

Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino

Fodder shrub silage for livestock feeding systems in the high Andean tropics

Juan David Quiñones Chillambo, Juan Leonardo Cardona Iglesias* & Edwin Castro Rincón

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, Centro de Investigación Colombia.

*Autor para correspondencia: jcardona@agrosavia.co

Juan David Quiñones Chillambo <https://orcid.org/0000-0003-3161-0226>

Juan Leonardo Cardona Iglesias <https://orcid.org/0000-0001-5225-8108>

Edwin Castro Rincón <https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>

ARTÍCULO DE REVISIÓN

INFORMACIÓN DE ARTÍCULO

Artículo recibido: 08/01/2019

Artículo aceptado: 19/06/2020

En línea: 30/07/2020

PALABRAS CLAVE:

Cambio climático,
conservación de forrajes,
ganadería,
nutrición,
sistemas silvopastoriles.

REVIEW ARTICLE

ARTICLE INFORMATION

Article received: 08/01/2020

Article accepted: 19/06/2020

On line: 30/07/2020

KEYWORDS:

Climate change,
forage conservation,
livestock,
nutrition,
silvopastoral systems.

RESUMEN

En la mayoría del sistema ganadero del trópico altoandino de Suramérica son escasas las especies de gramíneas para alimentar el ganado, además la variabilidad climática que afecta a estas regiones hace que disminuya la oferta y calidad del forraje para alimentación animal. Por lo que se hace necesario implementar estrategias de suplementación, con técnicas como el ensilaje; que se caracteriza por ser de fácil adopción entre los productores. El uso de especies forrajeras arbustivas adaptadas a las zonas altoandinas podría ser una alternativa para almacenar alimento, y ser usado en épocas de escasez, por su buen aporte de biomasa y nutrientes. El objetivo de esta revisión bibliográfica fue recopilar estudios de calidad nutricional y/o respuesta animal, utilizando ensilajes a partir de arbustivas forrajeras en el trópico altoandino. La búsqueda de información se realizó durante los meses de marzo a mayo del 2020, mediante términos claves. Dentro de las especies más utilizadas para elaborar ensilaje individual y/o mixto se encontraron *Tithonia diversifolia*, *Sambucus nigra*, *Sambucus peruviana*, *Smalanthus pyramidalis* y *Acacia decurrens*, usadas actualmente en arreglos silvopastoriles como bancos mixtos de forrajes, sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para ramoneo directo, setos forrajeros y/o franjas en contorno. En los trabajos encontrados se destaca el aporte de proteína, energía, minerales y alta digestibilidad a la dieta de bovinos y especies menores, con mejora de parámetros productivos. Se concluye que, a pesar de las cualidades de utilizar ensilajes a partir de forrajeras leñosas, aún es muy bajo el reporte de resultados en investigaciones para el trópico altoandino.

ABSTRACT

In most livestock systems in the high Andean tropics of South America, there are few species of grasses to feed livestock, and the climatic variability affecting these regions means that the supply and quality of fodder for animal feed is declining. It is therefore necessary to implement supplementation strategies, with techniques such as silage, which is characterized by easy adoption among producers. The use of shrub fodder species adapted to the high Andean areas could be an alternative to store food, and be used in times of shortage, for its good contribution of biomass and nutrients. The objective of this literature review was to compile studies of nutritional quality and/or animal response, using silage from shrub fodder species in the high Andean tropics. The search for information was carried out during the months of March to May 2020, using key terms. Among the species most used to make individual and/or mixed silage were *Tithonia diversifolia*, *Sambucus nigra*, *Sambucus peruviana*, *Smalanthus pyramidalis* and *Acacia decurrens*, currently used in silvopastoral arrangements such as mixed fodder banks, intensive silvopastoral systems (SSPi) for direct grazing, fodder hedges and/or contour strips. In the works found, the contribution of protein, energy, minerals and high digestibility to the diet of cattle and minor species is highlighted, with improvement of productive parameters. It is concluded that, in spite of the qualities of using silage from woody fodder, the report of results in research for the high Andean tropics is still very low.

INTRODUCCIÓN

La ganadería, como sistema de producción en el trópico altoandino, se caracteriza por su producción estacional de forrajes, con abundantes pasturas en épocas de lluvia y con escasez de estos en épocas de sequías y/o heladas (Nieto et al., 2020:2). Lo anterior se conoce como estacionalidad forrajera, e impacta negativamente en la producción de los sistemas pecuarios (Rincón et al., 2019:2; Flores, 2016:1).

Además, la base de la alimentación del ganado para producción lechera generalmente está basada en gramíneas tradicionales como el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum* (Chiov.) Morrone), y/o especies mejoradas como ryegrases perennes (*Lolium perenne*), pero su producción se encuentra influenciada por las condiciones edafoclimáticas, fertilización sintética y prácticas de manejo (Vargas et al., 2018:3).

La implementación de Sistemas Silvopastoriles (SSP), los cuales integran plantas leñosas perennes, leguminosas con potencial forrajero, y pasturas, en diferentes tipos de arreglos con animales (Murgueitio et al., 2016:4) es una opción sostenible para mejorar la disponibilidad de forraje y nutrientes (Sotelo et al., 2017:11). Muchas de las especies forrajeras empleadas en estos sistemas, para pastoreo directo, corte y acarreo, y/o conservación han mostrado valores nutricionales superiores a las de gramíneas comúnmente utilizadas (Buitrago et al., 2018:7).

En el trópico de altura se presentan investigaciones con arbustivas forrajeras promisorias como botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray), sauco (*Sambucus nigra* L.), tilo (*Sambucus peruviana* Kunth), acacia negra (*Acacia decurrens* Willd.), colla o arboloco (*Smilax pyramidalis* (Triana) H. Rob.) y chilca (*Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers.), mostrando resultados adecuados de valores nutricionales para alimentación animal. Además, estas especies forrajeras, ofrecen diversos servicios ambientales en los predios, lo que aumenta la

sostenibilidad de los sistemas productivos (Buitrago et al., 2018:8).

Las arbustivas forrajeras además de sobresalir por su óptima calidad nutricional presentan alta producción de biomasa y buena palatabilidad, características ideales para que un material forrajero pueda ser utilizado en métodos de conservación (Carvajal & Cuesta, 2016:3). La utilización de arbustivas forrajeras perennes en métodos como el ensilaje, podría representar una solución práctica a las limitantes de los sistemas productivos ganaderos. En ese orden de ideas, la elaboración de ensilajes a partir de forrajeras perennes en trópico alto es una estrategia que se debería promover más en la región, debido a los buenos resultados a nivel nutricional que reporta la literatura para estas especies (Rangel et al., 2019:4).

Tomando como partida el contexto anterior, esta revisión tuvo como objetivo recopilar estudios de investigación sobre el uso de ensilajes a partir de especies forrajeras leñosas, en sistemas de producción ganadera en el trópico altoandino.

MATERIALES Y MÉTODOS

La revisión bibliográfica se realizó entre los meses marzo - mayo de 2020, mediante una búsqueda de investigaciones científicas en bases de datos certificadas de la web, así como también en bases de datos de universidades y revistas electrónicas disponibles en internet. Se incluyó en las revisiones bibliográficas, capítulos de libros y de folletos, los cuales estuvieron disponibles al emplear el término de búsqueda en español o su similar en inglés. Los términos empleados para la búsqueda fueron principalmente: “ensilaje”, “forrajeras arbustivas”, “trópico de altura”, “sistemas silvopastoriles”, “épocas de sequía”, “estrategias de alimentación bovina”, “rumiantes” y “mejoramiento en la oferta nutricional”. Dicha búsqueda se realizó sin restricción de fecha de publicación, pero en su mayoría se seleccionó el material publicado de los últimos 12

Rev. Investig. Altoand. 2020; Vol 22 Nro 3 285-301

años. Posteriormente, se realizó el estudio detallado y síntesis del material bibliográfico consultado con la finalidad de seleccionar la información más concreta y coherente con respecto al tema central de la respectiva revisión.

