.1 ml de Resazurina al 1%). Cada tipo de solución se preparó por separado empleando un vaso de precipitado, una plancha con agitador magnético. (Luna-Mendicuti, 2021)

El agua destilada fue calentada minutos antes a una temperatura de 55°C para la disolución de elementos. El medio de incubación se preparó de acuerdo con recomendaciones de Menke y Steingass (1988) bajo flujo constante de CO<sub>2</sub>. Las botellas se sellaron con un prensador de mano ajustable modelo 22316-U de la marca Superco® y fueron incubadas en una estufa de cultivo bacteriológico (Luzeren®) a 39 °C y cada 30 min las botellas fueron agitadas manualmente. Se aplicaron seis botellas de cada tratamiento como repeticiones y tres adicionales como blanco. (Luna-Mendicuti, 2021).

La presión de gas (Kg/cm) se registró manualmente con un manómetro (Metron®), así mismo, en una bitácora de Excel ® , se realizó el ajuste de la presión restando el promedio de los blancos, se transformó la presión a volumen fraccional de gas (ml) con la fórmula  $V=(p+0,0273)/0,0296$  donde V es el volumen, p la presión y 0.0273 el factor de conversión estimado por regresión donde se obtuvo una R<sup>2</sup> de 0.98; se realizó el ajuste del Volumen fraccional de gas por gramo de sustrato y se transformó a Volumen acumulado de gas (ml/g) y el volumen de producción total de gas (producción total de gas). Se estimó la producción total de gas por cada gramo de MS fermentada. La producción total de gas (PTG) se registró en los siguientes tiempos de incubación 0, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42, 48, 60, y 72 horas de incubación.

#### **Cinética de fermentación de gas *in vitro* y fracciones fermentables**

El volumen máximo (V<sub>m</sub>, mL/g), la tasa de fermentación (S, /h) y la fase de retraso o tiempo de colonización de microorganismos para iniciar la fermentación (L,/h) y la producción



### Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

de gas se estimaron en el programa NLIN del software SAS (SAS, 2006) utilizando el siguiente modelo logístico:  $V = V_m / (1 + e^{(2 - 4S)(t - L)})$  (Pell y Schofield 1993), donde V= volumen de gas en el tiempo (t),  $V_m$ = volumen máximo de gas, S= tasa de fermentación específica (similar a la tasa de degradación) y L= tiempo hasta la colonización de microorganismos. Volúmenes de gas acumulados durante el intervalo de tiempo de 0 a 8 h ( $V_{f0-8}$ ), de 8 a 24 h ( $V_{f8-24}$ ) y de 24 a 72 h ( $V_{f24-72}$ ) de incubación también fueron registrados; estos volúmenes se utilizaron para estimar las fracciones de fermentación rápida [FR] (mg/g de forraje), fermentación media (FM) y fermentación lenta (FL) según las ecuaciones de regresión lineal propuestas por Miranda et al. (2015):  $FR = V_{f0-8} / 0.427$ ,  $FM = V_{f8-24} / 0.615$  y  $FL = V_{f24-72} / 0.345$ . La suma de las tres fracciones es considerada como la fracción fermentable total (FFT). (Luna-Mendicuti, 2021)

#### Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

La determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS 72h) se obtuvo a través de los residuos de cada tratamiento obtenidos después de una incubación de 72 h. Los residuos se filtraron a través de papel filtro cuantitativo (no libre de cenizas), con apoyo de un vaso portafiltro (MILLIPORE® modelo XX1104700) y la ayuda de una bomba de vacío. La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS 72h) se estimó secando el material residual a 55 °C hasta lograr peso constante. Posteriormente, la DIVMS 72h (%) se calculó basándose en la MS inicial y residual, se corregirá con la MS residual en los blancos (Monforte et al., 2005).

#### Análisis químico

Las muestras de materias primas (Pasta de soya, Harina de maíz, Palmiste y Pan) y forraje para la mezcla (*Tithonia diversifolia*) fueron secadas a 55 °C en una estufa por 48 h para la determinación de MS, estas fueron molidas a través de un molino tipo Willey con un tamaño



### Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

de partícula de 0.8 mm. Así mismo se realizó determinación de MS de las dietas experimentales mediante el mismo proceso anterior.

#### **Análisis estadístico**

Para el análisis de datos obtenidos en la técnica de producción de gas *in vitro*, los datos de producción total de gas a las 72 horas (PTG72) y la cinética de fermentación ( $V_m$ , S, L, FR, FM, FL, FFT) fueron analizados utilizando un modelo lineal general (GLM) con el software InfoStat 2019e, a través de un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey; se consideró diferencias estadísticas cuando  $p < 0.01$

## RESULTADOS

### Composición nutricional de la *Tithonia diversifolia*

Datos obtenidos de la composición nutricional de la *Tithonia diversifolia* a una edad de corte de 30 días, utilizada para el presente estudio (tabla 7).

