




Suplementación mineral estratégica en bovinos doble propósito de tres unidades de producción de Venezuela

Strategic mineral supplementation in dual-purpose cattle from three production units in Venezuela

Gustavo Nouel-Borges^{1,2*} ; Alexander Rincón-Gutierrez² ; Juan Pablo Moyeda Rincón² .

¹Academia Nacional de Ingeniería y del Hábitat de Venezuela, Caracas, Venezuela.

²Centro Agroindustrial Perijá CA; Villa del Rosario de Perijá, Zulia, Venezuela.

*Correspondencia: genouelb@yahoo.es

Recepción: julio 2025 | Aprobación: diciembre 2025 | Publicación: febrero 2026

RESUMEN

Se caracterizó la forma en la que los productores ofrecen los minerales a sus rebaños y por otra parte se diseñó un suplemento mineral adaptado a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, plantas y requerimientos de vacas lecheras doble propósito para la localidad de la Villa del Rosario de Perijá, estado Zulia, Venezuela, con el fin de evaluar el efecto de dicho suplemento sobre la producción láctea, recuperación del celo y relación beneficio-coste del uso de la práctica cuando se le compara con el manejo tradicional de las fincas evaluadas. Se evaluaron tres fincas, dos con pasto guinea y una con pasto humidicola, con tres lotes de vacas homogéneos en el segundo tercio de la lactancia, usando la mitad para el manejo de la finca y la otra mitad para el propuesto, se pesó semanal la leche por vaca y se palpó el rebaño cada 21 días, el ensayo duró 42 días. La suplementación mineral estratégica significó un incremento general promedio de 0,859 l/vaca/día con respecto al desempeño promedio inicial del manejo de las fincas. Los nuevos celos, respecto al manejo actual de las dos fincas evaluadas fueron 16,46% más que los logrados con el manejo tradicional. La relación beneficio costo de la suplementación estratégica deja libre por vaca, cada 21 días un total de 3,05 USD (0,17 USD/litro extra de leche producido), con un costo de suplementación de 0,32 USD/litro extra producido (5,79 USD/celo), para un margen bruto de renta de la práctica del 52,7%.

Palabras clave: Bovinos lecheros doble propósito; suplementación mineral estratégica; pastoreo rotativo.

ABSTRACT

The way in which producers provide minerals to their herds was characterized, and a mineral supplement was designed adapted to the availability of nutrients in the soil, plants, and requirements of dual-purpose dairy cows for the town of Villa del Rosario de Perijá, Zulia state, Venezuela, in order to evaluate the effect of said supplement on milk production, heat recovery, and the benefit-cost ratio of using the practice when compared to traditional management of the evaluated farms. Three farms were evaluated, two with guinea grass and one with humidicola grass, with three homogeneous batches of cows in the second third of lactation, using half for farm management and the other half for the proposed management. Milk per cow was weighed weekly and the herd was palpated every 21 days, the trial lasted 42 days. Strategic mineral supplementation meant an average overall increase of 0.859 l/cow/day with respect to the initial average performance of farm management. The new heats, compared to the current management of the two farms evaluated, were 16.46% higher than those achieved with traditional management. The benefit-cost ratio of strategic supplementation results in a total of USD 3.05 (USD 0.17/extra liter of milk produced) per cow every 21 days, with a supplementation cost of USD 0.32/extra liter produced (USD 5.79/heat), for a gross profit margin of 52.7%.

Keywords: Dual-purpose dairy cattle; strategic mineral supplementation; rotational grazing.

Como citar (Vancouver).

Cabeza J, Alvarado PP, Vera CJ, Intriago MH. Prevalencia de Fasciola hepática en bovinos faenados en Ecuador. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2026; 18(1):e1147. <https://doi.org/10.24188/recia.v18.n1.2026.1147>

INTRODUCCIÓN

Las zonas tropicales de América tienen una amplia variabilidad de suelos y sobre ellas igualmente crecen una amplia variedad de forrajeras, y Venezuela no escapa a ello (1,2); frecuentemente los sistemas ganaderos se establecen en suelos de mediana a baja fertilidad natural, ya que los de mayor disponibilidad de nutrientes se dedican a cultivos más rendidores o en menor cuantía a sistemas ganaderos intensivos que justifican con producción elevada por hectárea el uso de tierras más fértiles (3,4,5). La mediana a baja fertilidad, y en especial los suelos más ácidos, generalmente presentan deficiencias en macro y micro minerales, conduciendo a plantas, que crecen sobre dichos suelos, a tener deficiencias de dichos minerales, y cuando los suelos reciben fertilización, generalmente es con nitrógeno, fósforo y potasio y la menor de las veces con magnesio y azufre (2,4,5), son pocas las fertilizaciones con micro elementos; de modo que los forrajes serán un reflejo nutricional de los nutrientes que se encuentran en el suelo y esas deficiencias, de existir, estará en la biomasa forrajera. Siendo la base forrajera gramínea el mayor componente de la dieta de rumiantes a pastoreo en el trópico, la disponibilidad de estos nutrientes será una limitante para el desempeño productivo y reproductivo de los rebaños, en especial de los dedicados al doble propósito (carne-leche) (2,4,5,6,7).

