



RECURSOS FORRAJEROS PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ.

Forage resources for cattle production systems in the department of Caquetá

Michael Stiven Gironza Acosta¹

 <https://orcid.org/0009-0006-0288-0154>

 m.gironza@udla.edu.co

²Adrian Rolando Riascos Vallejos

 <https://orcid.org/0000-0001-6627-9372> 

 ariasco@sena.edu.co 

¹Universidad de la Amazonia, Programa Medicina Veterinaria y Zootecnia, Florencia, Caquetá Colombia.

²Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Centro agroforestal y Acuícola Arapaima Regional Putumayo, Puerto Asís, Putumayo. Colombia

RESUMEN

La ganadería en el pie de monte amazónico se caracteriza por un manejo tradicional, en pastoreo extensivo, en áreas donde son transformadas grandes extensiones de bosque primario en pasturas tropicales destinados para la alimentación animal, lo cual con lleva a generar ganaderías con bajos parámetros productivos y reproductivos por un déficit nutricional, dada la relación suelo-pasto-animal, además de generar efectos medioambientales nefastos a causa de las actividades antropogénicas y el desconocimiento que tienen estos sistemas ganaderos sobre los recursos naturales. En este sentido es importante optar por estrategias de manejo, sobre sistemas que hagan sinergia en el entorno amazónico, con la opción de implementar sistemas silvo-pastoriles, o el uso de diferentes especies arbóreas, rastreras y arbustivas con potencial forrajero como alternativa para recuperar los sistemas de producción. En tal sentido el objetivo de este estudio fue realizar una revisión sistemática de artículos científicos para conocer las alternativas nutricionales que brinda los recursos forrajeros en esta zona de la amazonia colombiana, como alternativas de alimentación en sistemas de producción bovina en el departamento del Caquetá.

PALABRAS CLAVES:

Amazónico, Ganadería, Nutrición, Potencial Forrajero, Sistemas de producción.

Cómo citar:

Fecha recepción: 24 de Mayo de 2024 / Fecha Aprobación: 30 de Agosto 2024 / Fecha Publicación: 30 de Septiembre 2024

Gironza Acosta, M. S. & Riascos Vallejos, A. R.(2024). *Recursos forrajeros para sistemas de producción bovina en el departamento del caquetá*. Revista. FAGROPEC. Vol. 16(2), ppt 74-91.



SUMÁRIO

A pecuária nos contrafortes amazônicos é caracterizada pelo manejo tradicional, em regime de pastoreio extensivo, em áreas onde grandes extensões de floresta primária são transformadas em pastagens tropicais para alimentação animal, o que leva a explorações pecuárias com baixos parâmetros produtivos e reprodutivos devido a um déficit nutricional, dada a relação solo-pastagem-animal, além de gerar efeitos ambientais nocivos devido às atividades antrópicas e à falta de conhecimento que esses sistemas pecuários têm sobre os recursos naturais. Nesse sentido, é importante optar por estratégias de manejo, em sistemas que façam sinergia no ambiente amazônico, com a opção de implementação de sistemas silvipastoris, ou o uso de diferentes espécies arbóreas, rasteiras e arbustivas com potencial forrageiro como alternativa para recuperar os sistemas de produção. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática de artigos científicos para conhecer as alternativas nutricionais oferecidas pelos recursos forrageiros nessa área da Amazônia colombiana, como alternativas para alimentar os sistemas de produção de gado no departamento de Caquetá.

PALAVRAS-CHAVE.

Amazônia, Nutrição, Pecuária, Potencial forrageiro, Sistemas de produção.

INTRODUCCIÓN.

La ganadería es una de las actividades pecuarias más importantes en la región (Torres *et al.*, 2019). Sin embargo, el manejo extensivo es responsable de generar desequilibrios ecosistémicos como la compactación, degradación de suelos, deforestación y emisión de gases efecto invernadero GEI, lo cual contribuye con el calentamiento global (Silva Ruiz & Jaramillo Peralta, 2022). De igual forma el departamento de Caquetá desde el año 1950 o durante el periodo de colonización los bosques que caracterizaban el pie de monte Amazónico fueron convertidos en pasturas dando origen a los sistemas ganaderos (Bedoya, 2022).

El cambio climático es considerado como una amenaza para la sostenibilidad en las ganaderías, lo cual afecta el componente animal (reproducción, productividad y bienestar animal), y la alimentación (Productividad y calidad del forraje y presencia de plagas y enfermedades) debido al calentamiento global (Motta & Pascua, 2024). Otro efecto medioambiental es el aumento del CO₂ en la atmósfera causando la reducción en los niveles de proteína para los pastos C4 como las especies del género *Urochloa*, no obstante, las especies leguminosas se ven favorecidas bajo estas condiciones ambientales aumentando la disponibilidad de biomasa para el uso como recurso forrajero (Del Prado *et al.*, 2020). Por lo anterior es conveniente la interacción entre los estratos arbóreos, arbustivos y gramíneas en los sistemas para compensar y mitigar los efectos causados por el calentamiento global (Fonseca *et al.*, 2023).

La alimentación en las ganaderías del tropicales se basa en el pastoreo de gramíneas, como única fuente de nutrientes, las cuales poseen mayor concentración de carbohidratos estructurales (FDN 69-80%) y bajos en proteína, azúcares y almidón, por tal razón este tipo de dietas genera un desbalance nutricional, además de mayor producción de metano entérico y bajos parámetros productivos y reproductivos convirtiendo a los sistemas ganaderos menos competitivos en el sector pecuario (Núñez *et al.*, 2022). No obstante, existen alternativas como la introducción de especies arbóreas y arbustivas en el pie de monte amazónico con características nutricionales importantes las cuales pueden ser utilizadas en la alimentación animal (Riascos *et al.*, 2020).

En este sentido una de las estrategias para reducir el impacto de la ganadería hacia el medio ambiente y mejorar la calidad nutricional de los animales es la implementación de sistemas silvopastoriles, el cual es un modelo de hacer agroforestería en la ganadería combinando árboles, arbustos y pasturas en diferentes modelos como árboles dispersos en potrero, cercas vivas, árboles en franjas y SSP intensivo (Giraldo & Chará, 2022). Los SSP ha permitido mejorar aspectos importantes como lo es la nutrición animal debido al aporte de proteína y otros componentes de algunas especies arbóreas y arbustivas utilizadas, también ayuda a proveer servicios ecosistémicos como el aporte de MO al suelo, captura de carbono, biodiversidad, reducción en la emisión GEI y ciclaje de nutrientes, lo cual contribuye con la mitigación del cambio climático (Sandoval *et al.*, 2022).

