



EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ALIMENTARIA A BASE DE CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*) SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE DE VACAS MESTIZAS ALIMENTADAS CON PASTO

EFFECT OF NUTRITIONAL SUPPLEMENTATION BASED ON COCOA HUSK (*Theobroma cacao*) ON THE PRODUCTION AND COMPOSITIONAL QUALITY OF MILK OF CROSSBRED COWS FED WITH GRASS

Jilmart Ortíz-Ravelo ¹, Román Maza-Ortega ², Deilen Sotelo-Moreno ³,
Dixon Fabián Flórez-Delgado ⁴, Dubel Cely-Leal ⁵

¹ Zootecnista. Universidad de Pamplona, [Pamplona, Colombia].

² Doctor en Zootecnia. Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación en Ganadería y Agricultura Sostenible [Pamplona, Colombia].

³ Doctor en Zootecnia. Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación en Ganadería y Agricultura Sostenible [Pamplona, Colombia].

⁴ Magister en Sistemas Sostenibles de Producción. Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación en Ganadería y Agricultura Sostenible [Pamplona, Colombia].

⁵ Magíster en Salud y Producción Animal. Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación en Ganadería y Agricultura Sostenible [Pamplona, Colombia].

jilmart.ortiz@unipamplona.edu.co roman.maza@unipamplona.edu.co

deilen.sotelo@unipamplona.edu.co dixon.florez@unipamplona.edu.co

dubel.cely@unipamplona.com.co

Citación: Ortíz-Ravelo, J., Maza-Ortega, R., Sotelo-Moreno, D., Flórez-Delgado, D.F. y Cely-Leal, D. (2023). Efecto de la suplementación alimentaria a base de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) sobre la producción y calidad de la leche de vacas mestizas alimentadas con pasto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 14(2), 171 - 188. <https://doi.org/10.22490/21456453.6500>

RESUMEN

Contextualización: la suplementación nutricional para bovinos que se alimentan de pasto requiere de alternativas locales que permitan optimizar el desempeño productivo y reducir los costos de mantenimiento de los animales.

Vacío de conocimiento: la suplementación alimenticia a base de cascarilla de cacao es una alternativa nutricional y económicamente viable para las ganaderías tropicales y, por eso, con este estudio se busca responder a los siguientes interrogantes: ¿Cuál será el efecto del suplemento a base de cascarilla de cacao sobre la productividad y calidad de la leche bovina?, y ¿Su implementación permitirá reducir los costos del mantenimiento de los animales sin afectar los parámetros productivos y la calidad del producto final?

Propósito: evaluar los efectos de un suplemento a base de cascarilla de cacao en la producción y calidad de la leche de vacas mestizas que se alimentan de gramíneas tropicales.

Metodología: se emplearon 10 hembras bovinas multíparas mestizas [Pardo x Guzerat], en su segundo tercio de lactancia, con edad media de 7 años y peso promedio de 450 ± 38 kg, las cuales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar con dos tratamientos: control y suplementado [el tratamiento suplementado se administraba diariamente a las vacas [2kg/animal/día] con cinco repeticiones por día]. El suplemento estaba compuesto de cascari-

lla de cacao, salvado de trigo, grano de maíz molido, melaza, urea, fosfato bicálcico y sal mineralizada, ofreciéndose diariamente en el momento del ordeño tras un periodo de adaptación de 14 días. La producción de leche se cuantificó diariamente y se corrigió al 4 % de grasa y la composición de la leche se analizó cada 15 días empleando un espectrofotómetro infrarrojo. Los datos obtenidos se sometieron a un ANOVA con el 5 % de significancia empleando el software PROC MIXED de SAS v. 9.4. El análisis económico se realizó mediante presupuestos parciales.

Resultados y conclusiones: la suplementación aumentó [$p < 0,05$] la producción láctea, corregida al 4 % de grasa. Hubo interacción entre los tratamientos y los tiempos de colecta [$p < 0,05$] sobre la concentración de grasa, la proteína, los sólidos no grasos y la densidad de la leche. La concentración de lactosa y minerales incrementó con la suplementación y los tiempos de colecta [$p < 0,05$]. La suplementación mejoró el ingreso neto por venta de leche en USD\$ 0,63 por animal al día. En resumen, la suplementación a base de cascarilla de cacao mejora la producción y la calidad de la leche de vacas mestizas, alimentadas con pastos de *Brachiaria humidicola*, generando mayores ingresos para los productores de leche.

Palabras clave: costos de producción, composición de leche, nutrición de ruminantes, pastos tropicales, suplementos.



ABSTRACT

Contextualization: Nutritional supplementation for cattle fed with grass requires local alternatives that allow optimizing the productive performance and reducing maintenance costs of the animals.

Knowledge gap: Cocoa husk supplementation can be a nutritionally and economically viable alternative for tropical farms, that is why this research pretends to answer the following questions: What will be the effect of cocoa husk supplementation on productivity and quality of bovine milk? and its implementation will make possible to reduce maintenance costs without affecting the production parameters and the quality of the final product?

Purpose: evaluate the effect of a cocoa husk supplement on the production and quality of milk from crossbred cows fed with tropical grasses.

