

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS

**Producción, calidad bromatológica y análisis económico de la
leche de cabras suplementadas con *Tithonia diversifolia* Hemsl. A
Gray**

Trabajo final de graduación en modalidad artículo sometido al Tribunal
Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional para
optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica

Bach. Jose Alexander Rodríguez Segura

Tutor

M. Sc. Miguel Ángel Castillo Umaña

Asesores

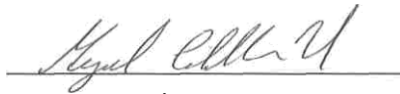
M. Sc. Andrés Alpízar Naranjo

M. Sc. Isabel Camacho Cascante

Campus Omar Dengo

Heredia, Costa Rica, 2022

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



M Sc. Miguel Ángel Castillo Umaña

Tutor de Tesis



Lector de Tesis



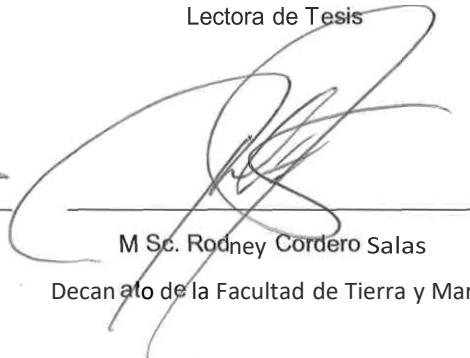
M Sc. Isabel Camacho Cascante

Lectora de Tesis



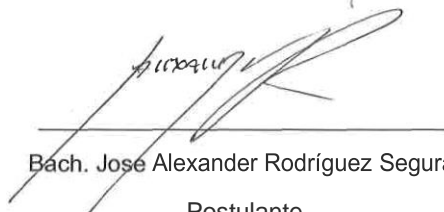
M Sc. Esteban Jiménez Alfaro

Escuela de Ciencias Agrarias



M Sc. Rodney Cordero Salas

Decanato de la Facultad de Tierra y Mar



Bach. Jose Alexander Rodríguez Segura

Postulante

Dedicatoria

- *Al ser que día a día me encamina a ser mejor persona y dejar huella en el tiempo, a Dios.*
- *A quienes realmente me enseñaron el valor de las cosas buenas de la vida, a mami y a papí, que sin su apoyo nunca llegaría a ser el ser humano que soy.*
- *A mí novia, que me ha enseñado el valor de la paciencia y la perseverancia.*
- *A mis amigos, que siempre me apoyaron para no flaquear en mi trabajo.*
- *Y a todo el equipo de trabajo que estuvo conmigo en el proceso de investigación.*

Producción, calidad bromatológica y análisis económico de la leche de cabras suplementadas con *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray

Autores: Alexander Rodríguez-Segura; Luis Mauricio Arias-Gamboa, Andrés Alpízar-Naranjo, Miguel Ángel Castillo-Umaña, María Isabel Camacho-Cascante; José Padilla-Fallas y Carlos Miguel Tobía Rivero.

Resumen

Se evaluó el efecto de la suplementación con *T. diversifolia* como sustituto parcial del alimento balanceado sobre los indicadores productivos, económicos y de composición bromatológica de la leche de cabras. La investigación se realizó en las instalaciones del Programa de Producción Sostenible de Rumiantes Menores, ubicado en la finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica. Se utilizaron 6 cabras adultas de la raza Saanen en un diseño de cuadrado latino 3x3, replicado en 2 cuadrados y balanceado para los efectos residuales. Los animales se alimentaron con una dieta base de *Pennisetum purpureum*, melaza, minerales y semolina de arroz. Se evaluaron tres tratamientos: T0 (*P. purpureum* +1,04 kg de materia seca (MS) de alimento balanceado (AB)); T25 (*P. purpureum* + 0,78 kg MS de AB + 0,25 kg MS de *T. diversifolia*), y T50 (*P. purpureum* +0.52 kg MS de AB + 0,45 kg MS de *T. diversifolia*). Se evaluó el consumo de materia seca (CMS), la producción de leche, la calidad bromatológica y los costos de la dieta. Se obtuvo un CMS de 1,58; 1,73 y 1,67 Kg en los tratamientos T0, T25 y T50, respectivamente. El T25 mostró la mejor respuesta productiva con 2,22 Kg Leche/día, y una síntesis porcentual de grasa de 4,34. El tratamiento T50 alcanzó los contenidos más altos en sólidos totales (ST), sólidos no grasos (SNG) y proteína, 12,39; 7,95 y 3,02 respectivamente; los costos necesarios para producir un Kg de leche variaron entre 22,3 y 24,2 centavos de dólar, donde T50 obtuvo un mejor desempeño económico.

Palabras clave: rumiantes menores, producción de leche, calidad de leche.

Evaluation of *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray as a supplement in the feeding of dairy goats

Abstract

The effect of supplementation with *T. diversifolia* as a partial substitute of AB over the productive, economic and bromatological composition indicators of goat milk was evaluated. The research was carried out in the facilities of the Program for the Sustainable Production of Minor Ruminants, located in the Experimental Santa Lucía farm of the National University of Costa Rica. Six adult Saanen goats were used in a 3x3 Latin square design, replicated in 2 squares and balanced for the residual effects. The animals were fed with a base diet of *Pennisetum purpureum*, molasses, minerals and rice semolina. Three treatments were evaluated: T0 (*P. purpureum* +1.04 kg of dry matter (DM) of balanced food (AB)); T25 (*P. purpureum* + 0.78 kg DM of AB + 0.25 kg DM of *T. diversifolia*), and T50 (*P. purpureum* +0.52 kg DM of AB + 0.45 kg DM of *T. diversifolia*). Dry matter intake (DMI), milk production, bromatological quality and diet costs were evaluated. A CMS of 1.58 was obtained; 1.73 and 1.67 Kg in the treatments T0, T25 and T50, respectively. The T25 showed the best productive response with 2.22 Kg Milk/day, and a percentage synthesis of fat of 4.34. The T50 treatment reached the highest contents in total solids (ST), non-fat solids (SNG) and protein, 12,39; 7,95 and 3,02 respectively; the costs necessary to produce a Kg of milk varied between 22,3 and 24,2 cents per dollar, in which T50 obtained a better economic performance.

