

Utilización de subproductos de *Saccharum officinarum* L. en la suplementación de vacas lactantes en Colombia

Utilization of byproducts from *Saccharum officinarum* L. in the supplementation of lactating cows in Colombia

Elizabeth Lagos-Burbano¹ <https://orcid.org/0000-0002-5098-9908>, Yeferson A. Bran-Miranda² <https://orcid.org/0000-0002-5782-1040>, Juan Leonardo Cardona-Iglesias² <https://orcid.org/0000-0001-5225-8108> y Edwin Castro-Rincón² <https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>

¹Universidad de Nariño. Calle 18, Cr. 50. Ciudadela Universitaria. Torobajo, Pasto, Colombia ²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Colombia. Correo electrónico: ecastror@corpoica.org.co, jcardona@corpoica.org.co

Resumen

Objetivo: Evaluar dos suplementos elaborados con bagazo de *Saccharum officinarum* L., miel y dos niveles de urea, en la producción y calidad de la leche de vacas de primer parto en Nariño, Colombia.

Materiales y Métodos: Se utilizaron seis vacas F1 (Kiwi Cross x Holstein) de primer parto, en un diseño cuadrado latino replicado. Se establecieron tres tratamientos: T0) control, solo pastoreo; T1) pastoreo más suplemento 1 y T2) pastoreo más suplemento 2. Se estimó el consumo de materia seca, la producción de leche, la producción de grasa, producción de proteína, la producción de sólidos totales, el porcentaje de grasa y el porcentaje de proteína, porcentaje de sólidos totales, así como el nitrógeno ureico en leche. La información se procesó mediante un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey.

Resultados: Hubo efecto de la suplementación en las variables consumo de materia seca, producción de leche, producción de sólidos totales ($p < 0,05$), donde T1 y T2 presentaron los mejores promedios, con valores de 14 y 14,7 kg/día para consumo de materia seca; 9,1 y 9,0 kg/vaca/día para producción de leche y 1 356,9 y 1 359,8 g/vaca/día para producción de sólidos totales, respectivamente. De igual manera, hubo diferencias en la variable nitrógeno ureico en leche, donde T1 tuvo valor de 14,3 mg/dL, con respecto a T0 y T2, que alcanzaron 16,3 y 16,7 mg/dL, respectivamente.

Conclusiones: Los subproductos de *S. officinarum*, con adecuados niveles de inclusión de urea, pueden mejorar el aporte de nutrientes y, por ende, los parámetros productivos en vacas lactantes. Sin embargo, T1 presentó los mejores promedios en producción y calidad de la leche y el menor contenido del nitrógeno ureico en leche.

Palabras clave: consumo, miel, urea, bagazo, producción lechera

Abstract

Objective: To evaluate two supplements elaborated with *Saccharum officinarum* L. bagasse, molasses and two levels of urea, on the milk production and quality of first-parturition cows in Nariño, Colombia.

Materials and Methods: Six first-parturition F1 cows (Kiwi Cross x Holstein) were used, in a replicated Latin square design. Three treatments were established: T0) control, only grazing; T1) grazing plus supplement 1 and T2) grazing plus supplement 2. The dry matter intake, milk production, fat production, protein production, production of total solids, fat percentage and protein percentage, percentage of total solids, as well as milk ureic nitrogen, were estimated. The information was processed through a variance analysis and Tukey's mean comparison test.

Results: There was effect of supplementation on the variables dry matter intake, milk production, production of total solids ($p < 0,05$), where T1 and T2 showed the best averages, with values of 14 and 14,7 kg/day for dry matter intake; 9,1 and 9,0 kg/cow/day for milk production and 1 356,9 and 1 359,8 g/cow/day for the production of total solids, respectively. Likewise, there were differences in the variable milk ureic nitrogen, where T1 had value of 14,3 mg/dL, with regards to T0 and T2, which reached 16,3 and 16,7 mg/dL, respectively.

Conclusions: The *S. officinarum* byproducts, with adequate urea inclusion levels, can improve the contribution of nutrients and, thus, the productive parameters in lactating cows. Yet, T1 showed the best averages in milk production and quality and the lowest content of milk ureic nitrogen.

Keywords: intake, molasses, urea, bagasse, milk production

Introducción

Saccharum officinarum L. es una planta del género *Saccharum*, familia *Gramineae*, orden *Glumiflorae*,

clase *monocotyledonae* (Osorio, 2007). Es un importante cultivo comercial y una de las principales fuentes de azúcar, etanol, azúcar moreno y panela a nivel

Recibido: 22 de marzo de 2021

Aceptado: 21 de mayo de 2021

Como citar este artículo: Lagos-Burbano, Elizabeth¹, Bran-Miranda, Yeferson A.; Cardona-Iglesias, Juan Leonardo & Castro-Rincón, Edwin. Uso de subproductos de *Saccharum officinarum* L. en suplementación de vacas lactantes en Colombia. Pastos y Forrajes. 44:eE16, 2021.

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.

mundial. Brasil encabeza la lista de los principales productores, con producción anual de 752 895 miles de toneladas métricas (Tm), y Colombia ocupa el séptimo lugar, con una producción anual de 32 662 Tm (FAOSTAT, 2019).