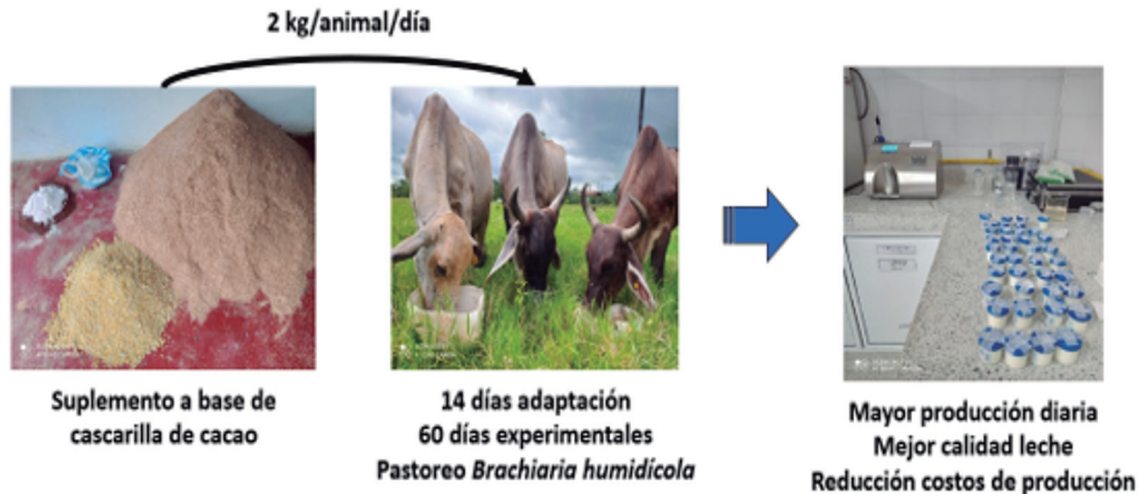
Methodology: 10 Brown x Guzarat crossbred multiparous bovine females were used, in their second third of lactation, with an average age of 7 years and an middling weight of 450 ± 38 kg, which were distributed under a completely random design with two treatments: control and supplemented [the supplemented treatment was provided daily (2kg/ animal/day) with five repetitions each day]. The supplement was composed of cocoa husk, wheat

bran, ground corn grain, molasses, urea, dicalcium phosphate and mineralized salt, and it was offered daily, at milking time, after a 14-day adaptation period. Milk production was quantified daily and corrected to 4 % of fat, and milk composition was analysed every 15 days using an infrared spectrophotometer. The data obtained were subjected to an ANOVA with 5 % of significance, using the PROC MIXED software from SAS v. 9.4. The economic analysis was carried out through partial budgets.

Results and conclusions: the nutritional supplementation increased [$p < 0,05$] milk production which was corrected to 4 % fat. There was an interaction between treatments and collection times [$p < 0,05$] on the concentration of fat, protein, non-fat solids, and milk density. The concentration of lactose and minerals increased with supplementation and collection time [$p < 0,05$]. The nutritional supplementation improved net income from milk sales by USD\$ 0,63 per animal at day. In summary, nutritional supplementation based on cocoa husks improves production and quality of milk on crossbred cows fed with *Brachiaria humidicola* pasture, generating higher income for milk producers.

Keywords: production costs, milk composition, ruminants' nutrition, tropical pastures, supplement.

RESUMEN GRÁFICO



Fuente: autores.

1. INTRODUCCIÓN

En el trópico, las pasturas representan la principal fuente de alimento para los bovinos en pastoreo. Sin embargo, estas se ven afectadas por la estacionalidad climática que condiciona la disponibilidad y calidad nutricional del forraje disponible (Detmann et al., 2014), lo que disminuye la productividad de los sistemas de producción. Ante lo expuesto anteriormente, los productores optan por emplear alimentos comerciales que incrementan los costos de producción y reducen de manera significativa el margen de rentabilidad de la empresa pecuaria.

Por lo anterior se hace necesario identificar alternativas de suplementación a base de forrajes, residuos de cosecha y materias primas locales que reduzcan

las limitaciones cualitativas y cuantitativas de las pasturas y complementen la dieta de los bovinos, supliendo así sus requerimientos nutricionales (Flórez et al., 2019). El uso de subproductos de la agroindustria de cacao, en la alimentación de bovinos, es una opción importante para el desarrollo sostenible y eficiente de los sistemas de producción animal (González--Vázquez et al., 2020), ya que estos constituyen una fuente de proteína a bajo costo para los animales, lo que posibilita un adecuado desempeño productivo de los animales y mejores retornos económicos para el productor (Sánchez et al., 2018).

En la producción del cacao, desde el punto de vista económico, la semilla representa solo el 10 % del peso del fruto

fresco; el resto [90 %] genera problemas ambientales como malos olores, contaminación de fuentes hídricas y daños al ecosistema, debido a la inadecuada disposición final de los residuos que se generan. En este sentido, y en busca de ofrecer un manejo adecuado a estos residuos de la industria cacaotera y de

identificar alternativas de suplementación alimenticia para bovinos, el objetivo del presente trabajo fue investigar el efecto de un suplemento a base de cascarilla de cacao sobre la producción y calidad de la leche de vacas mestizas en pasturas tropicales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La presente investigación se llevó a cabo en la finca Manantial [ubicada en el municipio de Saravena, Arauca] entre septiembre y noviembre de 2021, con una duración de 74 días [14 días de adaptación y 60 días experimentales]. Esta área presenta una altitud de 250 msnm, 1675,5 mm de precipitación anual, una temperatura promedio de 31 °C y 70 % de humedad relativa.

Animales, diseño experimental y dietas. Para este estudio se emplearon 10 vacas mestizas Pardo x Guzerat multíparas, en segundo tercio de lactancia, con peso corporal y edad inicial promedio de 450 ± 38 kg y 7 años, respectivamente.

Los animales se distribuyeron en un diseño completamente al azar en dos tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: control [no suplementado] y suplementado [2 kg/animal/día]. El suplemento estaba compuesto de cascarilla de cacao, salvado de trigo, grano de maíz molido, melaza, urea, fosfato dicálcico y sal mineralizada [Tabla 1] y se formuló para contener 19 % de proteína bruta [PB]. La cantidad de suplemento administrada buscaba suplir el 20% de PB y el 18 % los de nutrientes digestibles totales [NDT] de una vaca mestiza con peso corporal de 450 kg y una producción de 10 kg/día de leche.

Tabla 1. Composición porcentual del suplemento consumido por los animales durante la etapa experimental.

Ítem	Suplemento
Ingredientes % (alimento base)	
Cascarilla de cacao	25,00
Salvado de trigo	51,00
Grano de maíz molido	19,00

Urea	1,60
Melaza	2,00
Fosfato dicálcico	1,00
Sal mineralizada	0,40

Fuente: autores.