Otra de las ventajas que ofrecen los sistemas silvopastoriles es que ayudan a mejorar

la rentabilidad, productividad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos (Gamarra *et al.*, 2018). Garantizando un confort en los animales desde el punto de vista nutricional y etológico, lo cual se ve reflejado en la expresión genética y rentabilidad de los sistemas de producción, además los productos tienen un valor agregado generando más ingresos y lograr de esta manera mejorar la calidad de vida en los productores (Salcedo, 2019).

Por tal razón es importante optar por estrategias sostenibles debido a que permite el desarrollo ambiental, social y económico en el sector ganadero (Ochoa & Valerezco, 2014). Una de las oportunidades para cambiar la forma de alimentar a los bovinos y reducir los efectos medioambientales causados por la ganadería extensiva en el pie de monte amazónico del departamento del Caquetá, es hacer una revisión de los principales recursos forrajeros, al respecto, se realizó una revisión de artículos científicos sobre investigaciones acerca del potencial nutricional y estudios en el uso de las diferentes especies forrajeras en los sistemas ganaderos de la Amazonia colombiana, como insumo para establecer un balance alimentario en los sistemas ganaderos, en este sentido, el objetivo de este trabajo es, analizar el potencial forrajero de las diferentes especies arbóreas, arbustivas y rastreras presentes en el pie de monte amazónico para ser utilizadas como alternativa sostenible en los sistemas de producción bovina del departamento del Caquetá.

MATERIALES Y METODOS

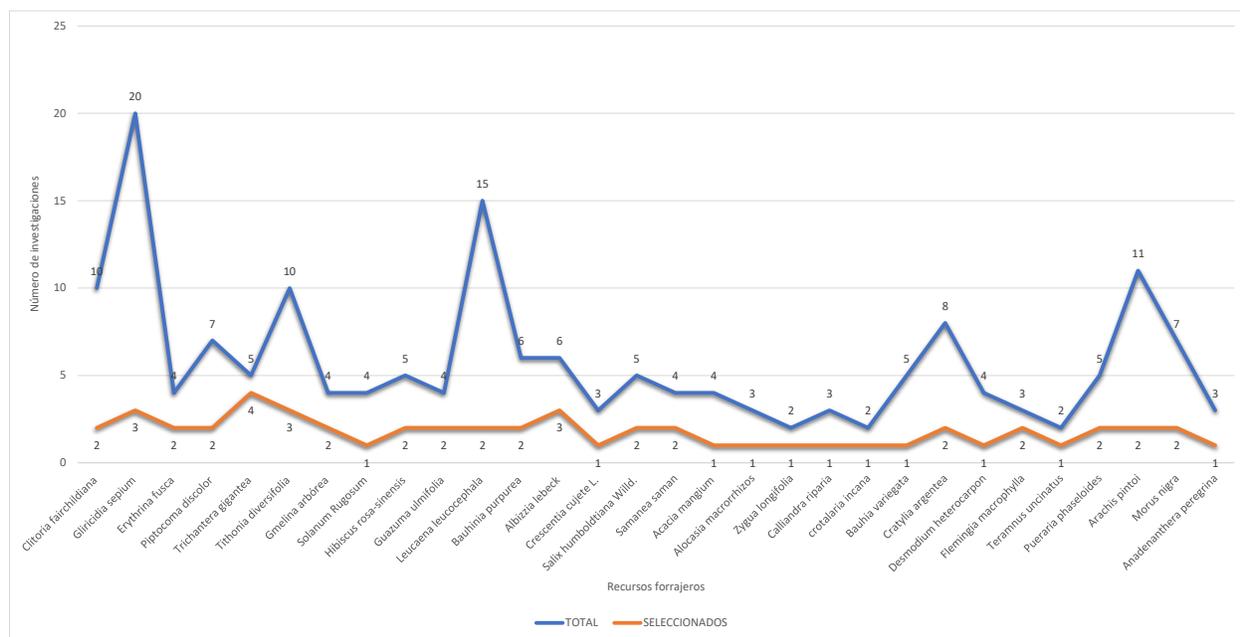
Para analizar y entender cuáles son las especies arbóreas con potencial forrajero que se pueden usar en las ganaderías de la amazonia colombiana, se buscaron investigaciones sobre especies endémicas del piedemonte amazónico más utilizadas en la alimentación en rumiantes. Por lo que se realizó una revisión sistemática de modo PRISMA (Page *et al.*, 2021). Esta revisión se llevó a cabo por medio de una base de datos denominada *Scopus* el cual se utilizaron booleanos “AND” y “OR” Garantizando de esta manera la inclusión de términos claves para la búsqueda.

Los términos que se utilizaron en la formula booleana se introdujeron en la opción “title-abstract-keywords”, de la siguiente manera (“*Nombre científico de la especie forrajera*” OR “*Genero de la especie forrajera*” OR “*Nombre común de la especie forrajera*”) AND (“valor nutricional” OR “nutrition”) AND (“alimentación de rumiantes” OR “ruminants” OR “ganadería” OR “bovinos” OR “ovinos”). De esta manera se realizó con cada una de las especies evaluadas en este estudio con el fin de obtener cuantas investigaciones se han realizado por cada especie sobre la calidad nutricional y el uso en la alimentación bovina.

En la primera búsqueda en total sumando todas las especies se obtuvieron 174 estudios realizados durante el periodo (2016 hasta 2024), luego se seleccionó que solo se incluyeran “artículos científicos” donde se encontraron 87 artículos. Posteriormente se escogieron estudios que se hallan realizado en condiciones similares a la amazonia colombiana obteniendo 66 publicaciones de las cuales se utilizaron 54 (Ver figura #1), para la elaboración de la tabla No. 1 que demuestra la calidad nutricional de las diferentes especies arbóreas encontradas y el uso de estas en los sistemas de producción ganaderos.

Figura 1.

A: Número de publicaciones basados en la búsqueda realizada en la plataforma *Scopus*: “Total” = Cantidad de publicaciones sin realizar ningún filtro de búsqueda. “Seleccionadas” = Cantidad de publicaciones seleccionadas para la revisión después de aplicar todos los filtros de búsqueda mencionados anteriormente.



