

Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) o ensilaje de maíz*

Milk production and quality and economic analysis of Holstein cows, supplemented with wild sunflower silage (*Tithonia diversifolia*) or maize silage

ANGULO-ARIZALA, JOAQUÍN¹; NEMOCÓN-COBOS, ANA-MARÍA²; POSADA-OCHOA,
SANDRA-LUCÍA³; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA⁴

Historial del Artículo

Recibido para evaluación: 17 julio 2020.

Aprobado para publicación: 18 abril 2021.

* Proyecto de investigación de origen: "Evaluación de recursos alimenticios alternativos en sistemas de lechería especializada". Financiación: Departamento Académico de Haciendas y Sostenibilidad del grupo GRICA (convocatoria ES84180130 2018-2019) Universidad de Antioquia. Finalización: diciembre 15 de 2020

1 Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Dr. Ciencias Animales. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3352-8795>

2 Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Zootecnista. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4300-6843>

3 Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Dr. Ciencias Animales. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-4615-0552>

4 Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Dr. Agricultura y Medio Ambiente. Medellín, Colombia. <http://orcid.org/0000-0003-3377-8399>

Correspondencia: joaquin.angulo@udea.edu.co

RESUMEN

La ganadería de leche del trópico alto colombiano utiliza una alta relación de forraje concentrado en la dieta diaria, la cual, en la mayoría de los casos, deja márgenes económicos poco favorables al productor siendo necesaria la búsqueda de alternativas para la alimentación que ayuden a solventar esta problemática. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción, calidad de la leche y hacer un análisis económico de vacas Holstein, suplementadas con ensilaje de botón de oro (EBO) o ensilaje de maíz (EMA). Se seleccionaron 10 vacas Holstein con características homogéneas y se conformaron dos grupos: un grupo fue suplementado con el tratamiento EMA y el otro con EBO, en un diseño de sobrecambio. Se evaluó la producción de leche/vaca/día sin ajustar y ajustada al 4 % de grasa, la calidad composicional de la leche (% y kg/vaca/día), la eficiencia alimenticia (EA), la eficiencia energética (EE) y se realizó un análisis económico. No hubo diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en el consumo de materia seca de ensilaje entre tratamientos, pero sí en la producción de leche, los kg de grasa y proteína/vaca/día, y en la EA ($p < 0,05$), con diferencia a favor de EBO. Así mismo, el costo de producción del litro de leche y la diferencia ventas-costos por vaca/día estuvieron a favor del tratamiento EBO. Los resultados sugieren que el EBO es una alternativa viable productiva y económicamente, en la suplementación de vacas lactantes en el trópico alto colombiano.

ABSTRACT

The dairy farming in the Colombian highland tropic uses a high ratio of concentrate forage in the daily diet, which, in most cases, leaves unfavorable economic margins for the producer, making it necessary to search alternatives for feeding that help to solve this problem. The aim of this work was to evaluate the milk production and quality, and to make an economic analysis of Holstein cows, supplemented with wild sunflower silage (EBO) or corn silage (EMA). Ten Holstein cows with homogeneous characteristics were selected and two groups were formed: one group was supplemented with EMA treatment and the other with EBO, in an over-exchange design. The milk production/cow/day without adjusting and adjusted to 4 % fat, the compositional quality of the milk (% and kg/cow/day), the feed efficiency (EA), the energy efficiency (EE) and an economic analysis was carried out. There were no statistically significant differences ($p > 0,05$) in the consumption of silage dry matter between treatments, but there were in the milk production, the kg of fat and protein/cow/day, and in the EA ($p < 0,05$), with a difference in favor of EBO. Likewise, the cost of production per liter of milk and the difference between sales and costs per cow/day were

PALABRAS CLAVE:

Análisis económico; Arbustos; Calidad de leche; Conservación de forraje; Ensilaje; Producción de leche; Producción sostenible; Productividad; Sostenibilidad; Suplementación animal

KEYWORDS:

Economic analysis; Shrubs; Milk quality; Forage conservation; Silage; Milk production; Sustainable production; Productivity; Sustainability; Animal supplementation.

Cómo citar este artículo: ANGULO-ARIZALA, JOAQUÍN; NEMOCÓN-COBOS, ANA-MARÍA; POSADA-OCHOA, SANDRA-LUCÍA; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA. Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) o ensilaje de maíz. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, v. 20, n. 1, 2022, p. 27-40. Doi: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1535>

in favor of the EBO treatment. The results suggest that EBO is a productive and economically viable alternative in the supplementation of lactating cows in the Colombian highland tropic.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina en Colombia basan la alimentación animal en el consumo de forrajes bajo pastoreo, lo cual tiene alta dependencia de la variabilidad climática, toda vez que durante la época seca se reduce la oferta de alimento, por lo que es necesario identificar, evaluar y aplicar alternativas como el ensilaje, encaminadas a la conservación de forrajes durante la época en la que se concentra la producción vegetal, en pro de asegurar alimento de buena calidad durante todo el ciclo productivo. El ensilaje representa una de las prácticas de mayor popularidad en los sistemas de producción de lechería especializada, usado tanto para la sustitución o complementación de los alimentos balanceados (Lazzarini *et al.*, 2019; Ramírez-Rivera *et al.*, 2019). Durante el proceso de ensilado, los carbohidratos solubles del forraje se fermentan y con la participación de bacterias ácido-lácticas, se reduce el pH del medio, con lo cual se inhibe el desarrollo de microorganismos indeseables, conservando calidad y palatabilidad del material (Borreani *et al.*, 2018). Considerando el potencial nutricional de algunas especies forrajeras del trópico tales como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Cratylia argentea*, entre otras (Castro-Montoya and Dickhoefer, 2018), el ensilaje es una alternativa viable para diversificar el plan de alimentación y para mejorar la productividad y el margen de rentabilidad.