**Tabla 7.** Resultado de análisis bromatológico del follaje *T. diversifolia* a los 30 días de edad.

ítems	Ms %	Mo %	Cz %
Mezcla <i>T. divesifolia</i>	11,53	84,62	15,38
Hoja <i>T. divesifolia</i>	14,11	82,22	17,68
Tallo tierno de <i>T. divesifolia</i>	12,44	80,47	19,53
Tallo maduro de <i>T. divesifolia</i>	16,41	89,68	10,32

Donde: *T. diversifolia*: *Tithonia diversifolia*; Ms: Materia seca; Mo: Materia orgánica; Cz: Cenizas

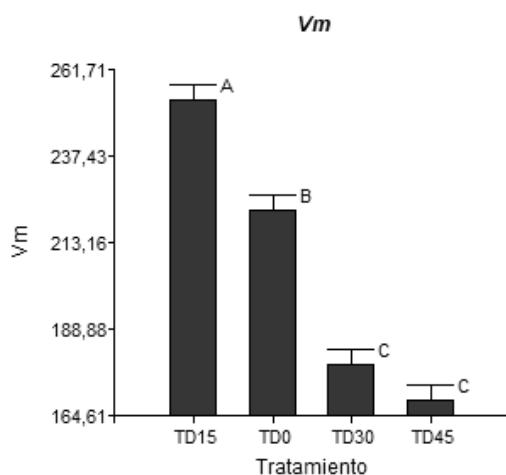
### Efecto de inclusión de *Tithonia diversifolia* en dietas de bovinos de engorda sobre la fermentación ruminal *in vitro*

En condiciones *in vitro* se observó que el tratamiento TD15 presento una mayor producción de volumen máximo acumulado de gas y producción de gas total (PTG) a las 72 h de fermentación, con respecto a los demás tratamientos experimentales ( $p < 0.01$ ). La cantidad de materia seca de la dieta del tratamiento TD15 fue de 59.95%, mayor con respecto a los demás tratamientos, por tanto, se tiene una mayor cantidad de nutrientes para su degradación y fermentación. Lo anterior, se puede afirmar porque según el autor Villegas et al (2010), la variable Volumen máximo se relaciona con la fermentación potencial de un alimento y con la cantidad, disponibilidad y

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

composición química del sustrato. Por ende, a mayor cantidad de materia seca (más nutrientes) se produce una mayor cantidad de volumen de gas. Entre los principales nutrientes de las dieta, se encuentran carbohidratos de rápida fermentación presentes en el maíz molido, las harina de pan y melaza (p. ej almidón, carbohidratos solubles, respectivamente), también contiene proteína presente en pasta de soya, palmiste y follaje de botón de oro (*T.diversifolia*) y ácidos grasos en el aceite de soya.

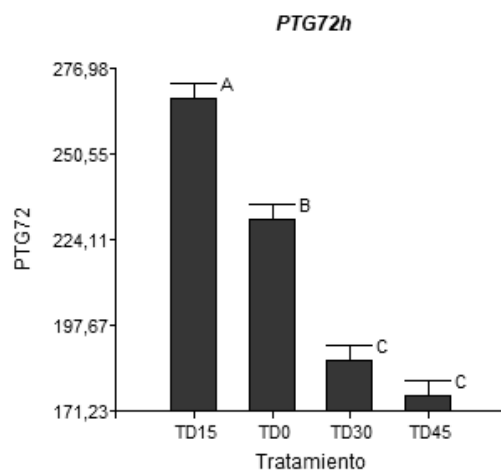
**Gráfico 1.** Volumen máximo acumulado (mL/g MS), de los tratamientos experimentales a las 72 h de fermentación *in vitro*.



Donde: Vm (mL/gMS): volumen máximo; TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45% ABC: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

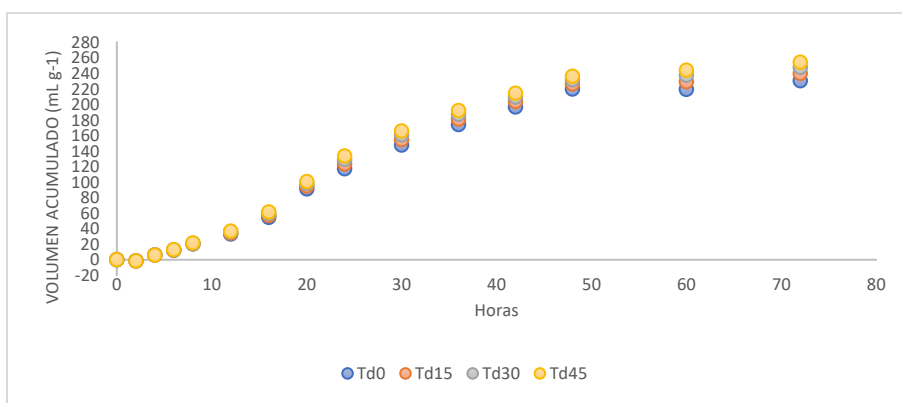
**Gráfico 2.** Producción de gas total a las 72 horas de fermentación en los tratamientos experimentales

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo



Donde: PTG72h: Producción de gas total a las 72 horas; TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45%; ABC: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ ).

**Gráfico 3. Promedio de volumen acumulado (mL/g)**

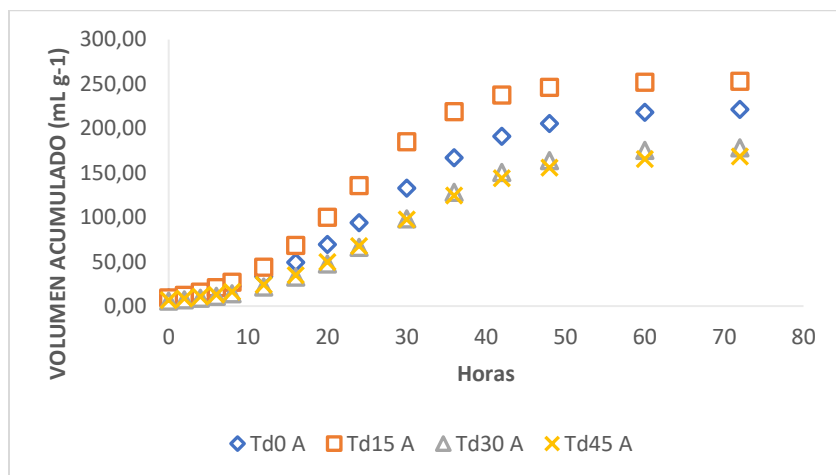


Donde: TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45%.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

En el grafico anterior (gráfico 3) se puede observar el promedio de volumen acumulado de los datos obtenidos, y se puede inferir que la mayor producción de gas ocurrió a las 48 h.