Finalmente, se logró generar una tabla que funcione como guía con información recopilada sobre la calidad nutricional utilizando variables como proteína cruda PC, fibra detergente neutra FDN, fibra detergente acida FDA, Materia seca MS y digestibilidad DIG además de los usos de cada especie en los sistemas de producción ganadera con su respectivo autor.

Historia de la ganadería en el Caquetá.

Los paisajes Amazónicos que caracterizan el pie de monte caqueteño están conformados por grandes extensiones de cananguchales, diversidad de especies arbóreas, arbustivas y rastreras, también poseen gran cantidad de fuentes hídricas y diversidad de especímenes en fauna silvestre, las cuales componen los bosques Amazónicos (Bedoya, 2022). Sin embargo, a lo largo de la historia estos ecosistemas han sufrido procesos de transformación debido a actividades antropogénicas como la deforestación donde son convertidas las áreas de bosque en pasturas o monocultivos dando origen a los sistemas de producción bovina, convirtiéndose desde entonces como uno de los principales modelos para el desarrollo económico de la región (Capdevilla *et al.*, 2023).

La ganadería en la Amazonia colombiana, culturalmente se practica desde la década de los cincuenta o el periodo de colonización, donde estos sistemas ganaderos del pie de monte amazónico, el 98% se caracterizan por llevar un manejo extensivo o tradicional, el 1,8% se encuentran en procesos hacia modelos sostenibles y el 0,2% cuentan con al me-

nos un modelo de sistema silvopastoril o agroforestal (Pardo *et al.*, 2021). Esto se debe a que existen diferentes factores que afectan o limitan la adopción de prácticas sostenibles por parte de los productores, uno de ellos es la incorporación de especies forrajeras debido a la complejidad y el trabajo adicional para proteger los árboles y arbustos de los bovinos hasta llegar a un tamaño óptimo, la falta de gestión o proyección a largo plazo, la ausencia de recursos financieros para implementar un sistema silvopastoril y el desconocimiento (González *et al.*, 2022). Por tal razón es considerado como un reto lograr que los ganaderos implementen actividades que lleven hacia una ganadería sostenible (Muñoz *et al.*, 2022).

En base a esta problemática sobre la repercusión e implementación hacia la sostenibilidad, la solución principalmente es lograr el cambio de mentalidad de los ganaderos, por medio del acompañamiento de profesionales, instituciones gubernamentales, centros de investigación que indaguen temas de interés como manejo de pasturas, introducción de especies arbóreas y arbustivas (sistemas silvopastoriles), distribución de potreros, nutrición animal y servicios ecosistémicos (Captura de carbono, MO al suelo, biodiversidad, restauración tierras degradadas, microclima y ciclaje de nutrientes), los cuales benefician al componente económico, ambiental y social (Romero *et al.*, 2024).

Durante los últimos 18 años el inventario ganadero del departamento del Caquetá ha incrementado un 51,2% pasando de tener 1.776.560 cabezas de ganado en el año 2005 hasta los 2.293.528, aportando actualmente el 7,7% del inventario nacional (Torrijos 2024). La cual es una cifra importante para el departamento y el sector ganadero. Sin embargo, el mal aprovechamiento de los recursos medioambientales debido al desconocimiento de las ventajas que ofrecen en el sistema de producción a nivel ambiental, nutricional y bienestar animal, hacen que las ganaderías del departamento sean menos competitivas (Lemes *et al.*, 2021).

Los sistemas de producción sostenibles son considerados más competitivos y rentables que las ganaderas tradicionales (Nava, 2023). Debido a que los productos tienen un valor agrado y mayor variabilidad de ingresos en su producción (leche, carne, carbono, madera), ya que la trazabilidad y la forma de producir contribuye a la mitigación del cambio climático (reducción en la emisión GEI y captura de carbono), lo cual posibilita el ingreso de mercados nacionales e internacionales por medio de proyectos con interés en el componente ambiental y social (Pérez & Ramo, 2022).

En este sentido según (Ochoa & Valerezco, 2014), comparo en ganaderías doble propósito la rentabilidad entre sistemas ganaderos tradicionales (ST) y con sistemas silvopastoriles (SSP) con árboles dispersos en potreros, donde encontró que las ganaderías SSP obtuvo mayor producción de leche 2,57 litros superior, mayores ingresos un 32% superior a los ST y por último la capacidad de carga es 2 veces mejor que las ganaderías extensivas, debido a los beneficios que ofrecen los SSP entre ellos mayor oferta de biomasa, mejor calidad nutricional de los recursos forrajeros y confort en el animal, lo cual permitió el desempeño y la expresión genética de los animales (Salcedo, 2019).

Nutrición en sistemas ganaderos del pie de monte amazónico

El tipo de sistema de producción bovina que predomina en el pie de monte amazónico es la ganadería doble propósito, donde el manejo nutricional es a base de gramíneas generalmente especies del género *Urochloa* como fuente única de alimento, lo cual ha llevado a que los animales presenten un desbalance nutricional y posteriormente bajos índices productivos y reproductivos generando pérdidas económicas importantes en los sistemas de producción (Herrera *et al.*, 2022).

Las gramíneas del trópico bajo se caracterizan por contener altos niveles de energía en forma de carbohidratos estructurales (FDN 60-80%), los cuales ayudan para la síntesis de energía gracias al proceso de fermentación ruminal que permite la producción de ácidos grasos volátiles como el acetato y el butirato y en menor proporción el propionato generando este tipo de dietas el incremento de CH₄ entérico (Prado *et al.*, 2020) por otra parte las gramíneas tropicales poseen una menor proporción de carbohidratos no estructurales y proteína (5-7%) los cuales son importantes para la síntesis de otras sustancias como el propionato, el cual es gluconeogénico, es decir que se transforma en glucosa y este sirve como fuente principal de energía que tienen los rumiantes y además permite la formación de galactosa para llevar a cabo la síntesis de la leche, por otra parte la proteína es importante en diversos procesos, como aumentar los microorganismos del rumen, mejorar la calidad de la leche, mayor producción de inmunoglobulinas y formación de músculo (Rincón & Moreno, 2022).