Manejo animal. Los animales se sometieron a 14 días de adaptación a la dieta y 60 días de etapa experimental. Las vacas se alojaron en un área experimental de 8 ha [divididas en 8 potreros cubiertos uniformemente de *Brachiaria humidicola*] provista de comederos individuales y bebederos conjuntos, los animales tuvieron acceso irrestricto a agua y sal mineralizada. Para evitar el efecto de los potreros sobre las variables respuestas, los animales se rotaron cada 3 días entre los potreros. El suplemento se administró diariamente a las 06:00 h, al momento del ordeño matutino de los animales.

Muestras de pasto y suplemento. Para analizar la composición química del pasto se obtuvieron muestras mediante simulación manual de pastoreo cada 15 días. Para evaluar la composición química del suplemento se recolectó una muestra de 500 g al momento de su preparación. Posteriormente, se obtuvo una muestra compuesta de pasto y suplemento, las cuales fueron identificadas y almacenadas para su posterior análisis.

Producción y composición de la leche. Para cuantificar la producción de leche, las vacas se ordeñaron diariamente a las 6:00 h de forma manual y la leche

producida se pesó inmediatamente después del ordeño. La hora exacta en que la vaca se ordeñó fue registrada, y la producción de leche fue calculada para 24 horas de acuerdo con Mageste (2018).

Para evaluar la composición de la leche se colectaron muestras individuales, cada 15 días, de todas las vacas en frascos con una capacidad de 50 ml, usando como conservante dos pastillas de bromopol. Posteriormente, las muestras se llevaron al laboratorio para su posterior análisis.

Procedimientos analíticos. Las muestras de pasto fueron analizadas para materia seca [MS] [secado por 16 h a 105 °C; método INCT-CA número G-003/1] y proteína bruta [PB] [procedimiento Kjeldahl, método INCT-CA número N-001/1]. Las muestras de suplemento también fueron analizadas para materia seca [MS] [secado por 16 h a 105 °C, método INCT-CA número G-003/1], proteína bruta [PB] [procedimiento Kjeldahl, método INCT-CA número N-001/1] para cenizas [combustión completa en mufla a 600 °C por 4 h, método INCT-CA número M-001/1], extracto etéreo [procedimiento Randall, método AOAC de 2003.06 de 2019] y fibra en detergente neutro [FDN] [mé-

todo INCT-CA número F-002/1] de acuerdo con Detmann et al. (2012).

La producción de leche, corregida para el 4 % de grasa, fue calculada de acuerdo con la ecuación descrita por el National Research Council (NRC, 2001):

$$PL4G\% \text{ (kg)} = 0,4 \times (\text{producción de leche}) + [15 \times (\text{grasa en la leche}/100) \times \text{producción de leche}]$$

Las muestras de leche se analizaron para conocer sus niveles de grasa, proteína, lactosa, minerales, sólidos no grasos, sólidos totales y densidad utilizando un espectrofotómetro infrarrojo [Lactoscan Julie C3 Scope Electric].

Análisis estadísticos. Todos los procedimientos se realizaron utilizando el software PROC MIXED de SAS (versión 9.4). La producción de leche total y la producción de leche corregida para el 4% de grasa se analizaron mediante ANOVA, utilizando la prueba *t* de estudiante. El efecto del tratamiento, sobre todas las variables mensuradas, se evaluó de acuerdo con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}, \text{ donde:}$$

Y_{ij} = observaciones del individuo *j* en el tratamiento *i*, μ = media general, T_i = efecto fijo de tratamiento, ϵ_{ij} = error aleatorio [no observable] asociado a cada *j* observación en el tratamiento *i*, asumido como normal e independientemente distribuido. La normalidad de los datos se evaluó utilizando la prueba de Shapiro Wilks y la homocedasticidad a través de la prueba de Lavene.

Todas las variables relacionadas a la composición química de la leche se analizaron de acuerdo con el procedimiento para medidas repetidas en el tiempo, de las cuales el día de colecta la variable repetida. La elección de la estructura de covarianza más adecuada se basó en el valor más bajo del criterio de información de Akaike corregido. Debido a la alta probabilidad de ocurrencia del error tipo II, se adoptó un $\alpha = 0,05$.

Análisis económico. Para realizar el análisis económico, se utilizó la técnica del presupuesto parcial descrita por Murcia (1985).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presentan algunas características nutricionales del pasto y del suplemento consumido por los animales durante el periodo experimental. El contenido de PB de pasto fue inferior al

contenido de PB del suplemento [7.37 y 18,50 % de PB en la MS, respectivamente], lo cual era de esperarse debido a que el suplemento se formuló para tener un 19 % de PB.



Tabla 2. Composición química del suplemento y pasto consumido por los animales durante el experimento.

Ítem	Suplemento	<i>B. humidícola</i>
Materia seca (%)	94,85	88,12
Materia orgánica (% de la MS)	90,92	-
Proteína bruta (% de la MS)	18,50	7,37
Extracto etéreo (% de la MS)	2,00	-
Carbohidratos no fibrosos ¹ (% de la MS)	42,12	-
Fibra en detergente neutro (% de la MS)	28,30	-
Materia mineral (% de la MS)	9,08	-

$${}^1\text{CNF} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{FDN} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

Fuente: autores.

La suplementación a base de cascarilla de cacao incrementó [$p < 0,05$] la producción de leche total y la producción de leche corregida para el 4 % de grasa en los animales, con respecto al grupo control (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de la suplementación sobre la producción de leche de vacas mestizas en pastoreo.

Ítem	Tratamientos		DE	Valor- P^1
	Control	Suplementado		
<i>kg/día</i>				
Producción de Leche	8,47	11,68	0,699	0,011
Producción de Leche _{4G%}	7,39	10,98	0,612	0,003

Producción de Leche_{4G%}: Producción de leche corregida para el 4 % de grasa.

¹Significancia mediante la prueba t de estudiante.

Fuente: autores.

