

Utilización de ensilaje de *Coffea arabica* y *Saccharum officinarum* L. como estrategia de alimentación de bovinos doble propósito

Use of *Coffea arabica* and *Saccharum officinarum* L. silage as a feeding strategy for dual-purpose cattle

Juan Leonardo Cardona-Iglesias^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-5225-8108>, Juan Ricardo Zambrano-Ortiz¹ <https://orcid.org/0000-0003-3748-6211> y Yesid Avellaneda-Avellaneda² <https://orcid.org/0000-0003-2471-5863>

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA Centro de Investigación La Suiza, Rionegro-Santander, Colombia.

²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA Centro de Investigación Tibaitatá, km 14 vía Mosquera-Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jlcardona@agrosavia.co, jzambrano@agrosavia.co, yavellaneda@agrosavia.co

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto de la sustitución parcial de alimentos comerciales por ensilajes de cáscara de *Coffea arabica* y cogollo *Saccharum officinarum* L en la productividad láctea de vacas doble propósito en la provincia Comunera del departamento de Santander-Colombia.

Materiales y Métodos: Se realizaron dos experimentos, en dos localidades, en condiciones de pastoreo de *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga. En la localidad 1, se reemplazó 50 % de alimento balanceado comercial por ensilaje de cáscara de *Coffea arabica*. Se establecieron dos tratamientos: T1: pastoreo + alimento balanceado (2 kg/vaca/día), T2: pastoreo + alimento balanceado (1 kg/vaca/día) + ensilaje de cáscara de *C. arabica* (3 kg/vaca/día). En la localidad 2, se reemplazó la suplementación con ensilaje de *S. officinarum* por ensilaje de cáscara de *C. arabica* en igual cantidad. Los tratamientos fueron: T1) pastoreo + alimento balanceado (3 kg/vaca/día) + ensilaje de cogollo de *S. officinarum* (7 kg/vaca/día) y T2) pastoreo + alimento balanceado (3 kg/vaca/día) + ensilaje de cáscara de café (7 kg/vaca/día). Se utilizó un diseño de sobrecambio replicado, con 12 vacas doble propósito en cada localidad. Se determinó la composición nutricional de la oferta alimentaria. Se estimó el consumo de materia seca y se midió la producción de leche y su composición, incluyendo grasa láctea, proteína láctea, sólidos totales y nitrógeno ureico. La información se procesó mediante análisis de varianza y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar diferencias significativas entre los tratamientos.

Resultados: La estimación del consumo de materia seca total no presentó diferencias en ninguna localidad ($p > 0,05$). En la localidad 1 no hubo diferencia estadística para la variable producción de leche, pero sí para el contenido de grasa (4,3 vs 4,7 % para T1 y T2, respectivamente). En la localidad 2, el tratamiento que incluyó el ensilaje de cáscara de *C. arabica* presentó mayor producción de leche corregida por grasa (1 kg más), 60, 20 y 50 g/día más de grasa láctea, proteína y sólidos totales, respectivamente por vaca con relación a las que consumieron ensilaje de cogollo de *S. officinarum* ($p < 0,05$).

Conclusiones: El ensilaje con cáscara de *C. arabica* permitió mayor rendimiento productivo en los animales, lo que posibilita incrementar la productividad del sector lácteo mientras se valorizan residuos de la industria de este cultivo.

Palabras clave: polución, producción lechera, residuos de cosechas

Abstract

Objective: To evaluate the effect of partial substitution of commercial feeds by silages of *Coffea arabica* husk and *Saccharum officinarum* L top on milk productivity of dual-purpose cows in the Comunera province of the Santander department-Colombia.

Materials and Methods: Two experiments were carried out, in two locations, under *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga grazing conditions. At location 1, 50 % of commercial feed was replaced by *Coffea arabica* husk silage. Two treatments were established: T1: grazing + balanced feed (2 kg/cow/day), T2: grazing + balanced feed (1 kg/cow/day) + *C. arabica* husk silage (3 kg/cow/day). In location 2, supplementation with *S. officinarum* silage was replaced by *C. arabica* husk silage in equal amounts. The treatments were: T1) grazing + balanced feed (3 kg/cow/day) + *S. officinarum* top silage (7 kg/cow/day) and T2) grazing + balanced feed (3 kg/cow/day) + coffee husk silage (7 kg/cow/day). A replicated crossover design was used, with 12 dual-purpose cows in each location. The nutritional composition of the feed supply was determined. Dry matter intake was estimated and milk production and composition, including milk fat, milk protein, total solids and urea nitrogen, were measured. The information was processed by analysis of variance and Tukey's mean comparison test was applied to identify significant differences between treatments.

Results: The estimation of total dry matter intake did not show differences in any location ($p > 0,05$). In location 1, there was no statistical difference for the milk production variable, but there was for fat content (4,3 vs. 4,7 % for T1 and T2, respectively). In locality 2, the treatment that included *C. arabica* husk silage showed higher fat-corrected milk production (1 kg plus), 60, 20 and 50 g/day more milk fat, protein and total solids, respectively per cow compared with those that consumed *S. officinarum* top silage ($p < 0,05$).

Conclusions: Silage with *C. arabica* husk allowed higher productive performance in animals, which makes it possible to increase the productivity of the dairy sector while valorizing residues from the industry of this crop.

Keywords: pollution, dairy production, crop residues

Recibido: 05 de septiembre de 2024

Aceptado: 29 de octubre de 2024

Como citar este artículo: Cardona-Iglesias, Juan Leonardo; Zambrano-Ortiz, Juan Ricardo & Avellaneda-Avellaneda, Yesid. Utilización de ensilaje de *Coffea arabica* y *Saccharum officinarum* L. como estrategia de alimentación de bovinos doble propósito. *Pastos y Forrajes*. 47:e18, 2024.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>. El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

Coffea arabica se considera uno de los productos agrícolas más importantes a nivel mundial. Colombia es el tercer país productor, con aproximadamente 974 000 ha, por lo que representa un renglón importante en la economía de miles de pequeños productores en el país (FEDECAFÉ, 2024). En cuanto al subsector panelero, esta es la segunda agroindustria de mayor importancia después del café, con participación de 350 000 familias, que ocupan 12,0 % de la población rural económicamente activa (MADR, 2021). Colombia es el segundo mayor productor de panela a nivel mundial, con 16 % del mercado y producción anual que oscila por los 1,2 millones de toneladas (FAO, 2023). En general, en Colombia y en los departamentos como Santander, la importancia socioeconómica del cultivo de *C. arabica* y de *S. officinarum* panelera es fundamental para el sustento de cientos de pequeños y medianos productores rurales (Fernández-Cortés *et al.*, 2020).