Una de las limitantes que presenta la agroindustria de *S. officinarum* en Colombia es la baja utilización de los subproductos de *S. officinarum* y de su molienda, a pesar de que la cantidad y el volumen de subproductos aprovechables son potencialmente altos. En dependencia del porcentaje de extracción del jugo, de la variedad y de la edad del cultivo se pueden obtener, como promedio, 2 368 kg de bagazo, 300 kg de cachaza y 150 kg de miel por cada tonelada de azúcar obtenida sin refinar (Santos *et al.*, 2020).

Los subproductos generados del procesamiento de *S. officinarum* constituyen materias primas para la elaboración de suplementos, destinados a la alimentación de ruminantes, sobre todo en épocas de escasez de alimento, en diferentes formas de uso y variaciones, con la adición de otras sustancias que pueden mejorar la disponibilidad de los nutrientes y su digestibilidad (Berman-Delgado, 2011; Fernández-Méndez, 2018).

El bagazo es uno de los subproductos que se genera en mayor proporción en la agroindustria de *S. officinarum*. Debido a su contenido de fibra (33,3 %) y aporte energético ha mostrado resultados satisfactorios y de bajo costo, cuando se ha utilizado como única fuente fibrosa o como suplemento de diferentes raciones, quedando inclusive hasta 30 % de azúcares en dicho material (Lagos y Castro, 2019).

La miel que resulta de la deshidratación de la cachaza ha reemplazado a la melaza como fuente de energía (1,9 Mcal/kg energía digestible) o como aglutinante en la elaboración de bloques multinutricionales para novillos de levante. Sin embargo, estos subproductos presentan bajos contenidos de proteína, por lo que se deben complementar con fuentes de nitrógeno como la urea. Diversos estudios han demostrado que el suministro de la mezcla de miel y urea incrementa el consumo de forraje de baja calidad, la degradación de celulosa y la tasa de pasaje de los alimentos a través del rumen, lo que mejora la utilización de los pastos (Pachón *et al.*, 2005).

La ganadería de leche en el trópico alto colombiano tiene problemas, relacionados con la baja cantidad de forraje disponible, como consecuencia de inadecuados manejos agronómicos de las pasturas, y por eventos de cambio climático, como

los prolongados períodos de bajas precipitaciones (Castro-Rincón *et al.*, 2019; Cardona-Iglesias *et al.*, 2020). Los productores han introducido especies de pastos con altos niveles de proteína, con el fin de mejorar la calidad composicional de la leche, pero con bajos contenidos de fibra, lo que ocasiona un déficit de energía y desbalance en las dietas (González-Guarín, 2016). Ante estas condiciones, el productor tiene la necesidad de suplementar con alimentos fibrosos o energéticos para evitar enfermedades y la disminución de la producción. La opción más común es la utilización de concentrados, que generalmente se traduce en el aumento de los costos de producción (Cardona-Iglesias *et al.*, 2019a).

El objetivo de este estudio fue evaluar dos suplementos elaborados con bagazo de *S. officinarum*, miel y dos niveles de urea, en la producción y calidad de la leche de vacas de primer parto.

Materiales y Métodos

Localización y clima. La investigación se realizó entre marzo y mayo del 2018, en el hato lechero del Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), municipio de Pasto, Nariño, Colombia. Esta instalación se halla ubicada a 2 905 msnm, 01°11'28,3' N, 77°19'08,8' W, con temperatura promedio anual de 12 °C, humedad relativa de 77 % y precipitación pluvial promedio anual de 950 mm, según datos obtenidos de la estación meteorológica (Vintage station pro 2) ubicada en el Centro de Investigación Obonuco en 2018.

Diseño experimental y tratamientos. Se empleó un diseño experimental cuadrado latino replicado 3 x 3, con tres tratamientos: T0 (pastoreo), T1 (pastoreo + suplemento 1) y T2 (pastoreo + suplemento 2), con tres períodos de quince días cada uno. Las vacas se asignaron aleatoriamente en parejas a cada tratamiento y se alternaron cada 15 días, de forma tal que todas pasaran por los tres tratamientos. Se establecieron tres períodos de evaluación, de 15 días cada uno. Los primeros siete días correspondieron al período de acostumbramiento, y los ocho días siguientes se utilizaron como etapa de medición. El suministro de los suplementos se realizó en comederos individuales y en dos momentos: en el ordeño de la mañana (5:00 a.m.) y en el de la tarde (3:00 p.m.).

Animales experimentales. Se utilizaron seis vacas F1 (Kiwi Cross x Holstein) de primer parto, que al inicio del experimento tenían,

como promedio, 170 días de lactancia (± 15 días), producción de 8,2 kg/vaca/día y peso vivo de 450 kg. El consumo de agua fue *ad libitum*. Las vacas se mantuvieron en potreros de pasto *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone. Se realizó un pastoreo rotacional con cerca eléctrica, ajustando diariamente el consumo de materia seca (MS) que provenía del forraje. La cerca se movía tres veces al día (6:00 a.m., 11:00 a.m. y 4:00 p.m.) para hacer más efectivo el pastoreo. La ocupación de cada franja fue de un día y el período de descanso para el pasto *C. clandestinus*, de 35 días.