Estudios en bovinos alimentados con pasto, en condiciones tropicales (Lazarini et al., 2009; Sampaio et al., 2010; Souza et al., 2010), indican que la suplementación con proteína o proteína-energía puede elevar el contenido de PB de la dieta a un nivel próximo del 10 % en la MS, aumentando el consumo de

forraje. Después de este nivel de PB en la dieta [10 % PB en la MS], los requerimientos de compuestos nitrogenados de los microorganismos ruminales son atendidos por la degradación del forraje (Sampaio et al., 2010). Sin embargo, el contenido de PB del forraje consumido por los animales fue inferior al 10 % de PB en la MS, lo que posiblemente pudo ocasionar una menor degradación del forraje y, consecuentemente, menor consumo de MS por parte de los animales del grupo control.

Siguiendo este raciocinio, es posible que el suministro de suplemento resultara en un mayor aporte de nutrientes fundamentales para la síntesis de componentes en la glándula mamaria, promoviendo el aumento de la producción de leche y de la producción de leche corregida para el 4% de grasa de los animales, con relación a los animales del grupo control (Tabla 3). Resultados similares son reportados por Silva et al. (2017), Teixeira et al. (2019) y Lima et al. (2021), quienes evidenciaron un aumento de la producción de leche con el

suministro de diferentes tipos de suplementos energético-proteicos en vacas de leche, en condiciones tropicales.

En este estudio se verificó la interacción [$p < 0,05$] entre los tratamientos y los tiempos de colecta sobre la concentración de grasa, proteína, sólidos no grasos, minerales, sólidos grasos y densidad de la leche [Tabla 4]. El estudio de este efecto indica que la concentración de grasa [Figura 1], proteína [Figura 2], sólidos no grasos [Figura 5], sólidos totales [Figura 6] y densidad de la leche [Figura 7] solo aumentaron con el suministro del suplemento a base de cascari-lla de cacao. Adicionalmente, se observó un aumento de la concentración [$p < 0,05$] de lactosa y minerales en la leche con la suplementación a base de cascari-lla de cacao [Tabla 4]. Finalmente, se evidenció un efecto de los tiempos de colecta [$p < 0,05$] sobre la concentración de la lactosa y minerales [Tabla 4], de modo que sus concentraciones aumentaron a partir de la primera colecta [Fig. 3 y Fig. 4, respectivamente].

Tabla 4. Efecto de la suplementación sobre la composición química de la leche de vacas mestizas en pastoreo.

Ítem	Tratamientos		DE	Valor- P^1		
	Control	Suplementado		Trat	Col	Trat x Col
Grasa (%)	3,15	3,60	0,021	<0,001	<0,001	<0,001
Proteína (%)	2,84	3,09	0,034	<0,001	0,001	0,031
Lactosa (%)	4,26	4,57	0,045	0,001	0,004	0,105
Minerales (%)	0,64	0,69	0,006	<0,001	0,002	0,077
Sólidos no grasos (%)	7,50	8,38	0,087	<0,001	<0,001	0,002

Sólidos totales (%)	11,29	12,68	0,108	<0,001	<0,001	<0,001
Densidad (g/mL)	29,36	31,99	0,313	<0,001	<0,001	<0,001

¹**Trat:** efecto del tratamiento, **Col:** efecto de los días de colectas (se realizaron 4 colectas), **Trat x Col:** efecto de interacción entre tratamiento y días de colecta. Fuente: autores.

La composición de la leche puede ser influenciada por la dieta proporcionada a los animales. Según Wittwer (2000), los constituyentes de la leche que pueden modificarse de mayor a menor proporción son la grasa, proteína y lactosa. Así, la mayor concentración de grasa en la leche para los animales suplementados [Tabla 4 y Figura 1], con relación al grupo control, puede ser debido a una mayor degradación y consumo de fibra promovido por el suplemento a base de cascarilla de cacao y, consecuentemente, por una mayor producción de acetato a nivel ruminal, siendo este el principal precursor de la grasa en la leche

(Mattos, 2005). En este sentido, Mattos (2005) indica que el porcentaje de grasa en la leche está influenciado por varios factores interrelacionados, como la cantidad y calidad de la fibra, y la relación forraje-concentrado, los cuales afectan la producción de acetato, el cual es el principal precursor de la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria para mantener el contenido graso de la leche. Resultados similares fueron reportados por García et al. (2010), Treptow et al. (2010) y Lima et al, (2021), cuando alimentaron vacas de leche con diferentes tipos de suplementos.

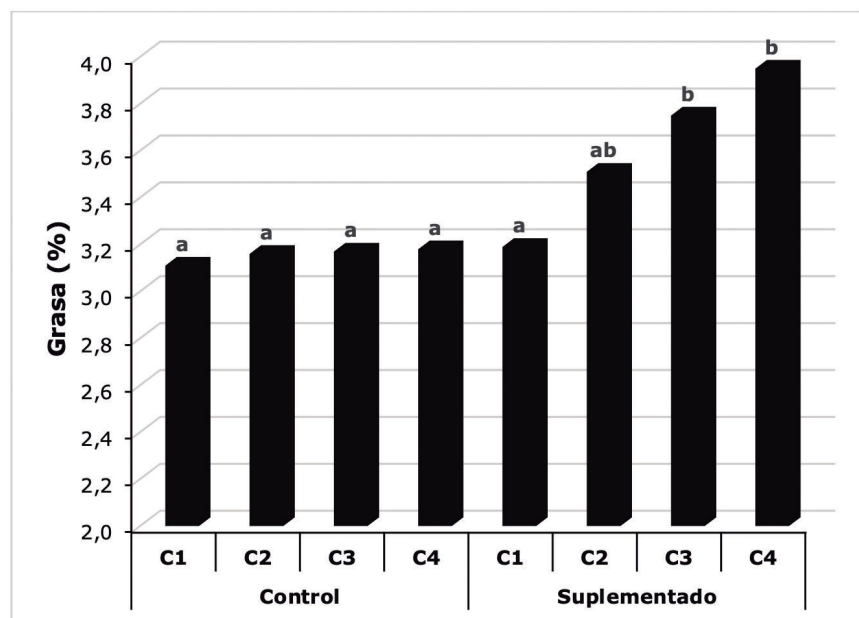


Figura 1. Concentración de grasa en la leche de los diferentes tratamientos de acuerdo con los días de colecta. **Fuente:** autores.