Generalidades de problemas nutricionales presentes en ganaderías del trópico alto

La mayoría de los sistemas ganaderos en el trópico de altura, se basan en especies gramíneas como el pasto kikuyo (*C. clandestinus*) (AGROSAVIA, 2020). Sin embargo, su disponibilidad y composición es muy variable debido principalmente a las diferencias estacionales que ocasionan factores climáticos, como sequías o heladas; las cuales inciden negativamente en el desarrollo y vigor de las pasturas (Vásquez, 2015:1). La estacionalidad climática, que se ha acentuado en las últimas décadas sobre los territorios andinos de sur América, ha provocado una sistemática disminución de nutrientes en las praderas; conllevando a desbalances nutricionales en los animales, y pérdida de la productividad en sistemas ganaderos; la estrategia sería maximizar la producción de forrajes en algunas épocas del año, para elaboración de ensilajes de buena calidad, y suministrarlos al ganado en épocas críticas (Cardona *et al.*, 2019^b:2).

Es común que las dietas en rumiantes tengan déficit de energía, debido a que las gramíneas utilizadas en zonas de alta montaña generalmente contienen altos porcentajes de proteína, pero bajos carbohidratos solubles (Gallego *et al.*, 2014:1). En este sentido la alta fertilización nitrogenada utilizada en sistemas ganaderos de trópico alto, tiende a incrementar el contenido de nitrógeno no proteico (NNP) en el forraje, y junto con una parte variable de la proteína verdadera que se degrada en rumen, forman la denominada proteína degradable en rumen (PDR), la cual es generalmente alta, y casi siempre superior a la concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) de la dieta (Flórez & Correa, 2017:2). Lo anterior conlleva a que la relación CNE:PDR

resultante sea inferior a 1,0; cuando debería ser entre 3,2 y 4,0, esto se traduce en una baja síntesis de proteína microbiana en rumen, ocasionando baja eficiencia productiva en el animal y reflejándose por ejemplo en la calidad de leche (Galvis *et al.*, 2011:7).

Además, el contenido fibroso de los pastos, debido a su naturaleza y a edades tardías de pastoreo, hace que se aumenten los contenidos de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), a expensas de nutrientes como la proteína, con la subsecuente disminución de la digestibilidad de la materia seca (MS) y el contenido energético de la ración (Gallego *et al.*, 2014:2).

La disminución de la digestibilidad afecta el consumo de MS, ya que la tasa de pasaje se hace más lenta, haciendo que el animal consuma menos de lo requerido en contravía de suplir sus requerimientos diarios de mantenimiento y producción. En el trópico de altura la mayoría de sistemas ganaderos se enfocan en la producción de leche, pero la principal limitante para ello es el bajo consumo de materia seca (CMS) y déficit energético (Gallego *et al.*, 2014:2; Cardona *et al.*, 2019^a:3). Además de la evidente disminución en la producción láctea, la baja oferta de nutrientes conlleva a pérdida de condición corporal en los animales, debido a la movilización de sus propias reservas, lo cual redundo en el acortamiento del periodo de lactancia, pérdida de peso, ausencia de celo, disminución de la tasa de preñez, e incluso la muerte del animal (Reyes *et al.*, 2013:68).

La estacionalidad climática, influye en gran medida sobre la producción de forrajes, por lo que se deberían considerar sistemas de alimentación, con el uso de nuevos recursos forrajeros, y/o pasturas mejoradas adaptadas a las zonas y resilientes a las consecuencias del cambio climático (Ramírez *et al.*, 2017:5). La irregularidad en la producción de forraje, conlleva también al uso excesivo de suplementos balanceados comerciales, con el fin de lograr un mejor balance CNE:PDR en rumen, estos suplementos generalmente energéticos basados en materias primas como el maíz

y torta de soya importados, generalmente hacen que se presenten desbalances nutricionales debido a su mal uso; además del incremento en los costos de producción por litro de leche (Lopera *et al.*, 2015:3-6; Gallego *et al.*, 2017:5).

También es sabido que aspectos en el manejo de la pastura, tales como; mal uso de la cuerda eléctrica en pastoreo rotacional, o sistemas de pastoreo continuo, no contribuyen al aprovechamiento de la calidad nutricional del forraje; ya que no se tiene en cuenta el uso del pasto según disponibilidad y edades óptimas de cosecha, lo que tiene impactos negativos sobre el volumen y la calidad de la leche producida (Carulla & Ortega, 2015:5; Cardona Iglesias *et al.*, 2019^b:2).

Uso de ensilajes en ganadería bajo un contexto de cambio climático

La baja disponibilidad de forrajes de buena calidad no solo afecta la producción de leche o ganancias de peso, también puede conllevar a aumentar en rumen la síntesis de gases de efecto invernadero como el metano (CH₄), por medio de organismos metanogénicos del tipo *Archea*, y su consecuente emisión al ambiente principalmente en forma de eructo (Cardona *et al.*, 2017^b:3). Así mismo desbalances nutricionales en la relación CNE:PDR, puede conllevar a que el exceso de nitrógeno en la dieta, sea expulsado en las excretas del animal y convertido en óxido nitroso (N₂O) a través de diferentes reacciones (Silva *et al.*, 2013:2).

El metano (CH₄) tiene un potencial de calentamiento entre 23 y 25 veces superior al del dióxido de carbono (CO₂) y una vida media en la atmósfera que oscila entre 10 y 20 años (Carro *et al.*, 2018:1; Moscoso *et al.*, 2017:2); por su parte el óxido nitroso (N₂O) presenta un potencial de calentamiento mayor que el CH₄, el cual oscila entre 290 y 296 y una vida media de 100 años (Costantini *et al.*, 2018:2). En sistemas de alimentación basados en forrajes de regular calidad, donde haya exceso de fibra y nitrógeno, y bajos contenidos de carbohidratos

solubles, se favorece un pH ruminal básico y menor digestibilidad, lo que conlleva a que disminuya la eficiencia de fermentación ruminal, ocasionando mayor producción de CH₄ entérico (Martín *et al.*, (2017:2).

Si se tiene en cuenta que un rumiante adulto puede llegar a sintetizar en promedio 17 litros de CH₄/hora, hasta 600 litros de CH₄/día, siendo la mayor parte emitida por eructos (98%); tratar de disminuir estas emisiones debe ser una prioridad por parte de los productores ganaderos (Cardona *et al.*, 2017^a:2). En dietas de baja calidad nutricional la síntesis de CH₄ entérico puede conllevar a pérdidas hasta del 18% de la energía digestible consumida, en vacas lecheras consumiendo forrajes de buena calidad, (Cardona *et al.*, 2017^a:4) reportan valores de 138 litros de CH₄/día, y para dietas fibrosas y de baja calidad nutricional 230 litros de CH₄/día.

La producción de CH₄ por parte de rumiantes es inherente al animal, sin embargo, depende de varios factores como la edad, raza, y/o estado fisiológico; en lo que coinciden muchos autores es que dietas más digestibles que promuevan un adecuado balance proteico energético en rumen, tienden a producir menor CH₄ (Cardona *et al.*, 2019^b:13). En trópico altoandino cuyos sistemas de alimentación se basan en gramíneas C4, el contenido de carbohidratos fibrosos y lignina es mayor, que en especies C3, u otras especies forrajeras perennes (Waghorn & Hegarty, 2011:2). Es así como se hace necesario en sistemas ganaderos basados en gramíneas tipo C4, la utilización de estrategias nutricionales que mejoren la calidad de dieta, sobre todo en época de escases de forrajes.

Teniendo en cuenta que, cuando disminuye la calidad de la dieta, aumenta la producción de CH₄ en rumiantes, una de las alternativas de suplementación estratégica, para mantener el balance de nutrientes y disminuir gases de efecto invernadero, podría ser el ensilaje (Aguilar & Rojas, 2014:7). Según Geough *et al.*, (2010:11), en rumiantes alimentados a base

de pasturas con altos contenidos de carbohidratos estructurales, existe una tendencia lineal en la disminución de producción de CH₄, a medida que se ofrece al ganado ensilajes con mayor concentración de carbohidratos solubles.