Actualmente se promueve una ganadería con nutrición inteligente, donde se ofrezcan los nutrientes necesarios para el animal y la dosis requerida y con un mínimo de desperdicios que lleguen al ambiente, vías excretas animales o rechazo del suplemento, buscando mejorar el aprovechamiento de los forrajes y minimizar la producción de gases efecto invernadero por deficiencias en durante el proceso de fermentación y degradación ruminal (2,7,8,9). Por estas razones se decidió caracterizar la forma en la que los productores ofrecen los minerales a sus rebaños y por otra parte se diseñó un suplemento mineral adaptado a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, plantas y requerimientos de vacas lecheras doble propósito para la localidad de la Villa del Rosario de Perijá, estado Zulia, Venezuela, con el fin de evaluar el efecto de dicho suplemento sobre la producción láctea, actividad reproductiva y relación beneficio-costado del uso de la práctica cuando se le compara con el manejo tradicional de las fincas evaluadas, durante la época de transición entre la temporada seca y el inicio de la época de lluvias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para caracterizar la suplementación mineral local, que ofrecen los miembros de una Asociación de productores en la Villa del Rosario de Perijá, se aplicó un instrumento en forma voluntaria a 66 socios de la misma (55% del total de 120 socios) en la sede de la Asociación, realizando doce preguntas para conocer el proceso y características de dicha práctica, a saber: ¿Ofrece Mineral si/no?, ¿Qué es una mezcla mineral?, Para usted, ¿qué es un suplemento mineral de buena calidad?, ¿Cuál presentación mineral ofrece a sus animales?, ¿De qué manera ofrece el suplemento mineral a su rebaño?, ¿Con qué frecuencia ofrece suplementos minerales a su rebaño?, ¿Suplementa por tipo y/o nivel de producción a sus animales?, ¿A qué grupo etario proporciona suplementación mineral?, ¿Cómo elige los suplementos minerales que utiliza?, ¿De tener un suplemento mineral que mejore la eficiencia consideraría usted utilizarlo en su rebaño?, ¿Qué beneficios busca obtener al proporcionar suplementos minerales a sus animales?, ¿Ha experimentado problemas relacionados con el uso de suplementos minerales?. Luego de analizada la información de la encuesta se invitó a los productores de leche de doble propósito a evaluar en su unidad de producción un producto mineral diseñado estratégicamente para satisfacer los requerimientos mínimos del rebaño local y complementar el aprovechamiento de la dieta (fundamentalmente de forraje a pastoreo rotativo) al menos 12 propietarios manifestaron interés y de ellos fueron seleccionados tres con características representativas de dos tipos de suelos y manejos contrastantes y mestizajes semejantes de la localidad.

Para evaluar el efecto de la suplementación estratégica sobre la producción láctea, actividad reproductiva y relación beneficio-costado del uso de la práctica cuando se le compara con el manejo tradicional de las fincas evaluadas. Las fincas, por análisis suministrados por los propietarios tienen suelos (0-30 cm de profundidad) con clases texturales de areno francosa a franco arenosa, pH de 4,5 a 5,4, contenido de carbono orgánico de 0,33 a 0,88 %, calcio de 2,4 a 3,4 meq/100g, magnesio de 1,6 a 2,1 meq/100g, sodio 0,05 meq/100g, capacidad de intercambio catiónico de 7,8 a 16 meq/100 g y H⁺Al 2,85 a 12 meq/100g. Se diseñó un suplemento mineral (SupMinEst, Tabla 1) adaptado a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, plantas y requerimientos de vacas lecheras doble propósito para la localidad de la Villa del Rosario de Perijá, estado Zulia, Venezuela, para ello se fijó como media una producción diaria de 8 litros por día (media de las tres unidades de producción antes del ensayo) con una composición de la leche de 4% de grasa y 3,7 % proteínas, con un peso promedio de las vacas de 417±38,5 kg y una media de 400 metros entre la sala de ordeño y los potreros, como información para la estimación de requerimientos de minerales usando las tablas de Valadares et al (10) para ganado mestizo *Bos indicus* x *B. taurus* en condiciones tropicales de Brasil, con el fin de satisfacer el 80% de los requerimientos de macronutrientes y el 100% de los micronutrientes usando en la mezcla de minerales los siguientes ingredientes: sal común, fosfato mono

cálcico, harina de carne-hueso esterilizada, roca fosfórica, cal dolomítica, sulfato de cobre, cama de pollos esterilizada, sulfato de zinc, selenito de sodio y grasa animal (formula alto en grasa) (Tabla 1).

Tabla 1. Composición del suplemento mineral estratégico evaluado.

Table 1. Composition of the strategic mineral supplement evaluated.

% EE	% PC	% Ca	% P biodisponible	% Mg	% K	% Na	Zn ppm	Cu ppm	Se ppm	Co ppm
3,9	6,4	10,7	6,2	0,7	0,5	7,6	65	52	8	9

El %EE en el suplemento mineral estratégico alto en grasa fue 19,7 y los minerales igual al normal (sin grasa añadida).