**Gráfico 4.** Promedio de volumen acumulado (mL/g) de datos ajustados

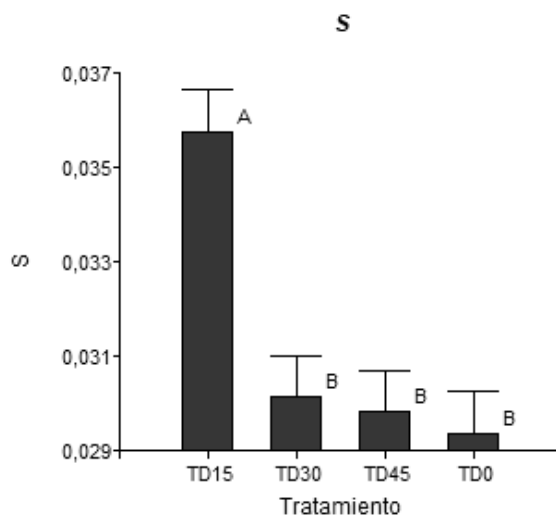


Donde: TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45%.

A los datos obtenidos en condiciones *in vitro* se les realizó un ajuste con la ecuación  $V = Vm / (1 + e^{(2-4s(t-L))})$  planteada por Pell y Schofield 1993, con el fin observar el comportamiento de los tratamientos. En el gráfico anterior se puede inferir que el tratamiento con mayor producción de volumen acumulado fue el Td15 y su pico de producción de gas fue a las 48 h. Lo anterior, se puede entender que el tratamiento de 15% de inclusión de *Tithonia diversifolia* tuvo una mayor fermentación y, por ende, una mayor degradabilidad.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

**Gráfico 5.** Tasa de fermentación S/h (mL/g MS) por hora a las 72 h de fermentación en los tratamientos experimentales.



Donde: S: tasa de fermentación; TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15:

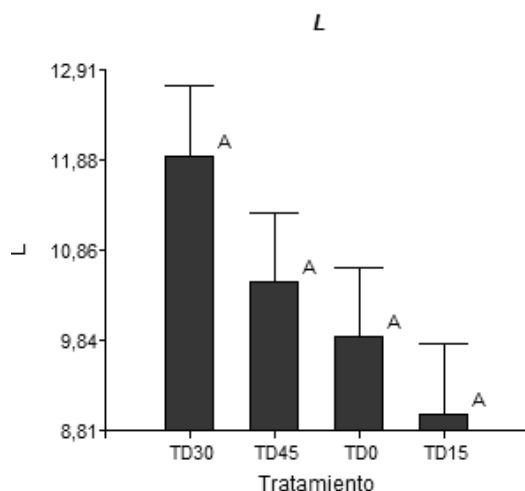
*Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al

45% ABC: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

La tasa de fermentación (S) (gráfico 5) de la dieta TD15 (0.036/ h) fue un 16.7 % mayor respecto a los demás tratamientos ( $p \leq 0.01$ ). según el autor Villegas et al (2010), la tasa de fermentación es velocidad con la cual los microorganismos del rumen fermentan los componentes del alimento. Por ende, se entiende que el Td15 contenía una mayor cantidad de materia seca (mayor cantidad de nutrientes disponibles) para su degradación y fermentación.

**Gráfico 6.** Fase de retraso o tiempo de colonización de microorganismos para iniciar la fermentación (L) en los tratamientos experimentales.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

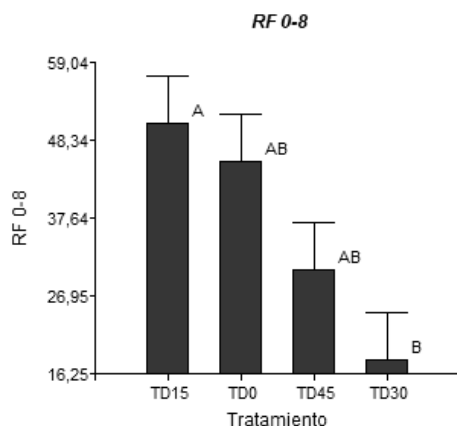


Donde: L: tiempo lag; TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45% ABC: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

Respecto al tiempo de colonización (L) (gráfico 6) no se presentaron diferencias entre tratamientos ( $p > 0.01$ ). Sin embargo, en el TD15 el tiempo de colonización de los microorganismos fue de 8.99 h, menor con respecto a los demás tratamientos (TD0= 9.87 h; TD45= 10.49 h; TD30= 11.93 h). Al tener una mayor cantidad de sustrato en el TD15, relacionado con una mayor cantidad de materia seca, la colonización de microorganismos es más rápida, así como el establecimiento de las condiciones de anaerobiosis y potencial de oxido reducción óptimos para el crecimiento microbiano.