Keywords: minor ruminants, milk production, milk quality

Introducción

La actividad caprina en Costa Rica ha experimentado en los últimos años un crecimiento, pasando de aproximadamente 7000 animales en el año 1983 (Boschini, 2016) a 12852 para el año 2014 (INEC, 2014). El crecimiento del sector se ha visto influenciado por la utilización de la leche caprina como materia prima para la elaboración de alimentos y productos lácteos de alto valor nutricional (Bidot, 2017). Además, de la creación y conformación de cooperativas y asociaciones, que han incentivado la apertura de nuevos y crecientes mercados (Castrillo, 2014).

Según Batista *et al.*, (2017) los forrajes constituyen la base principal de la alimentación de rumiantes en el trópico, sin embargo, en condiciones de pastoreo se caracterizan por presentar una baja calidad nutricional y diferencias en sus rendimientos productivos (Gallego *et al.*, 2017a), esto asociado principalmente a la variación de las condiciones climáticas y edáficas de las regiones en donde se desarrollan (Vargas *et al.*, 2018).

Debido a esta situación los productores recurren a la utilización de suplementos como los alimentos balanceados (AB) para mantener una adecuada producción, Mora (2010), reporta que la utilización de AB representa aproximadamente el 41% de los costos de producción de leche caprina, por otra parte, Barboza, Solórzano, Vásquez & Paniagua (2022) que los costos de alimentación pueden llegar hasta un 80% lo que incide directamente sobre la rentabilidad.

En la búsqueda de alternativas alimenticias que ayuden a reducir los costos en el sector ganadero, se destaca la utilización de leguminosas, árboles y arbustos forrajeros los cuales producen biomasa de alta calidad nutricional, lo impacta de manera positiva en la alimentación de rumiantes (Cardona *et al.*, 2017).

Dentro de estos forrajes arbustivos se encuentra la *Tithonia diversifolia*, planta Asterácea originaria de Mesoamérica (Porrás, 2016), de fácil establecimiento, tolerante a suelos de baja fertilidad, alta resistencia al corte, alta calidad nutricional y capaz de alcanzar producciones de biomasa de 55 toneladas de materia seca anuales (Arronis y Abarca, 2017; Arias, 2018; Chacón *et al.*, 2018).

Varias investigaciones han concluido que la *T. diversifolia* tienen un alto potencial para la suplementación animal (Rivera, *et al.*, 2015; Gallego *et al.*, 2017b; Arias *et al.*, 2018; Arief *et al.*, 2020), sin embargo, existen pocos trabajos en donde se evalúe esta planta como suplemento en la alimentación de cabras lecheras. Por lo tanto, el presente estudio pretende evaluar el efecto de la *T. diversifolia* como sustituto parcial del AB sobre indicadores productivos, económicos y de composición bromatológica de la leche de cabras Saanen.

Materiales y métodos

Ubicación y clima: La investigación se realizó en las instalaciones del Programa de Producción de Rumiantes Menores de la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional Costa Rica, ubicada en el cantón de Barva de Heredia, localizada a una altitud de 1260 msnm. La temperatura promedio es de 19,20°C y presenta precipitaciones medias anuales de 2427 mm (IMN, 2020). Además, cuenta con suelos predominantes de origen volcánico o andisoles (Gómez & Montes de Oca, 1999).

Animales utilizados: Se utilizaron 6 cabras adultas de la raza Saanen en el primer tercio de lactancia con producción media de leche de 2,30 litros/animal/día, las cuales se encontraban entre su primer y segundo parto, con un peso promedio de 55 Kg. La información productiva para el agrupamiento de los animales se tomó del software Ovinca (USATI LTDA, s.f.).

Diseño Experimental: Se implementó un diseño experimental de cuadrado latino 3x3, (3 grupos de animales y 3 periodos de evaluación) replicado en 2 cuadrados y balanceado para los efectos residuales (Williams, 1948). El tratamiento fue el factor de la ración alimenticia que contó con tres niveles (T0, T25 y T50). En este diseño, el periodo de medición corresponde a las columnas y el grupo de animales a las filas.

Cada periodo de evaluación fue de 21 días (14 días para que las cabras se adaptaran a las dietas y 7 días de recolección de datos) para un total de 63 días de evaluación.

Tratamientos (dietas): Los tratamientos consistieron en la sustitución porcentual (0; 25 y 50%) del AB por forraje fresco troceado de *T diversifolia*. La dieta de los animales consistió en una base de *Pennisetum purpureum*, y suplementos: AB, *T. diversifolia*, melaza, semolina de arroz, minerales y agua a libre consumo. La composición bromatológica de todos los alimentos ofrecidos se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Composición bromatológica de los alimentos utilizados en las dietas evaluadas.

Alimentos	MS	PC	FND	FAD	DIVMS	Cenizas	EE	Lig	Ca	P	ENL
<i>T. diversifolia</i>	15,0	21,5	42,5	36,8	73,5	11,5	2,4	11,5	1,4	0,3	1,2
<i>P. purpureum</i>	18,5	8,6	48,7	36,5	76,8	14,3	1,7	2,7	0,3	0,2	1,1
Melaza	81,2	5,3	---	---	100,0	8,0	0,6	---	0,8	0,05	1,9
AB	87,0	18,0	19,4	10,0	94,6	5,1	6,3	2,2	0,8	0,6	1,9
Minerales	95,0	0,0	---	---	---	---	---	---	25,0	18,0	---
Semolina de arroz	88,0	13,7	25,0	13,4	---	7,8	15,7	---	0,01	1,4	1,8

MS (Materia Seca), PC (Proteína Cruda), FND (Fibra en Detergente Neutro), FAD (Fibra en Detergente Acido), DIVMS (Digestibilidad in vitro de la Materia Seca), EE (Extracto etéreo), Lig (Lignina), Ca (Calcio), P (Fosforo) y ENL (Energía Neta de Lactancia).

En el tratamiento T0 se suministró *P. purpureum* (0,83 Kg/MS) + AB (1,04 Kg/MS) + minerales (0,03 Kg/MS). En el Tratamiento T25 se sustituyó el 25% del AB por materia seca (MS) de *T. diversifolia*, por lo tanto, se ofertó *P. purpureum* (0,61 Kg/MS) + AB (0,78 Kg/MS) + *T. diversifolia* (0,26 Kg/MS) + Melaza (0,08 Kg/MS) + Semolina de arroz (0,18 Kg/MS) + minerales (0,03 Kg/MS). En el T50 se sustituyó el 50% de AB por 50% de MS de *T. diversifolia*, a los animales se les suministró *P. purpureum* (0,39 Kg/MS) + AB (0,52 Kg/MS) + *T. diversifolia* (0,52 Kg/MS) + Melaza (0,11 Kg/MS) + Semolina de arroz (0,35 Kg/MS) + Minerales (0,03 Kg/MS).