Así mismo, Martín *et al.*, (2009:1) cuantificaron menor cantidad de CH₄ por kg de MS consumida, cuando ofrecieron a bovinos ensilajes de forrajes con alta proporción de almidones y azúcares, comparado con dietas basadas en heno de gramíneas. Los ensilajes con especies forrajeras y/o aditivos que aporten carbohidratos solubles a la dieta, están asociados a mayor síntesis de ácido propiónico en rumen, respecto al acetato; lo que hace que haya menor disponibilidad de H₂ como sustrato para la síntesis de CH₄ (Geough *et al.*, 2010:11).

Así mismo la elaboración de ensilajes con especies forrajeras que contengan metabolitos secundarios como los taninos o saponinas, pueden disminuir la síntesis de CH₄ entérico (Gallego *et al.*, 2014:5; Cardona *et al.*, 2017^a:1). Los taninos son compuestos polifenólicos de alto peso molecular, se clasifican en taninos condensados (TC) e hidrolizables (TH) (Olivas *et al.*, 2015:2) mientras que las saponinas son glúcidos de alto peso molecular, que generalmente forman espuma, son compuestos formados de una aglicona (hidrófoba) y un sacárido (hidrófilo) (Bazile *et al.*, (Editores), 2014:5); los taninos y saponinas tienen actividad antibacteriana sobre las bacterias de tipo Archea, las cuales son las más importantes en la síntesis de CH₄ en rumen, dichos metabolitos reaccionan con iones de calcio en la membrana celular, lo que ocasiona deficiencias nutricionales y posterior muerte celular (Alvarado *et al.*, 2018:7).

En especies forrajeras leñosas de trópico alto como *T. diversifolia*, *S. nigra*, *S. peruviana*, y *S. pyramidalis*, se han encontrado contenidos altos de carbohidratos solubles (>15%), El aporte de carbohidratos solubles a la dieta ayuda a balancear el déficit energético, que es la mayor limitante en este tipo de sistemas, además aumenta la digestibilidad de fracciones como

el nitrógeno, conllevando a un balance ruminal, mayor digestibilidad de la ración, por lo tanto, menor emisión al medio ambiente de contaminantes como el CH₄ o el N₂O (Steinfeld *et al.*, 2009:134).

Además, las especies forrajeras mencionadas presentan moderados contenidos de metabolitos secundarios (máximo 6% MS), lo cual muestra un potencial nutricional de estas especies para ser incorporados en los sistemas de alimentación bovina del trópico altoandino (Cardona *et al.*, 2017^b:4; Londoño *et al.*, 2019:9-10; Guatusmal *et al.*, 2020:8-9). Carvajal & Cuesta (2016), encontraron contenidos de taninos de 0,08% en *S. nigra*; esto se relaciona con lo expresado por Fonseca & Rodríguez (2019:3), donde afirmaron que es una especie con adecuadas propiedades antioxidantes, lo cual permite reducir la emisión de CH₄ en la atmósfera. Cardona *et al.*, (2017^a:2) encontraron en *T. diversifolia* 1,4 g/kg MS de taninos y 4,5 g/kg MS de saponinas, y atribuyen la disminución de metano en un trabajo *in vitro* a estos metabolitos encontrados en la especie.

Por otro lado, al aportar metabolitos secundarios en rumen, estos actúan como moduladores de la función ruminal, a la vez que disminuyen las poblaciones de *Archeas* metanogénicas, contribuyendo a que haya menos pérdida energética en la síntesis de metano, y más energía disponible para la producción de leche o ganancias de peso (Angarita, 2013:42). De modo que el uso de ensilajes de buena calidad que contribuyan a balancear el déficit nutricional, en un contexto de escasas de forrajes, es un tema que debe cobrar gran importancia para actores de las áreas pecuarias del trópico altoandino.

Importancia del uso de forrajeras arbustivas en sistemas de producción pecuaria en el trópico altoandino

El trópico de altura presenta especies arbustivas promisorias para alimentación animal, aunque la cantidad de especies es menor a las que se puede encontrar en trópico bajo. Estas juegan un

papel muy importante dentro de los sistemas de alimentación para mejorar la producción de leche en los sistemas ganaderos (Gallego *et al.*, 2014:2). Ramos & Cortes, (2018:12), afirman que las especies forrajeras promisorias no forman un grupo específico en términos de su clasificación botánica, sino que incluyen un número elevado de especies leñosas perennes que tienen potencial forrajero, ya sea por su follaje o por sus frutos. Existe un número considerable de especies forrajeras arbóreas y arbustivas nativas e introducidas adaptadas a un amplio rango de zonas agroecológicas, que han resultado ser persistentes, y resilientes, con la posibilidad de ser utilizadas en alimentación animal, como especies no convencionales, dentro de sistemas Silvopastoriles (SSP).

Para el uso de arbustivas forrajeras en sistemas ganaderos, existen diferentes diseños o arreglos SSP, donde los más utilizados en el trópico alto son bancos mixtos de forraje (BMF) para corté y acarreo, cercas vivas multiestrato, además de presentarse actualmente sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para ramoneo, setos productivos de biomasa, franjas en contorno etc. (Suárez *et al.*, 2018).

En estos se albergan especies forrajeras leñosas, donde se procura obtener la máxima producción de biomasa por unidad de área, al igual que nutrientes, especialmente proteína y carbohidratos solubles en la dieta (Naranjo *et al.*, 2012:5). Además de ofrecer estas especies para consumo directo de los animales, también son utilizados para la elaboración de ensilajes, debido a su buen contenido de MS, nivel de fibra moderada, buen aporte de minerales, y adecuado balance entre nitrógeno y energía en la dieta de rumiantes (Gallego *et al.*, 2014:2).

En términos taxonómicos, la mayoría de estas especies presentan características diferentes. *T. diversifolia*, es un arbusto proveniente de la familia Asteraceae (Holguín *et al.*, 2018:70), otros miembros de esta familia es la *S. pyramidalis* (Vitali, 2017:3), el *S. nigra* y *S. peruviana* son de la familia Caprifoliaceae (Sánchez *et al.*, 2010:24). Por su parte, la *A. decurrens* es un árbol proveniente de la familia Fabaceae, cada especie tiene características nutricionales variadas, sin embargo, todas se categorizan como de gran valor para suplementar rumiantes en sistemas ganaderos del trópico altoandino (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de *T. diversifolia*, *S. nigra*, *S. peruviana*, *S. pyramidalis*, *A. decurrens*.

Especie	Altitud msnm	Altura máxima	Atributos	Referencias
<i>Tithonia diversifolia</i>	0 - 2700	4 m	Arbusto multipropósito, de alto valor nutricional, buen aporte de proteína, minerales y carbohidratos solubles, adecuado para alimentación animal (rumiantes, aves, conejos, cuyes), con alta digestibilidad de materia seca y alta fermentabilidad.	Galindo <i>et al.</i> , (2011) González <i>et al.</i> , (2014)
<i>Sambucus nigra</i>	1400-2700	4 - 6 m	Árbol/arbusto tolerante a heladas, con adecuados valores nutricionales de proteína y carbohidratos solubles para alimentación animal.	Sánchez <i>et al.</i> , (2010) Guatusmal <i>et al.</i> , (2020)
<i>S. peruviana</i>	2000-3000	3 - 5 m	Es un arbusto multipropósito con resistencia a heladas fuertes, con follaje de buena composición nutricional, buen aporte de nitrógeno adecuada digestibilidad en rumiantes.	Atehortúa <i>et al.</i> , (2015)
<i>Smallanthus pyramidalis</i>	1500-3000	2 - 3 m	Es un arbusto multipropósito utilizado para forraje, con alto potencial de aceptabilidad para alimentación animal. Además de ser una especie adecuada para reforestación de cuencas y control de erosión.	Ortega & Yela, (2010) Escobar <i>et al.</i> , (2019)
<i>Acacia decurrens</i>	2000-2800	6 - 20 m	Especie arbórea leguminosa, con potencial para uso en sistemas de producción ganadera para producción de leche. Las hojas llegan a ser comestibles en rumiantes.	Gualdrón & Charry, (2007) Pineda, (2017)

En términos nutricionales, diferentes investigaciones relacionan estas arbustivas forrajeras con altos contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), buen aporte de carbohidratos solubles, minerales, y moderada concentración de metabolitos secundarios. Arbustivas como *T. diversifolia* contienen metabolitos secundarios que pueden generar cambios metabólicos y fisiológicos en los rumiantes, según la adaptación del animal y los mecanismos de respuesta del organismo (Estell, 2010:2). Otros compuestos

hallados en *T. diversifolia*, son la catequina y saponinas (triterpenoides), a las que se les atribuye una posible capacidad de reducción de la producción de metano en el rumen (Gallego *et al.*, 2014:2; Cardona *et al.*, 2017^a:4). Además, tienen otros atributos necesarios para ser implementados con fines de alimentación animal y métodos de conservación forrajera, estos resultados investigativos son variados, por lo cual en la Tabla 2 y 3, se encuentran expresados promedios nutricionales reportados por varios autores.