C. arabica y *S. officinarum* panelera representan un renglón importante para las economías regionales, se debe tener presente que estas cadenas productivas carecen de tecnologías adecuadas para aprovechar al máximo la biomasa resultante, lo que provoca impactos negativos en el medio ambiente y las comunidades (Fernández-Cortés *et al.*, 2020). De *C. arabica*, solo se aprovecha cerca de 5,0 % del peso del fruto y 95,0 % pasa a ser subproducto, lo que genera, aproximadamente, 784 000 t de biomasa residual al año. La cáscara o pulpa de *C. arabica* es el principal residuo, con 40,0 %, le sigue el del mucílago 22,0 % y la cascarilla 10,4 % (Fernández-Cortés *et al.*, 2020). En cuanto a la cáscara, se generan aproximadamente 2 t/ha/año, lo que equivale a 163 000 t de cáscara en fresco por cada millón de sacos de *C. arabica* en pergamino que se exportan (Ocampo-López y Álvarez-Herrera, 2017). La cáscara de *C. arabica* presenta valores promedio de proteína del 9,0 % y 15,0 % de materia seca. Además, contiene un 43,8 % de fibra detergente neutro (FDN), 28,3 % de fibra detergente ácido (FDA), 4,15 Mcal/kg de energía, 6,0 % de cenizas y digestibilidad de 52,0 %. Se considera como un subproducto de buena calidad para la alimentación de rumiantes (Flórez-Delgado, 2020).

En cuanto a *S. officinarum*, se informa que de la planta integral solo se utiliza 24,0 % para la producción de panela o azúcar. El restante 76,0 % corresponde a subproductos como el cogollo, bagazo, melazas o cachazas. Por cada tonelada de

panela se obtiene, aproximadamente, una tonelada de subproductos (Lagos-Burbano *et al.*, 2022). La calidad composicional de *S. officinarum* varía considerablemente en dependencia de la variedad, tipo de fertilización y edad de la planta (Díaz-Montilla *et al.*, 2022). El cogollo está constituido por hojas y alguna parte del tallo, y conforma entre 18,0 y 26,0 % de *S. officinarum* entera. Presenta materia seca promedio de 25,0 %, proteína promedio de 5,0 %, que se considera baja, 68,0 % de FDN y 45,0 % de FDA y digestibilidad de 45,0 %, por lo que se recomienda usar aditivos para enriquecer el material en la alimentación de bovinos (Orta-Guzmán *et al.*, 2017; Lagos-Burbano y Castro-Rincón, 2019; Díaz-Montilla *et al.*, 2022).

La utilización de subproductos de cosecha se considera una estrategia nutricional para contrarrestar el déficit de pasturas que causa la estacionalidad forrajera en los sistemas ganaderos del trópico (Torres-Carbonell *et al.*, 2023). El uso de biomasa residual (cáscaras, cascarillas, semillas o tamos en la alimentación del ganado) podría ser una alternativa para la valorización de residuos agroindustriales locales en marcos de economía circular, lo que reduce los problemas ambientales que causa su acumulación, además de contribuir a la sostenibilidad de la producción ganadera (Godoy-Padilla *et al.*, 2020; Mestra-Vargas *et al.*, 2020; Cartay *et al.*, 2023).

A partir de las consideraciones anteriores, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de alimentos comerciales por ensilajes de cáscara (pulpa) de *C. arabica* y cogollo *S. officinarum* en la productividad láctea de vacas doble propósito en la provincia Comunera del departamento de Santander-Colombia.

Materiales y Métodos

Localización y descripción el sitio de estudio. El estudio se llevó a cabo de septiembre a noviembre de 2023, en dos fincas ganaderas de pequeños productores ubicadas en los municipios del Socorro y Confines, departamento de Santander, en el oriente de Colombia. Los sistemas ganaderos eran orientados al doble propósito y ubicados en una región correspondiente a la zona de vida bosque húmedo premontano (bh-PM). En adelante, la finca del municipio del Socorro se denominará localidad 1 y la que se ubica en el municipio de Confines, localidad 2. En la tabla 1 se detallan los datos relacionados con las características agroambientales y la ubicación de las fincas. Durante el estudio, las

Tabla 1. Características de ubicación, climáticas y edáficas de las fincas.

Variable	Localidad 1	Localidad 2
Coordenadas	Latitud: 06°25'56.3" Longitud: 73°14'55.0"	Latitud: 06°20'22.0" Longitud: 73°17'04.4"
Altura-msnm	1 400	1 531
Temperatura media, °C	24	24
Topografía	Ondulada	Ondulada
Tipo de suelo	Franco arcilloso	Franco arcilloso

precipitaciones fueron bajas en ambas localidades, efecto del fenómeno climático El Niño en Colombia.

Animales experimentales y manejo. En cada localidad, se seleccionaron 12 vacas lactantes multiparas en adecuadas condiciones sanitarias. Las características de los animales del ensayo de campo se relacionan en la tabla 2.

El sistema de pastoreo en las dos fincas fue similar: pastoreo rotacional en praderas de la graminea *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga, de 35 días promedio de rebrote y tiempo medio de ocupación de tres días en cada potrero. En las dos localidades, las vacas tuvieron acceso al agua a voluntad mediante bebederos automáticos distribuidos en los potreros. En ambas localidades, se realizó ordeño mecánico a las 5:00 a.m. y 3:00 p.m. Para ello, las vacas se desplazaban desde los respectivos potreros a las salas de ordeño.

Diseño y tratamientos experimentales. El efecto de las dietas en las variables estudiadas se evaluó durante dos secuencias de medición, cada una de 12 días (siete días de período de adaptación y cinco días de medición de variables) en ambas localidades. En cada finca, las 12 vacas se aleatorizaron en dos grupos: la razón de seis animales por tratamiento y período. En el segundo período, los grupos de animales cambiaron de tratamiento, es decir, los que estaban en el T1 pasaron al T2 y viceversa.

En la localidad 1, se reemplazó 50 % del alimento balanceado por ensilaje de cáscara de *C. arabica*, y se constituyeron los siguientes tratamientos:

- T1: Pastoreo (*B. humidicola*) + alimento balanceado (2 kg/vaca/día)
- T2: Pastoreo (*B. humidicola*) + alimento balanceado (1 kg/vaca/día) + ensilaje de cáscara de *C. arabica* (3 kg/vaca/día).