El ensilaje de maíz es un alimento muy utilizado en los sistemas de producción lechera, con un valor energético y proteico que fluctúa entre 2,5 y 2,79 Mcal EM/kg materia seca (MS) y 6,3 a 12,5 % proteína bruta (PB), respectivamente (Agrosavia, 2013). La inestabilidad en el precio y su competencia con la alimentación humana, inducen a buscar alternativas económicas y sostenibles que no perjudiquen la producción ni la calidad de la leche. Existen otras especies forrajeras, aún poco evaluadas para la nutrición de bovinos, pero extremadamente adaptadas a las condiciones edafoclimáticas tropicales, con potencial para la alimentación de rumiantes y con metabolitos secundarios que pueden influenciar beneficios nutricionales y mitigación de emisiones de metano entérico (Sandoval-Pelcastre *et al.*, 2020). Dentro de estas especies se destaca el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) que se caracteriza por su rápido crecimiento y la acumulación de nitrógeno en sus hojas, como las leguminosas. En el ensilaje de botón de oro, Betancourt *et al.*, (2017) registraron 22,1 % PB, 16,4 % de Fibra Neutro Detergente (FND) y 43,9 % de carbohidratos no estructurales (CNE). En los últimos años, con la introducción de bancos forrajeros y sistemas silvopastoriles en los sistemas de producción de leche, la utilización de esta planta ha aumentado (Braun *et al.*, 2016), no obstante, existe poca información sobre los resultados productivos derivados de su empleo en forma ensilada. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y calidad composicional de la leche, y hacer un análisis económico de la producción de leche de vacas Holstein consumiendo dos tipos de ensilaje, de maíz (*Zea mays*) o ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*).

MÉTODO

Localización

El trabajo experimental se desarrolló en la hacienda La Montaña (Universidad de Antioquia), ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros (15 °C y 2.350 m.s.n.m.), en una zona de bosque húmedo montano bajo (bh-MB).

Tratamientos

Se evaluó la respuesta productiva de los animales suplementados con la misma cantidad de materia seca proveniente de dos ensilajes, botón de oro (*Tithonia diversifolia*) (EBO) y maíz (*Zea mays*) (EMA) (ensilaje comercial). La dieta base estuvo compuesta por pasto *Rye-grass sp.* de 30 días de rebrote, en pastoreo, maíz extruido y alimento balanceado. La suplementación se hizo en función de los requerimientos nutricionales de cada animal. El ensilaje fue ofrecido una sola vez en el día a las vacas, antes del ordeño de la tarde, en el corral de espera.

Preparación ensilaje de botón de oro

Se utilizaron plantas enteras de botón de oro de 70 días de edad, cosechadas a 60 cm de altura, se pre-marchitaron por 24 horas acorde con la metodología descrita por Navarro *et al.*, (2006), se picaron utilizando una pica pasto comercial, a un tamaño de 4 cm aproximadamente, y se almacenaron en canecas de 130 kg de capacidad. Para la preparación, se dispusieron capas de forraje en las canecas, seguidas de la adición de una mezcla líquida preparada previamente, denominada aditivo, estaba compuesta por el inóculo activado y melaza diluida: cada capa fue compactada manualmente. El inóculo se preparó de la siguiente manera: se mezcló 1 L del inóculo BIO-RENOVA® (*Lactobacillus paracasei spp*, *streptomyces scabies*, *Saccharomyces cerevisiae spp*) en concentraciones superiores a 100.000.000 unidades formadoras de colonia por mililitro de solución (10^8 UFC/mL) con 1 L de activador de la misma referencia y 18 L de agua, esa mezcla se denominó inóculo activado. Por cada litro de la mezcla anterior (inóculo activado), se adicionaron 15 kg de melaza y 15 L de agua, según recomendación del fabricante. El aditivo anterior sirvió para la preparación de una tonelada de ensilaje de botón de oro. El ensilaje fue ofrecido a los animales después de un mes de fermentación.

Características de los animales

Se utilizaron 10 vacas Holstein-Friesian. Se conformaron dos grupos de animales, cada uno de cinco unidades experimentales, buscando la mayor homogeneidad posible en producción promedio de leche en los últimos siete días (PL), porcentaje de proteína y grasa láctea, días en leche (DEL), número de partos y peso vivo (PV). La evaluación tuvo una duración total de 50 días, con dos periodos de 25 días cada uno, con 10 días de adaptación a la dieta y 15 días de evaluación. En el primer periodo, la mitad de las unidades experimentales recibieron el tratamiento EBO y, posteriormente, durante el segundo período, recibieron el tratamiento EMA. La otra mitad de las unidades experimentales recibió los tratamientos en orden inverso. Las características de los animales de cada tratamiento se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los animales y asignación de secuencias de evaluación.

Grupo	Peso	Número de Partos ¹	Días en Leche	Producción de leche (L/vaca/día) ²	Grasa Láctea	Proteína láctea	Secuencia
	(kg)				(%) ²	(%) ²	
1	544,30 ± 27,15	2,9 ± 1,05	160,7 ± 35,10	28,9 ± 2,55	3,35 ± 0,45	3,0 ± 0,20	EBO-EMA
2	540,95 ± 38,15	2,9 ± 1,05	158,85 ± 35,3	28,7 ± 3,35	3,15 ± 0,50	3,0 ± 0,20	EMA-EBO

¹ Mediana

² Promedio de los últimos siete días antes de ingresar al experimento.

Manejo nutricional

Se obtuvo la ración de cada animal a partir de los requerimientos de proteína cruda y energía neta de lactancia (EN_L) descritos por el NRC (National Research Council, NRC, 1989) (en promedio 2,8 kg proteína; 29 Mcal EN_L ; 108,5 g Ca y 69 g P por vaca por día) y la composición química (determinada por NIRS) de los alimentos disponibles (Cuadro 2). El contenido de EN_L de los alimentos se calculó a partir de las siguientes ecuaciones (Buxadé, 1995):

Cuadro 2. Contenido nutricional de los componentes de la dieta.