Consumo y manejo del suplemento. Antes de la elaboración del suplemento se realizó un balance nutricional. Para ello se tuvo en cuenta el aporte del forraje consumido y los requerimientos nutricionales de los animales, según la NRC (2001). Se suponía que el déficit se debía cubrir con el suministro de dos suplementos, basados en miel y bagazo, como subproductos de *S. officinarum* panelera y fuente energética para los bovinos; los suplementos incluyeron además, salvado de *Zea mays* L. y dos inclusiones de urea, de acuerdo con Garríz y López (2002).

La formulación de los suplementos se muestra en la tabla 1. A cada animal se le suministró diariamente tres kilogramos de MS del suplemento, que se ofrecieron en partes iguales después de cada ordeño en comederos individuales.

Variables evaluadas. Para determinar la composición química de la dieta, en los períodos de medición se tomaron muestras de la gramínea en potrero mediante el corte manual (Bonnet *et al.*, 2011). Al finalizar el período de medición se realizó una mezcla de las muestras. Se secaron en estufa de ventilación forzada, a 65 °C, durante 72 h, y posteriormente se molieron en un molino estacionario con una malla de 1,0 mm. Para analizar la composición química de los alimentos: materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra

detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, lignina, extracto etéreo (EE), energía bruta (EB), energía neta de lactancia (ENL), cenizas, calcio (Ca) y fósforo (P), se utilizó la técnica de espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS DS 2500 – FOSS Analytical A/S – Dinamarca) (Ariza-Nieto *et al.*, 2018). Para las materias primas y el suplemento, las muestras se analizaron mediante técnicas analíticas de la Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 2005). En cuanto al Ca, se procedió según valoración complexométrica con EDTA, y para el P se aplicó la espectrometría UV-VIS (NTC 498). Las cenizas totales se analizaron por incineración directa (AOAC 942.05). Para la FDN se procedió de acuerdo con Van Soest (AOAC 973.18), para la FDA según normas de la AOAC (962.09 y 978.10), al igual que para el extracto etéreo (AOAC ID 973.18). En cuanto a la humedad, se aplicó el análisis termogravimétrico IR y para la PB, Kjeldahl (NTC 4657).

La tabla 2 muestra la calidad composicional de las materias primas utilizadas en la elaboración de los suplementos.

Degradación in situ del suplemento. Adicional a la calidad composicional, se determinó la degradación *in situ* de la materia seca (DISMS), proteína bruta (DISPB) y fibra detergente neutro (DIFDN) de los suplementos a las 48 h de incubación, para lo que se aplicó la técnica de la bolsa de nailon, descrita por Ørskov y McDonald (1979).

Consumo de materia seca. Se ajustó diariamente el área de pastoreo para asegurar una oferta teórica de MS por animal de 3kg MS /100kg PV. El consumo de MS del forraje se midió mediante el método agronómico (entrada y salida) y se estimó la cantidad de pasto promedio consumido por cada animal. Se asumió que la diferencia entre el aforo de entrada y el de salida fue la cantidad de forraje

Tabla 1. Formulación de suplementos elaborados con subproductos de *S. officinarum*, con inclusión de dos niveles de urea

Ingredientes [‡]	Suplemento 1	Suplemento 2
Miel de <i>S. officinarum</i>	65,0	65,0
Bagazo de <i>S. officinarum</i>	22,0	20,5
Salvado de <i>Z. mays</i>	10,0	10,0
Urea	3,0	4,5

[‡]Porcentaje de MS

Tabla 2. Calidad composicional de las materias primas.

Composición	Miel de <i>S. officinarum</i>	Bagazo de <i>S. officinarum</i>	Salvado de <i>Z. mays</i>
MS, %	44,8	44,6	97,7
PB, %	11,1	2,2	12,6
EE, %	4,9	0,4	9,2
FDN, %	-	71,8	23,4
FDA, %	-	40,7	21,8
HEM, %	-	31,1	1,6
CEL, %	-	34,1	20,9
LIG, %	-	6,6	0,9
CNE, %	73,4	23,4	49,6
CEN, %	10,7	2,3	5,3
P, %	0,1	0,1	0,0
Ca, %	0,1	0,1	0,1
EB (Kcal/kg)	4,2	2,7	3,3

MS: materia seca, PB: proteína bruta, EE: Extracto etéreo, FDN: fibra en detergente neutro, FDA: fibra en detergente ácido, HEM: hemicelulosa, CEL: celulosa, LIG: lignina, CNE: carbohidratos no estructurales, CEN: cenizas, P: fósforo, Ca: calcio, EB: energía bruta

consumido. Para la realización del aforo del *C. clandestinus* se utilizó la metodología del doble muestreo de Haydock y Shaw (1975). Igualmente, se midió la cantidad de suplemento consumido por las vacas, producto de lo ofertado menos lo rechazado. El consumo de materia seca total (CMST) fue la suma de pasto y suplemento, expresado en unidades de MS.