The %EE in the high-fat strategic mineral supplement was 19.7 and the minerals were equal to normal (without added fat).

Selección de los lotes de animales. Los animales seleccionados, de sus registros en cada finca, estaban dentro del tercio medio de la lactancia (120 a 145 días en lactación), los números de los animales fueron identificados y agrupados con la cantidad de partos de partos que tenían, y al azar fueron distribuidos aleatoriamente dentro de los dos grupos a ser evaluados en cada unidad de producción, el número de partos vario entre 1 y 6 (11). Los animales de las tres unidades de producción se pueden ubicar entre lo que se conoce como mosaico Perijanero que fluctúa entre $\frac{3}{8}$ y $\frac{5}{8}$ de razas *Bos taurus* (Holstein rojo, Pardo Suizo, Carora y Criollo Limonero principalmente) $\frac{5}{8}$ y $\frac{3}{8}$ de razas *Bos indicus* (Brahman rojo, Guzerat y Gyr principalmente). Los experimentos comenzaron con tres días de diferencia para las Fincas AB (I) y AR (II) y con una semana de diferencia para la Finca YB (III), todos duraron 42 días c/u.

Alimentación de los animales. Manejo Finca AB (I). Fueron Utilizadas 52 vacas doble propósito del rebaño AB, al azar 25 vacas para recibir 250 gramos por día/vaca de mineral para Vaca Doble Propósito mezclados con nepe de maíz (manejo de la finca) y 27 vacas para recibir el manejo de la finca (nepe de maíz, mineral comercial y otros componentes), el ensayo tuvo una duración de 42 días.

Manejo Finca AR (II). Fueron Utilizadas 40 vacas doble propósito del rebaño de AR, al azar 20 vacas para recibir 250 gramos por día/vaca de mineral para Vaca Doble Propósito mezclados con nepe de maíz (manejo de la finca) y 20 vacas para recibir el manejo de la finca (nepe, mineral comercial), el ensayo tuvo una duración de 42 días.

Manejo Finca YB (III). Fueron Utilizadas 30 vacas doble propósito tendiente a leche del rebaño YB, al azar 15 vacas para recibir 300 gramos por día/vaca de mineral para Vaca Doble Propósito Alto en Grasas (es igual al mineral doble propósito pero con 20% de grasa) mezclados con harina de maíz (2,13 kg de nepe de maíz, manejo de la finca) y 15 vacas para recibir el manejo de la finca (2,13 kg/vaca/día, nepe de maíz, 66 gr/vaca/d grasa sobre pasante, 66 g/vaca/d soya, 80 g/vaca/d mineral comercial), el ensayo tuvo una duración de 42 días.

Todos los pesajes de leche fueron semanales e individuales sobre animales debidamente identificados en cada uno de los grupos control de cada unidad de producción y los correspondientes a los tratamientos propuestos (11). La disponibilidad de forrajes en los potreros, donde pastaban juntos animales con o sin tratamiento, se evaluó cada vez que se rotaron dentro de los ciclos de rotación de cada unidad de producción, que varió de 35 a 40 días de descanso en cada caso, disponiendo de pasto *Brachiaria Humidicola* (*Urochloa.-Brachiaria.- humidicola*) para la finca I y Guinea para las fincas II y III (*Megathyrus.-Panicum.- maximum*) usando el método del transepto en zigzag (12, 13).

Determinaciones analíticas. Las muestras fueron recolectadas, almacenadas en bolsas de cierre hermético, mantenidas en cavas con hielo y llevadas al laboratorio para su deshidratación a 55°C y 105 °C respectivamente. Se realizó el análisis de nutrientes en forrajes por los métodos del AOAC (14) para materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas, materia orgánica (MO) y micro elementos minerales se hizo por espectrometría de absorción atómica; Van Soest et al (15) para pared celular (fibra insoluble en detergente neutro, FIDN).

Análisis estadísticos. Los datos fueron tabulados en hojas Excel y luego analizados para la varianza y separación de medias usando el software Statistix for Windows (16) cuando hubo diferencias estadísticas significativas o altamente significativas ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.01$).

RESULTADOS

De la encuesta, luego de procesada, un 95% de los productores manifiestan usar minerales y un 5% que no. De la Figura 1, tenemos que apenas un poco más de $\frac{1}{3}$ de los productores ofrece todos los minerales. Ligeramente un poco más de $\frac{1}{4}$ de ellos solo ofrece sal como mineral único, unidos a los que no saben que son macro y micro elementos son casi un tercio de los productores los cuales desconocen la importancia de los minerales en la salud y producción animal.



Figura 1. ¿Qué es Una Mezcla Mineral?
Figure 1. What is a Mineral Mixture?

En la Figura 2, casi la mitad de los productores ofrece la mezcla mineral con melaza, lo cual nos pudiese indicar que los mismos son poco apetecibles o palatables al animal; donde, sumado a los que lo ofrecen con sal común representan $\frac{2}{3}$ de los productores, esto indica cuando una formulación es apetecible y bien consumida sin necesidad de reguladores del consumo; solo un 8% reconoce la importancia del uso de grasas en la alimentación animal.