Ítem	Rye-grass	Ensilaje Maíz	Maíz Extruido	Alimento Balanceado	Ensilaje Botón
% MS	11,8	22,7	85,0	88,0	15,0
% PB	26,0	13,1	7,1	14,0	22,4
ENL (Mcal/kg)	1,45	1,4	1,92	1,8	1,3
% FDN	41,9	62,3	12,2	18,8	37,7
% Ca	1,06	1,2	0,03	1,78	2,73
% P	0,3	0,9	0,25	0,34	0,4

MS: materia seca; PB: proteína bruta; ENL: energía neta de lactancia; FDN: fibra detergente neutra; Ca: calcio; P: fósforo.

$$EN_L \text{ Concentrado} = 0,677 \times ED - 0,359 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

ENL es la energía neta de lactancia del concentrado; ED es la energía digestible del concentrado, en Kcal.

$$3,8 \text{ Mcal EB} = 3,22 \text{ Kcal ED} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

EB es la energía bruta del concentrado, en Mcal; ED es la energía digestible del concentrado, en Kcal.

$$EN_L \text{ Gramíneas} = 2,86 - 0,0262 \times FDN \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

ENL es la energía neta de lactancia de la gramínea; FDN es la fibra en detergente neutro de la gramínea.

$$EN_L \text{ No Gramíneas} = 2,23 - 0,0216 \times FDN \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

ENL es la energía neta de lactancia de la no gramínea; FDN es la fibra en detergente neutro de la no gramínea.

El suministro de ensilaje fresco fue de 4 kg/animal/día para EBO y 3 kg/animal/día para EMA, equivalentes a un aporte igual de materia seca de 450 g/animal/día. El menor contenido de materia seca del ensilaje de botón de oro respecto al ensilaje de maíz, conllevó al suministro de 1 kg adicional de material fresco del primero. La cantidad de ensilaje ofertada fue definida con base en la disponibilidad existente de forraje. Los animales permanecieron en pastoreo de pasto Rye-grass y fueron manejados en pastoreo rotacional con 1 día de ocupación por franja y 30 días de descanso. Se realizó aforo de pastura antes del ingreso de los animales a pastoreo y se siguió el método del doble muestreo (Haydock and Shaw, 1975). La cantidad de materia seca promedio ofertada por animal por día de pasto en el potrero fue de 22,5 kg (se consideró un 30 % de desperdicio), de alimento balanceado 3,26 kg y de maíz extruido 1,96 kg. El alimento balanceado y el maíz extruido se ofertaron durante los dos ordeños (05 horas y 14 horas). Los ensilajes (EBO y EMA) solo se suministraron 30 minutos antes del ordeño de la tarde. El alimento balanceado fue preparado en la planta de concentrado de la misma finca en donde

se desarrolló el experimento y estaba compuesto por maíz extruido (29 %), maíz amarillo (45 %), melaza (4,8 %), DDGS Golden (6,7 %), harina de pescado (2,9 %), torta de Soja (4,8 %) y 6,8 % de otros ingredientes (fuente de calcio, sodio, fósforo, y sal mineralizada).

VARIABLES EVALUADAS

Consumo de materia seca total. Correspondió a la suma del consumo de materia seca de forraje, ensilaje, maíz extruido y alimento balanceado. Al interior de cada período se realizaron dos pruebas individuales de consumo voluntario de materia seca de forraje (Rye-grass) en pastoreo, utilizando una adaptación del método de doble muestreo (Haydock and Shaw, 1975) de forma individual dentro del potrero. Para ello, a cada animal se le asignaron 64 m² durante 24 horas, esta área consideró un 40 % adicional para suplir desperdicio, siendo únicamente movilizados para el ordeño. En el potrero, la separación entre los animales se realizó con cinta eléctrica; se determinó la disponibilidad de forraje al ingreso y salida de cada área, calculando el consumo individual de forraje verde por diferencia. Simultáneamente, se tomaron muestras del pasto para determinar el contenido de humedad y hallar el consumo de materia seca. El consumo de los restantes alimentos (ensilaje de botón de oro, ensilaje de maíz y alimento balanceado) se determinó a partir de la ingestión individual y su contenido de materia seca.

Producción y calidad de leche. La producción de leche individual fue diariamente (am–pm) cuantificada usando medidores True-test Durespo, (Itagüí, Colombia). Al inicio y al final de cada periodo experimental, en ambos ordeños (am – pm) se tomó una muestra de leche por animal, es decir dos muestras de leche por día, las cuales fueron enviadas al laboratorio de calidad de leche de la Universidad de Antioquia para determinar proteína, grasa, lactosa, nitrógeno ureico en leche (NUL y sólidos totales (valores expresados en %) mediante el empleo de MilkoScan FT+ (transformación de Fourier a partir de infrarrojo) (Foss, Hillerød, Dinamarca). La producción de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales (kg) se obtuvo del producto entre la producción de leche (kg) y su composición analizada (%).

La calidad sanitaria se evaluó a partir del recuento de células somáticas (RCS) valores expresados en miles de células por mililitro (mL) por citometría de flujo (Fossomatic™ FC, Foss Electric, Hillerød, Dinamarca).