Producción y calidad composicional de leche.

Se registró la producción de leche de cada animal durante los períodos de medición en un medidor de leche (Tru-Test Milk Meters, Nueva Zelanda), a las 5:00 a.m. y a las 3:00 p.m., en la sala de ordeño. Durante los últimos cinco días del período de medición se tomaron muestras de leche de cada vaca, en ambos ordeños. A las muestras recolectadas se les determinó grasa (%), proteína (%) y sólidos totales (%) mediante el método de espectroscopía infrarroja (AOAC 972.16) (AOAC, 2015) y nitrógeno ureico en leche (NUL) por el método infrarrojo (espectrofotometría IR). Las muestras se procesaron en el laboratorio de leche del Centro de Investigación Obonuco-Agro-savia, con un equipo FOSS Milkoscan TM 7RM, FOSS Analytical A/S, Dinamarca. Se analizaron los datos producción de leche (PL, kg/vaca/día) y calidad composicional de la leche, que comprendió la producción de proteína (PP, g/vaca/día), producción de grasa (PG, g/vaca/día), producción de sólidos to-

tales (PST, g/vaca/ día) y nitrógeno ureico en leche (NUL, mg/dL).

Análisis estadístico. Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS (V 9.4), a través de un modelo mixto con ayuda del procedimiento GLM. Se consideró el animal y el período como efectos aleatorios y el tratamiento, como un efecto fijo. Las comparaciones de media se realizaron por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados y Discusión

En los suplementos evaluados se encontró contenido de MS de 52 %, muy superior a la MS de la pastura base utilizada (tabla 3).

Según Lagos y Castro (2019), uno de los atributos de la utilización de suplementos que contengan subproductos de *S. officinarum*, es que pueden aumentar la densidad energética y la MS de la dieta. El suplemento 2, que contenía 1,5 % más de urea con respecto al 1, tuvo mayores valores de PB, DISMS, DISPB y DISFDN. También fue mayor la PB, DISMS y DISPB que lo registrado para *C. clandestinus*. Souza *et al.* (2015) plantearon que la adición de urea en suplementos para rumiantes puede hacer que sea más eficiente la acción de los microorganismos ruminales, lo que mejora la degradabilidad total de la ración, en especial de la fibra (tabla 3).

Los CNE de ambos suplementos fueron numéricamente superiores a los de la pastura (18 vs 16 %). Villalobos y Sánchez (2010) plantearon que la proporción de CNE es inversamente proporcional al contenido de fibra y a la digestibilidad de la MS. A su vez, está relacionada con la energía de alta disponibilidad en la dieta y la eficiencia de utilización de la proteína degradable (Castro-Rincón *et al.*, 2019). Estos criterios son coincidentes con lo observado en este estudio, en el que los suplementos tuvieron mayor contenido de CNE y DISMS, pero menor valor de FDN, con respecto a *C. clandestinus*.

La degradabilidad *in situ* de la MS en *C. clandestinus* (60 %) fue inferior a lo informado por Duque-Quintero *et al.* (2017), quienes encontraron un valor de degradabilidad de 69 %. Pero resultó mayor al 37 % encontrado por Correa *et al.* (2012), aunque este último valor fue para un período de incubación de 12 h (tabla 3).

Una fracción muy importante para alimentar a vacas lecheras es la ENL, ya que de su concentración en la dieta depende la producción de leche (Castro-

Rincón *et al.*, 2019; Cardona-Iglesias *et al.*, 2020). Ambos suplementos tuvieron mayor valor de ENL (Mcal/kg MS) con respecto al *C. clandestinus* (S1 2,1; S2 2,15 vs *C. clandestinus* 1,3). Jaramillo-Arango y Cuervo-Vivas (2017) señalan que los subproductos de *S. officinarum* son una fuente de energía muy buena, que potencia la producción de leche, siempre y cuando se combinen con otras fuentes de nutrientes como la proteína. El valor de ENL de *C. clandestinus* en este estudio (1,3 Mcal/kg MS) concuerda con el promedio informado en varias investigaciones para el trópico alto colombiano, lo que denota la necesidad de suplementar con fuentes energéticas en este tipo de sistema ganadero (Vargas-Martínez *et al.*, 2018; Cardona-Iglesias *et al.*, 2019a).

En cuanto al consumo de los suplementos (tabla 4), se consumieron los 3 kg de MS/animal/día ofrecidos. Para autores como Castaño *et al.* (2012), el consumo de suplementos que contengan subproductos de *S. officinarum* depende de los niveles de inclusión, la composición y la forma

Tabla 3. Calidad composicional, degradabilidad *in situ* y energía neta de lactancia de suplementos de *S. officinarum* panelera y *C. clandestinus*.