En la localidad 2, se reemplazó la suplementación con ensilaje de *S. officinarum* por ensilaje de cáscara de *C. arabica* en igual cantidad. Los tratamientos fueron:

- T1: Pastoreo (*B. humidicola*) + alimento balanceado (3 kg/vaca/día) + ensilaje de cogollo de *S. officinarum* (7 kg/vaca/día)
- T2: Pastoreo (*B. humidicola*) + alimento balanceado (3 kg/vaca/día) + ensilaje de cáscara de *C. arabica* (7 kg/vaca/día)

Procedimiento experimental. El material ensilado de cáscara de *C. arabica* y cogollo de *S. officinarum* ofrecido a los animales tenía, como promedio, 12 meses de almacenado. Para realizar el ensilaje de cáscara de *C. arabica* se tomó la cáscara con el mucilago de *C. arabica*, recién extraídos del beneficio en húmedo del grano de *C. arabica*, este material se almacenó en fresco en canecas plásticas que se sellaron herméticamente. Para el ensilaje de cogollo de *S. officinarum*, el cogollo o follaje verde resultante después de cosechar los tallos para la elaboración de panela se picó con un tamaño de partícula de 3 cm y se almacenó en canecas plásticas con capacidad de 250 kg. Los ensilajes se ofrecieron en cubículos individuales, dos veces al día, en el ordeño de la mañana y tarde. En la

Tabla 2. Características de las vacas seleccionadas para el experimento en ambas localidades.

Indicador	Localidad 1	EE ±	Localidad 2	EE±
Número de vacas	12		12	
Cruce predominante	Cebú x Holstein		Girolando	
Peso corporal, kg	456	28	465	40
Días en leche	197	10	117	15
Condición corporal	3,5	0,2	3,5	0,3

localidad 1, el ensilaje de cáscara de *C. arabica* se suministró durante los ordeños. Mientras, en la localidad 2, el ensilaje de cáscara de *C. arabica* y el de cogollo de *S. officinarum* se ofrecieron antes de efectuar el ordeño (30 minutos promedio) para disponer de tiempo suficiente que permitiera el mayor consumo de estos recursos. Luego de cada ordeño, y de acuerdo con el manejo del ható, los animales se llevaron de nuevo a pastorear. Además, en el comedero se suministró a cada animal sal mineralizada con 6 % de fósforo, a razón de 80 g/vaca/día.

Variables evaluadas

Calidad composicional de la dieta. En ambas localidades, durante los períodos de medición, se tomaron submuestras de las pasturas los días 1, 3 y 5, y en el caso de los ensilajes y el alimento balanceado, se tomaron submuestras directamente de los comederos. Los días 1 y 5 de medición se realizaron los respectivos pools y las muestras se enviaron a los laboratorios de bromatología del Centro de Investigación-C.I Tibaitatá, ubicado en Mosquera-Cundinamarca, y del C.I Turipana en Cereté-Córdoba, Colombia, ambos pertenecientes a Agrosavia. Se determinó proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, extracto etéreo (EE), energía bruta (EB), energía neta de lactancia (ENL), cenizas, materia seca (MS) y almidón mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano (Ariza-Nieto *et al.*, 2018); (NIRS DS 2500-FOSS Analytical A/S – Dinamarca). Las muestras de ensilaje y alimento balanceado se analizaron mediante técnicas analíticas de la *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC, 2000; 2005; 2010): cenizas totales (AOAC 923.03-2000), FAD (AOAC 973.18-2010), FDN (AOAC 2002.04-2005), humedad (AOAC 930.15-2010), EE (AOAC 920.39-2000), PB (AOAC 974.13-2000), lignina (AOAC 973.18-2010) y almidón (AOAC 996.11-2005).

Consumo de materia seca (CMS). Se estimó mediante el método agronómico (entrada y salida) (Haydock y Shaw, 1975). Se asumió que la diferencia entre la disponibilidad de forraje a la entrada de un potrero y la cantidad de forraje de salida fue la cantidad de forraje consumido por los animales. También se midió, en ambas localidades, la cantidad de ensilaje y alimento balanceado consumido por cada vaca (oferta-rechazo). El CMST se calculó como la suma del consumo de forraje más ensilaje correspondiente y/o alimento balanceado, expresados en unidades de MS.

Producción y calidad composicional de la leche.

En cada localidad se registró la producción de leche (kg/vaca/día) durante los períodos de medición en los ordeños de mañana y tarde mediante una báscula digital portátil. Las muestras de leche de cada vaca se tomaron durante los días de medición en ambos ordeños. Posteriormente, se ponderaron y homogenizaron por día antes de enviarlas al laboratorio para los respectivos análisis. Las muestras se analizaron en el laboratorio de microbiología pecuaria y salud animal del centro de investigación (C.I) Tibaitatá, perteneciente a Agrosavia (Mosquera-Cundinamarca – Colombia). A dichas muestras se les determinó el contenido de grasa (g/100g), proteína (g/100g), sólidos totales (g/100g), lactosa (g/100g) y NUL (nitrógeno ureico leche, mg/dL) mediante el método de espectroscopia infrarroja (MIR) (AOAC 992.16) (AOAC International, 2023), equipo FOSS Milkoscan FT plus, fabricado por FOSS Analytical A/S, Dinamarca.

Análisis estadístico. Los datos recopilados se analizaron como un diseño de sobrecambio y se incluyó el efecto de los períodos de evaluación, con el uso de la opción MIXED del programa estadístico SAS Institute (2016). La ecuación que define ese diseño es la siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_k + \text{SUB}(\beta)_{jk} + t_l + E_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto fijo del tratamiento *i-ésimo* ($i = 1, 2$)

β_k = Efecto del *k-ésimo* orden de aplicación de los tratamientos ($k = 1, 2$)

$\text{SUB}(\beta)_{jk}$ = Efecto aleatorio de *j-ésimo* dentro del orden *k*

t_l = Efecto del período *l* ($l = 1, 2$)

E_{ijkl} = Error residual

Se consideró un nivel de significancia para efectos fijos de 0,05. Cuando se rechazó la hipótesis de igualdad entre medias, se aplicó la prueba de Tukey para identificar la diferencia entre tratamientos. En todos los análisis se evaluó la normalidad (Shapiro-Will) y homogeneidad de varianzas (test de Bartlett).

Resultados y Discusión

Composición bromatológica. En las tablas 3 y 4 se relaciona la composición bromatológica de las pasturas, los ensilajes y el alimento balanceado ofrecido a los animales durante el experimento.

La concentración de proteína encontrada coincide con lo informado por Laiton-Medina *et al.*

Tabla 3. Indicadores del valor nutritivo de las pasturas y ensilajes utilizados en ambas localidades.

Variable	Localidad 1		Localidad 2		
	<i>B. humidicola</i>	Ensilaje cáscara de <i>C. arabica</i>	<i>B. humidicola</i>	Ensilaje cáscara de <i>C. arabica</i>	Ensilaje cogollo de <i>S. officinarum</i>
MS, %	31,0	34,0	24,0	29,0	30,0
PB, %	5,9	11,7	10,0	10,5	5,7
FDN, %	72,0	50,5	67,2	46,4	65,0
FDA, %	39,2	32,7	34,5	30,5	40,6
Lignina, %	9,4	7,1	8,6	6,5	9,0
NDT, %	47,2	39,7	52,3	45,8	36,3
DIVMS, %	51,8	61,2	57,4	74,5	48,0
EB, Mcal/kg	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2
ENL, Mcal/kg	1,0	1,2	1,05	1,2	0,8
Almidón, %	5,9	7,0	6,1	8,5	2,3
EE, %	1,6	1,8	1,9	2,2	2,1
Cenizas, %	9,7	9,1	10	10,2	7,1

MS: materia seca; PB: proteína bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; NDT: Nutrientes digestibles totales; EE: extracto etéreo; EB: energía bruta; ENL: energía neta de lactancia y DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

Tabla 4. Composición nutricional del alimento balanceado, ofrecido a las vacas en ambas localidades.