Eficiencia alimenticia y eficiencia energética. Con base en el desempeño productivo y el consumo de materia seca total, se determinó la eficiencia alimenticia (EA) expresada en kg de leche producida, corregida al 4 % de grasa por cada kg de materia seca consumida. Igualmente, la eficiencia energética (EE) se valoró a partir de la relación consumo de EN_L/ producción de leche corregida al 4 % de grasa.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se colectaron bajo un diseño de sobrecambio bajo secuencia AB/BA para los tratamientos EBO y EMA, asignados de forma aleatoria a dos grupos de vacas (G1 y G2) con periodos de adaptación y evaluación definidos. Los datos se analizaron empleando un modelo mixto mediante la librería lmer del programa lme4 (Bates et al., 2015), en el software estadístico R-Project. Para las variables correspondientes a la calidad composicional de la leche (grasa, proteína, nitrógeno ureico en leche y lactosa), y la determinación del consumo de forraje (base seca), el análisis consideró como efectos fijos el tratamiento (EBO y EMA) y como efectos aleatorios (bloques) el factor animal y período. La calidad higiénica de la leche (células somáticas) se analizó en un modelo generalizado que consideró los mismos efectos fijos y aleatorios previamente descritos bajo distribución Poisson con función de enlace log. Con relación a las variables productivas (kg de leche por día y corregida por grasa), dado que se obtuvo registro diario de producción de leche durante cada período de evaluación, además del tratamiento, se consideró como efecto fijo el día de evaluación y la interacción tratamiento por día y como efectos aleatorios, el animal y el período. En ambos casos, el análisis consideró un error tipo I de 0,05 y evaluación de residuales bajo pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (test Bartlett). En caso de rechazo de la hipótesis de igualdad de promedios, se empleó la prueba de Tukey para la separación de medias.

Análisis económico

Para el cálculo del costo de producción del ensilaje de botón de oro se tuvieron en cuenta los costos de fertilización y la mano de obra requerida durante el periodo de recuperación de las plantas, además, se midió el tiempo requerido para la elaboración del ensilaje, incluyendo corte, acarreo, picado del material y proceso de ensilado, y se consideró el costo de los materiales requeridos como canecas plásticas y el inóculo BIO-RENOVA®. Igualmente, se sumó el consumo de energía eléctrica correspondiente a la pica pasto. Para el ensilaje de maíz, el costo que se utilizó fue el valor de compra comercial.

También, se calculó el costo de producción del litro de leche para cada tratamiento, teniendo en cuenta la depreciación de infraestructura y equipos (máquina de ordeño y tanque de enfriamiento), la mano de obra correspondiente a los ordeñadores y el costo de materiales y servicios a terceros requeridos para llevar a cabo el ordeño (Álvarez-Cardona and Zapata-Sánchez, 2011). Para completar el costo, se tuvo en cuenta la ración de alimento compuesta por alimento balanceado, maíz extruido, pasto rye-grass y ensilaje de maíz o botón de oro dependiendo del tratamiento, alimentos a los cuales se les realizó una estimación del costo de producción para determinar el valor por kilogramo y así sumarlo a los costos de producción del litro de leche. Estos valores se dividieron entre la producción diaria del animal para obtener el costo por litro de leche.

Para calcular el pago por litro de leche, se tuvo en cuenta la composición de la leche y el sistema de pago de leche cruda al proveedor, establecido por la resolución 000017 del 2012 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2012), obtenido para cada animal.

El precio de venta del litro de leche se multiplicó por los litros producidos por vaca por día, para obtener los ingresos totales por vaca/día por venta de leche. Finalmente se restó el precio de venta de leche por vaca/día y el costo de producción de leche por vaca por día. Esta diferencia se extrapoló a una estimación por 50 vacas en producción promedio que puede tener un hato y a un cálculo por mes.

RESULTADOS

Consumo de materia seca total

Los resultados de consumo de materia seca y de nutrientes de cada tratamiento se presentan en el Cuadro 3. Se encontró un consumo de materia seca del pasto, de materia seca total, de proteína bruta (PB) y de energía neta de lactancia similar entre tratamientos ($p > 0,05$).

Cuadro 3. Consumo de materia seca y nutrientes en cada tratamiento.

Variables	Tratamientos		p-valor
	EBO	EMA	
Consumo de materia seca (kg/día)			
Rye-grass	13,52 ± 1,43	13,49 ± 1,43	0,85
Ensilaje	0,45	0,45	-
Maíz extruido	1,96 ± 0,78	1,96 ± 0,78	-
Alimento balanceado	3,26 ± 0,79	3,26 ± 0,79	-
Total	19,40 ± 1,24	19,04 ± 1,23	0,36
Consumo de nutrientes			
PB (kg/día)	4,27 ± 0,36	4,14 ± 0,36	0,13
ENL (Mcal/día)	30,15 ± 1,76	29,59 ± 1,73	0,28

EBO: ensilaje de botón de oro; EMA: ensilaje de maíz; PB: proteína bruta; ENL: energía neta de lactancia; p valor $\leq 0,05$ indica diferencia estadística significativa entre tratamientos para la variable especificada en cada columna.

Al comparar los consumos en materia seca, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre vacas suplementadas con EBO y EMA, a pesar de las diferencias encontradas en el contenido de FDN entre ensilajes (Cuadro 2), siendo el contenido de EMA mayor que el de EBO. La oferta de ambos ensilajes justo antes de cada ordeño y la cantidad ofrecida, pudo incidir en que las vacas tuvieran un consumo total de ambos ensilajes, independiente de su contenido de FDN. El contenido de FDN encontrado en el EMA (67 %) fue superior a lo reportado por Morand y Balbi (2020) (46-58 %); estos autores mencionan que el contenido nutricional del ensilaje de maíz puede variar dependiendo de las condiciones agroclimáticas, la edad de cosecha, el material utilizado, entre otras. El bromatológico obtenido para EMA en este trabajo, además de indicar su alto contenido de FDN, muestra la incertidumbre en calidad, a la que puede enfrentarse un productor al depender de un ensilaje comercial, lo cual va a estar afectado por las condiciones y necesidades al momento de adquirirlo, lo cual no le permite asegurar siempre la calidad deseada.