Composición	Suplemento 1	Suplemento 2	<i>C. clandestinus</i>
MS, %	51,6	52,4	16,1
PB, %	17,4	21,5	18,2
EE, %	13,6	13,9	2,1
FDN, %	42,8	38,8	53,2
FDA, %	21,0	20,2	28,0
HEM, %	21,8	18,6	23,0
CEL, %	19,1	18,2	20,1
LIG, %	1,9	2,0	6,1
CNE, %	18,0	18,0	16,0
CEN, %	8,6	7,9	9,5
P, %	0,2	0,2	0,5
Ca, %	0,3	0,2	0,4
ENL (Mcal/kg MS)	2,1	2,2	1,3
DISMS, %	68,0	73,0	60,0
DISPB, %	87,0	90,0	59,0
DISFDN, %	38,0	43,0	50,0

MS: materia seca, PB: proteína bruta, EE: extracto etéreo, FDN: fibra en detergente neutro, FDA: fibra en detergente ácido, HEM: hemicelulosa, CEL: celulosa, LIG: lignina, CNE: carbohidratos no estructurales, CEN: cenizas, P: fósforo, Ca: calcio, ENL: energía neta de lactancia, DISMS: digestibilidad *in situ* de la MS, DISPB: digestibilidad *in situ* de la proteína bruta, DISFDN: digestibilidad *in situ* de la fibra en detergente neutro

Tabla 4. Efecto de los suplementos basados en subproductos de caña panelera y dos inclusiones de urea en el consumo de materia seca en vacas lactantes.

Indicador	T0	T1	T2	EEM ±	Valor - P
CMS suplemento, kg/día	0	3	3	0,100	0,0123
CMS de <i>C. clandestinus</i> , kg/día	12,6 ^a	11,0 ^b	11,7 ^b	0,140	0,0345
CMST, kg/día	12,6 ^b	14,0 ^a	14,7 ^a	0,120	0,0491

a, b: letras distintas en una misma fila indican diferencias ($p < 0,05$)

CMS consumo materia seca, CMST consumo materia seca total, EEM error estándar de la media

T0: pastoreo de *C. clandestinus*, T1: pastoreo de *C. clandestinus* + suplemento 1, T2: pastoreo de *C. clandestinus* + suplemento 2

de suministro. Se observó que el consumo de *C. clandestinus* fue superior ($p < 0,05$) para los animales que no fueron suplementados (T0), que consumieron 1,6 y 0,9 kg de MS más, comparados con los del T1 y T2. Sin embargo, al observar el CMST diario, se pudo ver que los animales en los tratamientos que incluyeron los suplementos consumieron más MST/día que en el testigo ($p < 0,05$).

En esta investigación, los valores de consumo para pasto *C. clandestinus* coinciden con el promedio de 11 kg MS/día, informado para sistemas ganaderos en el trópico alto de Colombia. Según afirman diversos autores, el consumo de *C. clandestinus* está limitado, sobre todo, por su alto contenido de FDN (Correa-Jiménez, 2012; Mejía-Díaz *et al.*, 2017; Cardona-Iglesias *et al.*, 2019a; 2019b).

El consumo de MST para todos los tratamientos se halla en los rangos informados para el biotipo animal utilizado en esta investigación, con los cruces entre las razas Kiwi cross y Holstein (Cardona *et al.*, 2019a; Castro-Rincón *et al.*, 2019). Aunque no se presentaron diferencias estadísticas, se observó incremento en el consumo de pasto de los animales con el T2 (mayor adición de urea) respecto al T1, lo que estaría relacionado con el mejoramiento en el balance de energía-proteína que promueven fuentes energéticas como *S. officinarum*, y que mejoraría la digestibilidad, la tasa de pasaje y, por ende, el consumo (Lagos y Castro, 2019).

El consumo de los suplementos no tuvo efecto en la PG, PP, G, P y ST. Los animales que recibieron los tratamientos 1 y 2, mostraron una respuesta significativa en la PL, PST y NUL ($p < 0,05$), con respecto al testigo (tabla 5).

En este estudio se observó un efecto positivo en el volumen, producción de leche y producción de sólidos totales, al obtener 8 kg/vaca/día en la PL y 1 175,8 g/vaca/día en la PST para las vacas sin suplementación. En tanto que, para las alimentadas con los suplementos, se registraron PL de 9,2 kg/vaca/día y 9 kg/vaca/día, PST de 1 359,8 g/vaca/

día y 1 359,8 g/vaca/día para las vacas alimentadas con T1 y T2, respectivamente. Esto demuestra que el uso de nitrógeno no proteico en mezcla con fuentes energéticas, como la miel y el bagazo, como estrategia de suplementación energética durante la lactancia, incrementó en 15 y 12,5 % la producción con respecto a lo registrado en vacas que no fueron expuestas a la suplementación.

Proporcionar los requerimientos energéticos de las vacas lecheras es uno de los factores que tiene mayor incidencia en la producción y calidad de la leche (Valderrama-Lagos, 2019). Un desbalance energético, antes y después del parto, sea por exceso o defecto, puede conducir a trastornos metabólicos y mermas en la producción láctea (Hoffman *et al.*, 2017).

Estos resultados pudieron obedecer a que las vacas suplementadas recibieron un aporte adecuado de MS (14 y 14,7 kg/día), si compara con las que no fueron suplementadas (12,6 kg/día), cuya proporción estuvo por debajo del 3 % de su peso vivo, y en condiciones de pastoreo se estaría produciendo un déficit energético temporal, que estaría siendo compensado con las reservas corporales (Marques *et al.*, 2016).