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

**Gráfico 7. Fracción de rápida fermentación (0-8h)**



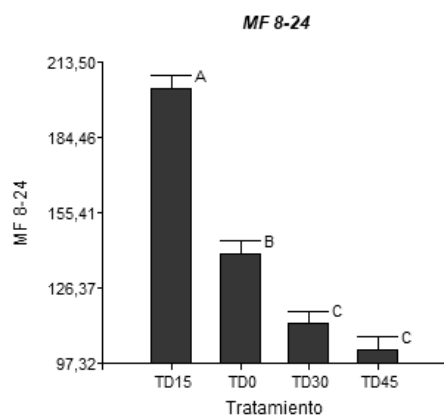
Donde: RF 0-8: Fracción de rápida fermentación (0-8h); TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45% ABC: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

Respecto a la fracción de rápida fermentación (0-8h) (fermentación de carbohidratos solubles), el TD15 tuvo diferencia ( $p < 0,01$ ) respecto a los demás tratamientos, lo anterior puede deberse a la mayor presencia de carbohidratos solubles en la dieta como lo es la melaza de caña que contiene azúcares solubles, según FEDNA (2021) la melaza de caña contiene un 46% de azúcar, así mismo, el autor Dhanoa et al (1980), la *Tithonia diversifolia* contiene una alta proporción de carbohidratos fermentables simples, como azúcares y fructanos. Estos carbohidratos son degradados rápidamente por los microorganismos ruminales en las primeras horas de incubación, lo que resulta en una mayor producción de gas y una mayor Fracción de

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

rápida fermentación. Y de igual forma este efecto se puede atribuir a la disponibilidad de sustrato para los microorganismos.

**Gráfico 8.** Fracción de mediana fermentación (8-24h)



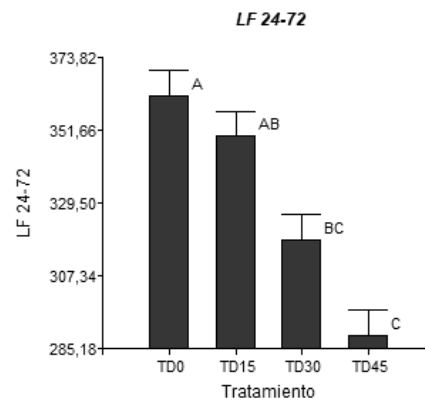
Donde: MF8-24: Fracción de mediana fermentación (8-24h); TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45% ABC: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

Respecto a la fracción de mediana fermentación (8-24h) (fermentación de almidón y pectinas), el TD15 tuvo diferencia ( $p < 0,01$ ) respecto a los demás tratamientos, lo anterior puede deberse a la mayor presencia de almidón, el cual está presente en la harina de maíz y en el pan rallado. Según FEDNA (2021), la harina de maíz y el pan rallado contienen un 15% y un 55% de almidón respectivamente. Así mismo, el autor Dhanoa et al (1980), la *Tithonia diversifolia* contiene una variedad de carbohidratos fermentables, incluyendo azúcares, fructanos, almidón y celulosa. En este caso el almidón es un componente que presenta un fermentación más lenta a comparación de los azúcares solubles, sin embargo, este se degrada por los

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

microorganismos ruminales entre las 8 a 24 horas de incubación, por ende, se clasifica como un componente de mediana fermentación.

**Gráfico 9. Fracción de lenta fermentación (24-72h)**



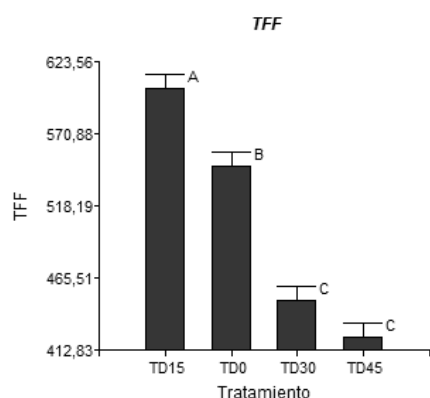
Donde: LF 24-72: Fracción de lenta fermentación (24-72h); TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45% ABC: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

Respecto a la fracción de lente fermentación(24-72h), el TD0 presento una diferencia ( $p < 0.01$ ) en comparación los demás tratamientos. Lo anterior puede deberse a que la dieta TD0 contiene mayor cantidad de harina de maíz y palmiste, los cuales contienen niveles mayores de fibra a diferencia de los demás tratamientos. Lo anterior se puede afirmar porque según FEDNA (2021), la harina de maíz contiene un 31,6 % de FDN y el palmiste contiene un 63,8% de FDN respectivamente. Así mismo, según Dhanoa et al (1980), la fermentación se puede ver afectada según la cantidad y calidad de los carbohidratos, proteínas y grasas en la dieta lo cual pueden

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

afectar la disponibilidad de sustratos fermentables para los microorganismos y la actividad microbiana, lo cual quiere decir que va a ser más lenta su fermentación.

**Gráfico 10.** Fracción fermentable total (TFF)



Donde: TFF: Fracción fermentable total; TD0: sin inclusión de *Tithonia diversifolia*; TD15: *Tithonia diversifolia* al 15%; TD30: *Tithonia diversifolia* al 30%; TD45: *Tithonia diversifolia* al 45% ABC: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

Respecto a la fracción fermentable total (TFF), el TD15 presentó una mayor fermentación *in vitro* a nivel ruminal ( $p < 0.01$ ) a diferencia de los demás tratamientos. Lo anterior se puede atribuir a lo que se obtuvo en las fracciones fermentables (FFR Y FFM), puesto que el Td15 presentó mayor incidencia en estas fracciones, lo cual quiere decir que tiene un mayor potencial de fermentación a nivel ruminal.

La fracción de rápida fermentación (RF) (gráfico 7) fue mayor en Td15 (50,662 mg/g) seguido de Td0, Td45 y Td30 quien tuvo menor fermentación (18,193 mg/g, p-valor 0,0079). La fracción de mediana fermentación (MF) (gráfico 8) fue mayor en Td15 (203,482 mg/g) seguido de Td0, Td30 y Td45 quien tuvo menor fermentación (102,603 mg/g, p-valor  $< 0,0001$ ). La

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La  
 Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

fracción de lenta fermentación (LM) (gráfico 9) fue mayor en Td0 (362,258 mg/g) seguido de Td15, Td30 y Td45 quien tuvo menor fermentación (289,205 mg/g, p-valor <0,0001). La Fracción Fermentable Total (TFF) (gráfico 10) fue mayor para Td15 (604,043 mg/g) a diferencia de Td0 (547,312 mg/g); Td30 y Td45 no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos.