En el botón de oro, Rivera *et al.* (2021) han reportado presencia de taninos en concentraciones que oscilan entre 5,4 y 37,7 g/kg de MS de taninos totales, dependiendo de la parte de la planta utilizada. Estos metabolitos secundarios han sido relacionados con bajo consumo del forraje (Vasta *et al.*, 2019), sin embargo, el consumo encontrado por autores como Mejía-Díaz *et al.*, (2017), muestran que el contenido de taninos y saponinas del botón de oro no afectan negativamente su consumo; estos autores reportan un consumo de 0,58 kg MS/animal/día de esta forrajera al ser ramoneada por vacas Holstein en sistemas silvopastoriles y encontraron consumos hasta de 2,2 kg MS/animal/día, equivalentes a una inclusión del 27 % de la dieta, atribuyendo las limitaciones en el consumo, a la oferta de esta planta en el potrero y no a su palatabilidad. De igual forma, Holguín-Castaño *et al.* (2018) empleando ovinos, compararon el consumo voluntario y el desempeño productivo de ensilaje basados en *Cenchrus purpureus* solo, y con el reemplazo del 33 % de botón de oro, sin encontrar diferencia significativa en la ingestión de materia seca. En el presente trabajo no se cuantificó el contenido de estos metabolitos secundarios, no obstante, de acuerdo con el consumo obtenido, la cantidad que pudiera estar presente no tuvo efecto negativo sobre el consumo del ensilaje.

El consumo de pasto en el presente experimento coincide con el reportado por Mejía-Díaz *et al.*, (2017) en un sistema silvopastoril de ramoneo de botón de oro y pasto kikuyo, al ser evaluado por el método agronómico (13,3 kg/animal/día) pero levemente inferior al ser evaluado con cromo como indicador externo (14,7 kg/animal/día).

Producción y calidad de leche

En el Cuadro 4 se puede observar la producción de leche por vaca por día, la producción de leche corregida al 4 % de grasa y la eficiencia alimenticia (EA), las cuales fueron mayores ($p \leq 0,05$) en las vacas suplementadas con botón de oro (EBO) mientras que no hubo diferencia en la eficiencia energética (EE) entre tratamientos ($p > 0,05$). Hubo efecto significativo del día de muestreo en la producción de leche y no hubo interacción día x tratamiento.

Cuadro 4. Variables productivas obtenidas en cada tratamiento durante el experimento.

Tratamiento	Leche kg	Leche 4%G	EA (kg leche/kg MS)	EE (Mcal/kg leche)
EBO	27,89	25,20	1,34 a	0,88
EMA	27,413	24,03	1,26 b	0,834
Rcme	2,598	0,42	0,037	0,001
p-valor T	0,05	0,0007	0,0034	0,12
P-valor Día	0,002	0,016		
P-valor TxD	0,98955	0,999		
P-valor Peso ¹	0,309	0,179	0,678	0,513
p-valor NP ¹	0,277	0,494	0,104	0,109
p-valor CC ¹	0,32	0	0,84	0,521
P-valor Pdn4% ¹	0,006	0		
P-valor Gc ¹	0,023	0,003		

Rcme: raíz del cuadrado medio del error; EA: eficiencia alimenticia (kg de leche producida, corregida al 4 % de grasa/ kg de materia seca consumida); EE: eficiencia energética: consumo de EN_L/ producción de leche corregida al 4 % de grasa; D: día; NP: número de partos; cc: condición corporal; Pdn 4 %: producción de leche corregida al 4 %; Gc: % grasa; pvalor T $\leq 0,05$ indica diferencia estadística significativa entre tratamientos para la variable especificada cada columna. ¹Covariables.

La calidad de la leche fue similar entre tratamientos ($p > 0,05$) (Cuadro 5). Sin embargo, al analizar la grasa y la proteína de la leche en kilogramos producidos, teniendo en cuenta, tanto la producción de leche sin corregir al 4 % de grasa como la corregida, los resultados fueron mayores en el tratamiento EBO ($p \leq 0,05$) (Cuadro 6).

Cuadro 5. Variables de calidad de leche obtenidas en cada tratamiento durante el experimento.

Tratamiento	Grasa (%)	Proteína (%)	NUL (mg/dL)	Lactosa (%)	RCS (1000/mL)
EBO	3,510	3,046	14,010	4,786	73,674
EMA	3,308	3,060	13,982	4,795	78,750
Rcme	0,494	0,065	1,242	0,006	5,080
p-valor T	0,435	0,636	0,964	0,155	0,507
p-valor Del ¹	0,148	0,238		0,810	0,653
p-valor NP ¹		0,816		0,664	
p-valor Pc ¹		0,000			
p-valor MUNC ¹			0,125		
p-valor Pdn4% ¹				0,000	
p-valor Lactc ¹				0,309	
p-valor RCSc ¹²					0,046
p-valor kg Lc ¹					0,640

Rcme: raíz del cuadrado medio del error; T: tratamiento; Del: días en leche; NP: número de partos; Pc: proteína inicial; NUL: nitrógeno ureico en leche inicial; Pdn 4%: producción de leche corregida al 4 %; Lactc: lactosa inicial; RCSc: recuento de células somáticas inicial; Lc: lactosa inicial; p valor $T \leq 0,05$ indica diferencia estadística significativa entre tratamientos para la variable especificada cada columna. ¹Covariables. ²Modelo generalizado $\text{Chi}^2 > P$

Cuadro 6. Calidad composicional de la leche (en kg).

Variable	Tratamientos		p-valor
	EBO	EMA	
(kg) Grasa LNC	0,8889 a	0,861 b	< 0,0001
(kg) Grasa LC	0,8157 a	0,8036 b	0,0054
(kg) Proteína LNC	0,8234	0,8131	0,4888
(Kg) Proteína LC	0,7641	0,7297	0,0805
(kg) Lactosa LNC	1,2907	1,2788	0,5166
(Kg) Lactosa LC	1,2055	1,1573	0,2323

EBO: ensilaje botón de oro; EMA; ensilaje de maíz; Prot: Proteína; Lac: Lactosa; LNC: Leche no corregida por grasa; LC: Leche corregida al 4 % de grasa. P valor $T \leq 0,05$ indica diferencia estadística significativa entre tratamientos para la variable especificada cada columna.