La mayor concentración de proteína en la leche observada en vacas suplementadas [Tabla 4 y Figura 2] puede ser debido a un mayor consumo de PB y CNF promovido por el suplemento, el cual presenta mayor concentración de estos nutrientes en comparación con el pasto [Tabla 2]. Se puede inferir que este comportamiento promueve posiblemente mayor suministro de sustratos esenciales para el crecimiento de los microorganismos ruminales y, consecuentemente, una mayor producción de proteína microbiana. De acuerdo con Mattos (2005), la excreción de proteína en la leche depende del flujo de proteínas en el intestino delgado, siendo la proteína microbiana la principal fuente de proteína para el intestino delgado.

Según Mattos (2005), la principal forma de aumentar la síntesis de proteína de la leche es maximizar la producción de proteína microbiana. Así, cuantos más aminoácidos se absorban a nivel intestinal, más sustrato habrá para la síntesis de caseínas y proteínas de la leche. Resultados similares a los obtenidos en este estudio fueron reportados por García et al. (2010), Teixeira et al. (2019) y Lima et al. (2021), sin embargo, Guimarães et al. (2014) y Silva et al. (2017), no observaron diferencia en la concentración de proteína en la leche cuando utilizaron diferentes tipos de suplementos con relación al grupo control.

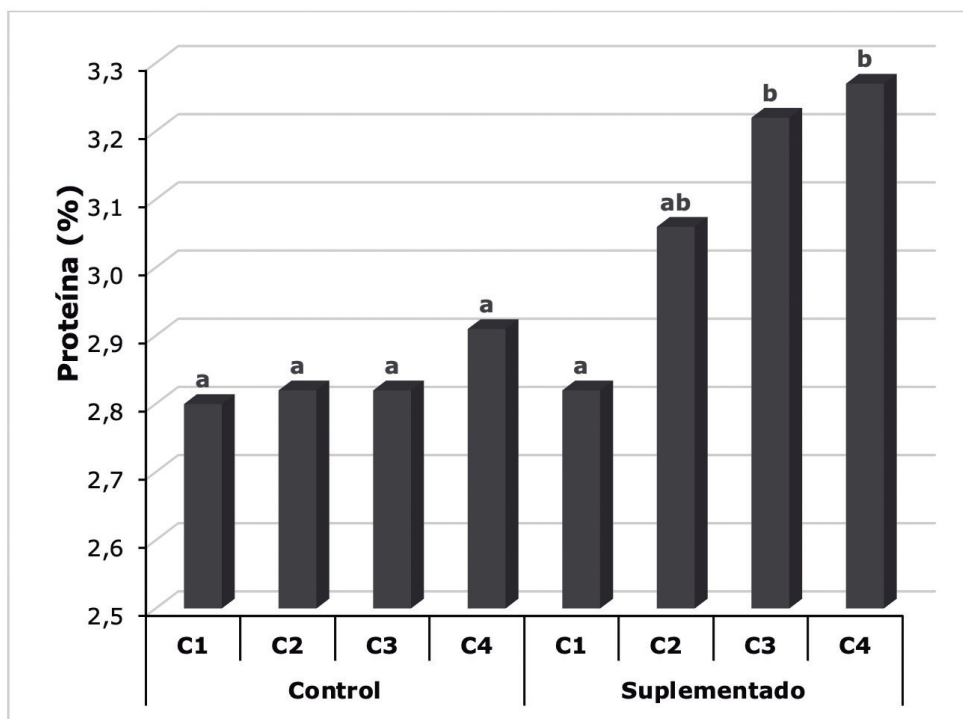


Figura 2. Concentración de proteína en la leche de los diferentes tratamientos de acuerdo con los días de colecta. Fuente: autores.

La lactosa es uno de los componentes más estables de la leche, aproximadamente el 5 % (Brito et al., 2007), sin embargo, las mayores concentraciones de lactosa en la leche de vacas suplementadas [Tabla 4 y Fig. 3] puede estar relacionada posiblemente con el mayor consumo de CNF a partir del suplemento, lo que resulta en una mayor cantidad de sustrato para la producción de propio-nato en el rumen y, consecuentemente,

en un aumento de la disponibilidad de glucosa en la glándula mamaria (NRC, 2001), así como una mayor síntesis de lactosa (Reis et al., 2000). Treptow et al. (2010), Silva et al. (2017) y Lima et al. (2021) también observaron un aumento en la concentración de lactosa en la leche de vacas en pastoreo suplementadas con concentrados proteicos y energético-proteicos.

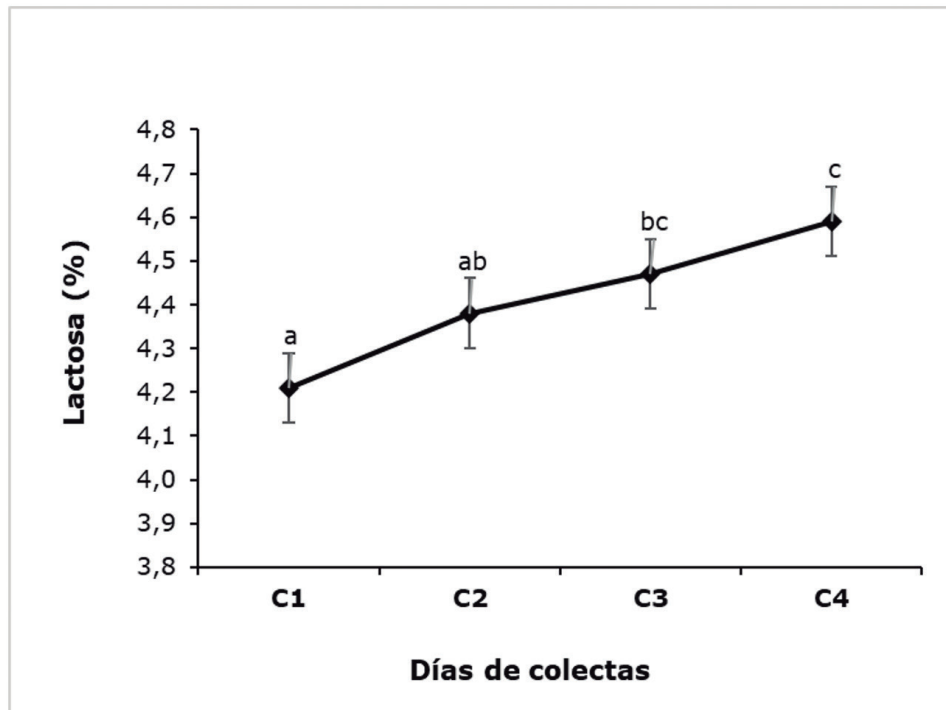


Figura 3. Concentración de lactosa en la leche durante el periodo experimental para ambos tratamientos de acuerdo con los días de colectas. Medias seguidas de letras diferentes difieren [$P < 0,05$]. **Fuente:** autores.