Variable	Alimento balanceado
MS, %	90
PB, %	10,5
FB, %	8,1
FDN, %	34,5
FDA, %	22,7
NDT, %	75
DIVMS, %	90
EB, Mcal/kg	4,2
ENL, Mcal/kg	1,7
EE, %	5,4
Cenizas, %	8,4

MS: materia seca; PB: proteína bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; NDT: Nutrientes digestibles totales; EE: extracto etéreo; EB: energía bruta; ENL: energía neta de lactancia y DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

(2021) para esta especie en la región de los Llanos Orientales en Colombia (8,7 %). Los niveles de FDN encontrados concuerdan con lo referido por Jarma-Orozco *et al.* (2014) en evaluaciones en Colombia, quienes registraron FDN de 66,5 % para praderas con 40 días de rebrote y valores de hasta 71,5 % en épocas de sequía. Estos autores encontraron que la digestibilidad de esta gramínea está entre 52 y 60 % con respecto a su concentración de

lignina, lo que aumenta con la edad de cosecha y, sobre todo, en épocas de sequía. En este trabajo la digestibilidad *in vitro* de *B. humidicola* fue inferior a 60 %. Cruz-Hernández *et al.* (2017) plantean que la digestibilidad de esta especie disminuye gradualmente después de los 21 de rebrote, debido el consecuente aumento de FDN y FDA por la disminución de la relación hoja: tallo. La composición bromatológica de la pastura fue conforme a lo esperado,

debido a la baja fertilización, edad y época de recolección. Canchila *et al.* (2009) argumentan que esta especie se considera en el grupo de Brachiarias de regular calidad, debido a su bajo nivel de proteína y digestibilidad y alto contenido de fibra.

La MS de los ensilajes de cáscara *C. arabica* en ambas localidades (34,0 y 29,0 %) fue superior al 19,8 % informado por Flórez-Delgado *et al.* (2023) para este mismo ensilaje en Colombia. El ensilaje de cogollo de *S. officinarum* tuvo MS de 30,0 %. En términos generales, los niveles de MS correspondieron a lo esperado para esta clase de ensilaje con residuos vegetales. Para el caso de los subproductos de *C. arabica*, una estrategia que se ha investigado es su deshidratación al sol, con lo que se podrían alcanzar contenidos de MS hasta de 80,0 % (Fernández-Navarro *et al.*, 2024).

Los valores de PB de 11,7 y 10,5 % para los ensilajes de cáscara de *C. arabica* en las localidades 1 y 2 respectivamente, fueron inferiores a 12,5 % y 16,5 % informados por Encalada *et al.* (2018) y Flórez-Delgado *et al.* (2023), respectivamente, para esta misma clase de ensilaje. Sin embargo, el ensilaje de *C. arabica* muestra nivel de proteína superior al de otros subproductos agrícolas ensilados y utilizados en sistemas ganaderos. Este es el caso de 7,2 % y 8,4 de PB del ensilaje de naranja y mezcla de naranja y avena, que refirieron Cruz-Carrillo *et al.* (2019) y Flórez-Delgado *et al.* (2020), respectivamente. El contenido de PB (5,7 %) del ensilaje de cogollo de *S. officinarum* fue inferior al ensilaje con cáscara de *C. arabica*, pero superior al 3,8 % de PB que informaron Orta-Guzmán *et al.* (2017) e igual a lo que refirió Rodríguez-Salazar (2023), quien encontró PB de 5,7 % para ensilajes de cogollo de *S. officinarum*, sin aditivos. También fue superior al 4,9 % de PB para el cogollo fresco sin ensilar, según lo registrado por Lagos-Burbano *et al.* (2022).

En este estudio, los ensilajes de cáscara de *C. arabica* presentaron concentración de FDN y FDA de 48,5 y 32 % como promedio, respectivamente, valores en el rango de 49,8 y 37 %, informados por Flórez-Delgado *et al.* (2020). Los componentes fibrosos fueron menores a lo encontrado para el ensilaje de cogollo de *S. officinarum*, y a lo informado para subproductos fibrosos utilizados en la suplementación de rumiantes, como la cáscara y cascarrilla de *Theobroma cacao* L., que tienen FDN de 64,9 y 61,4 %, respectivamente (Vera-Rodríguez *et al.*, 2021). El contenido de FDN y FDA del ensilaje de cogollo de *S. officinarum* fue de 65 y 40,6 %, valores similares encontraron Lagos-Burbano *et al.*

(2022), quienes refieren cifras de 68,2 y 44,5 % de FDN y FDA, respectivamente. Cuando se compara la FDN de *S. officinarum* integral (54,0 %) resulta inferior a la del cogollo (74,0 %), lo que varía según el cultivar y la edad de rebrote del cultivo (Fernández-Gálvez *et al.*, 2018).

Como promedio, la digestibilidad *in vitro* de los ensilajes de *C. arabica* fue de 68,0 % y del ensilaje de cogollo de *S. officinarum* de 48,0 %, valores muy relacionados con los niveles encontrados de FDN, FDA y lignina de cada material. La digestibilidad de la cáscara de *C. arabica* se considera adecuada, siempre y cuando no sobrepase 30,0 % del consumo de MS total en bovinos (Flórez Delgado y Rosales Asensio, 2018). El cogollo de *S. officinarum* es un material para el que se recomienda realizar tratamientos con aditivos como la urea con el propósito de mejorar su digestibilidad, debido a que es un material muy fibroso (Lagos-Burbano *et al.*, 2021).

Los ensilajes de cáscara de *C. arabica* presentaron valor de energía neta de lactancia (ENL) de 1,2 Mcal/kg de MS, mayor al 1,07 Mcal/kg de MS informado por Fernández-Navarro *et al.* (2024) para cáscara de *C. arabica* deshidratada. Asimismo, la ENL para el ensilaje de cogollo de *S. officinarum* (0,8 Mcal/kgMS) se halla en el rango de los 0,7 Mcal/kgMS para cogollo fresco (Lagos-Burbano y Castro-Rincón, 2019). El potencial energético para producir leche del ensilaje de cáscara de *C. arabica* está por encima del potencial de *B. humidicola* y del ensilaje de cogollo de *S. officinarum*, también evaluados en esta investigación. Se sitúa en valores similares a lo informado para subproductos energéticos como los desechos de la papa, según Sanabria-Bautista *et al.* (2023). Estos autores refieren 1,25 Mcal/kg de MS de ENL.