Considerando que las vacas suplementadas con ensilaje de botón de oro produjeron más litros de leche por kilogramo de materia seca consumida, teniendo el mismo consumo energético y proteico que las vacas suplementadas con ensilaje de maíz, los resultados indican una mejor eficiencia en el uso y partición de nutrientes en las vacas suplementadas con ensilaje de botón de oro. De acuerdo con Norris *et al.* (2018), las diferencias en el uso y partición de nutrientes entre dietas podrían estar relacionadas con el efecto de los taninos en la eficiencia de uso de energía y proteína, derivadas de la disminución en las emisiones de metano y mejor aprovechamiento proteico en duodeno, respectivamente. Jamarun *et al.* (2020) reportaron que la inclusión del 64 % de *T. diversifolia* influyó positivamente en la calidad composicional de la proteína en cabras cruzadas de la raza Etawa. Así mismo, Cardona-Iglesias *et al.* (2019a) demostró mediante modelos de simulación de emisiones de metano que el consumo de *T. diversifolia* en sistemas silvopastoriles de trópico de altura puede reducir hasta un 8,8 % la cantidad de CH_4 por litro de leche, comparado con un sistema de monocultivo de gramíneas. Lo anterior se puede soportar por el efecto de los metabolitos secundarios que modifican la fermentación ruminal y la población de metanógenos, protozoarios o desvían los iones hidrógeno de los metanógenos (Vasta *et al.*, 2019), por consiguiente, menores pérdidas en metano implican menores pérdidas energéticas. De acuerdo con Galindo-Blanco *et al.* (2018), los compuestos secundarios del botón de oro participan activamente en la dinámica ruminal, contribuyendo a la reducción de protozoos y archaeas metanógenas (Borreani *et al.*, 2018), esta condición favorece mayor acumulación de nitrógeno ruminal,

lo cual, aunado a un mejor perfil de ácidos grasos volátiles cuando las vacas pastorean botón de oro, posibilitan a un mejor desempeño productivo. Así mismo, se debe considerar el efecto que podría haber ejercido la diferencia a favor del contenido de FDN en EBO, lo cual estaría relacionado con una mayor digestibilidad comparado con el EMA utilizado. La diferencia en el contenido de calcio y fósforo entre ensilajes también podría esperarse que ejerciera una diferencia en la producción de leche. Según Yanapa-Sanga (2019), la concentración de calcio y fósforo en la dieta ha sido relacionada con el nivel sérico de estos minerales, y en el caso del calcio, con una correlación positiva y significativa con la producción de leche, más no con el de fósforo. En el presente trabajo, EBO presentó un mayor contenido de Calcio y un menor contenido de fósforo que EMA; aunque en el balance, ambas dietas llenaron requerimientos de los animales en cuanto a Calcio y Fósforo.

Mahecha *et al.* (2007) suplementando vacas mestizas F1 Holstein x cebú con forraje de botón de oro como reemplazo parcial del concentrado hasta niveles del 35 %, no encontraron diferencias significativas en la calidad composicional de la leche. Así mismo, Arias-Gamboa *et al.* (2018) encontró que la sustitución del 25 % de la materia seca del alimento concentrado por forraje de botón de oro, no afectó la composición de la leche en vacas Jersey (en porcentaje), pero generó un ahorro del 9,06 % por la disminución de los costos de la suplementación. Sin embargo, al igual que en el presente trabajo, Cardona-Iglesias *et al.* (2019b) reportaron diferencia significativa en la calidad de la leche de vacas Holstein, con porcentajes de proteína (3,0 vs 2,89 %), nitrógeno ureico en leche (12,3 vs 14,7 mg/dL) y recuento de células somáticas (67,26 vs 125,35 x1000/mL), en un sistema silvopastoril de kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) y arbustos de botón de oro versus un monocultivo de kikuyo con fertilización nitrogenada, donde la dieta forrajera estuvo conformada por 17,5 % botón de oro y 82,5 % pasto kikuyo; el sistema silvopastoril también favoreció la producción de leche.

Análisis económico

El análisis económico favoreció al tratamiento EBO tanto en el costo por litro de leche, como en los costos totales de producción y venta de leche por vaca día, reflejándose en una mayor diferencia ventas-costos a favor de EBO (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis económico de los tratamientos.

Tratamiento	Costo del kg de ensilaje fresco \$ (USD)	Costo suplementación/ animal/día \$ (USD)	Costo de producción de 1 L de leche (\$)	Producción de leche, kg/vaca/día	Costo de producción leche diaria por vaca \$ (USD)	Precio venta de kg de leche \$ (USD)	Precio venta de leche producida por animal por día \$ (USD)	Diferencia venta-costos \$/vaca/día (USD/vaca/día)	Diferencia ventas-costos /x 50 vacas/mes
EBO	1381 (0,04)	7.671 (2,39)	838 (0,26)	27,89	23.358 (7,28)	\$ 1.163 (0,36)	32.406 (10,11)	9.048 (2,82)	13.571.663 (4.232)
EMA	3502 (0,11)	8.028 (2,50)	856 (0,27)	27,413	23.488 (7,32)	\$ 1.163 (0,36)	31.935 (9,96)	8.447 (2,63)	12.670.545 (3.951)

¹ Precio al que sale la elaboración del ensilaje en la finca, obteniendo el forraje del mismo predio.

² Precio comercial de la factura a la que se compra el ensilaje de maíz puesto en finca.

Si se extrapolan los resultados económicos encontrados a un hato promedio de 50 vacas, la suplementación con EBO representa una diferencia económica de \$ 901.118 (281 USD), como resultado de una mayor producción de leche y una disminución del 4,5 % en el costo de la suplementación por animal por día. Estos resultados muestran al ensilaje de botón de oro como una alternativa viable productiva y económicamente en la suplementación de vacas lactantes Holstein en trópico alto, y tiene gran importancia considerando que el cultivo de botón de oro es muy rústico, tiene una demanda mínima de agroquímicos y mano de obra para su mantenimiento, es un culti-

vo perenne, se adapta a diferentes pisos térmicos y calidad de suelos, y no compite con la alimentación humana (Londoño *et al.*, 2019; Sandoval-Pelcastre *et al.*, 2020).