La excreción de minerales está relacionada positivamente con el consumo de estos. En este contexto, la mayor concentración de minerales en la leche de vacas de ambos tratamientos, al final

del experimento, puede estar asociada a un mayor consumo de minerales, debido al aporte adicional de estos por el suplemento a base de cascarilla de cacao [Tabla 2 y Fig. 4].

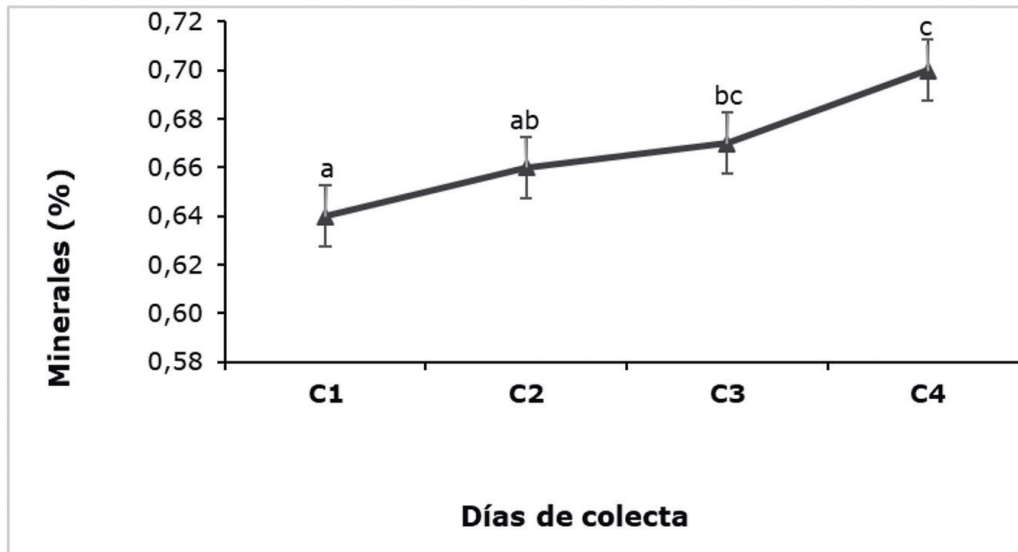


Figura 4. Concentración de minerales en la leche durante el periodo experimental para ambos tratamientos de acuerdo con los días de colectas. Medias seguidas de letras diferentes difieren [$P < 0,05$]. **Fuente de consulta:** autores.

Las mayores concentraciones de grasa, proteína y lactosa en la leche de vacas suplementadas promovieron mayor concentración de sólidos no grasos en

la leche de los animales, en comparación con los del grupo control [Tabla 4 y Figura 5].

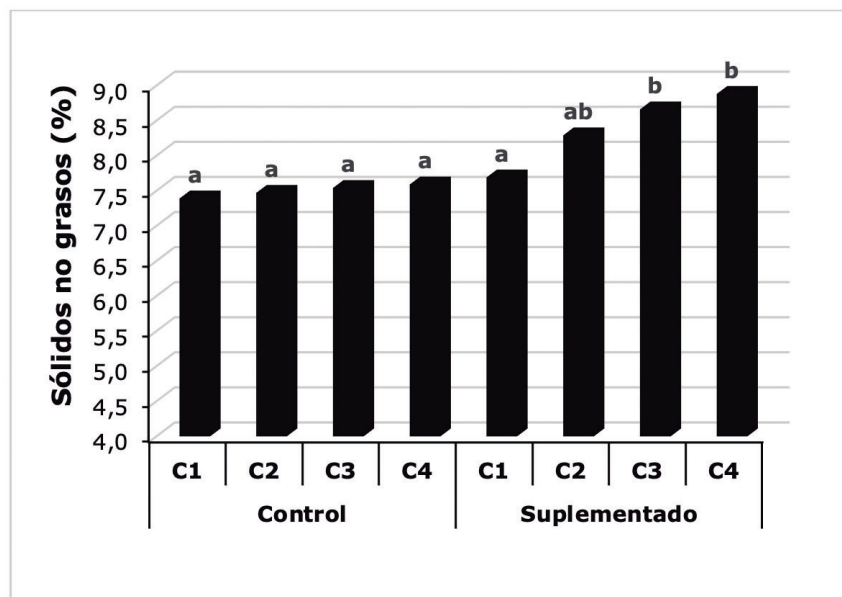


Figura 5. Concentración de sólidos no grasos en la leche de los diferentes tratamientos de acuerdo con los días de colecta. **Fuente:** autores.

El aumento en la concentración de sólidos totales y densidad de la leche en vacas suplementadas a base de cascari-lla de cacao [Fig. 6 y 7] es resultado de la mayor concentración de grasa, pro-

teína, lactosa y minerales en la leche de estos animales [Tabla 4]. Resultados si-milares fueron obtenidos por García et al. (2010), Treptow et al. (2010), Silva et al. (2017) y Lima et al. (2021).