**Tabla 8.** Resultados de variables evaluadas.

Variables	Tratamiento					P-valor
	Td0	Td15	Td30	Td45	EEM	
<b>S (/h)</b>	0,030 <sup>b</sup>	0,036 <sup>a</sup>	0,030 <sup>b</sup>	0,030 <sup>b</sup>	0,001	<0,010
<b>L (/h)</b>	9,872 <sup>a</sup>	8,998 <sup>a</sup>	11,934 <sup>a</sup>	10,495 <sup>a</sup>	0,788	0,092
<b>Vm (mL/g)</b>	222,191 <sup>b</sup>	253,125 <sup>a</sup>	178,837 <sup>c</sup>	169,021 <sup>c</sup>	4,172	<0,010
<b>RF 0-8 (mg/g)</b>	45,383 <sup>ab</sup>	50,662 <sup>a</sup>	18,193 <sup>b</sup>	30,600 <sup>ab</sup>	6,433	0,007
<b>MF 8-24 (mg/g)</b>	139,671 <sup>b</sup>	203,482 <sup>a</sup>	112,488 <sup>c</sup>	102,603 <sup>c</sup>	4,739	<0,010
<b>LF 24-72 (mg/g)</b>	362,258 <sup>a</sup>	349,898 <sup>ab</sup>	318,394 <sup>bc</sup>	289,205 <sup>c</sup>	7,536	<0,010
<b>TFF (mg/g)</b>	547,312 <sup>b</sup>	604,043 <sup>a</sup>	449,075 <sup>c</sup>	422,409 <sup>c</sup>	9,936	<0,010
<b>PTG72 (mL/g)</b>	230,374 <sup>b</sup>	267,615 <sup>a</sup>	186,905 <sup>c</sup>	176,038 <sup>c</sup>	4,562	<0,010

S: tasa de fermentación; Vm: Volumen máximo; L: tiempo lag; RF 0-8: fracción de rápida fermentación; MF: fracción de media fermentación; LF: fracción de lenta fermentación; TFF: fracción fermentable total; E.E.M: Error estándar de la media; abc: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

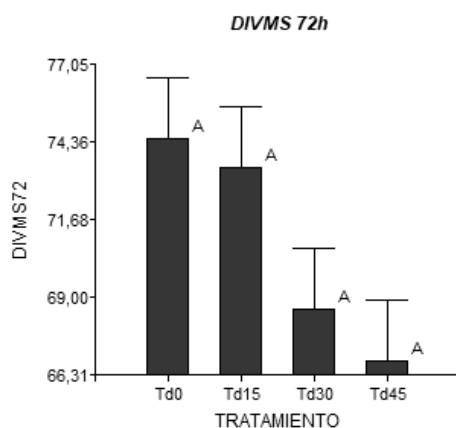
### Digestibilidad *in vitro* de materia seca

Como resultado obtenido para la digestibilidad de la materia seca a las 72 de incubación mediante la técnica *in vitro* estadísticamente no hubo diferencias significativas entre

Inclusión De Niveles Crecientes De *Tithonia diversifolia* Sobre La Degradabilidad Ruminal *In Vitro* De La Dieta De Bovinos En Trópico Bajo

tratamientos (gráfico 11); sin embargo, se observó que la dieta control y Td15 tuvieron una mejor degradabilidad a nivel ruminal (gráfico 11).

**Gráfico 11.** Digestibilidad *in vitro* de MS a 72 h de incubación en los tratamientos experimentales.



Donde: DIV MS 72 h: Digestibilidad *in vitro* de materia seca; EE: error estándar de las medias abc: Medias con una letra común de superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ ).

Los resultados estadísticos no presentan diferencias entre tratamientos ( $p > 0.01$ ). Sin embargo, los tratamientos TD0 y TD15 presentan una mayor DIVMS a las 72 h de incubación (74.47% y 73.47%, respectivamente) con respecto a los demás tratamientos (TD30: 68,60%; TD45: 66,80%). En el TD0, se presenta una mayor cantidad de carbohidratos como el almidón presente en la harina de maíz, pan molido, etc. Y en el TD15 se tienen más nutrientes, debido a una mayor concentración de materia seca de la dieta.

## DISCUSIÓN

### **Composición nutricional de la *Tithonia diversifolia***

Como resultado del análisis bromatológico de la *Tithonia diversifolia* con 30 días de edad se obtuvo que el contenido de MS fue de 11,53%, Mo de 84,62% y contenido de ceniza de 15,38%. Los resultados obtenidos fueron similares al autor Meza-Bone (2022) donde en su estudio el contenido de MS de la *Tithonia diversifolia* a los 30 días de edad fue de 8,64%; Mo 80,20% y contenido de ceniza de 19,8%. Entendiendo lo anterior, a pesar de que se obtuvieron datos similares en el presente estudio se obtuvo un mayor contenido de Ms y Mo, esto podría deberse a las diferentes épocas de cosecha del follaje, puesto que en la investigación del autor Meza-Bone (2022) este corte se realizó en época seca, contrario a la metodología planteada en este estudio, debido a que el corte se llevó a cabo en época húmeda, y la disponibilidad de nutrientes es limitada.