Las gramíneas no tienen la capacidad de satisfacer los requerimientos nutricionales, es decir, que los niveles de energía y proteína no son adecuados para llevar a cabo procesos fisiológicos como el mantenimiento, desarrollo, producción, reproducción y expresión genética de los animales (Avilez *et al.*, 2022, Olarte *et al.*, 2022, Giraldo *et al.*, 2023). Por tal razón el plan nutricional de los sistemas de producción bovina en el pie de monte amazónico se debe buscar alternativas que ayuden a complementar la calidad nutricional que ofrecen las gramíneas. Una opción sostenible es la introducción de leguminosas u otras especies nativas con potencial forrajero (Martínez *et al.*, 2024). Sin embargo, el desconocimiento por los ganaderos y profesionales sobre la calidad nutricional y el manejo de otras especies del bosque amazónico hace que el tipo alimentación bovina no sea ideal.

Calidad nutricional de especies Arbóreas en el pie de monte Amazónico.

La calidad nutricional de los forrajes se basa principalmente en la cantidad de Carbohidratos, proteína, grasa, minerales disponible y la digestibilidad la cual se encuentra relacionada con la presencia de carbohidratos no estructurales (azúcares y almidones), es decir, que entre más disponibilidad de azúcares libres y almidón tenga, el forraje es más digestible y a nivel ruminal es más fácil su fermentación y transformación principalmente en energía y aprovechamiento de otros componentes nutricionales (Gaviria *et al.*, 2020).

De acuerdo con el hábito de crecimiento que presente la especie forrajera, la calidad nutricional y su porcentaje de digestibilidad es diferente, por ejemplo, las especies arbóreas se caracterizan porque tienen mayor porcentaje de proteína cruda (PC), menor

concentración de FDN y un nivel intermedio de digestibilidad con relación a las especies herbáceas y arbustivas (Castro & Dickhoefer, 2020).

En los bosques del pie de monte Amazónico Colombiano se han investigado gran cantidad de especies, el cual se ha demostrado que existen una alta variedad de árboles, arbustos y plantas herbáceas con un valor nutricional elevado produciendo entre el 14 y 32% de proteína y gran disponibilidad de biomasa respectivamente, logrando ser considerado como alternativa para la alimentación en las ganaderías tropicales (Narváez et al., 2023).

Con base a la revisión sistemática de diversas investigaciones, se logró encontrar que existen gran cantidad de especies arbóreas que se pueden asociar en los sistemas de producción bovina del pie de monte amazónico, las cuales contienen aportes nutricionales importantes para la alimentación animal y además ayudan a reducir los efectos medioambientales causados en las ganaderías (Patiño et al., 2021).

Tabla 1.

calidad nutricional de las especies arbóreas, arbustivas y rastreras seleccionadas y reportadas por varios autores en condiciones del trópico bajo.

Especie	%MS	%FDN	%FDA	%DIG	%PC	Referencias
<i>Acacia mangium</i>	27,97	48,88	22,7	64,6	15,42	AGROSAVIA (2024)
<i>Albizia lebeck</i>	32,68	43		55,56	23,6	(Galloso et al., 2020) (Arias. R et al., 2018) (Guadalupe et al., 2024)
<i>Alocasia macrorrhizos</i>	41,37	57,13	32,33	28,46	22,01	(Piedad et al., 2023)
<i>Anadenanthera peregrina</i>	35,55	46,88	20,08	67,8	18,32	AGROSAVIA (2024)
<i>Arachis pintoi</i>	79,80–88,70	44,70–57,20	34,90–46,70	60 - 70	16,70–27,10	(Pazla et al., 2023) (Castañeda et al., 2016)
<i>Bauhinia purpurea</i>	65,93	64,43	42,1		11,5± 1,2	(Santos et al., 2017)
<i>Bauhia variegata</i>	50,5	49,2	21,03	44,7	19,2	(Valencia et al., 2021)
<i>Calliandra riparia</i>	41,42	47,08	22,13	62,8	12,86	AGROSAVIA (2024)
<i>Clitoria fairchildiana</i>	21,63	50,5	25,3	17-32	23,9	(Narváez et al., 2023)(Mayberry et al., 2021)
<i>Cratylia argentea</i>	28,8-33,2	61,1 ± 0,46	42,5 ± 1,01	56,07± 1,58	17,6	(Argüello et al., 2019) (Carrillo et al., 2022)
<i>Crescentia cujete L.</i>	33,4±4,9	56,7	36		12,6	(Ibarra et al., 2022)

<i>Crotalaria incana</i>	89,33	22,3	12,9	87,7	23,3	(Martínez et al., 2023)
<i>Desmodium heterocarpum</i>	27,68	55,83	29,6	61,52	14,2	(AGROSAVIA 2024).
<i>Erythrina fusca</i>		71±8	59±5	50±25	23±1,5	(Castañeda et al., 2016) (Patiño et al., 2021)
<i>Flemingia macrophylla</i>	95,52	49,31	38,44	59	18,34	(Viennasay & Wanapat, 2020)
<i>Gliricidia sepium</i>	21,4	38±2,9	23,1±2.14	50±25	23±1,5	(Gomes et al., 2023) (Castañeda et al., 2016) (Adrízal et al., 2021)
<i>Gmelina arborea</i>	92.37±0.03	59.88±0.24		43	15±0,32	(Aye PA, 2016) (Castañeda et al., 2016)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	45,51	48	26,2	51,7	13,23±2,01	(G. E. C. Pérez et al., 2020) (Valencia et al., 2021)
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	20±2,0	45	29	65	13,2±3,6	(Gonda et al., 2022) (G. E. C. Pérez et al., 2020) (V. A. V. Riascos et al., 2020)
<i>Leucaena leucocephala</i>	30	39-62	19,9 – 39	54,9- 62,9	19-21,9	(Zapata et al., 2020) (Olomonchi et al., 2022)
<i>Morus nigra</i>	30,8±0,05	37,8±0,05	29,4±0,05	67,64	14,62±0,01	(Gomes et al., 2023)(AGROSAVIA 2024)
<i>Piptocoma discolor</i>	24,87	48.94 ± 0.46	28.75 ± 1.02	55.57 ± 1.58	13.12 ± 0.33	Riascos et al., 2020) (Álvarez et al., 2022)
<i>Pueraria phaseoloides</i>	16,26	50,9 ± 1,4	30,69	64,87	18,2	(AGROSAVIA 2024) (Lista et al., 2019)
<i>Samanea saman</i>		37,6	25,06	66,01	16,08	(Soliva et al., 2018) (M. J. Hernández et al., 2018)
<i>Salix humboldtiana Willd.</i>	40	64	35,6	51	19,3	(Echevarría et al., 2019) (Alfonso et al., 2016) (Patiño et al., 2021)
<i>Solanum rugosum</i>		47,9	33,4	65,4	19,1	(Riascos et al., 2020)
<i>Teramnus uncinatus</i>	19,23	48,42	22,53	68,33	19,96	(AGROSAVIA 2024).
<i>Tithonia diversifolia</i>	20.65±1.89	51.82±4.19	31,46 ± 10,3	81,9	20,2 ± 3,1	(Hernández et al., 2024) (Rivera et al., 2021) (Gomes et al., 2023)
<i>Trichantera gigantea</i>	93,15	43,5	24,6	50-70	19,45	(Alcívar et al., 2023) (Castañeda et al., 2016) (Riascos et al., 2021)
<i>Zyguia longifolia</i>	33,71	47,53	26,04	64,35	16,34	(AGROSAVIA 2024).