Los tratamientos experimentales se definieron sobre la base del cumplimiento de los requerimientos de proteína y energía de los animales con las características descritas según NRC (2007). Además, se formularon para ofrecer una misma cantidad de proteína y total de nutrientes digestibles (TND) como se observa en la tabla 2, para esto, se adicionó melaza y semolina de arroz a las raciones con *T. diversifolia*. El ofrecimiento de MS fue lo correspondiente al 3.5% del peso vivo de las cabras.

Comentado [MCU1]:

Comentado [MCU4]:

Tabla 2. Ofrecimiento de MS, proteína y TND en cada uno de los tratamientos experimentales.

Tratamiento	MS (Kg)	Proteína (Kg)	TND (Kg)
T0	1,91	0,26	1,28
T25	1,93	0,28	1,29
T50	1,92	0,29	1,28

Manejo de los animales: Las seis cabras seleccionadas se alojaron en corrales individuales de 1,2 m² de espacio 7 días antes del inicio del experimento para su adaptación a condiciones de estabulación completa y se mantuvieron ahí durante los 63 días del periodo experimental.

Manejo de los forrajes: Se utilizó *P. purpureum* (con una edad de rebrote de 75 días), este se cosechó y acarreó de forma manual y luego se troceó a 2-4 cm con una picadora TRAPP ES 650. El forraje de *T. diversifolia*, se cortó y acarreó hasta las instalaciones de picado en donde se troceó a una partícula de 2-4 cm utilizando la troceadora eléctrica.

Suministro de los alimentos: Los alimentos se ofrecieron en baldes (con capacidad para 10 Kg) en dos raciones servidas después de los ordeños, una a las 6:00 am y una segunda al ser las 5:00 pm; la ración posterior al ordeño matutino consistió en servir en balde el 70% parte de los forrajeros (*T. diversifolia* y *P. purpureum*) y en la ración de la tarde se sirvió los suplementos (AB, semolina y melaza) y el componente forrajero restante (30%).

Variables evaluadas:

Consumo de materia seca: Este rubro se midió durante los siete días de evaluación de cada periodo experimental, pesando el material ofrecido de cada componente de las dietas y restando el rechazo que tuvo cada cabra. Tanto al material ofrecido como al rechazado se le determinó el porcentaje de MS, esto se realizó colocando el material en una estufa a temperatura constante de 60° C durante 3 días en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Productos Animales y Vegetales de la Universidad Nacional (LAPAV).

Producción de leche en Kg/animal/día: La productividad se midió diariamente (mañana y tarde) utilizando el dispositivo Waykato adaptado al sistema de ordeño y se registró durante los 63 días del periodo experimental. Para el análisis de resultados se utilizó los datos de los siete días de evaluación de cada periodo experimental; además se evaluó la producción de leche en Kg/animal/día corregida al 4% de grasa láctea.

Composición de la leche caprina: Para esto, se tomó del Waykato en el ordeño de la mañana y tarde una muestra de 25 mL de leche por animal por día, durante los siete días de evaluación de cada periodo experimental. La muestra se analizó posteriormente utilizando el equipo EkoMilk Ultra Pro para la determinación de grasa, proteína, sólidos totales y sólidos no grasos. Los datos utilizados para el análisis fueron los obtenidos a partir del promedio diaria ponderado por producción.

Valoración económica de la suplementación: Se determinó el costo de cada una de las raciones alimenticias y su relación con la productividad para determinar el costo por litro de leche asociado a la ración alimenticia. Para la determinación del costo total de la dieta se contabilizó el valor de cada uno de los ingredientes de la ración y la mano de obra para la elaboración de los tratamientos a evaluados. El valor por Kg de los forrajes (*P. purpureum*) servido en balde utilizado fue el reportado por Villalobos *et al.*, (2015). Para el costo del Kg de *T. diversifolia* se tomó como referencia los datos reportados por Arias (2018) y Hernández (2020). El costo del AB y los demás ingredientes de la dieta de uso comercial se estimó según los precios de mercado actuales. Para los costos de la mano de obra se contabilizaron las horas de trabajo, a las cuales se les dio un valor para un peón agrícola según lo establecido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) para el año 2019.

Análisis estadístico: Los datos se analizaron mediante un ANOVA para cuadrado latino, la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia. El análisis de los datos se realizó en el software estadístico SAS® v 9.0 (SAS Institute, 2009). Antes de realizar el análisis se comprobaron los supuestos

de homogeneidad de varianza y distribución normal, mediante las pruebas de Leven y Shapiro-Wilk.

El modelo estadístico implementado se presenta a continuación;

$$y_{ijk(l)} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \beta_k + \Omega_{l(k)} + \varepsilon_{ijklm}$$

$y_{ijk(l)}$ = Variable de respuesta

μ = Media global.

τ_i = Efecto producido por el i-ésimo nivel de los periodos de medición. Dichos efectos están sujetos a la restricción $\sum_i \tau_i = 0$.

γ_j = Efecto producido por la j-ésima letra latina factor tratamiento. Dichos efectos están sujetos a la restricción $\sum_h \gamma_j = 0$.

β_k = Efecto producido por el k-ésimo nivel del cuadrado. Dichos efectos están sujetos a la restricción $\sum_j \beta_k = 0$.

$\Omega_{l(k)}$ = Efecto asociado al l-ésimo factor aleatorio animal anidado en el cuadrado

ε_{ijklm} = Error experimental

Resultados y discusión

CMS.

En la tabla 3 se muestra el CMS total e individual de los alimentos que integraron las raciones evaluadas. Se presentó un CMS total entre 1,58 y 1,73 kg cabra/día, lo que representa una variación en el consumo de 2,9 y hasta 3,14% del peso vivo en MS en cabras de 55 kg.

Tabla 3. CMS de *P. purpureum*, *T. diversifolia*, AB, semolina y melaza, AB de las cabras en los tratamientos evaluados.

	T0 (kg)	T25 (kg)	T50 (kg)	ee	p-valor
CMS <i>P. purpureum</i>	0,54 ^a	0,44 ^b	0,24 ^c	0,04	<0,0011
CMS <i>T. diversifolia</i>	0	0,25	0,45	-	-
CMS AB	1,04	0,78	0,52	-	-
CMS Semolina	0	0,18	0,35	-	-
CMS Melaza	0	0,08	0,11	-	-
CMS total	1,58 ^b	1,73 ^a	1,67 ^a	0,05	<0,001

T0: tratamiento 0% *Tithonia diversifolia*; T25: tratamiento 25% sustitución de AB; T50: tratamiento 50% sustitución de AB; ee: error estándar de la media; p-valor: valor de probabilidad; letras en la misma fila indican diferencias significativas.