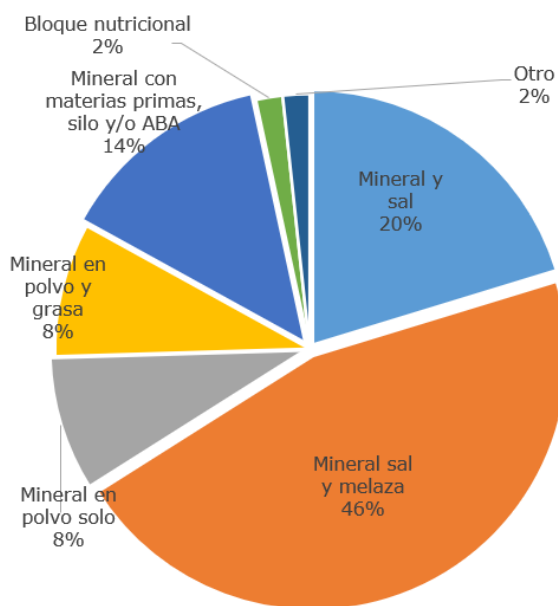


Figura 2. ¿De qué manera ofrece el suplemento mineral a su rebaño?
Figure 2. How does the mineral supplement provide to your flock?

De la Figura 3, solo un 4% usa mineral liquido u oral, el 87% usan mineral en polvo, solo o con otro tipo; el uso de mineral inyectado representa (combinado) un 39% de usuarios, que sea por patologías o asociadas a deficiencias, lo que obliga a su uso, o por mercadeo engañoso, representa una gran oportunidad el poder ofrecer un mineral de calidad que elimine o reduzca significativamente esa práctica, que solo debería ser aplicada como fármaco para tratar patologías de uso obligatorio y durante cortos periodos de tiempo.

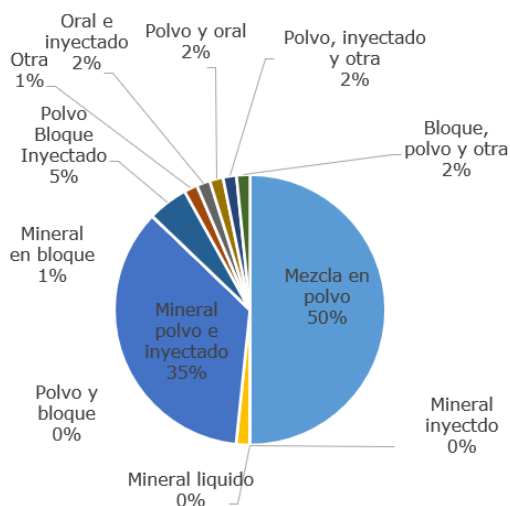


Figura 3. ¿Cuál presentación mineral ofrece a sus animales?
Figure 3. Which mineral presentation do you offer your animals?

De la Figura 4 se aprecia que solo 7 de cada 10 productores saben lo importante de ofrecer mineral todo el año a su rebaño, hay un grupo importante del 30% que no. Se debe demostrar con números que, si usa solo minerales en época seca, está dejando por fuera una época donde es más provechoso para el rebaño, debido a una mayor disponibilidad de forrajes y con ella más capacidad para producir leche y/o recuperar peso y actividad reproductiva. Así mismo, de la Figura 5 solo, un poco menos de la mitad de los productores reconoce todas las bondades que debe tener una buena mezcla mineral; solo un 8% decide por precio.

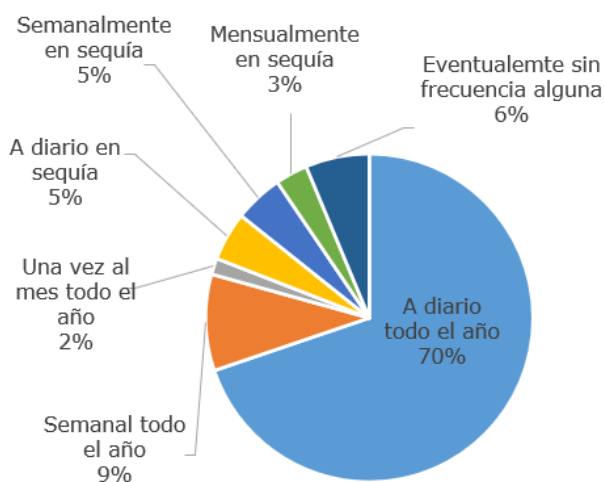


Figura 4. Con qué frecuencia ofrece suplementos minerales a su rebaño?
Figure 4. How often do you offer mineral supplements to your flock?