MS: Materia seca. FDN: Fibra detergente neutra. FDA: Fibra detergente acida. DIG: Digestibilidad. PC: Proteína cruda.

Bondades de los recursos forrajeros en los sistemas ganaderos

Según Pérez *et al.*, (2020), en un estudio donde evaluaron la calidad nutricional en relación con la producción de metano en especies arbustivas y arbóreas con potencial nutricional en rumiantes, consideraron que las especies *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Tithonia diversifolia* se pueden incluir en las dietas durante las épocas secas debido a su alto valor nutricional especialmente los niveles de proteína y también como estrategia para mitigar las emisiones de metano.

Además, los aportes nutricionales que presentan las diferentes especies arbóreas como se muestra en la tabla #1, los árboles *Guazuma ulmifolia* y *Piptocoma discolor*, tienen la capacidad de adaptarse en suelos de baja calidad y en diferentes zonas donde los cambios climáticos son extremos, logrando ser una alternativa en los sistemas silvopastoriles, donde se puede aprovechar los servicios ecosistémicos garantizando confort y calidad nutricional para los bovinos (Álvarez *et al.*, 2022)

La especie *Tithonia diversifolia* en condiciones tropicales se ha demostrado tener aportes nutricionales interesantes en forma de ensilaje PC (12,1%), permitiendo mejorar parámetros productivos, en vacas lecheras suplementadas el 30% con silo de botón de oro se han registrado producciones de 15,03 litros/vaca/día, niveles de grasa de 3,5% y proteína 2,9% respectivamente, este tipo de alimentación puede ser considerado como una estrategia para sustituir el concentrado y reducir costos de producción (Quiñones *et al.*, 2020).

La implementación de bancos de proteínas con especies forrajeras en los sistemas ganaderos, también se ha demostrado en vacas lecheras obtener altos niveles productivos, en este caso la combinación de especies *Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia* y *Arachis pintoi* bajo un sistema de ramoneo en vacas Holstein se ha reportado producciones de 46,8 litros de leche /hectárea/día (Uvidia *et al.*, 2024). De igual manera los sistemas silvopastoriles asociados con la especie *Gliricidia sepium* en condiciones del pie de monte amazónico (Patiño *et al.*, 2021), informa niveles de proteína del 22-24% y una adecuada digestibilidad de energía lo cual incrementa la producción de leche y carne, suministrando a una ración de 2 kg de forraje verde (FV) o el 2% del peso vivo (PV), llegando también a ganancias de peso entre 560 y 640 gr/día.

El manejo de la especie *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles se ha encontrado que ayuda a mejorar la estructura fisicoquímica del suelo, aumentando la cantidad de raíces finas de las especies forrajeras y tiene valores superiores en la capacidad de captura de carbono en comparación a otras especies arbustivas (Contreras *et al.*, 2021), además esta especie forrajera como se muestra en la tabla#1, es una de las plantas con mejor calidad nutricional (Zapata *et al.*, 2020).

Investigaciones reportan que las especies *Piptocoma discolor*, *Trichanthera gigantea* y *Hibiscus rosa-sinensis*, en condiciones del pie de monte amazónico poseen niveles de proteína, energía y digestibilidad adecuados las cuales se pueden utilizar en la alimentación bovina (Riascos *et al.*, 2020). Sin embargo, la especie últimamente mencionada

se caracteriza por tener un excelente rendimiento productivo, puesto que contiene una producción de forraje (683,5g/planta de MS), lo cual demuestra una alta producción de biomasa forrajera (Narváez *et al.*, 2023).

En sistemas doble propósito el uso de especies como *Trichantera gigantea*, *Tithonia diversifolia*, *Morus alba* y *Cratylia argentea* en la alimentación animal, se puede obtener producciones de leche entre los 5-7 kg/leche/vaca/día y una ganancia diaria de peso superiores a los 500gr/día (Ontivero, 2021), sin embargo, en un estudio donde evaluaron el efecto de dos suplementos con especies forrajeras *Tithonia diversifolia* vs *Trichantera gigantea* en vacas doble propósito, se concluyó que los animales alimentados con la segunda especie mencionada se obtuvieron mejores rendimientos en la producción de leche (Ochoa *et al.*, 2023).

Las concentraciones de metabolitos secundarios en algunas especies forrajeras del pie de monte amazónico se lograron demostrar que la planta *Piptocoma discolor* presenta niveles más altos de saponinas en comparación con otras especies, este metabolito tiene efectos anti metanogénicos a nivel ruminal, la cual hace que esta especie tenga potencial sobre la mitigación de CH₄ entérico (V. ARiascos *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

En el piedemonte amazónico colombiano, la implementación de especies forrajeras con altos aportes nutricionales, como *Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia* y *Anadenanthera peregrina*, en las ganaderías del Caquetá, representa una alternativa viable para mejorar la producción de leche y carne. Además, este grupo de especies son contribuyentes en la restauración de tierras degradadas, reducción en la emisión de gases efecto invernadero, aporte de materia orgánica al suelo, permite un bienestar animal y contribuye con la biodiversidad ecosistémica.

La capacitación y el acompañamiento profesional hacia los ganaderos sobre el uso de recursos forrajeros y el conocimiento sobre la calidad nutricional de diferentes especies endémicas como *Gmelina arborea*, *Anadenanthera peregrina* y *Bauhia variegata* es esencial para lograr el cambio de mentalidad y mejorar el conocimiento local de los productores con el fin de transformar más ganaderías hacia modelos sostenibles.