En las tablas 5 y 6 se muestra la estimación del consumo de MS de los animales en ambas localidades. Se realizó el análisis de CMS para cada alimento, así como el CMST.

De manera general, el CMST no presentó diferencias para los tratamientos en ninguna de las dos localidades ($p > 0,05$). Según, el nivel de consumo de ensilajes en bovinos depende de aspectos como el tamaño y biotipo del animal, así como del estado fisiológico y sanitario. En este ensayo, los CMST equivalieron, como promedio, a 2,7 y 3,5 % del peso vivo de los animales para las localidades 1 y 2, respectivamente.

En la localidad 2, los animales consumieron mayor MS total, debido posiblemente a que hubo

Tabla 5. Consumo de materia seca total (kg/día) de las vacas en la localidad 1.

Variable	T1	T2	EEM ±	Valor - P
CMS pastura, kg/vaca/día	10,5	10,5	0,12	0,4869
CMS ensilaje <i>C. arabica</i> , kg/vaca/día	0	1,02	0,17	-
CMS balanceado, kg/vaca/día	1,8	0,9	0,10	0,0387
CMST, kg/vaca/día	12,3	12,4	0,16	0,5789

CMS: consumo materia seca, CMST: consumo materia seca total. T1: pastoreo + alimento balanceado (2 kg/vaca/día); T2: pastoreo + alimento balanceado (1 kg/vaca/día) + ensilaje de pulpa de *C. arabica* (3 kg/vaca/día). EEM: error estándar de la media, $p < 0,05$

Tabla 6. Consumo de materia seca total las vacas en la localidad 2.

Variable	T1	T2	EEM ±	Valor - P
CMS pastura, kg/vaca/día	11,7	11,7	0,14	0,6324
CMS ensilaje <i>C. arabica</i> , /kg/vaca/día	0	2,0	0,19	-
CMS ensilaje <i>S. officinarum</i> , kg/vaca/día	2,1	0	0,21	-
CMS balanceado, kg/vaca/día	2,7	2,7	0,03	0,7321
CMST, kg/vaca/día	16,5	16,4	0,16	0,4523

CMS: consumo materia seca, CMST: consumo materia seca total, T1: pastoreo + alimento balanceado (3 kg/vaca/día) + ensilaje de cogollo de *S. officinarum* (7 kg/vaca/día), T2: pastoreo + alimento balanceado (3 kg/vaca/día) + ensilaje de cáscara de *C. arabica* (7 kg/vaca/día). EEM: error estándar de la media

mejor calidad nutricional proveniente de la pastura, así como mayor ofrecimiento de alimento balanceado y ensilajes, lo que se explica, en parte, por el manejo y las condiciones específicas de esta finca. En cuanto al ensilaje de cáscara de *C. arabica*, se ofreció y consumió a razón de 1,02 y 2 kg/MS/día en las localidades 1 y 2; respectivamente, valores que superan el consumo que informaron Flórez-Delgado *et al.* (2023) de 0,3, 0,6 y 0,84 kg MS/ensilaje de cáscara de *C. arabica*.

En esta investigación, el consumo del ensilaje de cáscara de *C. arabica* fue 100 % de lo ofertado, por lo que el consumo se moduló por el nivel de la oferta. Algunos autores consideran que compuestos como los taninos y la cafeína, contenidos en la cáscara de *C. arabica*, son los responsables de las limitaciones en el consumo por parte de rumiantes. Sin embargo, se informa que en el proceso de fermentación de la cáscara se estimulan reacciones enzimáticas que pueden inactivar biológicamente gran parte de compuestos, como los taninos (Noriega-Salazar *et al.*, 2008). Asimismo, en periodos de fermentación prolongados se ha encontrado reducción significativa de la cafeína (Pinto-Ruiz *et al.*, 2016).

En la localidad 2, se ofreció a los animales el ensilaje de cogollo de *S. officinarum* antes de entrar al ordeño, por lo que tuvieron mayor tiempo para el consumo total de lo ofrecido. Se reconoce que

la oferta de mayor cantidad de fibra en la ración afecta el tiempo de consumo (Izadbakhsh *et al.*, 2024), por lo que se debe proveer suficiente tiempo de alimentación cuando se ofrecen subproductos forrajeros de *S. officinarum* de azúcar para permitir al ganado un tiempo adecuado para la masticación y rumia de dicho material, y lograr al máximo la ruptura física de las estructuras fibrosas. Asimismo, el grado de aceptación y consumo de los alimentos que contienen subproductos de *S. officinarum* depende de los niveles de inclusión, calidad composicional y manejo del suministro (Lagos-Burbano *et al.*, 2021).

Según la tabla 7, el remplazo del suplemento comercial por ensilaje de cáscara de *C. arabica* en la localidad 1 no afectó la producción de leche o la leche corregida por grasa ($p > 0,05$). Tampoco modificó la cantidad de proteína láctea, sólidos totales o la producción diaria de componentes lácteos (tabla 7). Sin embargo, la leche de las vacas que recibieron ensilaje de *C. arabica* presentó 0,4 % más ($p < 0,05$) de grasa láctea, 0,1 % menos ($p < 0,05$) de lactosa y 0,4 mg/dL menos ($p < 0,05$) de nitrógeno ureico en leche (tabla 7).

En el estudio desarrollado en la localidad 1, se reemplazó 1 kg de suplemento comercial por 3 kg de ensilaje fresco de cáscara de *C. arabica*. Esto se tradujo en 25 g/d más de PB, 204 g/día más de

Tabla 7. Efecto de la inclusión de ensilaje de cáscara de *C. arabica* en la producción y calidad composicional de la leche de vacas doble propósito, localidad 1.

Variable	T1	T2	EEM ±	Valor - P
kg/vaca/día				
Producción de leche	9,3	9,0	0,74	0,4282
Leche corregida por grasa	9,7	9,8	0,67	0,8650
%				
Contenido de grasa	4,3	4,7	0,16	0,0112
Contenido de proteína	3,2	3,2	0,11	0,3869
Contenido de lactosa	4,6	4,5	0,07	0,0325
Contenido de sólidos totales	13,2	13,1	0,23	0,3567
kg/vaca/día				
Contenido de grasa	0,39	0,41	0,03	0,4885
Contenido de proteína	0,29	0,29	0,02	0,5554
Contenido de lactosa	0,43	0,40	0,03	0,1747
Contenido de sólidos totales	1,21	1,16	0,08	0,3184
mg/dL				
NUL, mg/ dL	10,4	10,0	0,12	0,0092

T1: Pastoreo + alimento balanceado (2 kg/vaca/día), T2: Pastoreo + alimento balanceado (1 kg/vaca/día) + ensilaje de pulpa de *C. arabica* (3 kg/vaca/día), EEM: error estándar de la media, NUL: nitrógeno ureico en leche. $p < 0,05$

FDN, 27 g menos de NDT y 0,28 Mcal/d menos de ENL. Es decir, la suplementación con el ensilaje de cáscara de *C. arabica* aportó mayor cantidad de componentes nitrogenados y fibra, pero ofreció menor energía y nutrientes para la digestión y formación de productos. Aunque la concentración de FDN en los dos tratamientos superó el mínimo valor de FDN recomendado por el National Academies of Sciences (2021), de 33,0 % (66,5 y 67,5 %, para T1 y T2, respectivamente), se reconoce que la fibra tiene efecto directo en la concentración de grasa de la leche (Shi *et al.*, 2023), lo que pudo causar el efecto significativo en la cantidad de grasa láctea del tratamiento 2.