### **Volumen máximo (Vm mL/g) producido**

Como resultado de la fermentación *In vitro* el volumen máximo (Vm mL/g) se encontró en el Td15 con 253,125 mL/g respectivamente. El autor Terry et al (2016) realizó un estudio sobre el efecto de inclusión de la *Tithonia diversifolia* donde en su nivel de inclusión de 15% el volumen acumulado a las 48h fue de 420,8 mL/g. Realizando la comparación entre los dos estudios, en el presente análisis se obtuvo una menor producción de gas a las 72h, lo cual podría deberse a la cantidad de fibra que contenía la planta; mientras que en el estudio del autor Terry et al (2016) la colección del forraje fue a los 160 días de rebrote, por ende, los niveles de fibra son más altos, a diferencia de esta investigación, puesto que la recolección se realizó a los 30 días de rebrote. Así mismo, se podría inferir, que el resultado obtenido en el estudio se pudo deber al líquido ruminal del animal, ya que se utilizó de animales de raza simbrah del trópico bajo, contrario del autor que utilizó vacas lecheras de raza Holstein. Adicionalmente, esto puede ser confirmado por Yañez-Ruiz (2016) en vista de que la microbiota ruminal es dinámica y puede

verse afectada por diversos factores, tales como la dieta, la especie, la edad del animal, la presencia de aditivos en la dieta, la zona geográfica en la se asienta una determinada explotación ganadera o la estación del año.

## CONCLUSIONES

- La inclusión de *Tithonia diversifolia* en la dieta de bovinos en crecimiento no altera la digestibilidad *in vitro* de materia seca a nivel ruminal.
- La inclusión de 15% de *Tithonia diversifolia* en la dieta de bovinos en crecimiento mejora la fermentación a las 72 horas a nivel ruminal comparado con los demás niveles de inclusión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Apráez, Fernández y Hernandez. (2008). Efecto de empleo de forrajes y alimentos no convencionales sobre el comportamiento productivo, rendimiento en canal y calidad de carne de cuyes (*Cavia porcellus*).  
<http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v2n2a03.pdf>
- Araiza-Rosales et al. (2013). In situ ruminal degradability and in vitro digestibility of silages of maize and apple waste added with molasses.  
[https://www.redalyc.org/journal/837/83726339007/html/#redalyc\\_83726339007\\_ref5](https://www.redalyc.org/journal/837/83726339007/html/#redalyc_83726339007_ref5)
- Arias. (2019). Evaluation of acceptability of gold button silages (*Tithonia diversifolia*) and Vinaza in a barley breeding in Belalcazar-Caldas, under different levels of inclusion of Vinaza.  
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/98652613-ae66-435f-974a-fce2109707e4/content>
- Barchiesi y Williams. (2019). Estimación de degradabilidad ruminal de alimentos proteicos: comparación entre metodologías.  
<https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/5cc8995f99517.pdf>
- Barcia, v. (2022). Caracterización bromatológica del valor nutricional del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en 3 etapas de su ciclo fisiológico con fines de alimentación animal.  
<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4141/1/BARCIA%20REYES%20VICTOR%20DANIEL...pdf>
- Barrera, A. M. (2017). Degradabilidad ruminal in vitro de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.). *Producción animal/Animal production*, 10.  
<https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/208>
- Cabanilla et al. (2021). Desempeño agronómico y valor nutricional en *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray bajo un sistema de corte. ISSN-e 1390-4043, ISSN 1390-4051, Vol. 14, N°. 1 (enero-junio), 2021, págs. 71-78

- Canul Solis, J. R., Castillo Sánchez, L. E., Escobedo Mex, J. G., López Herrera, M. A., y Lara Lara, P. E. (2018). Rendimiento y calidad forrajera de *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia* y *Cynodon nlemfuensis* en monocultivo y sistema agroforestal. *Agrociencia*, 52, 853–862.
- Canul Solis, J. R., Herrera Parra, E. de A., Luna Mendicuti, A. A., Alvarado Canché, A del R., Castillo Sánchez, L. E., López Cobá, E. H., Campos Navarrete, M. J., Mena Arceo, D., Cárdenas Medina, J. V., Flota Bañuelos, C. Alayón Gamboa, J. A., (2020). El matarratón (*Gliricidia sepium*): Un árbol multipropósito para la ganadería. Suplemento informativo de *La Jornada*. 159: 13.
- Canul Solis, J., Alvarado Canché, A., Castillo Sánchez, L., Sandoval Gio, J., Alayón Gamboa, J., Piñeiro Vázquez, A., Chay Canul, A., Casanova Lugo, F., y Ku Vera, J. (2018). *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. Una especie arbórea multipropósito para la sustentabilidad de los agroecosistemas tropicales. *Agroproductividad*, 11(10), 195–200. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1268>
- Canul Solis, J., Campos Navarrete, M., Piñeiro Vázquez, A., Casanova Lugo, F., Barros Rodríguez, M., Chay Canul, A., Cárdenas Medina, J., y Castillo Sánchez, L. (2020). Mitigation of rumen methane emissions with foliage and pods of tropical trees. In *Animals* (Vol. 10, Issue 5). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani10050843>
- Cardona-Iglesias, J., L. Mahecha-Ledesma, y J. Angulo-Arizala. (2017). Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agron. Mesoam.* 28:405-426. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212017000200405&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212017000200405&script=sci_abstract&tlng=es)
- Castillo, J. (2014) 'Características Botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la Alimentación Animal', Centro de Museos. Museo de Historia Natural, pp. 45

- 58. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30682014000200004&script=sci\\_abstract&tIng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30682014000200004&script=sci_abstract&tIng=es)

Castillo-González, et. al. (2014). Rumen microorganisms and fermentation.