La estrategia de suministro de ensilajes ha soportado los sistemas de producción de lecherías en Argentina, contribuyendo a la disminución de la dependencia de alimentos concentrados (de mayor costo) y posibilitando el mantenimiento de la producción en épocas climáticas adversas (Lazzarini *et al.*, 2019). A pesar de que en Colombia se puede pastorear durante todo el año, la dependencia de alimentos balanceados disminuye el margen de rentabilidad de los sistemas de leche especializados, por los resultados derivados del presente estudio, el uso de ensilaje de botón de oro podría constituirse en una alternativa para la producción a bajo costo.

Para una mayor eficiencia en su utilización, se recomienda aumentar el período de pre-marchitamiento del botón de oro destinado para ensilaje, con el fin de obtener un mayor contenido de materia seca, tal como lo recomiendan Sánchez-Ledezma e Hidalgo-Ardón (2018).

CONCLUSIÓN

El ensilaje de botón de oro (EBO) es una alternativa de suplementación que puede ser elaborada por el productor en la misma finca y es viable productiva y económicamente para la suplementación de vacas lactantes en trópico alto, en las cantidades evaluadas en el estudio, en donde presentó resultados a favor comparado con el ensilaje de maíz comercial utilizado. Se necesita explorar la respuesta con mayores inclusiones de EBO en la dieta.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento Académico de Haciendas, sostenibilidad del grupo GRICA y fondos de movilidad de la Universidad de Antioquia, a los trabajadores de la Hacienda La Montaña por el apoyo en el trabajo de campo y al Dr. Wilson Barragán por el soporte estadístico.

REFERENCIAS

- AGROSAVIA. Alimento. Retrieved January 19, 2020, from Reporte de análisis Maíz forrajero (*Zea mais*) Grano, Hoja y Tallo. 2013. <https://alimento.agrosavia.co/Estadisticas/ReporteAnalisis> [Consultado Enero 23 de 2019].
- ÁLVAREZ-CARDONA, ALBERTO; ZAPATA-SÁNCHEZ, BLANCA. Costos y métodos de costeo. Aplicación y análisis para el sector agropecuario. 1 ed. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, 2011, 244 p.
- ARIAS-GAMBOA, LUIS M.; ALPÍZAR-NARANJO, ANDRES; CASTILLO-UMAÑA, MIGUEL Á.; CAMACHO-CASCANTE, MARIA I.; ARRONIS-DÍAZ, VICTORIA; PADILLA-FALLAS, JOSE E. Producción, calidad bromatológica de la leche y los costos de suplementación con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, en vacas Jersey. Pastos y Forrajes, v. 41, n. 4, 2018, p. 258–264.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400005
- BATES, DOUGLAS; MÄCHLER, MARTIN; BOLKER, BEN; WALKER, STEVEN. Fitting Linear Mixed-Effects Models using lme4. Journal of Statistical Software, v. 67, n. 1, 2015, p. 1–48.
<https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>

- BETANCOURT, JAIME A.; NUÑEZ, LUZ A.; CASTAÑO, J.; GASTON A. Suministro De Ensilaje De *Tithonia Diversifolia* Sólo O Mezclado Con Afrecho De Yuca En La Dieta De Pollos De Engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v. 20, n. 2, 2017, p. 203–213.
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93952506005.pdf>
- BORREANI, GIORGIO; TABACCO, ERNESTO; SCHMIDT, R.J.; HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, 2018, p. 3952–3979.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- BRAUN, ANDREA; VAN-DIJK, SUZANNE; GRULKE, MARKUS. Incremento de los Sistemas Silvopastoriles en America del Sur. Ed. Katalin Solymosi. Asunción (Paraguay): Banco Interamericano de Desarrollo, 2016, 461 p.
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Incremento-de-los-Sistemas-Silvopastoriles-en-America-del-Sur.pdf>
- BUXADÉ, CARLOS. Zootecnia. Bases de producción animal. Tomo II. Reproducción y alimentación. Madrid (España): Mundi-prensa, 1995, 344 p.
- CARDONA-IGLESIAS, J. LEONARDO; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA; ANGULO-ARIZALA, JOAQUIN. Estimación de metano en vacas pastoreando sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* y suplementadas con grasas poliinsaturadas. *Revista Científica FVC-LUZ*, v. 29, n. 2, 2019a, p. 107–118.
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/46223/articulo4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CARDONA-IGLESIAS, J. LEONARDO; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA; ANGULO-ARIZALA, JOAQUIN. Consumo y productividad en vacas holstein pastoreando un sistema silvopastoril vs monocultivo de kikuyo y suplementadas con grasas insaturadas. *Revista Científica De La Facultad De Ciencias Veterinarias De La Universidad Del Zulia*, v. 29, n. 1, 2019b, p. 20–33.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/29616>
- CASTRO-MONTOYA, JOAQUIN; DICKHOEFER, UTA. Effects of tropical legume silages on intake, digestibility and performance in large and small ruminants: A review. *Grass and Forage Science*, v. 73, n. 1, 2018, p. 26–39.
<https://doi.org/10.1111/gfs.12324>
- GALINDO-BLANCO, JUANA L.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, IDALMIS; GONZÁLEZ-IBARRA, NIURCA; GARCÍA-LÓPEZ, ROBERTO; HERRERA-VILLAFRANCA, MAGALY. Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas. *Pastos y Forrajes*, v. 41, n. 4, 2018, p. 273–280.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400006
- HAYDOCK, K.; SHAW, N. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 15, n. 76, 1975, p. 663.
<https://doi.org/10.1071/EA9750663>
- HOLGUIN-CASTAÑO, VILMA; ORTÍZ-GRIALES, SANIN; HUERTAS, ALEXANDRA; FANDIÑO, CLEMENCIA; MORA-DELGADO, JAIRO. Consumo voluntario y ganancia de peso en corderos alimentados con ensilaje de *Cenchrus purpureus* Schum y *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray Voluntary intake and weight gain in lambs fed with silage of *Cenchrus purpureus* Schum and *Tithonia diversifolia*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, v. 9, n. 2, 2018, p. 181–191.
<https://doi.org/10.22490/21456453.2175>
- JAMARUN, NOVESAR; PAZLA, R.; ZAIN, MARDIATI; ARIEF, ARIEF. Milk quality of *Etawa* crossbred dairy goat fed combination of fermented oil palm fronds, *Tithonia* (*Tithonia diversifolia*) and Elephant Grass (*Pennisetum Purpureum*). *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1469, n. 1, 2020, p.1-9.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1469/1/012004>
- LAZZARINI, BELEN; BAUDRACCO, JAVIER; TUÑON, G.; GASTALDI, LAURA; LYONS, NICOLÁS; QUATTROCHI, H.; LOPEZ-VILLALOBOS, N. Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science*, v. 35, n. 4, 2019, p. 426–432.
<https://doi.org/10.15232/aas.2019-01842>
- LONDOÑO C., JUAN D.; MAHECHA, LILIANA; ANGULO, JOAQUIN. Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, v. 11, n. 1, 2019, p. 1-14.
<https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>

- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Bogotá (Colombia), Res. 000017 de 2012.
https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/d.angie/Res_000017_de_2012.pdf [consultado marzo 2020]
- MAHECHA, LILIANA; ESCOBAR, JUAN P.; SUÁREZ, JUAN F.; RESTREPO, LUIS F. *Tithonia diversifolia* (hems.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development*, v. 19, 2007.
<http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- MEJIA-DIAZ, ESTEFANÍA; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA; ANGULO-ARIZALA, JOAQUIN. Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, v. 28, n. 2, 2017, p. 389-403.
<https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561>
- MORAND, VICTORIO; BALBI, CELSA. Maíz para silo de planta entera: efecto de genotipo y altura de corte en la producción y calidad para alimentación animal. *Información Tecnológica*, v. 31, n. 3, 2020, p. 231-240.
<https://doi.org/10.4067/s0718-07642020000300231>
- NAVARRO D., HUMBERTO; SIEBAL S., ENRIQUE; CELIS R., SERGIO. Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. Documento 148. Osorno (Chile): Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Integración (INIA), 2006, p. 79-90.
<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33823.pdf>
- NORRIS, AARON B.; CROSSLAND, WHITNEY; TEDESCHI, LUIS; FOSTER, JAMIE L.; MUIR, JAMES P.; PINCHAK, WILLIAM E.; FONSECA, MOZART. Inclusion of *Quebracho tannin* extract in a high-roughage cattle diet alters digestibility, nitrogen balance, and energy partitioning. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, v. 6, n. 2018, p. 1-11.
<https://doi.org/doi/10.1093/jas/skaa047/5734507>
- UNITED STATES OF AMERICA. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). "Nutrient requirements of dairy cattle. 6th ed. Washington, D.C. (United States Of America): National Academy Press, 1989.
- RAMÍREZ-RIVERA, E.J.; RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.; HUERTA-MORA, I.R.; CÁRDENAS-CÁGAL, A.; JUÁREZ-BARRIENTOS, JUAN M. Tropical milk production systems and milk quality: a review. *Tropical Animal Health and Production*, v. 51, n. 6, 2019, p. 1295-1305.
<https://doi.org/10.1007/s11250-019-01922-1>
- RIVERA, JULIAN E.; CHARÁ, JULIAN; GÓMEZ-LEYVA, JUAN F.; RUÍZ, TOMAS; BARAHONA, ROLANDO. Variabilidad fenotípica y composición fitoquímica de *Tithonia diversifolia* A. Gray para la producción animal sostenible. *Livestock Research for Rural Development*, v. 30, 2021.
<http://www.lrrd.org/lrrd30/12/rive30200.html>
- SÁNCHEZ-LEDEZMA, WILLIAM; HIDALGO-ARDÓN, CARLOS. Potencial forrajero de nueve híbridos de maíz en la zona alta lechera de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, v. 29, n. 1, 2018, p. 153-164.
<https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27732>
- SANDOVAL-PELCASTRE, A.; RAMÍREZ-MELLA, MONICA; RODRÍGUEZ-ÁVILA, NORMA L.; CANDELARIA-MARTÍNEZ, BERNARDINO. Árboles Y Arbustos Tropicales Con Potencial Para Disminuir La Producción De Metano En Rumiantes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v. 23, n. 33, 2020, p. 1-16.
https://www.researchgate.net/publication/342433653_Revisión_Review_ARBOLES_Y_ARBUSTOS_TROPICALES_CON_POTENCIAL_PARA_DISMINUIR_LA_PRODUCCION_DE_METANO_EN_RUMIANTES_TROPICAL_TREES_AND_SHRUBS_WITH_POTENTIAL_TO_REDUCE_THE_PRODUCTION_OF_METHANE_IN_RUMINANT?enrichId=rgreq-12ec0e94f15ebd77c53dbfeecf7e8ea7-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzY1MzY1MztBUzo5MDYxMTY3NDU2NjY1NjBAMTU5MzA0NjQ3NTA5OA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- VASTA, VALENTINA; DAGHIO, MATTEO; CAPPUCCI, ALICE; BUCCIONI, ARIANNA; SERRA, A; VITI, CARLO; MELE, MARCELLO. Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 5, 2019, p. 3781-3804.
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-14985>

YANAPA-SANGA, ALFREDO. Niveles séricos de calcio, fósforo y magnesio en vacas brown swiss según número de partos y nivel de producción [Tesis Médico Veterinario y Zootecnista]. Puno (Perú): Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2019. 67 p.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12710>