Tabla 2. Características nutricionales de *T. diversifolia*, *S. nigra*, *S. peruviana*, *S. pyramidalis*, *A. decurrens* reportadas por varios autores.

Especie	MS	PC	Cen	FDN (%)	FDA	EE	CNE	EB (Mcal ED/kg MS)	Fuente
<i>Tithonia diversifolia</i>	20,5	22,4	12,1	35,3	30,4	6,2	19	4,02	(Gamboa, 2018) (González <i>et al.</i> , 2014) Holguín <i>et al.</i> , (2018)
<i>Sambucus nigra</i>	18,3	21,2	12,3	41,9	35,2	5,21	19,4	5,12	Sánchez <i>et al.</i> , (2010) (Cárdenas <i>et al.</i> , 2016) Atehortúa <i>et al.</i> , (2015) Jaramillo, (2019)
<i>S. peruviana</i>	18,0	21,1	10,5	43,9	27,4	7,7	16,5	4,57	Londoño & Patarroyo, (2017). Blanco <i>et al.</i> , (2005). Molano <i>et al.</i> , (2010). Apráez <i>et al.</i> , (2014)
<i>Smilax pyramidalis</i>	38,4	22,7	15,9	35,9	23,6	8,97	16		Jaramillo, (2019)
<i>Acacia decurrens</i>	44,4	17,8	4,02	51,1	37,9	3,31	23,7		

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; C: Cenizas; FDN: Fibra en detergente neutra; FDA: Fibra en detergente ácida; EE: Extracto etéreo; EB: Energía bruta (Mcal/kg MS); CNE: Carbohidratos no estructurales

Tabla 3. Concentración de algunos metabolitos secundarios en especies con potencial forrajero del trópico altoandino.

Especie	Metabolitos secundarios	Fuente
<i>Tithonia diversifolia</i>	0,56 a mg/kg de taninos.	Fasuyi <i>et al.</i> , (2010) (Holguín <i>et al.</i> , 2020) Cardona <i>et al.</i> , (2017 ^a).
	1,76 mg/kg de oxalatos.	
	2,76 mg/kg de saponinas.	
	1,4 g/kg MS de taninos.	
<i>Sambucus nigra</i>	4,5 g/kg MS de saponinas.	Cárdenas <i>et al.</i> , (2016) Carvajal & Cuesta, (2016) Jaramillo (2019)
	0,08 ± 0,50 mg/kg de saponinas.	
	0,26 a 1,53 mg/kg de taninos.	
<i>Acacia decurrens</i>	1,58 a 2,62 mg/kg de fenoles.	Carvajal & Cuesta, (2016).
	8,10 ± 0,13 mg de taninos.	

RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE EL USO DE FORRAJERAS ARBUSTIVAS EN PROCESOS DE ENCILAJES EN EL TRÓPICO ALTO

Los bancos forrajeros mixtos, cercas vivas multiestrato o franjas en contorno. Permiten la obtención de biomasa, la cual puede ser utilizada en procesos de conservación de forrajes (Londoño *et al.*, 2019:10). Aunque es reconocido el potencial nutricional de las especies forrajeras leñosas en sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino; aún existen vacíos de investigación en cuanto al uso estas especies para técnicas de ensilajes, y respuesta animal (Holguín *et al.*, 2018:71).

En la revisión realizada, las especies que más reportan ser utilizadas para ensilaje, son la *T. diversifolia* y el *S. nigra*, las cuales han sido evaluadas en ensilajes, de manera individual, así como asociados a otras especies de intereses forrajeros y/o con diferentes aditivos. Para el caso de la *A. decurrens*, *S. Peruviana* y *S. pyramidalis* no se encontró evaluaciones de ensilajes individuales, pero si asociadas con otras especies de interés.

Ensilajes de *Tithonia diversifolia*

El potencial de *T. diversifolia* en la alimentación ganadera, se debe sobre todo a su nivel de proteína, que varía entre 13,3 y 28,7% (Rangel *et al.*, 2019:4) con valores de calcio y fósforo entre 3,17 - 13,3% y 0,36 - 0,43, respectivamente (Gamboa, 2018:43; Gallego *et al.*, 2017:3). Además, presenta buenos contenidos de carbohidratos solubles y los niveles de taninos son moderados, por lo que no llegan a generar aspectos negativos en el aprovechamiento de los nutrientes en el animal.

Las investigaciones de ensilajes con *T. diversifolia*, se han enfocado principalmente en la respuesta animal, para producción y calidad composicional de leche, y ganancias de pesos. Bedoya *et al.*, (2017:8), evaluaron el efecto de la inclusión de 30% de ensilaje

de *T. diversifolia* en la dieta de ovejas cruce Santa Inés x criolla alimentadas con base en gramíneas, en cuanto a la composición de leche, los autores encontraron que el porcentaje de grasa aumento de 5,8% a 6,1% ($p < 0,05$). También se observó un incremento numérico del % de proteína en leche, como un aumento de la glucosa sanguínea en las ovejas, atribuible según los autores a la buena calidad nutricional del ensilaje.

Por su parte, (Villegas *et al.*, 2017:4-5) encontraron valores relativamente altos, PC (12,1%), MS (14,5%) y cenizas (10,9%). Según los autores pese a que la composición bromatológica de la especie en el trabajo, estuvo por debajo de reportes encontrados en la literatura, la composición química del ensilaje de *T. diversifolia*, mejoró la calidad y composición de la leche, con producciones de 15,03 litros/vaca/día, con niveles de grasa de 35,31 g/l y proteína de 29,79 g/l, concluyendo que este ensilaje es factible como sustituto parcial del concentrado comercial, ya que mantiene la calidad y composición nutricional de la leche.

En cuanto, a la elaboración de ensilaje de *T. diversifolia* asociada a otras especies forrajeras, se encuentran investigaciones con pastos de trópico bajo como *Axonopus scoparius* (Villa & Jaime, 2016:6), con valores de PC de 8,28% y cenizas de 10,44, indicando ser adecuados en la alimentación de conejos, ya que existió mayor ganancia de peso en los animales alimentados con este ensilaje.

En términos de calidad composicional y rentabilidad para procesos de elaboración de silos, se realizó un estudio en ensilajes de *Zea mays* enriquecidos con diferentes adiciones del 10, 20 y 30% de *T. diversifolia* (Garza, 2018:36-42), donde encontraron valores de MS de 29,77 (0%), 32,95 (10%), 26,8 (20%) y 25,87 (30%); PC de 7,55 (0%), 8,50 (10%), 9,15 (20% y 9,87 (30%). Concluyendo que el tratamiento: 30% *T. diversifolia* + 70% *Zea mays*, fue el que reportó los menores costos y la menor relación insumo/producto, por lo que sería más rentable producir un

Rev. Investig. Altoandin. 2020; Vol 22 Nro 3 285-301

kg de ensilaje con estas mezclas, ya que se obtienen mejores resultados económicos y nutricionales.