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/amv/v46n3/art03.pdf>

Cerdas & Ramírez. (2018). Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. Scielo InterSedes, 19(39),1-10

Del pezo. (2022). Análisis documental de la perspectiva del multiuso de la planta botón de oro *Tithonia diversifolia* para la alimentación animal.

<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8733>

Dhanoa, M. S., Gill, R. P., & Saini, L. P. (1980). On the estimation of the true digestibility of various feeds using the in vitro gas production technique. Journal of the Agricultural Science, 95(3), 889-894.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840197001892>

Emerenciano Neto, J. V., Difante, G. dos S., de Aguiar, E. M., Fernandes, L. S., Oliveira, H. C. B., & Silva, M. G. da T. (2014). Performance of meat sheep, chemical composition and structure of tropical pasture grasses managed under intermittent capacity. Bioscience Journal, 30(3), 834–842.

FAO. (2019). Alimentación animal. <https://www.fao.org/3/a1564s/a1564s03.pdf>

FEDNA. (2021). Gluten feed de maíz (20,5% PB).

<https://www.fundacionfedna.org/node/392#:~:text=Como%20consecuencia%2C%20el%20gluten%20feed,los%20del%20grano%20de%20ma%C3%ADz>.

Galindo, et al. (2022). Effect of three collections of *Tithonia diversifolia* on the ruminal microbial population of cattle.

<http://www.cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/1039/1400>

- Galindo, J. González, N. Ruiz, T. Herrera, M. Moreira, O. Capó, A. Díaz, H. (2022). Effect of three collections of *Tithonia diversifolia* on the ruminal microbial population of cattle. <http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1039/1400>
- Galindo-Blanco, J.L., Rodríguez-García, I., González-Ibarra, N., García- López, R. & Herrera-Villafranca, M. (2018). Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas. Pastos y Forrajes, 41(4): 273-280, ISSN: 2078-8452. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942018000400006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400006)
- Gallego Castro L.A., Mahecha Ledesma L y Angulo Arizala J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. a gray en la producción de vacas lecheras. Agronomía Mesoamericana. 25: 393-403. doi10.15517/am.v25i2.15454
- Gallego, L., L. Mahecha, y J. Angulo. (2015). Crecimiento y desarrollo de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en condiciones de trópico alto. En: P. Pietri, editor, 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales, Misiones, Argentina. Santa Cruz Ediciones, INTA, ARG. p. 53-57. [https://www.researchgate.net/publication/276266931\\_Crecimiento\\_y\\_desarrollo\\_de\\_Tithonia\\_diversifolia\\_Hemsl\\_A\\_Gray\\_en\\_condiciones\\_de\\_tropico\\_alto](https://www.researchgate.net/publication/276266931_Crecimiento_y_desarrollo_de_Tithonia_diversifolia_Hemsl_A_Gray_en_condiciones_de_tropico_alto)
- Gallego-Castro, L.A., Mahecha-Ledesma, L. & Angulo-Arizala, J. (2017). "Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto". Agronomía Mesoamericana, 28(1): 213-222, ISSN: 2215-3608. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>.
- García, D. E.; Medina, M. G.; Humbría, J.; Domínguez, C.; Baldizán, A.; Cova, L.; Soca, M. (2006). Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros. Revista Redalyc Archivos de Zootecnia,, 55(212), 373-384. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/495/49521205.pdf>

González-Castillo, J.C., Hahn von-Hessberg, C.M. & Narváez-Solarte, W., (2014).

"Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal". Boletín Científico Museo de Historia Natural, 18(2): 45-58, ISSN: 0123-3068.

Guatusmal et. al. (2020). Production and quality of *Tithonia diversifolia* and *Sambucus nigra* high andean colombian tropic. [https://www.mag.go.cr/rev\\_mesov31n01\\_193.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_mesov31n01_193.pdf)

Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M. C., Thornton, P. K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D., & Obersteiner, M. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110(52), 20888–20893. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110>.

Jiménez, G. (2017) Comportamiento agronómico y evaluación química del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) cosechados a diferentes edades en la zona de Mocache. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/5bf946c0-798e-4b94-81b9-27ebac41e8a5>

Londoño, et al. (2019). Agronomic potential and nutritional quality of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray for feeding cattle. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/693/760>

Londoño, J., Mahecha, L., & Agudelo, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 2019, 11(1), ISSN: 2027-4297, 14.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2027-42972019000100028](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-42972019000100028)

Luna, A. (2021). Digestibilidad in vitro de dietas para ovinos de engorda suplementadas con follaje de *Tithonia diversifolia*.

<https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/download/3558/3848/51725>

- Mahecha, L. Angulo, J. Arguelo, J. (2022). Sistemas silvopastoriles: estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo xxi.  
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/download/349676/20808170/250943>
- Meza-Bone et al. (2022). In vitro ruminal degradation of *Tithonia diversifolia*.  
<https://www.redalyc.org/journal/437/43768481010/html/>
- Municipios.mx. (2023). Tizimín. <http://www.municipios.mx/yucatan/tizimin/>
- Muro-Reyes et al. (2017). Cinética de degradación ruminal in vitro de dietas con manzanarina y rastrojo de maíz en ovinos.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662017000200017#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20producci%C3%B3n%20de,le%C3%ADdo%20por%20un%20aparato%20de](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662017000200017#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20producci%C3%B3n%20de,le%C3%ADdo%20por%20un%20aparato%20de)
- Naranjo, Juan F, y Cuartas, César A (2011). Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 6(1),9-19. ISSN:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1900-96072011000100002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072011000100002)
- Navas Panadero, A. Montaña, V. (2019). Comportamiento de *Tithonia diversifolia* bajo condiciones de bosque húmedo tropical. Rev Inv Vet Perú, 30(2), 721-732.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172019000200021#:~:text=Se%20concluye%20que%20Tithonia%20diversifolia,%C3%A9pocas%20cr%C3%ADticas%20en%20sistemas%20ganaderos](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172019000200021#:~:text=Se%20concluye%20que%20Tithonia%20diversifolia,%C3%A9pocas%20cr%C3%ADticas%20en%20sistemas%20ganaderos).
- Paciullo, D. S. C., Pires, M. F. A., Aroeira, L. J. M., Morenz, M. J. F., Maurício, R. M., Gomide, C. A. M., & Silveira, S. R. (2014). Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. *Animal*, 8(8), 1264–1271.  
<https://doi.org/10.1017/S1751731114000767>.