El nivel de energía de los suplementos S1 y S2 (2,1 y 2,15 Mcal/kg MS, respectivamente) fue mayor al del pasto, lo que permitió mejorar el aporte energético en la dieta de las vacas y logró una repuesta positiva en PL y PST.

López-Ordaz *et al.* (2011) señalan que la adición de energía extra a las dietas de vacas en lactancia, junto con contenidos bajos de FDN, mejoran la utilización del alimento, lo que permite mayor absorción intestinal y mejor producción de metabolitos, que resultan en incrementos en PL.

En un estudio realizado con ganado mestizo de doble propósito, se encontró que la utilización de suplementos elaborados con subproductos de *S. officinarum* en mezcla con melaza logró incrementar la PL entre 1 y 2 kg/vaca/día, pero con

reducciones en la calidad de la misma (Jaramillo-Arango y Cuervo-Vivas, 2017). Estos resultados difieren de los encontrados en el presente estudio, en el cual se mejoró la PL (1,0 y 1,2 k/vaca/día con T1 y T2, respectivamente), sin detrimento de la calidad de la leche. Esto se puede atribuir a que en el experimento citado el tratamiento control contenía mayor proporción de CNE.

Los cambios en la producción de leche y su composición pueden estar relacionados con el nivel de proteína, carbohidratos solubles y dieta base (Reynolds *et al.*, 2011), condiciones que en esta investigación se lograron mejorar con el aporte de los suplementos, con mayor contenido de CNE (18 %) con respecto a *C. clandestinus* (16 %) mayor DISMS (68 y 73 %) y DISPC (87 y 90 %) de los suplementos. López-Ordaz *et al.* (2011) señalan que las dietas con mayor digestibilidad incrementan el reciclaje de urea en el rumen, el flujo de proteína microbiana al intestino delgado, la síntesis de glucosa en el hígado y el consumo de glucosa y aminoácidos por la glándula mamaria, lo que posiblemente justifique el incremento en la PL.

Los resultados para la variable NUL (tabla 5) para todos los tratamientos se encuentran entre los valores de referencia para vacas lactantes (Vargas-Sobrado *et al.*, 2016). Sin embargo, T1 tuvo el menor valor de NUL con respecto a T0 y T2. Este indicador metabólico se afectó, principalmente, por la relación proteína-energía de la dieta, así como por el desbalance en el consumo de proteína degradable en el rumen o no degradable, y de ambas (Correa-Jiménez, 2012).

Acosta *et al.* (2005) manifiestan que para hacer un análisis adecuado de este indicador se debe considerar el porcentaje de proteína en la leche, que se relaciona directamente con el aporte energético de la dieta y la etapa de la lactancia. Estos autores establecen que para la etapa media y tardía de la lactancia (>150 DPP), con P>3,4 % y NUL de 12 a 18 mg/dL existe adecuado balance de aminoácidos y ENL. Al respecto, Bonifaz y Gutiérrez (2013) sugieren que los valores recomendables de NUL se encuentran entre 12 y 15 mg/dL y entre 15 y 18 mg/dL. Resultados no comprendidos en estos intervalos representarían un riesgo moderado, debido a que cuando existe déficit o exceso de proteína se podría afectar la cantidad de N necesaria para la multiplicación microbiana, y los microorganismos estarían obligados a utilizar péptidos como fuente de energía.

En este estudio, las vacas alimentadas con T1 alcanzaron valores de P de 3,6 %, y 14,6 mg/dL de NUL. En los tratamientos T0 y T2, con porcentajes de proteína de 3,5 y 3,6 % en la leche, los valores de NUL fueron de 16,3 y 16,7 mg/dL, respectivamente, condición que evidencia que el T1 presentó una adecuada relación proteína-energía.

Conclusiones

Los subproductos de *S. officinarum* con adecuados niveles de inclusión de urea pueden mejorar el aporte de nutrientes y, por ende, los parámetros productivos en vacas lactantes. Sin embargo, T1 presentó los mejores promedios en producción y calidad de la leche, y el menor contenido de nitrógeno ureico en leche en los animales evaluados.

Tabla 5. Producción y composición de leche de vacas lactantes, suplementadas con subproductos de *S. officinarum*, y dos niveles de urea.

Indicador	Tratamientos			EEM ±	Valor - P
	T0	T1	T2		
Producción de leche, kg/vaca/día	8,0 ^b	9,2 ^a	9,0 ^a	0,200	0,001
Producción de grasa, g/vaca/día	388,8	434,8	392,9	17,700	0,14
Producción de proteína, g/vaca/día	294,3	336,7	326,2	12,700	0,06
Producción de ST, g/vaca/día	1 175,8 ^b	1 356,9 ^a	1 359,8 ^a	12,700	0,05
Composición de la leche					
Grasa, %	4,6	4,6	4,3	0,100	0,07
Proteína, %	3,5	3,6	3,6	0,000	0,12
Sólidos totales, %	13,8	14,2	15	0,500	0,15
NUL, mg/dL*	16,3 ^a	14,3 ^b	16,7 ^a	0,300	0,001

a, b: Letras distintas en una misma fila indican diferencias ($p < 0,05$)

NUL nitrógeno ureico en leche, ST sólidos totales

T0: pastoreo de *C. clandestinus*, T1: pastoreo de *C. clandestinus* + suplemento 1 y T2: pastoreo de *C. clandestinus* + suplemento 2

Agradecimientos

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y al Sistema General de Regalías, por la financiación del estudio que sirvió de base para la redacción de este artículo.