Generalmente, se acepta que la composición de lactosa y de los minerales de la leche no son fáciles de predecir desde los ajustes de la dieta (Tyasi *et al.*, 2015). Algunos trabajos de investigación señalan que la presencia de cafeína en los subproductos de *C. arabica* puede afectar negativamente la productividad animal (Barcelo *et al.*, 2001), asociada al incremento en la diuresis y consecuente disminución en la retención de nitrógeno (Mazzafera, 2002) y al aumento en la actividad motora, que incrementa el gasto energético (Barcelo *et al.*, 2001). Sin embargo, en este primer estudio, la producción de leche

no se afectó negativamente, lo que podría estar asociado a bajo consumo de cafeína.

La mayoría de los trabajos refieren que inclusiones menores al 30 % de subproductos de *C. arabica* no afectan el desempeño productivo de las vacas lactantes, en términos de producción de leche o composición láctea, cuando se ofrece como cáscara de *C. arabica* deshidratada (Fernández-Navarro *et al.*, 2024), ensilaje de residuos del proceso de *C. arabica* (Flórez-Delgado *et al.*, 2023) o residuos de grano de *C. arabica* (Martins *et al.*, 2021), lo que indica que este recurso alimentario es seguro para la alimentación animal. Sin embargo, es conveniente desarrollar estudios de suministro constante de estos residuos en ciclos completos de producción para evidenciar efectos en el metabolismo animal y la integralidad de los diferentes órganos.

En el experimento de la localidad 2, el tratamiento 2 de reemplazo de ensilaje de cogollo de *S. officinarum* por ensilaje de cáscara de *C. arabica* mejoró la producción y características de la leche (tabla 8). Al respecto, las vacas que consumieron ensilaje de *C. arabica* produjeron 4,7 y 9,4 % más de leche y leche corregida por grasa, respectivamente, que las que consumieron la ración convencional ($p < 0,05$). Además, en la leche de las vacas del tra-

Tabla 8. Efecto de la inclusión de ensilaje de cáscara de *C. arabica* vs ensilaje de cogollo de *S. officinarum* en la producción y calidad composicional de la leche de vacas doble propósito en la localidad 2.

Variable	T1	T2	EEM ±	Valor - P
	kg/vaca/día			
Producción de leche	10,7	11,2	0,94	0,0104
Leche corregida por grasa	10,6	11,6	0,97	0,0014
	%			
Contenido de grasa	3,9	4,2	0,13	0,0132
Contenido de proteína	3,0	3,1	0,08	0,0282
Contenido de lactosa	4,7	4,4	0,04	<0,0001
Contenido de sólidos totales	12,5	12,5	0,19	0,5467
	kg/vaca/día			
Contenido de grasa	0,42	0,48	0,04	0,0036
Contenido de proteína	0,32	0,34	0,03	0,0001
Contenido de lactosa	0,51	0,50	0,05	0,2845
Contenido de sólidos totales	1,35	1,40	0,12	0,0027
	mg/dL			
NUL, mg/ dL	8,52	8,45	0,29	0,7840

T1: Pastoreo + alimento balanceado (3 kg/vaca/día) + ensilaje de cogollo de *S. officinarum* (7 kg/vaca/día), T2: pastoreo + alimento balanceado (3 kg/vaca/día) + ensilaje de cáscara de *C. arabica* (7 kg/vaca/día), EEM: error estándar de la media, $p < 0,05$

tamiento 2 hubo 0,3 % más ($p < 0,05$) de grasa y 0,1 % más ($p < 0,05$) de proteína y, contrariamente; 0,3 % menos ($p < 0,05$) de lactosa. En virtud del incremento en la producción de leche y composición láctea observado para la leche, en las vacas del tratamiento 2 la cantidad de sólidos lácteos (grasa proteína y sólidos totales) fue superior ($p < 0,05$) en este tratamiento.

De acuerdo con los datos estimados de consumo y la composición química y nutricional de los recursos alimentarios ofrecidos, encontramos que en el estudio de la localidad 2, el reemplazo de ensilaje de cogollo de *S. officinarum* por ensilaje de cáscara de *C. arabica* se tradujo en mayor aporte nutricional, representado por 90 g/d más de PB, 153 g más de NDT y 0,72 Mcal/día más de ENL. El valor estimado de energía de la leche (National Academies of Sciences, 2021) de acuerdo con la composición registrada, sería de 0,76 y 0,79 Mcal/kg para el tratamiento 1 y 2, respectivamente. Esto indica que, desde el punto de vista de balance energético, el mayor aporte nutricional del tratamiento 2 permitió el incremento en la producción de leche (un litro más de leche corregida por grasa). De igual manera, para la composición láctea observada, el requerimiento de proteína neta

sería de aproximadamente 30,4 g/kg (National Academies of Sciences, 2021), lo que se podría traducir en cerca de 77 g al día de PB, lo que indica que esta suplementación permite la expresión de la calidad nutricional de los bovinos en términos de la leche. Generalmente, se acepta que el incremento en el balance de energía genera mayor volumen de leche e incremento en la composición láctea, principalmente de proteína (Tyasi *et al.*, 2015), como se observó en el tratamiento 2.

En la literatura son escasos los trabajos de evaluación de la respuesta productiva de bovinos de leche a la suplementación con ensilaje de subproductos de *C. arabica* o ensilaje de cogollo de *S. officinarum*. Sin embargo, como se mencionó previamente, la utilización de subproductos conservados de *C. arabica* no afecta negativamente la respuesta productiva de los bovinos (Martins *et al.*, 2021; Flórez-Delgado *et al.*, 2023; Fernández-Navarro *et al.*, 2024); mientras que los reportes de suplementación con ensilaje de cogollo de *S. officinarum* indican baja respuesta productiva, asociada a la baja calidad nutricional de este recurso, lo que ha llevado a adelantar investigaciones que permitan mejor inserción de sistemas de alimentación bovina (Sousa-Alves *et al.*, 2019).

Conclusiones

La utilización de subproductos y residuos de cosecha de cultivos de importancia económica, como *C. arabica* y *S. officinarum* panelera constituye una alternativa nutricional viable para la suplementación de vacas en el trópico, a su vez que se promueve estrategias de economía circular, promisorias para pequeños y medianos productores.