La ganadería sostenible es un modelo donde se obtienen productos como la carne y la leche de alta calidad, los cuales son amigables con el medio ambiente, esta característica actualmente despierta el interés de mercados internacionales donde se logran comercializar con un valor agregado, logrando ser este tipo de sistemas de producción más eficientes y rentables en relación con las ganaderías extensivas.

REFERENCIAS

- Adrizar, Pazla, R., Sriagtula, R., Adrinal, & Gusmini. (2021). Evaluation of potential and local forages nutrition as ruminant feed-in Payo Agro-Tourism Area, Solok City, West Sumatera, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 888(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/888/1/012055>
- Alcívar, M. A. M., Larrea, C. O. I., & Hurtado, H. A. (2023). Physical-chemical characterization and nutritional assessment of the hatchery plant (*Trichanthera gigantea*) as an alternative raw material for animal feed. [*Nombre de la revista si aplica*].
- Alfonso, F. J., Fredy, M., Vega, R., & Ligia, M. (2016). Determination of the nutritional quality and degradability of fodder tree species using fistulated cows. *Revista de Sistemas de Producción Agroecológica*, 4(1), 2013–2016.
- Álvarez, F. C., Casanoves, F., Medina, Y. C., Meneses, J. F. O., Martínez, V. J. B., & Parra, G. A. C. (2022). Nutritional quality of *Piptocoma discolor* and *Cratylia argentea* as a non-timber forest product for animal feed in the Caquetá province. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 116(2), 109–120. <https://doi.org/10.36253/JAEID-13102>
- Argüello, R. J., Mahecha, L. L., & Angulo, A. J. (2019). Fodder shrubs: Relevance in cattle systems of Colombian low altitude lands. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 899–915. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35136>
- Arias, R. J. L., Delgado, E., & Mireles, S. (2018). Studies of the nutritive value of *Albizia lebbek* (L.) Benth foliage through its *in vitro* digestibility. [*Nombre de la revista si aplica*], 30(1), 1–12.
- Avilez, R. R., Barón, B. O., Alcalá, R. J., Salinas, C. J., Flores, N. M., & Ruiz, A. M. (2022). Deficiências nutricionais que afetam a retomada da ciclicidade pós-parto em bovinos de dupla finalidade. *Abanico Veterinario*, 12. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.251>
- Aye, P. A. (2016). Comparative nutritive value of *Moringa oleifera*, *Tithonia diversifolia* and *Gmelina arborea* leaf meals. *American Journal of Food and Nutrition*, 6(1), 23–32. <https://doi.org/10.5251/ajfn.2016.6.1.23.32>
- Bedoya, E. O. C. (2022). Livestock, population and deforestation of the Caqueteño Amazonian ecosystems (1951–1980). *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, 12(2), 140–169. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2022v12i2.p140-169>
- Capdevilla, D. A. G., Bermúdez, O. B., & Aguirre, M. A. (2023). Community alternatives to deforestation processes in the Colombian Amazon: Case El Caraño, Caquetá. *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, 13(1), 19–52. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2023v13i1.p19-52>
- Carrillo, F. Á., Casanoves, F., Medina, Y. C., Meneses, J. F. O., Martínez, V. J. B., & Parra, G. A. C. (2022). Nutritional quality of *Piptocoma discolor* and *Cratylia argentea* as a non-timber forest product for animal feed in the Caquetá province. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 116(2), 109–120. <https://doi.org/10.36253/JAEID-13102>

[org/10.36253/JAEID-13102](https://doi.org/10.36253/JAEID-13102)

- Castañeda, N. P. Á., Álvarez, F., Arango, J., Chachy, L., García, G., Sánchez, V., Solarte, M., & Zapata, C. (2016). *Especies vegetales útiles para sistemas silvopastoriles del Caquetá, Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://www.ciat.cgiar.org>
- Castro, M. J. M., & Dickhoefer, U. (2020). The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114641. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114641>
- Contreras, S. J. L., Martínez-Atencia, J., & Falla-Guzmán, C. K. (2021). Carbono acumulado en raíces de especies vegetales en sistemas silvopastoriles en el norte de Colombia. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(1), 52–69. <https://doi.org/10.15359/rca.55-1.3>
- Del Prado, A., Galán, E., Batalla, I., & Pardo, G. (2020). Impacts and adaptations to climate change in ruminants. *ITEA Información Técnica Económica Agraria*, 116(5), 461–482. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.038>
- Echevarría, M., Pizarro, D., Gómez, C., & Nacional, P. (2019). *Alimentación de ganadería en sistemas silvopastoriles de la Amazonia Peruana-INIA-PNIA/UPMSI/IE*. <https://www.researchgate.net/publication/335542022>
- Fonseca, R. C., Angulo, C. F., & Piedrahita, M. J. F. (2023). Alternativas agroecológicas para la resiliencia de especies forrajeras frente al cambio climático.
- Galoso, H. M. A., Rodríguez, E. V., Álvarez-Díaz, C. A., Soca-Pérez, M., Dublín, D. R., Iglesias-Gómez, J., & Guelmes, L. S. (2020). Selectivity of leguminous trees by water buffaloes in semi-intensive systems. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.542338>
- Gamarra, C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortiz, M., Galeano, M. D. P., & Cabrera Cardús, A. J. N. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>
- Gaviria, U. X., Bolívar, D. M., Rosenstock, T. S., Molina, B. I. C., Chirinda, N., Barahona, R., & Arango, J. (2020). Nutritional quality, voluntary intake and enteric methane emissions of diets based on novel Cayman grass and its associations with two *Leucaena* shrub legumes. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.579189>
- Giraldo, N. V., & Chará, J. (2022). Efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos en la reducción de la degradación física y biológica del suelo. *Livestock Research for Rural Development*, 34(17). <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd34/17/natal3417.html>
- Gomes, J. P. de M., Campana, M., Gregorini, P., Garcia, T. M., Minussi, J. F. de A., Pereira, S. N., Pereira, F. C., & Del Valle, T. A. (2023). *In vitro* evaluation of potentially