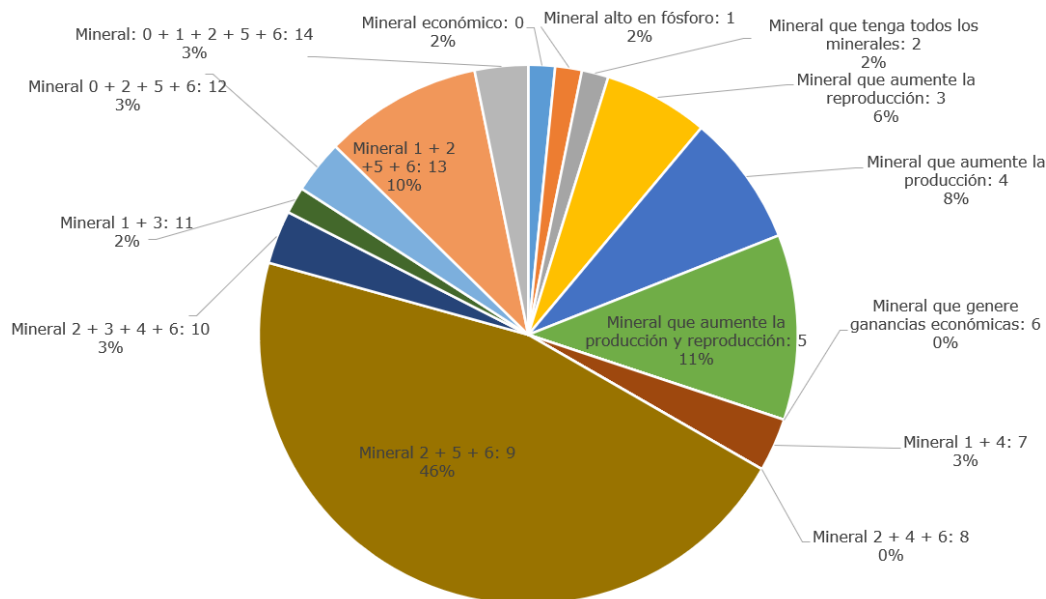


Figura 5. ¿Para usted, qué es un suplemento mineral de buena calidad?
Figure 5. What, for you, is a good quality mineral supplement?

De la Figura 6, de los beneficios esperados del uso de mezclas minerales, la salud y reproducción, solas suman un 51%, de lo que esperan los productores, de modo que se debe enfatizar la importancia de los minerales más allá de ello, en la eficiencia y producción; solo un poco menos de 2/5 asocian a los minerales a producción y la reproducción, y sumado estos, casi la mitad lo asocia a producción. El 62% de los productores encuestados no toma en cuenta tipo de animal y su nivel de producción para suplementar minerales a su rebaño, solo lo hace el resto.

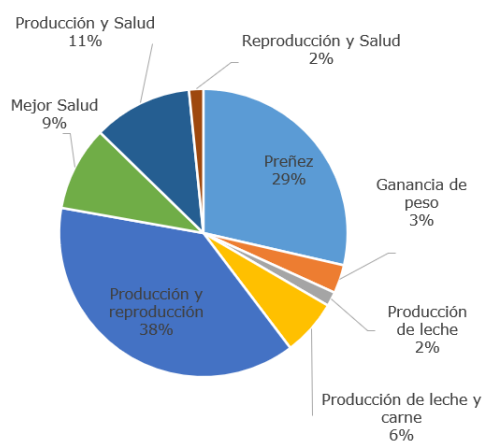


Figura 6. ¿Qué beneficios busca obtener al proporcionar suplementos minerales a sus animales?
Figure 6. What benefits do you seek to obtain by providing mineral supplements to your animals?

En la Figura 7, un 85% de los productores está abierto a la posibilidad de usar un nuevo producto que satisfaga sus expectativas productivas y económicas, y se le sumaría otro 13% si no es más caro que el usado comúnmente, por lo cual se percibe un nivel importante de insatisfacción con los minerales disponibles y usados no se sabe ¿qué es todo para ellos?, en el mercado actual.

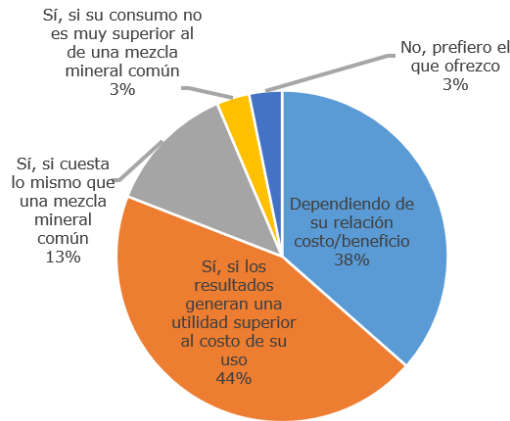


Figura 7. ¿De tener un suplemento mineral que mejore la eficiencia consideraría usted utilizarlo en su rebaño?
Figure 7. If you had a mineral supplement that improved efficiency, would you consider using it in your herd?

De la Figura 8, solo 7% neto del 30% que suplementa por tipos particulares de lotes de animales, reconoce la importancia de suplementar becerros; un grupo mayoritario dice suplementar a todos, lo que también se ratifica la importancia de un mineral específico para vacas.