Conflicto de intereses

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

Contribución de los autores

- Elizabeth Lagos-Burbano. Contribuyó al diseño de la metodología, realizó la investigación y la redacción del borrador original, el análisis de datos, la revisión y la edición del manuscrito.
- Yeferson Andrés Bran-Miranda. Contribuyó al diseño de la metodología, realizó la investigación y desarrolló la redacción del borrador original, el análisis de datos, la revisión y la edición del manuscrito.
- Edwin Castro-Rincón. Contribuyó al diseño de la metodología, realizó la investigación, la redacción del borrador original, el análisis de datos, la revisión y la edición del manuscrito.
- Juan Leonardo Cardona-Iglesias. Contribuyó al diseño de la metodología, realizó la investigación, la redacción del borrador original, el análisis de datos, la revisión y la edición del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Acosta, Y. M.; Delucchi, M. Inés; Olivera, Magela & Dieste, Cecilia. *Urea en leche: factores que la afectan*. Argentina: Sitio argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/56-urea_en_leche.pdf, 2005.
- AOAC. *Official methods of analysis*. USA: AOAC International, 2005.
- AOAC. *Official methods of analysis*. 972.16, fat, lactose, protein, and solids in milk. Rockville, USA: AOAC International, 2015.
- Ariza-Nieto, Claudia; Mayorga, O. L.; Mojica, B.; Parra, D. & Afanador-Tellez, G. Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *J. Near Infrared Spectrosc.* 26 (1):44-52, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>.
- Berman-Delgado, J. B. *Desarrollo de alimento animal melazado, y enriquecido a partir de insumos no-convencionales y subproductos de la caña de azúcar para engorda de ganado bovino en la etapa de finalización*. Tesis presentada como requisito para optar al título de Maestro en Tecnología Avanzada. Altamira, México: Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, 2011.
- Bonifaz, Nancy & Gutiérrez, F. Correlación de niveles de urea en leche con características físico-químicas y composición nutricional de dietas bovinas en ganaderías de la provincia de Pichincha. *La Granja*. 18 (2):33-42. <https://www.redalyc.org/articuloa?id=476047402003>, 2013.
- Bonnet, O.; Hagenah, Nicole; Hebbelmann, Lisa; Meuret, M. & Shrader, A. M. Is hand plucking an accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores? *Rangeland Ecol. Manag.* 64 (4):366-374, 2011. DOI: <https://doi.org/10.2111/REM-D-10-00186.1>.
- Cardona-Iglesias, J. L.; Escobar-Pachajoa, Laura D.; Guatusmal-Gelpud, Carolina; Meneses-Buitrago, D. H.; Ríos-Peña, Lina M. & Castro-Rincón, E. Efecto de la edad de cosecha en la digestibilidad y fraccionamiento energético de dos arbustivas forrajeras en Colombia. *Pastos y Forrajes*. 43 (3):254-262. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000300254&lng=es&tlng=es, 2020.
- Cardona-Iglesias, J. L.; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Consumo y productividad en vacas Holstein pastoreando un sistema silvopastoril vs monocultivo de kikuyo y suplementadas con grasas insaturadas. *Rev. Cient., FVC-LUZ*. 29 (1):20-33. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/29616>, 2019b.
- Cardona-Iglesias, J. L.; Rincón-Castro, E.; Valenzuela-Chiran, M.; Hernández-Oviedo, F. & Avellaneda-Avellaneda, Y. Efecto del ensilaje de avena sobre la productividad de vacas lactantes en Nariño-Colombia. *Rev. Cient., FVC-LUZ*. XXIX (003):165-177. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/46700>, 2019a.
- Castaño, Natalia L.; Goyes, P.; Albarracín, L. C. & López, F. J. Uso del bagazo enriquecido con el hongo *Pleurotus ostreatus*, en dietas para bovinos estabulados en ceba. *Rev. Bio. Agro*. 10 (2):25-33. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000200004&script=sci_abstract&tlng=es, 2012.
- Castro-Rincón, E.; Cardona-Iglesias, J. L.; Hernández-Oviedo, F.; Valenzuela-Chiran, M. & Avellaneda-Avellaneda, Y. Evaluación de tres cultivares de *Lolium perenne* L. con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia. *Pastos y Forrajes*. 42 (2):161-170. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000200161, 2019.
- Correa-Jiménez, P. E. *Papel del MUN en la glándula mamaria de vacas lactantes*. Tesis de grado presentada como requisito para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista. Medellín, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES, 2012.