- edible Brazilian trees and shrubs in ruminant nutrition. *Animals*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/ani13233703>
- Gonda, H. L., Valdiviá, M., & Martínez, Y. (2022). *Hibiscus rosa-sinensis* forage as a potential feed for animals: A review. *Animals*, 12(xx), [páginas si aplica]. <https://doi.org/10.3390/ani>
- González, Q. R., van Wijk, M. T., Ruden, A., Gómez, M., Pantevez, H., Castro-Llanos, F., Notenbaert, A., & Arango, J. (2022). Yield gap analysis to identify attainable milk and meat productivities and the potential for greenhouse gas emissions mitigation in cattle systems of Colombia. *Agricultural Systems*, 195, 103303. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103303>
- Guadalupe, M., Ochoa, J. N., Fernando, A., Olivera, P., Ramos, B. G., Trujillo Pahuá, V., De Jesús, I., Maldonado, D., Oviedo Boyso, J., Delgado, V. S., María, R., & Bravo, R. (2024). Adaptation of tree legumes in a silvopastoral system for sheep in a temperate climate. [Nombre de la revista], XX(X), [páginas si aplica]. <https://doi.org/10.51>
- Hernández, A. X., Ortiz, G. S., Vivas, A. W. F., Fernández-Romay, Y., O-León, O. L., Pérez-Márquez, S., Luiz-Abdalla, A., & Ledea-Rodríguez, J. L. (2024). Nutritional value and *in vitro* dry matter degradability in Mexican sunflower: *Tithonia diversifolia* Helms (Gray). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(3). <https://doi.org/10.56369/tsaes.5211>
- Hernández, M. J., Sánchez, S. P., Torres, S. N., Herrera, P. J., Rojas, G. A. R., Reyes, V. I., & Mendoza, N. M. A. (2018). Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(1), 105–120. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>
- Ibarra, R. A. J., Fragoso, C. P. J., Giraldo, V. L. A., & Mojica, R. J. E. (2022). Effect of tropical forage species in silvopastoral arrangements on methane production and *in vitro* fermentation parameters in a RUSITEC system. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 35(4), 217–232. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v35n4a02>
- Lemes, A. P., Garcia, A. R., Pezzopane, J. R. M., Brandão, F. Z., Watanabe, Y. F., Cooke, R. F., Sponchiado, M., de Paz, C. C. P., Camplesi, A. C., Binelli, M., & Gimenes, L. U. (2021). Silvopastoral system is an alternative to improve animal welfare and productive performance in meat production systems. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93609-7>
- Lista, F. N., Deminicis, B. B., De Carvalho Almeida, J. C., Do Carmo Araujo, S. A., & Zanella, P. G. (2019). Forage production and quality of tropical forage legumes submitted to shading. *Ciencia Rural*, 49(7). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170726>
- Martínez, F. F., Guerrero, R. J. de D., López, O. S., Aceves, R. E., Olvera, H. J. I., & Méndez, E. J. A. (2023). Yield and nutritional value of herbaceous legumes native to Mexico with forage potential in the dry tropics. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(2), 95–104. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.95>
- Martínez, R. A. T., Chillito, M. M. A., Mota, P. A. D., Rojas-Vargas, E. P., Santamaría Ga-

- lindo, Y., & Herrera-Valencia, W. (2024). Efecto de modelos silvopastoriles sobre la producción de leche en bovinos de La Montañita, Caquetá, Colombia.
- Mayberry, D., Hau, D. K., Dida, P. R., Bria, D., Praing, J., Mata, A. D., Budisantoso, E., Dalglish, N., Quigley, S., Bell, L., & Nulik, J. (2021). Herbaceous legumes provide several options for increasing beef cattle productivity in eastern Indonesia. *Animal Production Science*, 61(7), 698–707. <https://doi.org/10.1071/AN20545>
- Motta, G., & Pascua, I. Di. (2024). Evolución histórica de la contribución de la ganadería al cambio climático: Un análisis de las estimaciones de FAO entre 2006 y 2023. *Ministerio de ganadería Agricultura y Pesca la revista. Oficina de programación y Política Agropecuaria*. 10 pág.
- Muñoz, E. M., Paola, A., Lavado, F., Montenegro Calvo, M. J., Ugarte, M. G., Azabache, O. F., Escobar, M. M., Juliana, M., Calvo, M., Subdirector, J. R., De, D., Ética Ambiental - UFZ, P., Sunderhaus, S., Castañeda, C. R., Montenegro, M. J., Andrea, C., Fernández, P., Anne, L., Citación, W., & Ugarte, G. (2022). *Hacia una ganadería sostenible en Vichada: Instrumentos políticos y financieros*. Centro de Investigaciones Ambientales UFZ, ASESORA-GIZ.
- Narváez, H. J. P., Angulo, A. J., Barragán, H. W., & Mahecha, L. L. (2023). Shrubs and trees of the Colombian Amazonian foothills: Nutritional and environmental potential in livestock systems. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3). Universidad de Costa Rica. <https://doi.org/10.15517/am.2023.52442>
- Nava, R. M. (2023). Sustainability and financial performance in dual-purpose livestock systems: A comprehensive approach to agroecological perspectives. [*Nombre de la revista*], 8(2). <https://orcid.org/0000-0001-9328-4353>
- Núñez, A. J. M., Jiménez, C. J. P., Tobía, R. C. M., Arias, G. L. M., Jiménez, A. E., & Padilla, F. J. E. (2022). Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre los componentes de la pared celular y la digestibilidad *in vitro* de gramíneas (II parte). *Nutrición Animal Tropical*, 16(2), 91–114. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i2.52729>
- Ochoa, D. K. G., Díaz, M. C. L., & Pacheco, E. A. P. (2023). Effect of dietary supplementation with forage species *Trichanthera gigantea* (Bonpl.) Nees and *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray on milk production.
- Ochoa, D. K., & Valerezco, J. M. G. (2014). Caracterización y análisis de rentabilidad de los sistemas de producción ganaderos presentes en el cantón Yantzaza, Ecuador.
- Olarte, I. Y. H., Herrera, W. V., Martínez, R. A. T., Medina, E. J. M., Motta, P. A. D., & Toledo, V. (2022). Efecto de la producción forrajera de pasturas nativas e introducidas sobre la producción de leche en la Amazonia colombiana. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias (FAGROPEC)*, 14(1), 9–24. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v14n1a1>
- Olomonchi, E. O. A., Garipoglu, A. V., Ocak, N., & Kamalak, A. (2022). Nutritional values and *in vitro* fermentation parameters of some fodder species found in two rangeland areas in the Republic of Benin. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 46(1), 88–94. <https://doi.org/10.3906/vet-2101-69>