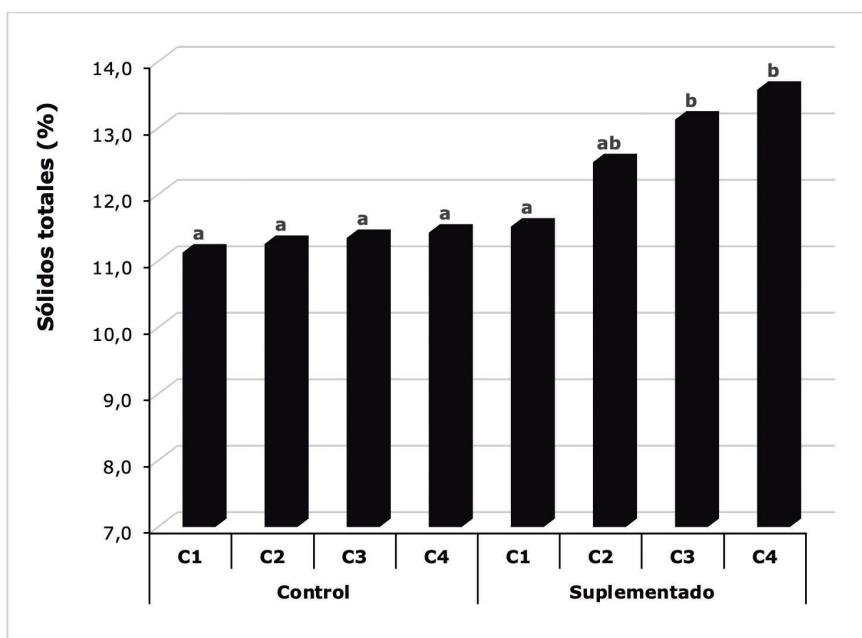


Figura 6. Concentración de sólidos totales en la leche de los diferentes tratamientos de acuerdo con los días de colecta. Fuente de consulta: autores.

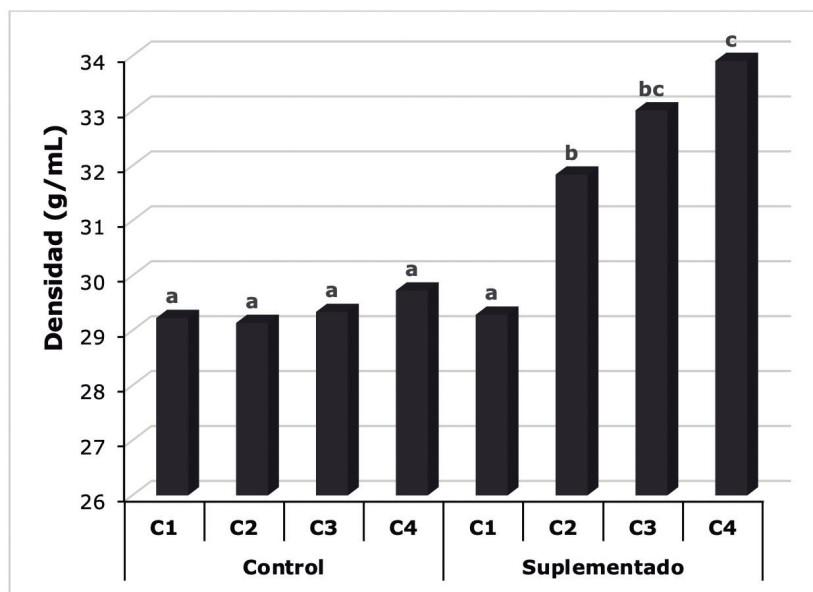


Figura 7. Densidad de la leche de los diferentes tratamientos de acuerdo con los días de colecta. Fuente: autores.

En la tabla 5 se evidencia el análisis económico realizado en este estudio, en el que se tuvo en cuenta la producción total de leche, el precio del kg de leche, el ingreso por venta de leche, el costo de

la suplementación a base de cascarilla de cacao, la relación costo-beneficio de la suplementación considerando el ingreso por venta de la leche y el ingreso neto por cada uno de los tratamientos.

Tabla 5. Análisis económico en función de los diferentes tratamientos.

Variables	Tratamientos	
	Control	Suplementado
Producción total de leche (kg)	8,47	11,68
Precio del kg de leche (USD\$)	0,34	0,34
Ingreso por venta de leche (USD\$)	2,89	3,98
Costo de la suplementación (USD\$)	0,00	0,47
Relación costo de la suplementación con ingreso por venta de la leche (%)	0,00	11,72
Ingreso neto (USD\$)	2,89	3,52

1 dólar americano [USD] equivale a \$ 4 400 colombianos. **Fuente:** autores.

Con relación al análisis económico, se verificó un incremento en la producción de leche con la suplementación de los animales [Tabla 5], obteniendo una diferencia de 3,21 kg/vaca/día con respecto al tratamiento control. Esto resultó en un ingreso adicional por la venta de leche, de las vacas que consumieron el suplemento, de USD\$ 1,09. La relación del costo de la suplementación con los ingresos por venta de leche fue de 11,72 % [Tabla 5]; es decir, el precio del kg de leche fue de USD\$ 0,34, las producciones totales de leche fueron de 8.47 y 11,68 kg/vaca/día y el costo de

la suplementación fue de USD\$ 0.47; teniendo en cuenta estas variables, se generó un ingreso neto por animal de USD\$ 2,89 y USD\$ 3,52 para el grupo control y suplementado, respectivamente. En ese contexto, la suplementación de los animales promovió un ingreso neto adicional de USD\$ 0,63 por animal al día. Lo anterior, evidencia la importancia de alcanzar un equilibrio entre los niveles de producción y los costos de suplementación para aumentar la eficiencia bioeconómica de los sistemas productivos de bovinos de leche.



4. CONCLUSIONES

La suplementación a base de cascarilla de cacao mejora la producción y calidad composicional de la leche de vacas mestizas, alimentadas con pastos *Brachiaria humidicola*, generando unos mayores ingresos netos por la comercialización del producto. Por eso se re-

comienda el uso de la suplementación a base de cascarilla de cacao para las vacas alimentadas de esta manera, ya que este suplemento constituye una alternativa nutricional para disminuir los costos, teniendo en cuenta el valor de los concentrados comerciales.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Primer autor: metodología, investigación, conceptualización, escritura, borrador original. **Segundo autor:** investigación, análisis de datos, escritura, revisión y edición. **Tercer autor:** inves-

tigación, análisis de datos, escritura, revisión y edición. **Cuarto autor:** análisis de datos, revisión y edición. **Quinto autor:** investigación, análisis de datos, escritura, revisión y edición.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los propietarios de la finca El Manantial por permitir el desarrollo de la investigación. De la misma manera,

a los semilleros de investigación NUTRES, SIPAS y SIRAUP de la Universidad de Pamplona por apoyar el desarrollo del trabajo.