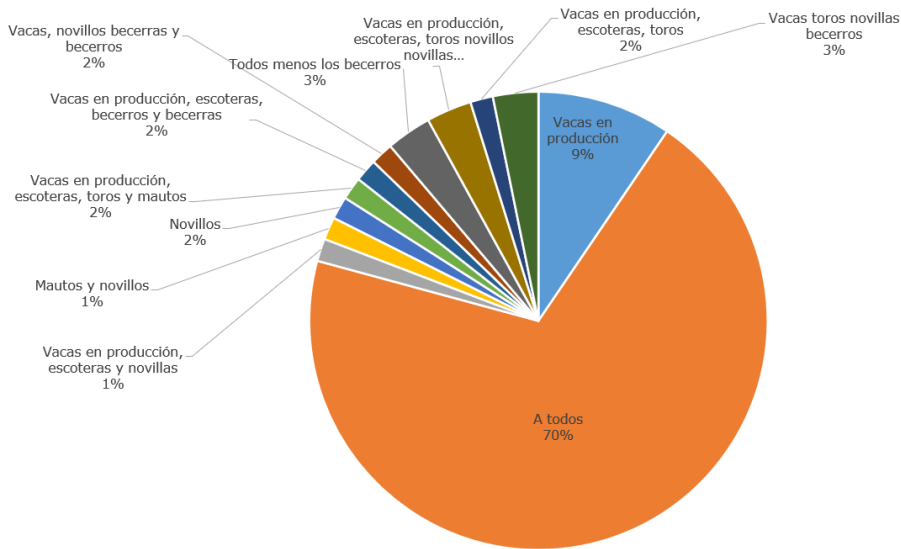


Figura 8. ¿A qué grupo etario proporciona suplementación mineral?
Figure 8. Which age group does it provide mineral supplementation to?

De la Figura 9, un 47% se deja guiar de un profesional para usar un mineral, un 39 % es fiel a un buen mineral que corroboró con sus resultados, un 22% se deja guiar por el “boca a boca” de los que ha usado un mineral, de modo que los testimoniales son una buena herramienta de mercado junto al ganadero fidelizado, el 22% cree en marcas, lo cual indica que no hay tantas marcas que atraigan y fidelicen a sus clientes con atención, calidad y/o precio. Un 19% de los encuestados manifiesta haber experimentado problemas con uso de algún mineral en algún momento, el restante no; casi 1 de 5, es una cifra importante de efectos negativos o inesperados del uso de minerales, pudiendo estar relacionados con contaminaciones con metales pesados, o por baja biodisponibilidad de las materias primas empleadas, o por interacciones negativas entre minerales según su forma de presentación química.

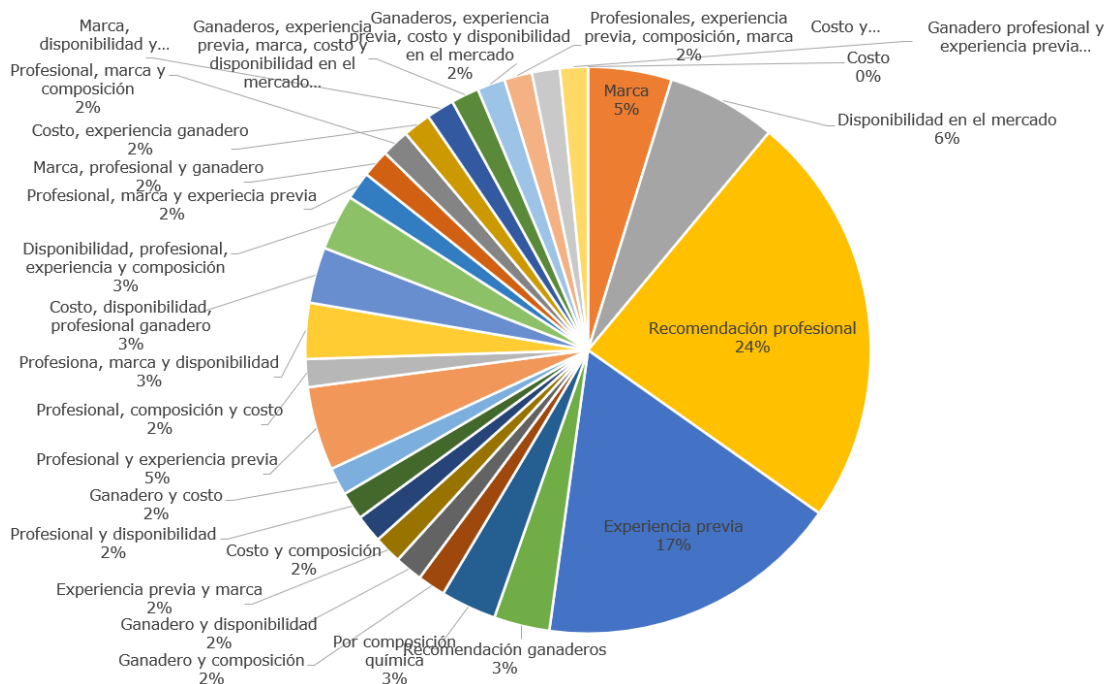


Figura 9. ¿Cómo elige los suplementos minerales que utiliza?
Figure 9. How do you choose the mineral supplements you use?