- Ontivero, Y. V. (2021). *Characterization of five promising protein shrubs for the Cuban animal husbandry* (Vol. 44). <https://orcid.org/0000-0002-3558-1552>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pardo, Y. Y. R., Andrade, M. C. A., & Hernández, O. C. (2021). *Competitividad y sustentabilidad en sistemas ganaderos del piedemonte amazónico colombiano* (p. 21).
- Patiño, Q. B., Martínez Ortega, C. A., Baldrich Romero, N. E., Quiroz, P., Ortega, M., & Romero, B. (2021). Livestock farming in silvopastoral production systems. *Revista FAGROPEC*, 13(2), 156. <https://doi.org/10.47847/fagropec>
- Pazla, R., Zain, M., Despal, Tanuwiria, U. H., Putri, E. M., Makmur, M., Zahera, R., Sari, L. A., Afnan, I. M., Rosmalia, A., Yulianti, Y. I., Putri, S. D., Mushawwir, A., & Apriliana, R. A. (2023). Evaluation of rumen degradable protein values from various tropical foliages using *in vitro* and *in situ* methods. *International Journal of Veterinary Science*, 12(6), 860–868. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2023.045>
- Pérez, E. F. F., & Ramo, E. V. C. (2022). *Investigación universitaria: Impacto productivo de la ganadería sostenible en Colombia*. *Articule*, 125–305.
- Pérez, G. E. C., Albores-Moreno, S., Sanginés-García, J., Aguilar-Urquizo, E., Chay-Canul, A., Canul-Solis, J., Muñoz-González, J., Díaz-Echeverría, V., & Trinidad Piñero-Vázquez, A. (2020). Degradability and *in vitro* methane production of tree and shrub foliage with potential in ruminant nutrition. *[Nombre de la revista]*. <http://doi.org/10.15174.au.2020.2840>
- Piedad, M., Restrepo, V., Ortiz Grisales, S., Londoño Hernández, L., García, A. V., & Alejandra Ordóñez Narváez, G. (2023). Characterization of *sagu* leaves and rhizomes (*Maranta arundinacea* L.). <https://orcid.org/0000-0001-9594-0289>
- Quiñones, J. D. C., Cardina, J. L. C., & Castro, E. R. (2020). Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(3), 285. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.662>
- Riascos, A., Galindo, J. L., Herrera, M., Medina, Y., & Narváez, J. P. H. (2021). Selección nutritiva de forrajeras locales del piedemonte amazónico, Departamento del Putumayo, Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 33(2). <http://www.lrrd.org/lrrd33/2/jupan3321.html>
- Riascos, A., Reyes, G. J. J., & Mendoza, L. A. A. (2020). Nutritional characterization of trees from the Amazonian piedmont, Putumayo department, Colombia. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(2). <https://orcid.org/0000-0001-6627-9372>

- Rincón, J. D. C., & Moreno, E. J. R. (2022). Importancia del fraccionamiento de los carbohidratos y proteínas en la dieta suministrada a vacas lecheras. [Nombre de la revista o fuente, volumen(número), páginas]. [Si es un documento en línea, agregar el enlace o DOI si está disponible].
- Rivera, J. E., Ruíz, T. E., Chará, 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-Forrajes Tropicales*, 9(3), 280–291. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(9\)280-291](https://doi.org/10.17138/TGFT(9)280-291)
- Romero, M. A., Tzec-Gamboa, M., Álvarez-Rivera, O. O., Ramírez y Avilés, L., & Solorio-Sánchez, F. J. (2024). Los sistemas silvopastoriles y las barreras socio-ecológicas que limitan su adopción. *Bioagrocencias*, 17(1). <https://doi.org/10.56369/bac.5402>
- Salcedo, G. W. (2019). Sistemas silvopastoriles: Una mirada rápida a los arreglos, masificación y experiencia en TERRITORIALIDADES EMERGENTES. IDESMAC. Recuperado de www.idesmac.org.mx
- Sandoval, D., Flórez, J. F. H., Enciso, K., & Sotelo, M. E. (2022). Evaluación económica y ambiental de un sistema silvopastoril en Colombia: Una perspectiva desde los servicios ecosistémicos. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/367268871>
- Santos, K. C., Magalhães, A. L. R., Silva, D. K. A., Araújo, G. G. L., Fagundes, G. M., Ybarra, N. G., & Abdalla, A. L. (2017). Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. *Livestock Science*, 195, 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.12.002>
- Silva Ruiz, L., & Jaramillo Peralta, D. A. (2022). Manejo sostenible de la ganadería en Latinoamérica: Revisión sistemática 2018-2021. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.51343/racs.v5i1.969>
- Soliva, C. R., Zeleke, A. B., Clément, C., Hess, H. D., Fievez, V., & Kreuzer, M. (2018). In vitro screening of various tropical foliages, seeds, fruits and medicinal plants for low methane and high ammonia generating potentials in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1–3), 53–71. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.009>
- Torres, P. P., Andrade, V. A. L., & Valencia, H. J. B. (2019). Competitividad de la ganadería doble propósito en el municipio de Florencia, Caquetá. *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 13, 286-305.
- Uvidia, H. A. C., Arias, P., Reyes-Silva, F. D., & Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Análisis de los bancos de proteína en la alimentación de la ganadería lechera en el Ecuador. *Código Científico Revista de Investigación*, 5(1), 487–501. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n1/395>
- Valencia, S. S. S., Jiménez, F. G., Arango, J., Molina, B. I., Chirinda, N., Piñeiro, V. A., Jiménez, O. R., Nahed, T. J., & Kú-Vera, J. (2021). Enteric methane mitigation and fermentation kinetics of forage species from Southern Mexico: In vitro screening. *Agroforestry Systems*, 95(2), 293–305. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00585-4>

Viennasay, B., & Wanapat, M. (2020). Strategic supplementation of ***Flemingia*** silage to enhance rumen fermentation efficiency, microbial protein synthesis and methane mitigation in beef cattle. *BMC Veterinary Research*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02703-x>

Zapata, C. C. C., García, M. J. E., Salinas, C. J., Ascacio, V. J. A., Medina, M. M. A., & Mellado, M. (2020). Chemical composition and nutritional value of leaves and pods of ***Leucaena leucocephala***, ***Prosopis laevigata*** and ***Acacia farnesiana*** in a xerophilous shrubland. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32(10), 723–730. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i10.2148>