En la elaboración de ensilajes es común el uso de aditivos, sobre todo de fuentes ricas en azúcares para mejorar la fermentación del material forrajero, a través de una adecuada acidificación (Rangel *et al.*, 2019:9), Uno de los aditivos más usados es la melaza, ya que contribuye al incremento del nivel de ácido láctico en la fase fermentativa. Sin embargo, existen otros aditivos como la vinaza de caña de azúcar que son utilizados para promover el tiempo de fermentación y la calidad nutricional de ensilajes con *T. diversifolia*. Leytón, (2019:17-18), encontró pH de 4,18 a 5 en microsilos de *T. diversifolia* con adición de vinaza de azúcar y con porcentajes de MS de 12,8 a 16,73% y PC de 2 a 3,2%; concluyendo que la conservación del botón de oro con vinaza es un método que mejora la fermentación y calidad composicional del material ensilado. Además, en un estudio realizado por Fasuyi *et al.*, (2010:6), encontraron que el nivel de 4% de melaza (base de materia seca), a 14 y 21 días de fermentación anaeróbica son los óptimos y apropiados en un ensilaje de hojas de *T. diversifolia*.

Ensilajes de *Sambucus nigra*

En un estudio de ensilajes individuales de *S. nigra* realizado por Matta, (2005:10), encontró un valor adecuado de pH para procesos de fermentación de 4,28; seguido a esto se presentaron buenos valores de MS (%) de hasta 28,42%, y de proteína (PC %) de 14,4%, como de características organolépticas óptimas, según el autor estas características nutricionales facilitarían la inclusión de los ensilajes en la dieta de vacas lecheras en trópico alto.

Carvajal & Cuesta, (2016:5-8), evaluaron diferentes métodos de conservación y composición nutricional de forrajes (heno, ensilaje y harina) en *S. nigra*, en cuanto a resultados con los ensilajes, los métodos de conservación analizados se consideraron adecuados desde el punto de vista nutricional se encontraron

valores de MS (%) de 28,42, un mayor porcentaje de PC (%) de 16,37, cenizas (%) de 11,03, pH de 4,28, y una menor cantidad de lignina. En términos de metabolitos secundarios se encontraron bajos contenidos de taninos del 0,3%, no se encontraron saponinas, es decir que estos compuestos bioactivos no limitaron la digestión de nutrientes, ni la calidad nutricional del *S. nigra* según los diferentes métodos de conservación evaluados.

Ensilajes mixtos de arbustivas forrajeras

Los ensilajes asociados o mixtos presentan ventajas, debido a que la mezcla de recursos forrajeros mejora el balance de nutrientes presente en el ensilaje, a la vez que promueven una mejor dinámica de fermentación del material (Suárez *et al.*, 2011:2). En el trópico altoandino es común la elaboración y uso de ensilajes mixtos para alimentación de bovinos y especies menores; sobre todo sobresalen las mezclas gramíneas-cereales y gramíneas-arbustivas. La estrategia de ensilar recursos forrajeros mixtos se debe sobre todo a la baja oferta de nutrientes en las gramíneas (Londoño *et al.*, 2019:10). La composición de la mayoría de las gramíneas en el trópico alto se caracteriza por sus altos contenidos de carbohidratos estructurales y proteína, a expensas de los carbohidratos solubles, lo que afecta la acidificación del material, y por ende un proceso fermentativo adecuado (Pinto *et al.*, 2010:3).

La conservación de los forrajes a partir del proceso de ensilaje se relaciona con el crecimiento de bacterias ácido lácticas (BAL), como inoculantes, las cuales fermentan los hidratos de carbono en ácidos orgánicos (ácido láctico), que acidifican rápidamente el ensilaje y evitan la aparición de bacterias indeseables (Queiroz *et al.*, 2013:4). Lo anterior, explica cómo mejora la fermentación y la estabilidad aeróbica del material. En ensilajes combinados de *S. nigra* y *Morus alba* (50:50), no es necesario aplicar inoculantes bacterianos, ya que las bacterias ácido lácticas endófitas del material logran crecer en mayor proporción que levaduras y enterobacterias (Fonseca

& Rodríguez, 2019:9), representando el potencial microbiológico y fermentativo de estas forrajeras arbustivas.

La adopción del uso de ensilajes mixtos, por parte de pequeños y medianos productores del trópico altoandino, genera un aprovechamiento adecuado de los recursos locales, y utilizando prácticas culturales de manejo, pueden disminuir los costos de producción. Apráez *et al.*, (2012:4), evaluaron la composición nutritiva y aceptabilidad de ensilajes de *Avena sativa* (T₀), enriquecidos con *A. decurrens* (T₁), *B. latifolia* (T₂) y *S. nigra* (T₃) en el trópico altoandino colombiano, encontrando mayores valores de MS en los ensilajes enriquecidos por arbustivas forrajeras con 30%(1) - 29%(2) - 30%(3), respectivamente, en comparación con los ensilajes individuales de *A. sativa* 28,8%(1), además de mayores valores de PC 12%(T₁) - 14%(T₂) - 18%(T₃) con respecto al ensilaje individual de *A. sativa* 11%(T₀).

En cuanto a energía, Mcal ED/kg MS se observaron valores de 2,28(T₀) - 2,28(T₁) - 2,53(T₂) - 2,55 (T₃). Además, las mezclas de la gramínea con las arbustivas tuvieron una adecuada aceptabilidad por parte de los ovinos con un consumo de 169g de MS (T₁), 165g de MS (T₁), 161g de MS (T₂) y 160g de MS (T₃); lo que expresa una alternativa adecuada para mejorar la calidad y composición nutricional en

ensilajes de gramíneas, ya que presenta palatabilidad además de potenciar el rendimiento animal Apráez *et al.*, (2012:7, Villalta *et al.*, 2016).

Blanco *et al.*, (2005) evaluaron combinaciones de ensilajes mixtos de *A. sativa* con *A. decurrens* y *S. peruviana* con diferentes aditivos; los mejores procesos fermentativos fueron las inclusiones de ácido fórmico, enzimas comerciales (Kem Lac@) y extracto liofilizado de fluido ruminal, obteniendo pH inferiores a 4. Al respecto autores como (Castaño, 2012:4; López *et al.*, 2017:5) consideran como apropiado valores de pH por debajo de 4,2, y los asocian a una óptima producción de ácido láctico, lo que determina buenos parámetros organolépticos del material ensilado, también afirman que cuando el pH está por encima de 5, es reflejo de una fermentación inestable y se caracteriza por presentar textura pegajosa, color blanquecino o amarillo y olor pútrido, lo que lo no lo hace apetecible para los animales. En el estudio de Blanco *et al.*, (2005:2-3), también observaron que en la cinética de fermentación de *A. sativa*, + *A. decurrens* y *S. peruviana*, disminuyó la tasa de producción de gas. En términos nutricionales, presentaron valores adecuados de PC de 8,58 a 15,18%, FDN de 39,80 a 45,94%, FDA de 27,03 a 30,77% y una materia seca variada de 16,24 a 19,65%.

Tabla 4. Valores promedio de la composición nutricional de ensilajes individuales y mixtos de forrajeras arbustivas en Trópico Alto, reportadas por varios autores.