El CMS total fue 1,73 y 1,67 kg en los tratamientos T25 y T50, respectivamente, siendo estos valores mayores en comparación al consumo de las cabras alimentadas con el tratamiento T0 (1,58 Kg). No se presentaron diferencias estadísticas en el CMS total cuando las cabras fueron suplementadas con niveles de 25 y 50% de sustitución de AB. El CMS total, fue de 80%, 90% y 87% para T0, T25 y T50, respectivamente, respecto a lo ofrecido. El consumo de *P. purpureum* fue inferior cuando las cabras se suplementaron con *T. diversifolia*, esto asociado a la menor oferta de este ingrediente, ya que se alcanzó un 65%, 72% y 61,5% para T0, T25 y T50, con respecto a la oferta. El T25 mostró el CMS más alto con un 1,73 Kg en cabras que se suplementaron sustituyendo un 25% del AB.

El consumo de MS de *T. diversifolia* fue de 0,25 y 0,45 kg para T25 y T50, respectivamente, lo que representa un consumo de 96 y 86,5 % del alimento ofertado, respectivamente.

Al analizar el componente forrajero de la ración, se observó que la *T. diversifolia* presentó un mayor consumo según la oferta en comparación con el *P. purpureum*, lo que favoreció que los tratamientos T25 y T50 presenten mayores CMS totales. En el caso de los suplementos no forrajeros, estos fueron consumidos por el animal en un 100 %.

El tratamiento T0 obtuvo el menor CMS total, esto posiblemente relacionado a que el *P. purpureum* en este tratamiento se incluyó en mayor porcentaje en la ración

total ofrecida, representando aproximadamente el 44% de la ración total en comparación al 31 y 20% en los tratamientos T25 y T50, respectivamente. El CMS de *P. purpureum* fue de 65, 72 y 62% del total ofrecido en los tratamientos T0, T25 y T50, respectivamente.

El consumo máximo de 0,45 Kg de MS de *T. diversifolia* obtenido en T50 en el presente estudio, está limitado a un máximo fijado para el tratamiento, este valor es menor a los 700 gramos de CMS reportado Salazar (2021), los cuales evaluaron la calidad nutricional y el consumo de *T. diversifolia* en cabras; por lo que se puede considerar que la *T. diversifolia* tiene potencial para una mayor inclusión en dietas de caprinos y generar mayor ingesta de MS. Sin embargo, se observó una leve disminución del consumo de *T. diversifolia* al aumentar su inclusión de 25 a 50% pasando de un 96 a un 86% de consumo respecto a lo ofrecido. Esto pudo haber sucedido por la influencia de su contenido de humedad de 85% provocando un llenado físico o efecto de saciedad en el rumiante.

Lo anterior se puede corroborar con los datos publicados por Salazar (2021), donde demuestran que el contenido de humedad presente en la *T. diversifolia* es un aspecto que induce el efecto de llenado físico en cabras. Esto podría indicar que las cabras que se suplementaron sustituyendo un 50% del AB por *T. diversifolia*, pudieron haber afectado el CMS total lo que se muestra en la tabla 3 con un menor valor numérico de 1,67 kg en comparación con el 1,73 kg de CMS total cuando las cabras estuvieron en T25.

Por otra parte, los materiales fibrosos pueden generar un llenado físico en el rumiante, esto pudo influir de forma directa sobre el CMS, según OVI España (2014) las dietas ricas en fibra disminuyen la ingesta de MS debido a su baja digestibilidad, además ralentiza el aparato digestivo disminuyendo el consumo de forraje del rumiante; los autores Bach & Calsamiglia (2006) mencionan que la degradabilidad ruminal para FDN puede oscilar entre el 20 y el 55%, mientras que alimentos ricos en almidón ronda entre 60 y 95%.

El tratamiento T25 obtuvo la mejor respuesta al CMS, lo cual pudo haber sido influenciado por la disminución en la oferta de *P. purpureum*, en comparación a T0,

además de la inclusión de componentes energéticos (semolina y melaza) de alta palatabilidad y degradabilidad ruminal que pueden influir en una mejor respuesta del CMS.

Se observó una disminución en el CMS al reducir la inclusión de AB (componente altamente degradable) y aumentar la oferta de *T. diversifolia* (T50), esto pudo deberse al incremento de fibra y del contenido de humedad presente en la *T. diversifolia*, que influye en el llenado físico del animal, sumado al porcentaje de fibra que aporta *P. purpureum*, generando así una disminución en el CMS en T50. Lo anterior se puede corroborar con lo reportado por López *et al.*, 2009; ya que este menciona que la influencia en el CMS sucede debido al conjunto de reacciones bioquímicas a nivel ruminal, dado por la adición de componentes energéticos y proteicos que favorecen la fermentación en el rumen y la proliferación de microorganismos ruminales, dando así un mejor aprovechamiento de nutrientes.

Producción y calidad de leche

En la tabla 4 se muestra la producción de leche promedio, la corregida al 4% (PL4%) de grasa y la calidad bromatológica de la leche de cabra en cada uno de los tratamientos evaluados.

Tabla 4. Efecto en la producción y calidad bromatológica de leche en cabras suplementadas con y sin *T. diversifolia*.

	T0	T25	T50	ee	p-valor
PL (Kg/cabra/día)	2,18 ^a	2,22 ^a	2,05 ^b	0,03	<0.001
PL4% (Kg/cabra/día)	2,20 ^b	2,30 ^a	2,17 ^b	0,03	<0.001
Grasa%	4,08 ^b	4,34 ^a	4,43 ^a	0,04	<0.001
Proteína%	2,99 ^b	2,99 ^b	3,02 ^a	0,003	<0.001
SNG%	7,86 ^c	7,90 ^b	7,95 ^a	0,01	<0.001
ST%	11,94 ^c	12,24 ^b	12,39 ^a	0,04	<0.001

T0: 0% *Tithonia diversifolia*; T25: 25% sustitución de AB; T50: 50% sustitución de AB; PL: Producción de leche; PL4%: Producción de leche corregida al 4% de grasa; SNG: Solidos lácteos no grasos; ST: Solidos lácteos totales; ee: error estándar de la media; p-valor: valor de probabilidad; letras en la misma fila indican diferencias significativas.

Producción

La producción de leche de las cabras presentó valores entre los 2,05 y hasta 2,22 kg/cabra/día, se presentó el valor más bajo en el T50, cuando incluyó *T. diversifolia* y se sustituyó el 50% de AB, sin embargo, no se presentó diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T25.