DISCUSIÓN

Nouel-Borges (17) reporta a nivel nacional que un 9,8% de los productores no suplementa minerales, casi el doble de los encontrados en este trabajo, además indica que solo el 30,6 % de los productores usa minerales siempre, que es menos de la mitad que los de esta evaluación, donde casi duplica el número de productores que usa minerales por temporada (59,6%). Indicando que la ganadería doble propósito de Perijá parece reconocer con más precisión la necesidad de usar minerales en sus rebaños.

El pasto *Brachiaria* poseía en sus hojas (35 días): 4,18% de PC, 1,16 % de EE, 0,38% de Ca, 0,19% de P, 73,4 % FIDN. Por otra parte, en promedio, dado que no hubo diferencias apreciables entre ambas fincas, el pasto Guinea (40 días) poseía: 6,14% de PC, 1,18 % de EE, 0,35% de Ca, 0,21% de P, 69,7 % FIDN.

La disponibilidad de materia seca (Tabla 2), para todas las fincas, no fue un factor limitante para el consumo de forraje (dieta base), ya que Minson (18) considera como valor crítico 2000 kg/ha para la mínima suplencia de nutrientes; aun cuando el contenido de proteína en la humidícola fue más bajo y la pared celular (FIDN) un poco más alta que en la guinea. El contenido de nutrientes para ambos forrajes se encuentra dentro de los rangos reportados por Osuna et al (19) y Arias y Hernández (20). Es de esperar que estos forrajes, creciendo en suelos ácidos con media a escasa retención de nutrientes, por su CIC y contenido de arena, posean bajas cantidades de micro minerales, como lo reportan Rincón et al (3) para suelos ácidos similares a los encontrados en este trabajo.

Tabla 2. Disponibilidad de Forraje durante el experimento en cada Finca.

Table 2. Forage availability during the experiment on each farm.

Finca	Disponibilidad de materia seca (kg/ha)	Carga animal UA/ha
I (rotación cada 40 días)	2.652 ± 279,2	2,60
II (rotación cada 35 días)	3.132 ± 305,4	1,85
III (rotación cada 35 días)	2.403 ± 228,3	2,70
Promedio general	2.729 ± 275,3	2,38

Promedio de cuatro muestreos (uno al inicio y tres cada 14 días); UA/ha: unidad animal de 450 kg por hectárea.
 Average of four samples (one at the beginning and three every 14 days); UA/ha: animal unit of 450 kg per hectare.

En la Tabla 3, se tienen los datos de producción media final por cada finca y la variación neta promedio en litros por día de la producción con respecto a la producción promedio inicial, tanto para sus manejos particulares como para la suplementación mineral estratégica propuesta en el experimento. Para la finca I el promedio final con suplementación estratégica fue de 8,2 l/vaca/d con un incremento bruto de 0,98 l/vaca/d, mientras que para el caso del tratamiento común de la finca I el incremento neto de la producción fue de 0,04 l/vaca/d, lo que indica que se mantuvo estable por los 42 días del experimento, en términos netos la suplementación mineral estratégica significó para la finca I un incremento de la producción diaria por vaca de 0,94 litros.

Tabla 3. Efecto sobre la producción diaria de leche de los tratamientos evaluados.

Table 3. Effect on daily milk production of the evaluated treatments.

Tratamiento	Producción diaria por vaca (lt/d)	Incremento diario de producción (lt/vaca/día)	Incremento Neto diario de producción (lt/vaca/d) vs M. Finca
Unidad de Producción I			
Manejo Finca I	6,46±0,21 a	0,0407 a	ND
Suplemento estratégico	8,18±0,21 b	0,9790 b	+0,938
Probabilidad	0,0000	0,0000	
Unidad de Producción II			
Manejo Finca II	7,06±0,34 a	-0,68 a	ND
Suplemento estratégico	8,44±0,34 b	0,70 b	+1,38
Probabilidad	0,0000	0,0000	
Unidad de Producción III			
Manejo Finca III	9,32±0,25 a	-0,522 a	ND
Suplemento estratégico	10,74±0,25 b	0,85 b	+1,372
Probabilidad	0,0001	0,0237	

Letras diferentes en una misma columna representa diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$).

Different letters in the same column represent highly significant differences ($p \leq 0.01$).

Para la finca II el promedio final con suplementación estratégica fue de 8,4 l/vaca/d con un incremento bruto de 0,7 l/vaca/d, mientras que para el caso del tratamiento común de la finca II el incremento neto de la producción fue de -0,7 l/vaca/d, lo que indica que se mantuvo disminuyendo la producción durante los 42 días del experimento, en términos netos la suplementación mineral estratégica significó para la finca II un incremento de la producción diaria por vaca de 1,4 litros.

Para la finca III el promedio final con suplementación estratégica fue de 10,7 l/vaca/d con un incremento bruto de 0,85 l/vaca/d, mientras que para el caso del tratamiento común de la finca III el incremento neto de la producción fue de -0,52 l/vaca/d, lo que indica que se mantuvo disminuyendo la producción por los 42 días del experimento, en términos netos la suplementación mineral estratégica significó para la finca III un incremento de la producción diaria por vaca de 1,4 litros.