En este estudio, el ensilaje con cáscara de *C. arabica* mostró mayor rendimiento productivo en los animales. Sin embargo, para ambos recursos alimentarios es propicio continuar evaluando su mejor forma de valorización e inclusión, como alternativa para mejorar la productividad y mitigar la contaminación ambiental producida por residuos sobrantes en estos sistemas productivos.

Agradecimientos

A la gobernación del departamento de Santander-Colombia por la financiación de esta investigación en el marco del proyecto “Fortalecimiento del manejo integral de materiales sólidos orgánicos de agricultura, a través de estrategias de economía circular, que promueva la sostenibilidad ambiental y productiva de las familias campesinas del departamento de Santander”, celebrado entre la gobernación de Santander y Agrosavia., así como a los productores pertenecientes a la Asociación Comunera de Ganaderos-ASOCOGAN por facilitar la logística en las fincas para llevar a cabo esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

- Juan Leonardo Cardona-Iglesias. Diseño de la metodología, investigación, redacción del borrador original, análisis de datos, revisión y edición del manuscrito.
- Juan Ricardo Zambrano-Ortiz. Diseño de la metodología, investigación, redacción del borrador original, revisión y edición del manuscrito.
- Yesid Avellaneda-Avellaneda. Diseño de la metodología, investigación, redacción del borrador original, análisis de datos, revisión y edición del manuscrito.

Referencias bibliográficas

AOAC. *Official methods of analysis. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16*. 17th ed. Gaithersburg, USA: Association of Official Analytical Chemists, 2000.

AOAC. *Official method of analysis. Method 935.14 and 992.24*. 18th ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 2005.

AOAC. *Official methods of analysis* 19th ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 2010.

AOAC International. *Official methods of analysis*. 22nd ed. Rockville, USA: AOAC International, 2023.

Ariza-Nieto, C. P.; Mayorga, O. L.; Mojica, B.; Parra, D. & Afanador-Tellez, G. T. Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *J. Near Infrared Spec.* 26 (a):44-52, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>.

Barcelo, A. F.; Paiva, P. C. de A.; Pérez, J. R. O.; Santos, V. B. dos & Cardoso, R. M. Fatores antinutricionais da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. *Rev. Bras. Zootec.* 30 (4):1325-1331, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000500028>.

Canchila, E. R.; Soca, Mildrey; Ojeda, F. & Machado, R. Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de *Brachiaria* spp. *Pastos y Forrajes*. 32 (4):1-9. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119692002>, 2009.

Cardona-Iglesias, J. L.; Avellaneda-Avellaneda, Y. & Castro-Rincón, E. Estimación del consumo de forraje para dos biotipos bovinos lecheros en el trópico altoandino de Nariño, Colombia: Consumo materia seca bovinos. *Rev. Investig. Altoandin.* 23 (4):220-228, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2021.301>.

Cartay, R.; Intriago-Valarezo, J. R.; Ordoñez-Piedra, J. C. & Varela-Quintero, Adriana E. Residuos, desperdicios y subproductos. Importancia económica y social, y repercusión medioambiental. *Rev. Gastron. Coc.* 2 (2):10-21, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zeno>.

Cruz-Carrillo, Anastasia; Rodríguez-Salgado, Angela M. & Pineda-Pulido, C. Efecto de la suplementación con ensilaje de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L) sobre algunos parámetros metabólicos en vacas de leche. *Rev. Investig. Vet. Perú.* 30 (4):1494-1503, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17157>.

Cruz-Hernández, A.; Hernández-Garay, A.; Chay-Canul, A. J.; Mendoza-Pedroza, S. I.; Ramírez-Vera, S.; Rojas-García, A. R. *et al.* Componentes del rendimiento y valor nutritivo de *Brachiaria humidicola* cv. Chetumal a diferentes estrategias de pastoreo. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8 (3):599-610, 2017. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.34>.

Díaz-Montilla, Ana E.; Peñaranda-Rolón, Andrea M.; Benavides-Cardona, C. A.; González-Chavarro, C. F.; Serralde-Ordóñez, Diana P.; Lagos-Burba-

- no, Elizabeth *et al.* *Recomendaciones tecnológicas para el mejoramiento del sistema productivo de caña de azúcar para panela en el occidente de Nariño*. Colombia: AGROSAVIA, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406191>.
- Encalada, M.; Fernández, P.; Jumbo, N. & Quichimbo, A. Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos en el cantón Loja. *Bosques Latitud Cero*. 7 (2):71-82. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/322>, 2018.
- FAO. *World food and agriculture. Statistical Yearbook 2023*. Rome: FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6e04f2b4-82fc-4740-8cd5-9b66f5335239/content>, 2023.
- FEDECAFÉ. *Las áreas a renovar en Colombia en los próximos años*. Colombia: Federación Nacional de Cafeteros. <https://federaciondefcafeteros.org/wp/blog/las-areas-a-renovar-en-colombia-en-los-proximos-anos/>, 2024.
- Fernández-Cortés, Yessica; Sotto-Rodríguez, Karla D. & Vargas-Marín, L. A. Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción + Limpia*. 15 (1):93-110, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22507/pml.v15n1a7>.
- Fernández-Gálvez, Y.; Pedraza-Olivera, R. M.; Llanes-Díaz, Ailsa; Hermida-Baños, Y.; Torres-Varela, Isabel C.; Montalván-Delgado, J. *et al.* Indicadores de la composición química en caña de azúcar según edad de rebrote, cultivar y fracción de la planta. *Rev. prod. anim.* 30 (1):1-7. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v30n1/rpa01118.pdf>, 2018.
- Fernández-Navarro, Ana L.; Rojas-Bourrillon, A. & Campos-Granados, C. M. Suplementación con pulpa de café deshidratada en vacas lecheras y su efecto en el desempeño productivo. *Nut. Anim. Trop.* 18 (1):1-25, 2024. DOI: <https://doi.org/10.15517/nat.v18i1.58614>.
- Flórez-Delgado, D. F. Efecto del tiempo de fermentación sobre la calidad nutricional del ensilaje de pulpa de *Coffea arabica* L. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*. 21 (3):1-11, 2020.
- Flórez-Delgado, D. F.; Capacho-Mogollón, A. E.; Quintero-Muiño, Sandra M. & Báez-Gamboa, Pavlova. Efecto de la suplementación con ensilaje de naranja sobre la composición de la leche bovina. *RIAA*. 11 (2):71-79, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.2974>.
- Flórez-Delgado, D. F.; Gil-Herrera, R. de J. & Maza-Ortega, R. E. Effects of the inclusion of coffee pulp silage in the diet on the performance and profitability of crossbred milk cows in the middle tropics. *Trop. Anim. Health Prod.* 55:78, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03451-4>.
- Flórez-Delgado, D. F. & Rosales-Asensio, E. Uso del ensilaje de pulpa de café en alimentación animal. *Mundo FESC*. 8 (15):73-82, 2018. DOI: <https://doi.org/10.61799/2216-0388.254>.
- Godoy-Padilla, D. J.; Daza-La-Plata, Rossmery; Fernández-Curi, Lisania M.; Layza-Mendiola, Anita E.; Roque-Alcarraz, R. E.; Hidalgo-Lozano, V. *et al.* Caracterización del valor nutricional de los residuos agroindustriales para la alimentación de ganado vacuno en la región de San Martín, Perú. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*. 21 (2):1-14, 2020. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1374.
- Haydock, K. P. & Shaw, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric.* 15 (76):663-670. <https://www.publish.csiro.au/paper/EA9750663>, 1975. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA9750663>.
- Izadbakhsh, M. H.; Hashemzadeh, F.; Alikhani, M.; Ghorbani, G. R.; Khorvash, M.; Heidari, M. *et al.* Effects of dietary fiber level and forage particle size on growth, nutrient digestion, ruminal fermentation, and behavior of weaned holstein calves under heat stress. *Animals*. 14 (2):275, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14020275>.
- Jarma-Orozco, A.; Maza-Angulo, L.; Pineda-Pérez, A. & Hernández-Ciodaro, J. Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. *CES Med. Vet. Zootec.* 7 (1):87-98. <https://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/2708>, 2014.
- Lagos-Burbano, Elizabeth; Bran-Miranda, Y. A.; Cardona-Iglesias, J. L. & Castro-Rincón, E. Utilización de subproductos de *Saccharum officinarum* L. en la suplementación de vacas lactantes en Colombia. *Pastos y Forrajes*. 44:e16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269169781016>, 2021.
- Lagos-Burbano, Elizabeth; Cardona-Iglesias, J. L. & Castro-Rincón, E. *Subproductos de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.): usos en alimentación animal y producción de compost* Mosquera, Colombia: AGROSAVIA, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406238>.
- Lagos-Burbano, Elizabeth & Castro-Rincón, E. Sugar cane and by-products of the sugar agro-industry in ruminant feeding: A review. *Agron. Mesoam.* 30 (3):917-934, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>.
- Laiton-Medina, J. F.; Hurtado-Nery, V. L. & Granados-Moreno, J. E. Evaluación de tres especies de *Brachiaria* spp. con pastoreo rotacional para ceba bovina. *Orinoquia*. 25 (1):15-22, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22579/20112629.652>.
- MADR. *Cadena agroindustrial de la panela*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>, 2021.
- Martins, S. C. S. G.; Carvalho, G. G. P.; Pires, A. J. V.; Leite, L. C.; Lago-Novais, D.; Oliveira, R. L. *et al.* Preservation of sugarcane silage with urea