LITERATURA CITADA

Brito, M. A., Brito, J. R., Arcuri, E. F., Lange, C. C., Silva, M. R. & Nunes, G. (2007). *Composição do leite*. https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/composicao

Detmann, E., Paulino, M. F., Valadares, S. C. & Huhtanen, P. (2014). Nutritional

aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(4), 2829-2854. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2829>

Detmann, E., Costa, L. F., Cipriano, G., Nobre, M. N. & Pacheco, J. P. (2012). *Métodos para análise de alimentos* (2ª ed.). Editorial UFV.

- Flórez, D. F., Capacho, A. E., Quintero, S. M. y Báez, P. (2019). Efecto de la suplementación con ensilaje de Naranja sobre la composición de la leche bovina. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(2), 71-79. <https://doi.org/10.22490/21456453.2974>
- García, G. A. G., Reis, R. B., Pereira, A. B. D., Saturnino, H. M., & Coelho, S. G. (2010). Produção e composição do leite de vacas em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) suplementado com diferentes fontes de carboidratos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62(4), 875-882. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000400017>
- González-Vázquez, A., Ponce-Figueroa, L., Alcivar-Cobeña, J., Valverde-Lucio, Y. & Gabriel-Ortega, J. (2020). Suplementación alimenticia con promotores de crecimiento en pollos de engorde Cobb 500. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 7(1), 3-16. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2020.070100003>
- Guimarães, A., Souza, V., de Arruda, G. R., dos Santos, D. C., Oliveira, F. L., Santana, J. A. & Silva, J. S. (2014). Desempenho de vacas leiteiras sob pastejo suplementadas com níveis de concentrado e proteína bruta. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(6), 3287-3304. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p3287>
- Lazzarini, I., Detmann, E., Batista, C., Paulino, M. P., Valadares, S. C., de Souza, M. A. & Albani, F. (2009). Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(10), 2021-2030. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001000024>
- Lima, T. M. R., Ruas, J. R. M., Gomes, V. M., Rocha, V. R., Monção, F. P., Silva, C. B., Rigueira, J. P. S., Carvalho, C. C. S., Sales, E. C. J., Rufino, L. D. A., Silva, E. A., Queiroz, D. S. & Alencar, A. M. S. (2021). Effect of protein supplementation on yield and milk composition of F1 Holstein x Zebu cows kept in deferred pasture of brachiaria grass. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 73(2), 477-486. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12090>
- Mageste, D. A., Marcondes, M. I., Navajas, L., Vieira, L., Avelino, H., Soares, L., Contreras, D. E., Velez, F., Castaño, F. A., Acevedo, M., Maza, R., Garces, J. E., Neves, V. L. & Fonseca, M. P. (2018). Estimation of daily milk yield of Nellore cows grazing tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*, 50(8), 1771-1777. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1617-4>
- Mattos, W. (2005). Influência da nutrição sobre a composição de sólidos totais no leite [Conferencia]. *V Simpósio sobre bovinocultura leiteira*, São Paulo, Brasil.
- Murcia, H. (1985). *Administración de empresas asociativas de producción agropecuaria*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- National Research Council [NRC]. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* [7^a ed.]. National Academies Press.
- Reis, R. B., San Emeterio, F., Combs, D. K., Satter, L. D. & Costa, H. N. (2001). Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows



- fed direct-cut grass-legume forage. *Journal of Dairy Science*, 84, 429-441. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74493-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74493-1)
- Sampaio, C. B., Detmann, E., Paulino, M. F., Valadares, S. C., de Souza, M. A., Lazzarini, I., Rodrigues, P. V. & de Queiroz, A. C. (2010). Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Tropical Animal Health and Production*, 42(7), 1471-1479. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9581-7>
- Sánchez, V., Ahmed, E., Yépez, M., Mosquera, C., Arizaga, R. & Cadena, N. (2018). Elaboración de alimento balanceado para pollo broiler a base de subproductos de cacao (cáscara, cascarilla y placenta). *Espirales: revista multidisciplinaria de investigación*, 2(13), 105-113. <https://www.revistaespirales.com/index.php/es/article/view/173/115>
- Silva, J. A., Miranda, C. G., de Paula, D. P., de Paula, N. F., da Silva, A. P., Gomes, B., da Costa, W. S., Bianchi-Zanette, I. E., Viana, R. & Weich, R. (2017). Supplementation strategies for dairy cows kept in tropical grass pastures. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(1), 401-416. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445749994032>
- Souza, M. A., Detmann, E., Paulino, M. F., Sampaio, C. B., Lazzarini, I., Valadares, S. C. (2010). Intake, digestibility, and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/ or starch. *Tropical Animal Health and Production*, 42(6), 1299-1310. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9566-6>
- Teixeira, R. M. A., Martins, J. M., Silva, N. G., Silva, E. A., Fernandes, L. O., Oliveira, A. S., Salvador, F. M. & Faria, D. J. G. (2019). Suplementação proteica de vacas leiteiras mantidas em pastagem de Tifton 85 durante o período de seca. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71(3), 1027-1036. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9805>
- Treptow, L., Fischer, V., Balbinotti, M., Rocha, M. E., Stumpf, W. & Manzke, N. (2010). Fornecimento de suplementos com diferentes níveis de energia e proteína para vacas Jersey e seus efeitos sobre a instabilidade do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(12), 2724-2730. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001200024>
- Wittwer, F. (2000). Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia. En F. H. D. Gonzalez, J. Barcellos, H. Ospina & L. A. Ribeiro (Eds.) *Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais* (9-22). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.



Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.