Especie	MS	PC	Cen (%)	FDN	FDA	EB (Mcal/kgMS)	pH	Fuente
<i>Tithonia diversifolia</i>	40 23,6	10 10,02	10,9	50 40,4	45 20,59	4,3	4,42	Bedoya <i>et al.</i> , (2017) (AGROSAVIA, 2018) Roa & Galeano, (2015) Villegas <i>et al.</i> , (2017)
<i>Sambucus nigra</i>	28,6	16,51	11,17	31,18	21,01		4,28	Carvajal & Cuesta, (2016)
<i>S. peruviana</i> +								Molano <i>et al.</i> , (2010)
<i>A. decurrens</i> +	18,2	18,3		43,4	28,8		3,85	Sánchez <i>et al.</i> , (2010)
<i>A. sativa</i>								Blanco <i>et al.</i> , (2005)
Mezcla de <i>A. sativa</i> +	30,04	11,96	8,63	70,90	51,10	2,28		
<i>A. decurrens</i> +	29,61	14,03	10,56	47,70	30,60	2,53		Apráez <i>et al.</i> , (2012)
<i>B. latifolia</i> +	30,18	18,00	12,80	42,43	28,30	2,55		Apráez <i>et al.</i> , (2012)
<i>S. nigra</i>								

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; C: Cenizas; FDN: Fibra en detergente neutra; FDA: Fibra en detergente ácida; EB: Energía bruta Mcal/kg MS; CS: Carbohidratos solubles

CONCLUSIÓN

Especies como *T. diversifolia*, *S. nigra*, *S. peruviana*, *S. pyramidalis* y *A. decurrens*, presentan adecuadas características nutricionales y fermentativas, lo cual permite la conservación de forraje mediante ensilajes. A partir de lo revisado se evidencian pocos estudios de ensilajes en forrajeras arbustivas, de manera que, se considera pertinente realizar investigaciones donde se evalúen las características de calidad nutricional, de respuesta animal y económicas, ya sea de forma individual o asociada con gramíneas, esto permite que se presente mayor veracidad científica en los procesos de conservación de arbustos forrajeros, siendo de suma importancia en la ganadería de trópico alto, teniendo en cuenta los desafíos que generan la estacionalidad climática y escasas de forraje, en un contexto de cambio climático.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Convenio Especial de Cooperación de Ciencia Tecnología e Innovación No. 882-2015, entre el Departamento de Nariño y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, financiado con recursos del Sistema General de Regalías SGR asignados al Departamento de Nariño y recursos propios de AGROSAVIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). (2018). *Alimento: composición química y valor nutricional*. [Http://Www.Corpoica.Org.Co:8086/NetCorpoicaMVC/AlimenTro/Estadisticas/ReporteAnalisis](http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/AlimenTro/Estadisticas/ReporteAnalisis).

AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). (2020). *Medición de grados brix como herramienta para conocer el potencial nutricional en arbustos forrajeros*. [Https://Www.Agrosavia.Co/Noticias/Medici%C3%B3n-de-Grados-Brix-Como](https://www.agrosavia.co/noticias/medici%C3%B3n-de-Grados-Brix-Como)

Rev. Investig. Altoandín. 2020; Vol 22 Nro 3 285-301

Herramienta-Para-Conocer-El-Potencial-Nutricional-En-Arbustos-Forrajeros.

- Aguilar, E., & Rojas, A. (2014). MÉTODOS UTILIZADOS PARA REDUCIR LA PRODUCCIÓN DE METANO ENDÓGENO EN RUMIANTES. *Nutrición Animal Tropical*, 8(2), 72–90. <http://hdl.handle.net/10669/13546>
- Alvarado, J., Zaragoza, A., López, G., Peláez, A., Olmedo, A., & Rivero, N. (2017). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *ABANICO VETERINARIO*, 8(1), 14-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018>. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.81>.
- Angarita, E. A. (2013). *Efecto de la inclusión de un forraje tanífero sobre las poblaciones metanogénicas del ecosistema ruminal en condiciones in vitro e in vivo*. (Trabajo de Grado de Maestría). [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/74950>
- Apráez, E., Gálvez, A., & Jojoa, C. (2014). VALORACIÓN NUTRICIONAL Y EMISIÓN DE GASES DE ALGUNOS RECURSOS FORRAJEROS DEL TRÓPICO DE ALTURA. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 31(1), 122–134. <https://doi.org/https://doi.org/10.22267/rcia.143102.36>.
- Apráez, J. E., Insuasty, E. G., & Portilla, Juliana Elizabeth Hernández, W. A. (2012). Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (Avena sativa), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Braccharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. *Vet.Zootec*, 6(1), 25–35. <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v6n1a03.pdf>
- Atehortúa, B. M., Galvis, M. M. B., & Quirama, J. F. (2015). Características, manejo, usos y beneficios del saúco (*Sambucus nigra* L.) con énfasis en su implementación en sistemas silvopastoriles del Trópico Alto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1),

- 155–168. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590938>
- Bazile, D., & (Editores). (2014). *ESTADO DEL ARTE DE LA QUINUA en el mundo en 2013*. <http://www.fao.org/3/a-i4042s.pdf>
- Bedoya, O., Posada, S., Millán, L., & Ruales, C. A. (2017). Efecto del ensilaje de thitonia diversifolia sobre la composición láctea en hembras ovinas y su relación con el estatus nutricional. *Revista Lasallista de Investigación*, 14 (1), 93–102. <https://doi.org/10.22507/rli.v14n1a8>
- Blanco, M., Viveros, D., Arreaza, L., & Obando, A. (2005). Evaluación nutricional del ensilaje de Sambucus peruviana, Acacia decurrens y Avena sativa. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(2), 81–85. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5624612>.
- Buitrago, M. E., Ospina, L. A., & Narváz, W. (2018). ALTERNATIVA EN LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN BOVINA AL CAMBIO CLIMÁTICO. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 22(1), 31–42. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17151/bccm.2018.22.1.2>
- Cárdenas, C., Rocha, C., & Castañeda, R. (2016). Efecto de la edad de corte sobre las medidas morfométricas, la composición bromatológica y el fraccionamiento de la proteína del sauco (Sambucus nigra). *Agronomía Costarricense*, 40(2), 107–116. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/rac.v40i2.27390>.
- Cardona Iglesias, J. L., Castro Rincón, E., Valenzuela Chiran, M., Hernández Oviedo, F., & Avellaneda Avellaneda, Y. (2019). Efecto del ensilaje de avena sobre la productividad de vacas lactantes en Nariño-Colombia / Effect Of Oat Silage On Lactating Cow In Nariño-Colombia. *Revista Científica FVC-LUZ*, 29(3), 165–177. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/46700>.
- Cardona, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2017). Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 273–288. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21466>
- Cardona, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). Methane estimation in cows grazing silvopastoral systems with Tithonia diversifolia and supplemented with polyunsaturated fats. *Revista Científica, FVC-LUZ*, 29(2), 107–118. <http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/29593>
- Cardona, L., Mahecha, L., & Angulo, A. (2017). Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de Tithonia diversifolia, Cenchrus clandestinum y grasas poliinsaturadas. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 405–426. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i2.25697>
- Carro, M. D., De Evan, T., & González, J. (2018). Emisiones de metano en los animales rumiantes: influencia de la dieta. *Albéitar*, 220, 32–35. http://oa.upm.es/54818/1/INVE_MEM_2018_296591.pdf
- Carulla, J. E., & Ortega, E. (2015). Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *XXIV Reunión de La Asociación Latinoamericana de Producción Animal XL Congreso de La Sociedad Chilena de Producción Animal, A.G.*, 83–87. https://www.researchgate.net/profile/Juan_Carulla/publication/317017699_Sistemas_de_produccion_lechera_en_Colombia_Retos_y_oportunidades/links/591f4086a6fdcc4443ee17b4/Sistemas-de-produccion-lechera-en-Colombia-Retos-y-oportunidades.pdf.
- Carvajal, T., & Cuesta, A. (2016). Conservación y composición nutricional del follaje de sauco (Sambucus nigra). *Pastos y Forrajes*, 39(2), 125–132. https://www.researchgate.net/profile/Aurora_Cuesta_Peralta/publication/317513696_Conservacion_y_composicion_nutricional_del_follaje_de_saucu_Sambucus_nigra/links/595ce87c45851524687a4ff2/Conservacion-y-composicion-nutricional-del-follaje-de-saucu-Sambucus