Al sustituir el 50% del AB por el forraje de *T. diversifolia* (T50), se observó una disminución en la producción de leche del 5,96 y 7,66% con respecto a los tratamientos T0 y T25, respectivamente lo que sugiere que la suplementación con *T. diversifolia* modificó la productividad de los animales.

Cuando se sustituyó el 25% del AB por forraje fresco de *T. diversifolia* (T25), no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la producción de leche con respecto al tratamiento T0, pero si se observó un aumento de 0,04 Kg de leche por animal/día con respecto al T0.

Los valores de PL4% estuvieron entre las cantidades de 2,17 y 2,30 kg/cabra/día. La mayor PL4% se presentó en el T25 (2,30 kg cabra/día) superior al valor de 2,17 Kg/cabra/día que se obtuvo en los animales que se alimentaron con el 50% de sustitución del AB y también superior al valor de 2,20 kg/cabra/día que se presentó en el T0. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T50 para la producción corregida al 4% de grasa.

Un mayor valor de PL corregida al 4% de grasa en las cabras evaluadas en el T25 respecto a el T0 está relacionado a un mayor porcentaje de grasa en leche de las cabras que se suplementaron con *T. diversifolia* en comparación a las se suplementadas con AB. Esto explica por qué si se presentó diferencia en producción de leche corregida al 4% de grasa, pero no al comparar solo la producción de leche (no corregida por grasa) cuando las cabras se sometieron al T25 en comparación a los animales que consumieron la suplementación que se ofreció en el T0.

El potencial que tiene la *T. diversifolia* para la suplementación de rumiantes fue señalado por Arias (2018) quien demostró que al sustituir en bovinos de leche un 25% de la MS de AB por MS de *T. diversifolia* no se observa una diferencia estadísticamente significativa en la PL al compararla con una dieta suplementada

100% con AB, atribuyendo esto a la composición nutricional de la *T. diversifolia* que la posiciona con potencial para sustituir parcialmente el AB en rumiantes sin repercutir negativamente en la PL.

La utilización de plantas forrajeras arbustivas y de alto valor proteico como la *T. diversifolia* han mostrados resultados positivos cuando se utilizan como suplemento en dietas para rumiantes. El valor más alto observado en la PL (2,22 Kg) se presentó cuando se sustituyó un 25% de AB por *T. diversifolia* (T25), estos resultados fueron mayores a los valores reportados por Arief *et al.*, 2020, quienes evaluaron la producción y la calidad de la leche en cabras alimentadas con diferentes niveles porcentuales de *T. diversifolia* en las dietas, obteniendo una PL máxima de 1,2 Kg/leche/día con una inclusión de 60% de *T. diversifolia*. Por otra parte, la implementación de la planta arbustiva *M. alba* L. en cabras lactantes generó un incremento de un 20% en la PL sin afectar de forma negativa la composición nutricional de la leche (Retamal, 2006); el autor atribuyó una mayor producción láctea a la combinación de varios ingredientes proteicos en la ración que se les suministró a los caprinos.

Se observó que al sustituir el 50% del AB por *T. diversifolia* se afectó negativamente la producción de leche caprina, se obtuvo una disminución de la PL por animal en un 7,7% con respecto al T25. Esto puede estar relacionado a un menor consumo de MS, y al alto contenido de humedad presente en la planta de *T. diversifolia*, que influye de forma directa en el llenado físico del rumen y un menor aporte nutricional. Lo anterior concuerda con lo publicado por Salazar (2021), quien mencionó que el alto contenido de humedad presente en la *T. diversifolia* afecta negativamente el consumo voluntario en caprinos. En el presente estudio el T50 presentó una disminución de 3,47% de CMS total en comparación al T25.

Calidad de la leche

Los valores de proteína láctea fueron muy similares entre los tres tratamientos (2,99^b, 2,99^b y 3,02^a para T0, T25 y T50, respectivamente) mientras que los ST y STG mostraron porcentajes más elevados conforme aumentó la inclusión de *T. diversifolia* en la dieta.

Grasa

El porcentaje de grasa en leche fue superior estadísticamente en las cabras suplementadas con *T. diversifolia* (T25 y T50), en la que T50 presentó el valor más alto con 4,43% en el contenido de la grasa láctea.

Según Arias (2018), el porcentaje de grasa presente en la leche es un aspecto de suma importancia, ya que un alto contenido se relaciona con un producto de mejor calidad el cual puede generar mejores rendimientos en procesos de la industria láctea, además, el contenido de grasa en la leche es un factor altamente sensible y variante según al tipo de dieta que se le suministre al rumiante (Bedoya, Rosero & Posada, 2012); por lo tanto y tomando en cuenta los datos obtenidos, se observó un incremento en el contenido de grasa presente en la leche conforme se sustituyó la MS de AB por MS de *T. diversifolia*, teniendo una diferencia significativa de los tratamientos T25 y T50, comparados con T0. Sin embargo, entre los tratamientos T25 y T50 no hubo diferencia estadística, tal como se observa en la tabla 4.

El incremento en el contenido de grasa en la leche que se obtuvo en los tratamientos donde se sustituyó el AB por el forraje de *T. diversifolia* (T25 y T50) puede estar influenciado, según Bedoya, Rosero & Posada (2012), por los carbohidratos estructurales presentes en los forrajes (celulosa y hemicelulosa), estos son aprovechados por los complejos bacterianos del rumen para sintetizar ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), la celulosa y hemicelulosa son transformados en ácido acético, responsable de aumentar el contenido de grasa en la leche.

En el presente estudio se evidencia un aumento en el contenido de grasa a medida que se sustituye de forma gradual el AB por *T. diversifolia*, esto pudo estar relacionado a un incremento en la ingesta de fibra presente en la *T. diversifolia*. Según Arias (2018), el valor de FDN presente en *T. diversifolia* de la FESL con una edad de rebrote de 50 días varía entre 36,80 y 42,46%, además la fibra aportada por la *T. diversifolia* es fibra efectiva que favorece el proceso de rumia.

Los niveles de grasa obtenidos en la producción de leche caprina (Tabla 4) fueron menores al promedio de 6,01% reportado por Susilorini, Maylinda, Surjowardojo & Suyadi (2014) citado por Sowmen & Pazla (2020). Este último autor utilizó la *T. diversifolia* como base forrajera en las dietas de los caprinos con una implementación de hasta el 60% de *T. diversifolia* suministrada en dos periodos de alimentación al día, los cuales tuvieron niveles superiores a 7,70% de grasa en la leche caprina, lo anterior confirma que el aumentar la inclusión de *T. diversifolia* en dietas caprinas podría favorecer la síntesis de grasa láctea, debido a un incremento en la ingesta de FDN presente en la *T. diversifolia*.