- and calcium oxide: performance and metabolic efficiency of dairy cows. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 34 (4):305-315, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v34n4a07>.
- Mazzafera, P. Degradation of caffeine by microorganisms and potential use of decaffeinated coffee husk and pulp in animal feeding. *Sci. Agric.* 59 (4):815-821, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000400030>.
- Mestra-Vargas, Lorena I.; Reza-García, S.; Ramírez-Toro, E. J. & Medina-Herrera, D. Desempeño de tres grupos raciales de novillos suplementados con subproductos agroindustriales en pastoreo. *Nut. Anim. Trop.* 14 (2):51-74, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15517/nat.v14i2.43767>.
- National Academies of Sciences, Engineering, Medicine. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 8th rev. ed. Washington: The National Academies Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17226/25806>.
- Noriega-Salazar, Adrianela; Silva-Acuna, R. & García-de-Salcedo, Moraima. Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootec. Trop.* 26 (4):411-419. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000400001&lng=es&tln=es, 2008.
- Ocampo-López, O. L. & Álvarez-Herrera, L. M. Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. *Apuntes del Cenes.* 36 (64):139-165, 2017. DOI: <https://doi.org/10.19053/01203053.v36.n64.2017.5419>.
- Orta-Guzmán, Vanesa; Lois-Correa, J. A.; Romero-Treviño, Elvia M. & Llanes-Gil-López, Diana I. Cogollo de caña de azúcar, una alternativa sustentable de alimentación animal. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar.* 51 (2):31-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251005>, 2017.
- Pinto-Ruiz, R.; Guevara-Hernández, F.; Medina, J. A.; Hernández-Sánchez, D.; Ley-de-Coss, A. & Guerra-Medina, E. Conducta ingestiva y preferencia bovina por el ensilaje de *Pennisetum* y pulpa de café. *Agron. Mesoam.* 28 (1):59-67, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.23120>.
- Rodríguez-Salazar, D. J. *Análisis bromatológico, sensorial y pH del ensilado de cogollo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) con dos aditivos*. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Zootecnista. Lambayeque, Perú: Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11519?s-how=full>, 2023.
- Sanabria-Bautista, D.; Maza-Ortega, R.; Cardona-Iglesias, J. L. & Cuarán, Viviana L. Productividad y estimación de la emisión de metano en vacas de leche en pastoreo suplementadas con papa (*Solanum tuberosum*). *RIAA.* 15 (1):211-227, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.6627>.
- SAS Institute. *User's guide version 9.4*. Cary, USA: SAS Institute, 2016.
- Shi, R.; Dong, S.; Mao, J.; Wang, J.; Cao, Z.; Wang, Y. *et al.* Dietary neutral detergent fiber levels impacting dairy cows' feeding behavior, rumen fermentation, and production performance during the period of peak-lactation. *Animals.* 13 (18):2876, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13182876>.
- Sousa-Alves, W.; Rigueira, J.-P. S.; Almeida-Moura, Marielly M.; Jesus, D. L. S. de; Monção, F. P.; Rocha-Júnior, V. R. *et al.* Fermentative characteristics and nutritional value of sugarcane silage added with two types of urea. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 33 (3):182-194, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v33n3a02>.
- Torres-Carbonell, C.; Lauric, Andrea; De-Leo, G.; Chimeno, Patricia; Saldungaray, Maria C.; Piñeiro, Veronica *et al.* 2023. Evaluación de la suplementación estratégica en invernada de terneros en el sudoeste bonaerense. INTA, Argentina. DOI: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/15730>, 2023
- Tyasi, T. L.; Gxasheka, M. & Tlabela, C. P. Assessing the effect of nutrition on milk composition of dairy cows: A review. *Int. J. Curr. Sci.* 17 (E):56-63. <https://rjpn.org/ijcs/pub/papers/IJCS-P10A1476.pdf>, 2015.
- Vera-Rodríguez, J. H.; Jiménez-Murillo, W. J.; Naula-Mejía, M. C.; Villa-Cárdenas, U. J.; Zaruma-Quito, F. A.; Montecé-Maridueña, G. Y. *et al.* Residuos de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa alimenticia para rumiantes. *RECIA.* 13 (2):e839, 2021. DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.839>.