Rivera, J.E., Ruíz, T.E., Chará, J., Florencio, J., Gómez-Leyva, J.F. & Barahona, R. (2021).

"Biomass production and nutritional properties of promising genotypes of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray under different environments". *Tropical Grasslands-Forrages Tropicales*, 9(3): 280-291, ISSN: 2346-3775. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(9\)280-291](https://doi.org/10.17138/TGFT(9)280-291).

Roa, M. L., y Galeano, J. R. (2015). Calidad nutricional y digestibilidad in situ de ensilajes de cuatro leñosas forrajeras. *Pastos y Forrajes*, 38(4), 431-440.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942015000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000400007)

Rosales, A. D. (2013). Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *AVANCES EN INVESTIGACION AGROPECUARIA*, 96.

Rúgeles, J. (2021) Apoyo técnico a la implementación de buenas prácticas ganaderas para la alimentación bovina en fincas asesoradas.

<https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19709>

Salazar, R. (2021) Apoyo técnico a la implementación de buenas prácticas ganaderas para la alimentación bovina en fincas asesoradas.

<https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19709>

Santana Fernandes, L., Difante, G. D. S., Costa, M. G., Emerenciano Neto, J. V., Medeiros de Araújo, I. M., Santos Dantas, J. L., & Chaves Gurgel, A. L. (2020). Pasture structure and sheep performance supplemented on different tropical grasses in the dry season.

*Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 89–101.

<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.5083>.

Terry et, al. (2016). Effects of *Tithonia diversifolia* on in vitro methane production and ruminal fermentation characteristics. <https://doi.org/10.1071/AN15560>

Verdecia, D., J. Ramírez, I. Leonard, Y. Álvarez, Y. Bazán, R. Bodas, S. Andrés, J. Álvarez, F.

Giráldez, y S. López. (2011). Calidad de la Tithonia diversifolia en una zona del Valle Del Cauto. REDVET 12(5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050511/051113.pdf>

Villegas et al. (2010). Producción de gas in vitro y desaparición de la materia seca del cultivo sólido con hongos ligninolíticos.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952010000800005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000800005)

weather spark. (s,f). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Tizimín México.

<https://es.weatherspark.com/y/13084/Clima-promedio-en-Tizim%C3%ADn-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20Tizim%C3%ADn%2C%20los%20veranos%20son,m%C3%A1s%20de%2038%20%C2%B0C>.

Yañez-Ruiz. (2016). MODULACION DE LA FERMENTACION RUMINAL: DESAFIOS Y OPORTUNIDADES. <https://www.produccion->

[animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/171-2016A\\_CapIV%20.pdf](http://animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/171-2016A_CapIV%20.pdf)

Zabala-B. (2021). Botón de oro (Tithonia diversifolia) como alternativa sostenible en granjas de producción con especies de interés zootécnico en Colombia.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44738/bzabalal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**ACUERDO 027 DEL 16 DEL 16 DE DICIEMBRE DE 2021**

**ARTÍCULO 46.- OPCIONES DE TRABAJO DE GRADO**

**OPCIÓN MONOGRAFÍA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Programa de Zootecnia (Acreditado Alta Calidad Res. MEN 009412 de 2022)**

Evidencia anti-plagio - *Turnitin*

<b>ARTÍCULO 61.- DEBERES</b>	<b>ARTÍCULO 62.- FALTAS</b>
<p>13. No cometer fraude académico o plagio en las pruebas de evaluación, exámenes o trabajos escritos presentados en desarrollo del proceso de aprendizaje y formación, así como el respeto a la propiedad intelectual.</p>	<p>1. El fraude:</p> <p>c. Utilizar citas o referencias falsas o registrar indebidamente referencias que no coincidan con las citas.</p> <p>d. Presentar como de su propia autoría la totalidad o parte de una obra, trabajo, documento o invención realizados por otra persona; incorporar un trabajo ajeno en el propio de tal forma que induzca a error al observador o lector en cuanto a la autoría del mismo.</p>

Inserte una evidencia<sup>1</sup> del índice de similitud (%) arrojado por la herramienta *Turnitin* ↓

---

<sup>1</sup> Procedimiento: tome pantallazo del reporte de originalidad → Guarde el pantallazo como imagen (jpg/jpeg/png) en el PC → seleccione el recuadro o posicione el cursor dentro del recuadro (cuando el texto ya haya sido borrado) → Vaya a la barra de herramientas de Word - pestaña "Insertar" → función "Imágenes" → "Insertar imágenes desde



<b>0% - 25%</b>
<b>Permitido</b>
El documento se puede entregar y radicar como propuesta (anteproyecto).

<b>&gt;25%</b>
<b>No permitido</b>
El documento no se puede entregar ni radicar como propuesta (anteproyecto). Se hace obligatoria la revisión exhaustiva de este por parte del estudiante y el director para hacer los ajustes pertinentes.