- Duque-Quintero, Mónica; Rosero-Noguera, R. & Olivera-Ángel, Marta. Digestión de materia seca, proteína cruda y aminoácidos de la dieta de vacas lecheras. *Agron. Mesoam.* 28 (2):341-356, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.25643>.
- FAOSTAT. *Producción/rendimiento de azúcar, caña en mundo*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>, 2019.
- Fernández-Méndez, A. *Estrategia de suplementación con base en el uso de la melaza en ovinos alimentados con forraje de baja calidad*. Tesis de maestría presentada como requisito para optar al título de: Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical. Villaflores, México: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas, 2018.
- Garriz, M. & López, A. *Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes*. Argentina: Sitio Argentino de Producción Animal. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/07-suplementacion_con_nitrogeno.pdf, 2002.
- González-Guarín, J. R. *Alternativa silvopastoril para trópico alto con base en bancos forrajeros con dalia (Dahlia imperialis) y sauco (Sambucus nigra) en el páramo de Cruz Verde, Ubaque, Cundinamarca, Colombia*. Colombia: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2016.
- Haydock, K. & Shaw, N. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian J. Exp. Agric.* 15:663-670, 1975. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA9750663>.
- Hoffman, M. L.; Reed, S. A.; Pillai, S. M.; Jones, A. K.; McFadden, K. K.; Zinn, S. A. *et al.* The effects of poor maternal nutrition during gestation on offspring postnatal growth and metabolism. *J. Anim. Sci.* 95 (5):2222-2232, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1229>.
- Jaramillo-Arango, O. & Cuervo-Vivas, W. A. Evaluación productiva y composicional de la leche en vacas doble propósito, alimentadas con dos suplementos alimenticios a base de caña de azúcar procesada. *Revista Gestión y Región.* 24:75-92. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionregion/article/view/84>, 2017.
- Lagos, Elizabeth & Castro, E. Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agron. Mesoam.* 30 (3):917-934, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>.
- López-Ordaz, R.; Gómez-Pérez, Dolores; García-Muñoz, J. G.; Mendoza-Domínguez, G. D.; Lara-Bueno, A. & López-Ordaz, R. Nivel óptimo de energía neta en el consumo de alimento y producción de leche en el inicio de la lactancia de vacas Holstein-Friesian en confinamiento. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 2 (1):101-115. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11242011000100009&lng=es&nrm=iso, 2011.
- Marques, R. S.; Cooke, R. F.; Rodrigues, M. C.; Moriel, P. & Bohnert, D. W. Impacts of cow body condition score during gestation on weaning performance of the offspring. *Livest. Sci.* 191:174-178, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.08.007>.
- Mejía-Díaz, Estefanía; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agron. Mesoam.* 28 (2):389-403, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561>.
- NRC. *Nutrient requirement of dairy cattle*. Washington: National Academy Press, 2001.
- Ørskov, E. & McDonald, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92 (2):499-503, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>.
- Osorio, G. *Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de Caña y Panela*. Medellín, Colombia: CORPOICA, 2007.
- Pachón, F.; Tovar, G.; Urbina, N. & Martínez, N. Uso de subproductos de caña panelera como suplemento alimenticio para ganado bovino y para evitar la contaminación ambiental. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 52 (1):79-92. <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639207010.pdf>, 2005.
- Reynolds, C. K.; Crompton, L. A. & Mills, A. N. Improving the efficiency of energy utilisation in cattle. *Anim. Prod. Sci.* 51 (1):6-12, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN10160>.
- Santos, F.; Eichler, P.; Machado, Grazielle; Mattia, Jaqueline de & Souza, G. de. By-products of the sugarcane industry. In: F. Santos, Sarita C. Rabelo, M. de Matos and P. Eichler, eds. *Sugarcane biorefinery, technology and perspectives*. London: Academic Press. p. 21-48, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/C2017-0-00884-4>
- Souza, R. C.; Reis, R. B.; Lopez, F. C. F.; Mourthe, M. H. F.; Lana, A. M. Q.; Barbosa, F. A. *et al.* Efeito da adição de teores crescentes de ureia na cana-de-açúcar em dietas de vacas em lactação sobre a produção e composição do leite e viabilidade econômica. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 67 (2):564-572, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-7799>.
- Valderrama-Lagos, F. A. *La energía y su importancia en el desempeño reproductivo de vacas lecheras*. Trabajo de grado presentado como parte de los

- requisitos para optar por el título de Zootecnista. Bogotá: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, 2019.
- Vargas-Martínez, J. de J.; Sierra-Alarcón, Andrea M.; Mancipe-Muñoz, E. A. & Avellaneda-Avellaneda, Y. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *CES Med Zoot.* 13 (2):137-156, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21615/4558>.
- Vargas-Sobrado, Diana; Murillo-Herrera, J.; Hueckmann-Voss, F. & Romero-Zúñiga, J. J. Valores de la relación grasa/proteína y nitrógeno ureico en leche de vacas lecheras de la zona norte de Alajuela y Heredia, Costa Rica. *Rev. Cien. Vet.* 34 (2):67-80, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rev.34-2.1>.
- Villalobos, L. & Sánchez, J. Ml. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass Perenne Tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agron. Costarricense.* 34 (1):31-42. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100003&lng=en&tlng=es, 2010.