Proteína

La síntesis de proteína en la leche de cabra presentó valores entre 2,99 y 3,02 % por cabra/día, siendo inferior el porcentaje de los tratamientos T25 y T50 con 2,99% cada uno y dando mayores resultados el T50 con 3,02% de proteína láctea.

Bidot (2017), menciona que el porcentaje de proteína presente en la leche caprina es de vital importancia debido a su papel fundamental en los rendimientos productivos de los procesos de industrialización, donde se obtiene subproductos como quesos, yogures y otros.

Dado los resultados obtenidos, se observa que el porcentaje de proteína láctea obtenida en los tratamientos T0 y T25 son iguales. Sin embargo, al sustituir un 50% del AB por *T. diversifolia* (T50) se tiene un leve incremento en el porcentaje de proteína presente en la leche caprina.

Arias (2018), menciona que el contenido de proteína presente en la leche producto de rumiantes está influenciado directamente por la cantidad de PC que el animal consume en su dieta. Además, Galindo *et al.* (2008), citado por Gallego *et al.* (2014a) publican que al implementar plantas forrajeras con alto contenido de proteína en la dieta de rumiantes favorece la degradabilidad de la fibra llevado a cabo por los microorganismos celulíticos ruminales, por lo que según estos últimos autores, incrementará la fermentación de la MS generando mayor disponibilidad de nutrientes necesarios para la síntesis de amonio ruminal, formando mayor presencia

de proteína bacteriana, por lo que da una mejor disponibilidad de aminoácidos necesarios para la producción de proteína láctica. Kholif, Khattaf, Salem, Sayed, Gado & Mariezcurrena (2014), citado por Rebollar (2017) confirman lo anterior, estos adjudican la producción de proteína láctea de caprinos a tres factores en concreto, el consumo de MS, materia orgánica y degradabilidad de la fibra.

Esto se puede corroborar con los datos reportados por Arief *et al.* (2020), los cuales tuvieron una respuesta altamente favorable en la producción porcentual de proteína láctea (3,86%) al suplementar cabras con 60% de *T. diversifolia*, en comparación a cabras suplementadas con un porcentaje menor de *T. diversifolia*. También se corrobora con los datos publicados por Arias (2018), donde evaluó *T. diversifolia* como suplemento en otros rumiantes en las instalaciones de la FESL, obteniendo resultados similares en producción de proteína láctea a los obtenidos en la presente investigación; lo anterior confirma que al aumentar la inclusión de *T. diversifolia* favorece la síntesis de proteína láctea en caprinos.

Sólidos totales y sólidos totales no grasos

Los porcentajes de ST arrojados en el estudio para los tratamientos T0, T25 y T50 fueron 11,94%, 12,24% y 12,39% respectivamente, además se obtuvo datos porcentuales de 7,86%, 7,90% y 7,95% en SnG. Se puede observar que conforme aumentó la inclusión de *T. diversifolia* se generó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en la producción de ST y SnG, dando una mejor respuesta productiva el tratamiento T50, tal y como se observa en la tabla 4.

Arias (2018) señala que al aumentar la inclusión de fibra en la dieta de rumiantes favorece la producción ST en la leche, esto debido al efecto que produce la FDN sobre la síntesis de grasa láctea en los rumiantes, lo anterior se puede corroborar con lo publicado por Herrera, Vargas, Boschini & Chacón (2009) donde evaluaron el efecto que la arbustiva *M. alba* L. tiene sobre la variación bromatológica de la leche caprina en comparación con gramíneas, estos reportan valores altamente significativos ($P < 0.01$) en la producción de ST y SnG en cabras alimentadas con morera; dichos valores publicados son similares a los obtenidos en la

suplementación de las cabras en FESL con *T. diversifolia*, afirmando el efecto positivo que genera la sustitución de AB por *T. diversifolia* en la síntesis de ST y SnG en leche caprina.

Valoración económica de las dietas

En la tabla 5 se muestra el costo por Kg de MS ofrecido de los diferentes componentes utilizados en las distintas dietas por cabra al día. Se determinó que T25 es la dieta de mayor costo de implementación con 23,2 centavos de dólar (¢), cambio según el BCCR (2022), seguido de T0 con 23,2 ¢ y T50 con 22,3 ¢ , además, se determinó los costos de la mano de obra (MO) necesaria para implementar cada uno de los tratamientos y el costo necesario para producir un Kg de leche en los diferentes tratamientos, este último varió de 22,3 y hasta 24,2 ¢ /kg de leche.

Tabla 5. Costo en colones (₡) por Kg MS/animal/día ofrecido en cada uno de los tratamientos evaluados y el costo en ₡ y centavos de dólar (¢) por Kg de leche/día producido por tratamiento.

Tratamiento	Componente	Kg MS	Costo/Kg MS (₡)	Costo/componente/Dieta (₡)	Costo total /Ración/Día (₡)	Costo MO Total/Dieta /Día (₡)	CostoKg Leche/Tratamiento (₡)	CostoKg Leche/Tratamiento (¢)
T0	<i>P. purpureum</i>	0,83	38	31	304	20	148	23,2
	<i>T. diversifolia</i>	0	24	0				
	AB	1,04	263	273				
	Semolina	0	224	0				
	Melaza	0	253	0				
T25	<i>P. purpureum</i>	0,61	38	23	319	24	154	24,2
	<i>T. diversifolia</i>	0,26	24	6				
	AB	0,87	263	229				
	Semolina	0,18	224	40				
	Melaza	0,08	253	20				
T50	<i>P. purpureum</i>	0,39	38	14	267	24	142	22,3
	<i>T. diversifolia</i>	0,52	24	12				
	AB	0,52	263	136				
	Semolina	0,35	224	78				
	Melaza	0,11	253	27				

(₡) Colon costarricense; (¢) céntimos de dólar estadounidense

Los datos demostraron que al sustituir 50% del AB por *T. diversifolia* (T50) generó una disminución en los costos de 3,4% y 6,5% al compararlo con T0 y T25,

respectivamente, esto obedece a la reducción en un 50% el uso de AB como suplemento principal, el cual es el rubro que tiene mayor impacto sobre los costos de alimentación. Lo anterior concuerda con lo publicado por Arias (2018), quien aseguró que la utilización de AB puede llegar a representar hasta un 45% de los costos en una dieta para un animal de alta productividad lechera. Otros autores como García & Watty (2022) mencionan que la alimentación de cabras lecheras bajo sistema de estabulación total, puede llegar a representar hasta un 80% de los costos de producción.