- Castaño, A. (2012). Efecto del proceso de ensilaje sobre el valor nutricional de Pennisetum purpureum, Tithonia diversifolia y Trichanthera gigantea. *Investigaciones de UNISARC*, 10(2), 22–36. https://www.researchgate.net/profile/Gaston_Castano/publication/301779618_Efecto_del_proceso_de_ensilaje_sobre_el_valor_nutricional_de_Pennisetum_purpureum_Tithonia_diversifolia_y_Trichanthera_gigantea/links/5727af1908ae586b21e29737/Efecto-del-proceso-de-ensilaje-sobre-el-valor-nutricional-de-Pennisetum-purpureum-Tithonia-diversifolia-y-Trichanthera-gigantea.pdf.
- Costantini, A., Perez, M. G., Busto, M., González, F. A., Cosentino, V. R., Romaniuk, R. I., & Taboada, M. A. (2018). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Producción Ganadera. *Ciencia e Investigación*, 68(5), 47–54. <https://doi.org/HFHGEGEGEE>
- Escobar, L. D., Guatusmal, C., Meneses, D. H., Cardona, J. L., & Castro, E. (2019). Evaluación de estratos arbóreos y arbustivos en un sistema silvopastoril en el trópico altoandino colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 803–819. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i3.35645>
- Estell, R. (2010). Coping with shrub secondary metabolites by ruminants. *Small Ruminant Research*, 94(1-3), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.09.012>
- Fasuyi, A., Dairo, F., & Ibitayo, F. (2010). Ensiling wild sunflower (Tithonia diversifolia) leaves with sugar cane molasses. *Livestock Research for Rural Development*, 22(3). <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd22/3/fasu22042.htm>
- Flórez, L., & Correa, H. (2017). Efecto del tercio de lactancia y la época del año sobre el consumo de materia seca en vacas Holstein pastoreando kikuyo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(3), 181–194. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-96072017000300181&script=sci_abstract&tlng=pt.
- Fonseca, D., & Rodríguez, C. (2019). Efecto de un inoculante microbiano sobre la calidad microbiológica y nutricional de ensilaje de Morus alba L. y Sambucus nigra L. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 93–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.22335/rlet.v11i2.825>
- Galindo, J., González, N., Sosa, A., Ruiz, T., Torres, V., Aldana, A. I., Díaz, H., Moreira, O., Sarduy, L., & Noda, A. (2011). Effect of Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray (Giant Mexican Sunflower) on the population of rumen protozoa and methanogens under in vitro conditions. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(1), 33–37. https://www.researchgate.net/profile/Areadne_Sosa/publication/287009552_Effect_of_Tithonia_diversifolia_Hemsl_Gray_Giant_Mexican_Sunflower_on_the_population_of_rumen_protozoa_and_methanogens_under_in_vitro_conditions/links/5e2f186fa6fdcc3096941d5a/Effect-
- Gallego, L. A., Mahecha, L., & Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de Tithonia diversifolia Hemsl: A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393–403. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000200017
- Gallego, L., Mahecha, L., & Angulo, J. (2017). Producción, calidad de leche y beneficio: costo de suplementar vacas Holstein con Tithonia diversifolia. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 357–370. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i2.25945>
- Galvis, R. D., Correa, H. J., Barrientos, S. M., & Muñoz, Y. (2011). Efecto de Niveles Crecientes de Nitrógeno no Proteico Dietario en Vacas Lactantes sobre las Concentraciones de Metabolitos Nitrogenados en Orina, Sangre y Leche. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(2), 191–6198. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179922664015.pdf>.
- Gamboa, L. M. (2018). *EVALUACIÓN DEL USO DE BOTÓN DE ORO (Tithonia diversifolia) COMO SUPLEMENTO DE VACAS JERSEY*

- EN ETAPA PRODUCTIVA. (Tesis de Pregrado). [Escuela de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional]. <http://hdl.handle.net/11056/14864>
- Garza, D. M. (2017). EFECTO DE TRES NIVELES DE ADICIÓN DE PLANTA DE BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia*) EN LA CALIDAD BROMATOLÓGICA DEL ENSILADO DE PLANTA DE MAIZ (*Zea mays*), CHIQUIMULA, GUATEMALA. (Tesis de Pregrado) [Licenciatura en Zootecnia - Centro Universitario de Oriente]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/13073>
- Geough, E. J., O’Kiely, P., Hart, K. J., Moloney, A. P., Boland, T. M., & Kenny, D. A. (2010). Methane emissions, feed intake, performance, digestibility, and rumen fermentation of finishing beef cattle offered whole-crop wheat silages differing in grain content. *Journal of Animal Science*, 88(8), 2703–2716. <https://doi.org/https://doi.org/10.2527/jas.2009-2750>
- González, J. C., Von-Hessberg, C., & Narváez, W. (2014). Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat*, 18(2), 45–58.
- Gualdrón, E., & Charry, C. E. (2007). Producción y calidad de leche en vacas Holstein en dos arreglos silvopastoriles de *Acacia decurrens* y *Alnus acuminata* asociadas con pasto kikuyo, (*Pennisetum clandestinum*). https://Ciencia.Lasalle.Edu.Co/Zootecnia/300?Utm_source=ciencia.Lasalle.Edu.Co%2Fzootecnia%2F300&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
- Guatusmal, C., Escobar, L. D., Meneses, D. H., Cardona, J. L., & Castro, E. (2020). Production and quality of *Tithonia diversifolia* and *Sambucus nigra* high andean colombian tropic. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 193–208. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i1.36677>
- Holguín, V. A., Cuchillo, M., Mazabel, J., Quintero, S., & Mora, J. (2020). Efecto de la mezcla ensilada de *Pennisetum purpureum* y *Tithonia diversifolia* sobre la fermentación ruminal in vitro y su emisión de metano en el sistema RUSITEC. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 19–37. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4740>
- Holguín, V., García, I., & Mora, J. (2018). Árboles y arbustos para silvopasturas: uso, calidad y alometría (Sello Editorial Universidad de Tolima (ed.)). Ibagué, Tolima. https://www.researchgate.net/profile/Jairo-Mora-Delgado/publication/326720362_Arboles_y_arbustos_para_silvopasturas/links/5b6090f6458515c4b256c0f3/Arboles-y-arbustos-para-silvopasturas.pdf
- Jaramillo, A. (2019). Evaluación de dos especies arbóreas: saúco (*sambucus nigra*) y acacia (*acacia decurrens*) en la alimentación animal (SENA - Centro de Biotecnología Agropecuaria (ed.)). Mosquera, Cundinamarca. <https://hdl.handle.net/11404/5289>.
- Leytón, L. E. (2019). Efecto de la adición de vinazas de caña de azúcar en ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), sobre el tiempo de fermentación y su composición bromatológica. <https://Pdfs.Semanticscholar.Org/0126/Ff4c68de2027a2215debd55ec77427a824cf.Pdf>.
- Londoño, G., & Patarroyo, L. (2017). Determinación de la calidad del Tilo (*Sambucus peruviana*) en dos asociaciones al primer corte. (Tesis de Especialización). [Programa de Zootecnia. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente - Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13907>.
- Londoño, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia*, 11(1), 28–41. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.693>.
- Lopera, J. J., Márquez, S. M., Ochoa, D. E., Calle, Z., Sossa, C. P., & Murgueitio, E. (2015). *Rev. Investig. Altoandín*. 2020; Vol 22 Nro 3 285-301

- PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA DE LECHE EN EL TRÓPICO DE ALTURA: SINERGIAS ENTRE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y SISTEMAS SILVOPASTORILES. *Agroecología*, 10(1), 79–85. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300761>.
- López, M., Rojas, A., & Zumbado, C. (2017). Características nutricionales y fermentativas de ensilados de pasto Camerún con plátano Pelipital. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 629–642. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i3.25237>.
- Martin, C., Ferlay, A., Chilliard, Y., & Doreau, M. (2009). Decrease in methane emissions in dairy cows with increase in dietary linseed content. *Proceedings of the British Society of Animal Science Cambridge University Press.*, 2009, 21–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S175275620002860X>.
- Martín, N., Rojas, J., Arenas, N., & Herrera, V. (2017). Alternativas nutricionales para disminuir emisiones de gas metano por bovinos y su efecto en el calentamiento global. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 3(1), 8–17. http://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/216.
- Matta, L. (2005). Estrategias modernas para la conservación de forrajes en sistemas de producción bovina tropical. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(2), 69–80. https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol6_num2_art:51.
- Molano, E., Gómez, Y., & Salgado, Á. (2010). *EVALUACIÓN DEL USO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL (SSP) A BASE DE MORERA (Morus alba) Y SAÚCO (Sambucus peruviana) COMO FUENTE DE SUPLEMENTACIÓN EN VACAS HOLSTEIN*. <https://www.cipav.org.co/Pdf/Red%20de%20agroforesteria/Seminarios%20y%20congresos/Panama2010/Carlos.Eduardo.Rodriguez.Pdf>.
- Moscoso, M., Franco, F., San Martín, H., Olazábal, L., Chino, V., & Pinares, C. (2017). Methane production in grazing cattle supplemented with silage, concentrate and tannins in the Peruvian highlands during the dry season. (*RIVEP*), *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(4), 822–833. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13887>.
- Murgueitio, E., Galindo, W., Chará, J., & Uribe, F. (2016). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena*. (E. CIPAV (ed.); 1st ed.). Cali, Colombia. https://www.researchgate.net/profile/Juan_Naranjo_R/publication/310460876_Establecimiento_y_manejo_de_sistemas_silvopastoriles_intensivos_con_leucaena/links/582e30cb08ae138f1c01d8b9/Establecimiento-y-manejo-de-sistemas-silvopastoriles-intensivos-con-leuca
- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., Murgueitio, E., Chará, J., & Barahona, R. (2012). Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con Lote 13. Curso de SSP con trabajadores oficiales de diferentes regionales del país. Implementación de dos sistemas silvopastoriles didácticos y productivos en el Centro de B. *Livestock Research for Rural Development*, 24(8), 8–24. https://www.researchgate.net/publication/262183664_Balance_de_gases_de_efecto_invernadero_en_sistemas_silvopastoriles_intensivos_con_Leucaena_leucocephala_en_Colombia_Greenhouse_gases_in_intensive_silvopastoral_systems_with_Leucaena_leucocephala_in_Co?enr
- Nieto, D. F., Meneses, D. H., Morales, S. P., Hernández, F., & Castro, E. (2020). Características productivas de cultivos forrajeros en sistemas de producción de leche, Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 177–192. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i1.36596>
- Olivas, F. J., Wall, A., González, G., López, J. A., Álvarez, E., De la Rosa, L., & Ramos, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos

- en la salud. *Nutr Hosp.*, 31(1), 55–66. http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112015000100005&script=sci_abstract&tlng=en.
- Ortega, D., & Yela, J. J. (2010). *Evaluación de dos sistemas de propagación del arbusto forrajero colla negra (smallanthus pyramidalis) bajo tres densidades de siembra en un arreglo de banco de proteína durante el periodo de establecimiento* [Universidad de Nariño - Udenar]. <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/81898.pdf>
- Pineda, J. G. (2017). *LA ACACIA NEGRA (Acacia decurrens) COMO ALTERNATIVA FORRAJERA EN EL TRÓPICO ALTO ANDINO COLOMBIANO. (Trabajo de Grado de Especialización)* [Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarías y del Medio Ambiente - Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/12275>.
- Pinto, R., Hernández, D., Guevara, F., Gómez, H., Medina, F., Hernández, A., & Ruiz, B. (2010). Preferencia de ovinos por el ensilaje de Pennisetum purpureum mezclado con arbóreas forrajeras tropicales. *Development*, 22, 6. https://www.researchgate.net/profile/R_Pinto-Ruiz/publication/262451379_Preferencia_de_ovinos_por_el_ensilaje_de_Pennisetum_purpureum_mezclado_con_arboreas_forrajeras_tropicales/links/0a85e538010451841c000000/Preferencia-de-ovinos-por-el-ensilaje-de-Penni
- Queiroz, C. M., Arriola, K. G., Daniel, L. P., & Adesogan, A. T. (2013). Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5836–5843. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2013-6691>.
- Ramírez, J. R., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecía, D., Chacón, E., Arceo, Y., & Uvidía, H. U. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6), 1–12. <http://www.redalyc.org/pdf/636/63651420007.pdf>.
- Ramos, L., & Cortes, S. (2018). *Caracterización nutricional y antinutricional de algunas especies forrajeras promisorias para alimentación animal en el municipio de Pasto. (Tesis de Especialización)*. [Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarías y del Medio Ambiente - Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18200>.
- Rangel, J., Ledesma, L., & Arizala, J. (2019). Arbustivas forrajeras: importancia en las ganaderías de trópico bajo colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 899–915. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35136>.
- Reyes, N., Mendieta, B., Fariñas, T., Mena, M., Cardona, J., & Pezo, D. (2013). *Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino*. <http://hdl.handle.net/11554/7886>.
- Rincón, E., Cardona, J. L., Hernández, F., Valenzuela, M., & Avellaneda, Y. (2019). Evaluación de tres cultivares de Lolium perenne L. con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia. *Pastos y Forrajes*, 42(2), 283–294. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000200161.
- Roa, M. L., & Galeano, J. R. (2015). Calidad nutricional y digestibilidad in situ de ensilajes de cuatro leñosas forrajeras. *Pastos y Forrajes*, 38(4), 431–440. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000400007.
- Sánchez, L., Amado, G., Criollo, P. J., Carvajal, T., Roa, J., Cuesta, A., Conde, A., Umaña, A., Bernal, L. M., & Barreto, L. (2010). *El sauco (Sambucus nigra) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de paraderas en el trópico alto colombiano*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13488>.
- Silva, A., Gómez, A., Landazury, B., & Preciado, B. (2013). Evaluación de gases de efecto invernadero (GEI) en sistemas ganaderos asociados con pasto kikuyo (Pennisetum
- Rev. Investig. Altoandín. 2020; Vol 22 Nro 3 285-301*

- clandestinum Hoechst Ex Chiov). *Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia*, 6(1), 36–43. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/ciencianimal/article/view/423>.
- Sotelo, M., Suárez, E., Álvarez, J. C., Castro, F., Calderón, A., & Arango, V. H. (2017). *Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?* <https://hdl.handle.net/10568/89088>.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & Haan, C. de. (2009). *La larga sombra del ganado - problemas ambientales y opciones (No. FAO-MED 15)* (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO 2009 (edición en español) (ed.)). <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>
- Suárez, J., Ayala, K., & Gomez, J. C. (2018). *SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS - SSPi* (M. Chaves (ed.); 1st ed.). http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2018/06/SISTEMAS-SILVOPASTORILES-SSPi_baja.pdf.
- Suárez, R., Mejía, J., González, M., García, D. E., & Perdomo, D. A. (2011). Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. *Pastos y Forrajes*, 34(1), 69–85. https://www.researchgate.net/publication/317522150_Evaluacion_de_ensilajes_mixtos_de_Saccharum_officinarum_y_Gliricidia_sepium_con_la_utilizacion_de_aditivos.
- Vargas, J. de J., Sierra, A. M., & Mancipe, Edgar Augusto Avellaneda, Y. (2018). El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *Rev. CES Med. Zootec.*, 13(2), 137–156. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6662345>.
- Vásquez, M. (2015). *Introducción*, Repositorio digital Universidad del Sur. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2122/2/Vasquez-Maria-Cap1-4.pdf>.
- Villalta, P., Zapana, J., Araoz, J., & Escobar-Mamani, F. (2016). Evaluación de pastos y capacidad de carga animal en el fundo “Carolina” de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno Perú. *Journal of High Andean Research*, 18(3), 330–310. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.219>
- Villa, R., & Jaime, H. (2016). Evaluación del peso de conejos para carne alimentados con diferentes ensilajes. *Ciencia y Agricultura*, 13(2), 73–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01228420.v13.n2.2016.5555>.
- Villegas, G., Montoya, S., Rivera, J., & Chara, J. (2017). Implementación del ensilaje de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en vacas de mediana producción y su efecto en la producción y composición de la leche Implementation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. (Aportes de la Ganadería a los Objetivos. IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles. Congreso Llevado a Cabo En Manizales, Colombia., 6. https://www.researchgate.net/profile/Julian_Rivera2/publication/319650221_Implementacion_del_ensilaje_de_Tithonia_diversifolia_Hemsl_A_Gray_en_vacas_de_mediana_produccion_y_su_efecto_en_la_produccion_y_composicion_de_la_leche/links/59b7e36f0f7e9bd4a7fef4f
- Vitali, M. S. (2017). Anatomía foliar del género *Smallanthus* (Asteraceae, Milleriaceae). *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 52(3), 463–472. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66583>.
- Waghorn, G. C., & Hegarty, R. S. (2011). Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 291–301. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.019>.