En el costo total de la dieta que se ofreció en el T25 se demostró un incremento en el valor final de la ración a pesar de la sustitución de un 25% de AB por *T. diversifolia*. Este incremento representa un 4,52% sobre la dieta base T0 y obedece a la inclusión de la semolina de arroz (segundo componente en importancia económica en la dieta), la cual se empleó para balancear isoenergéticamente las raciones. Estos resultados son similares a los publicados por Arias (2018), quien realizó ensayos con vacas lecheras Jersey en la FESL y sustituyó de forma gradual el AB por *T. diversifolia*, dando un ahorro máximo en los costos de alimentación de 18,8% cuando se sustituyó 50% de AB por *T. diversifolia*, con lo anterior se confirma el potencial de la *T. diversifolia* para disminuir costos de suplementación en la alimentación de rumiantes.

Un aspecto importante por destacar es que los costos de MO se incrementaron conforme aumentó el nivel de inclusión de *T. diversifolia* en los tratamientos T0 a T25, sin embargo, cuando se aumentó del 25% a un 50% de sustitución del AB por forraje de *T. diversifolia* el valor se incrementa levemente, estabilizando los costos de MO en un valor cercano a 3,7 centavos de dólar. El incremento del costo está relacionado con el tiempo necesario para ofertar en canoa los diferentes alimentos incluidos en los tratamientos T25 y T50 para mantener un balance energético y proteico, además de la utilización de *T. diversifolia*.

Al analizar los costos totales requeridos para producir un litro de leche en cada uno de los tratamientos evaluados, se observó un incremento de 1 ¢ al pasar de T0 a T25, esto sucede debido a la adición de ingredientes en la dieta, mismos que

aumentan los costos totales de MS y requieren mayor MO para ser ofertados. Cuando se sustituyó el 50% de AB por *T. diversifolia* (T50) se obtuvo una reducción del 3,6% del costo total de producción, al ser comparada con la dieta testigo (T0) y un 8,0% cuando se comparó con T25.

El autor Orrola (2021) menciona que el costo de alimentación puede rondar el 55% de la totalidad de los costos productivos, por lo que es una variable de alta importancia a la hora de buscar una mayor rentabilidad y aprovechamiento de los recursos agropecuarios.

Conclusiones

- Sustituir parte del AB por forraje de *T. diversifolia* permitió que las cabras alcanzaran un mayor CMS, relacionado al efecto individual de cada ingrediente de la dieta.
- La sustitución de AB por *T. diversifolia* es viable hasta un 25% sin afectar de forma negativa la productividad lechera del animal. Además, la producción de leche aumentó cuando se sustituyó un 25% del AB.
- La inclusión y el aumento de la *T. diversifolia* como suplemento alimenticio favorece la síntesis porcentual de grasa, proteína y ST en la leche caprina.
- Sustituir un 50% del AB por *T. diversifolia* genera una disminución en el costo de la producción láctea en caprinos bajo las condiciones específicas de la FESL.

Agradecimientos

- A mi alma mater; la Universidad Nacional y la Escuela de Ciencias Agrarias, por brindarme las herramientas necesarias para ser un profesional con carácter y humanismo.
- A mí equipo de trabajo, el profe “Andrés”, a doña “Isa” y por supuesto, a mí tutor y gran amigo, el profe “Migue”, quien me apoyó de principio a fin, desde mí PPS como Bachiller, hasta mí Trabajo Final de Graduación para optar por mí Licenciatura; ¡gracias Migue!
- A la Finca Experimental Santa Lucía, donde reforcé los valores centrados en el trabajo y en la dignificación del hombre a treves de la agricultura; además por prestar sus instalaciones para la implementación de tan importante experimentación para el sector caprino.
- Al Programa de Producción Sostenible de Rumiantes Menores, el cual prestó parte de sus instalaciones, equipo y animales, con el fin de buscar la excelencia y el aporte al sector caprino costarricense.
- A los colegas, el Lic. Mauricio Arias Gamboa, el Lic. Jose Padilla Fallas, el M.Sc. Jose Pablo Jiménez Castro y al Bach. Adrián Garro Quesada†, quienes siempre me dieron apoyo profesional y personal, antes, durante y después del proceso experimental.
- A los muchachos de la finca; Olger, “Manuelón”, Luis, Allan y Keylor, quienes me ayudaron en todo el proceso practico/experimental.
- Al programa FITTACORI por su valioso aporte a la investigación, ya que sin ellos no hubiese podido realizar el proceso experimental.

Referencias bibliográficas

- Arias, L.M., Alpizar, A., Castillo, M., Camacho M.I., Arronis, V. y Padilla, J. (2018). Producción, calidad bromatológica de la leche y los costos de suplementación con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, en vacas Jersey. Heredia. Costa Rica. Pastos y Forrajes, Vol. 41, No. 4.
- Arias, L. M. (2018). Evaluación del uso de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como suplemento de vacas jersey en etapa productiva. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Arief, A., Rusdimansyah, R., Sowmen, S., Pazla, R. & Rizqan, R. (2020). Milk production and quality of Etawa crossbreed dairy goat that given *Tithonia diversifolia*, corn waste and concentrate based palm kernel cake. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(9). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210910>
- Arronis, V. y Abarca, S. (2017). Sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.
- Bach, A. & Calsamiglia, S. (2006). La Fibra de los Rumiantes: ¿Química o física? Recuperado 15 de octubre de 2022, de https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/100-fibra_en_rumiantes.pdf
- Barboza, D., Solórzano, J., Vásquez, A. P., & Paniagua, J. (2022). Optimización del costo de alimentación para ganado de engorde en Guanacaste, Costa Rica. *E-Agronegocios*, 8(1), 25–44. <https://doi.org/10.18845/ea.v8i1.5654>
- Batista, E. D., Detmann, E., Gomes, D. I., Rufino, L. M. A., Paulino, M. F., Valadares Filho, S. C. y Reis, W. L. S. (2017). Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilisation in cattle fed high-quality tropical forage. *Animal Production Science*, 57(10).
- BCCR. (2022). Tipo de cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América. Recuperado 25 de septiembre de 2022, de

<https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%20400>

Bedoya, O., Rosero, R., & Posada, S. (2012). *Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes*. Recuperado el 8 de agosto de 2020, de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/124/1/7.%2093-110.pdf>

Bidot, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista de Producción Animal*, 29(2), 32–41. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202017000200005&script=sci_arttext&lng=pt

Boschini, C. (2016). Visión global de la producción caprina: Una oportunidad de negocios (pp. 9–11). San José, Costa Rica. <http://proleche.com/recursos/documentos/congreso2016/Charla31.pdf>

Cardona, J. L., Mahecha, L. & Angulo, J. (2017). Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 405-426.

Castrillo, L. (2014). Leche de Cabra Consolida Nuevos Mercados: producto ideal para alimentar neonatos, adultos mayores y otros segmentos. *Revista UTN*, 68 (1), 58-60. <https://www.utn.ac.cr/sites/default/files/attachments/utn68.pdf>

Chacón, P., Najarro, C. V., Tobar, D., Ibrahim, M. y Abarca, S. (2018). Uso del Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como suplemento alimenticio para la reducción del nitrógeno excretado en la orina de vacas lecheras en Turrialba, Cartago, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <http://hdl.handle.net/11554/8925>

Galindo, J., González, N., Delgado, D., Sosa, A., Marrero, Y., González, R. & Moreira, O. (2008). Efecto modulador de *Leucaena leucocephala* sobre la

- microbiota ruminal. *Zootecnia Tropical*, 26(3). Recuperado de <http://ve.scielo.org>
- Gallego, L. A., Mahecha, L. y Angulo, J. (2017a). Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 213.
- Gallego, L. A., Mahecha, L. y Angulo, J. (2017b). Producción, calidad de leche y beneficio: costo de suplementar vacas Holstein con *Tithonia diversifolia*. *Agronomía Mesoamericana* 28(2):357 370.
- García, A. & Watty, A. (2022). *Alimentación de caprinos i*. Recuperado 3 de octubre de 2022, de https://kipdf.com/alimentacion-de-caprinos-i_5ad7dc157f8b9af5468b45fa.html
- Gómez, D. y Montes de Oca, P. (1999). Estudio detallado de suelos de la Finca Santa Lucía en Barva, Heredia (en línea). http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_031.pdf
- Hernández, D. P. H. (2020) *Evaluación productiva, nutricional y económica de un banco forrajero de botón de oro (Tithonia diversifolia)*. Universidad Nacional de costa Rica.
- Herrera, L., Vargas, C., Boschini, C., & Chacón, A. (2009). Variación bromatológica de la leche de cabras Lamancha alimentadas con diferentes Forrajes. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43713059018.pdf>
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). (2020). Datos climáticos. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. <https://www.imn.ac.cr/web/imn/inicio>.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2014). Costa Rica: Total de fincas con ganado caprino por cantidad de animales y tamaño del hato Según: Provincia y tamaño de la finca en hectáreas. San José, Costa Rica.
- Kholif, A.E., Khattaf, H.M., Shewy, A.A., Salem, A.Z.M., Kholif, A.M., Sayed, M.M.,

- Gado, H.M. & Mariezcurrena, A.M. (2014). Nutrient digestibility, ruminal fermentation activities, serum parameters and milk production and composition of lactating goats fed diets containing rice Straw treated with *Pleurotus Ostreatus*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 27, 357-364.
- López, J. R., Elías. A., Delgado, D., González, R., Starduy, L. (2009). Efecto de la suplementación con concentrado en la degradabilidad ruminal in situ de forraje de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en bucerros (*Bubalus bubalis*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(2),157-161. ISSN: 0034-7485. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015425010>
- Mora, D. (2010). Estudio bioeconómico en el establecimiento de una explotación caprina en Costa Rica1. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 113–120. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100012
- MTSS. (2019). *Lista de salarios mínimos del sector privado*. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Recuperado el 20 de marzo de 2022, de <https://www.mtss.go.cr>
- NRC. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants*. 1st ed. Washington, USA.
- Orrola, J. F. I. (2021) *Formulación de dietas para la alimentación de caprinos utilizando hoja de cálculo microsoft excel*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- OVI España (2014). *Importancia de la fibra en la formulación de alimentos para rumiantes*. Recuperado el 15 de octubre de 2022, de <https://www.oviespana.com/Articulos/298104-Importancia-de-la-fibra-en-la-formulacion-de-la-alimentacion-para-rumiantes.html#:~:text=Al%20aumentar%20la%20proporci%C3%B3n%20de,menor%20consumo%20de%20raci%C3%B3n%20total.&text=Los%20alimentos%20con%20alto%20contenido,seca%20por%20su%20baja%20digestibilidad>

- Porras, S. (2016). Fenología y fisiología de semillas de Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/55663/>
- Rebollar, D. G. (2017). *Respuesta Productiva y Composición Química de la Leche de Cabras Alpina Frances, Suplementadas con Enzimas Fibrolíticas Exógenas*. Universidad Autónoma del Estado de México
- Retamal, R. A. (2006). *Efecto de la suplementación de morera (Morus alba) a cabras en el último tercio de lactancia, sobre la producción y composición láctea*. Universidad de Chile.
- Rivera, J.E., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tafur, O., Hurtado, E.A., Arenas, F.A., Chará, J. y Murgueitio, E. (2015). Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano.
- Salazar, J. (2021). Calidad nutricional y consumo por cabras de forraje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). *Agronomía Costarricense*, 42(2). Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/47774/47493>
- SAS Institute Inc. (2009). *SAS/STAT User's guide: Statistics*. Versión 9.0. Cary; NC, USA.
- Sowmen, S., & Pazla, R. (2020). Milk production and quality of Etawa crossbreed dairy goat that given *Tithonia diversifolia* , corn waste and concentrate based palm kernel cake, 21(9), 4004–4009. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210910>
- Susilorini, T.E., Maylinda, S., Surjowardojo, P., & Suyadi (2014). Importance of Body Condition Score for Milk Production Traits in Peranakan Etawah Goats. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4, 151-157.
- USATI LTDA Ovinca ovinos y caprinos (Versión 1) [software]. (sf). obtenido de <https://www.ovinca.com/Index.aspx>
- Vargas, J. de J., Sierra, A. M., Mancipe, E. A., & Avellaneda, Y. (2018). El kikuyo,

una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 13(2), 137–156.

Villalobos, L., Arce, J. y WingChing, R. (2015). Costos de producción de ensilados de pastos tropicales elaborados en lecherías de costa rica. *Nutrición Animal Tropical*, 9(2), 27.

Williams, E.J. (1948). Experimental Designs Balanced for the estimation of residual effects of treatments. *Australian Journal of Scientific Research*. 2: 149-168.