Para los tres casos las diferencias fueron significativas. El efecto positivo de la suplementación mineral estratégica es claro y contundente en las tres fincas; ahora bien, en solo una hubo estabilidad en la producción con el manejo de la finca, mientras que en las otras dos hubo tendencia a bajar en los lotes control, ello pudo estar afectado por el efecto de las intensas precipitaciones ocurridas durante la segunda mitad del experimento, ya que las fincas II y III estaban en lugares más planos y con drenaje más limitado que la finca I donde, por ser más de colinas suavemente onduladas, el agua drenaba más rápido y el tiempo a pastoreo no se limitó tanto. ¿Por qué se supone lo anterior y no afectó a la suplementación estratégica? si observamos, para la finca II y III la producción del tratamiento fue ligeramente menor a la de la finca I, y hubo mayor producción porque aun cuando pudieron tener cierta limitación en el consumo, la digestibilidad esperada debió ser mayor al tener un mejor balance de nutrientes los microorganismos del rumen.

Un bajo contenido de PC y mayor nivel de FIDN reducen normalmente la producción de proteína microbiana en condiciones a pastoreo tropicales, como lo refiere Detmann et al (4), lo que explicaría la importante caída de la producción en los controles, mientras que la suplementación con todos los macro y micro elementos minerales favorecen el aprovechamiento de la fibra y la producción de biomasa microbiana; con el consecuente incremento de aminoácidos disponibles para la producción de leche, lo cual es confirmado por los autores referidos, por Brandão et al (21) y por Silva et al (22), mejorando el desempeño productivo en vacas mestizas a pastoreo en zonas tropicales al compararlas con las que no fueron suplementadas.

Cuando se analiza la data completa de los tres experimentos, se tiene que el promedio de producción del tratamiento de suplementación fue de $9,1 \pm 0,15$ l/vaca/d, mientras que el promedio de los tres controles fue de $7,5 \pm 0,14$ l/vaca día ($p \leq 0,01$), con una diferencia neta de $0,859$ l/vaca/día ($p \leq 0,01$) adicional para el tratamiento se suplementación mineral estratégica (equivalente a 18,04 litros cada 21 días, o por celo perdido). La presencia de una biomasa uniforme de forraje, con pocas o nula cantidad de malezas (para todos los casos el forraje represento el 95% o más de la cobertura vegetal), aun cuando la calidad sea de mediana a baja, pero con una suplementación adecuada y ajustada a los requerimientos animales, favorece la producción de leche, en este caso ambos suplementados, pero con ajustes diferentes, con un desempeño superior al de otras experiencias de suplementación como la de Drescher et al (23), con biomazas semejantes y suplementadas con minerales pero sin nitrógeno en el suplemento, logrando desempeños menores al 35% del de esta experiencia, a causa de una alta contaminación con especies no deseables no consumidas por las vacas.

Solo en las fincas I y II se pudo evaluar la actividad reproductiva (tabla 4), ya que en la III casi todas las vacas estaban preñadas. Es importante destacar que las tres fincas usan cotidianamente las marcas comerciales de minerales que ocupan el 1er (finca III, marca importada) y 2do (finca I y II, producto nacional) lugar de los referidos por los productores en la encuesta realizada.

Como se observa en la tabla 4, durante los 42 días de ensayo, producto de una palpación al inicio, una a los 21 días y otra a los 42 días, se tiene que con el manejo de la finca I hubo 31,6% de celos y con la suplementación estratégica un 47,8% de celos, lo que representa un 16,3% mayor de celos para la suplementación aumentado los celos respecto al control un 51,5%. Para la finca II se presentaron 22,2% de celos y con la suplementación estratégica un 38,9% de celos, lo que representa un 16,7% mayor de celos para la suplementación aumentado los celos respecto al control un 75,0%.

Tabla 4. Respuesta en celos a los tratamientos evaluados.

Table 4. Response in estrus to the evaluated treatments.

Tratamiento	Celos/Preñeces	% Celos/preñeces	Incremento Neto
Manejo Finca I	6/19	31,58	
Suplemento estratégico	11/23	47,83	+16,25 % (+51,46%)
Manejo Finca II	2/9	22,22	
Suplemento estratégico	7/18	38,89	+16,67 % (+75,02%)

La suplementación mineral estratégica representó un celo adicional por cada seis vacas respecto al a media de las dos fincas evaluadas y los tratamientos control. Ramos et al (24) refieren que la mejora de la calidad y balance de los minerales, sean orgánicos o inorgánicos, facilita el desempeño reproductivo de vacas a pastoreo, sin afectar su balance hormonal y pudiendo mejorar la calidad de la leche, esta experiencia tiene características similares de desempeño, sin conocer la calidad de la leche. Pero es claro que la suplementación mejoró la disponibilidad de nutrientes, ya se se observa en el mejor desempeño en producción de leche y más celos en el mismo periodo. Ajustar la calidad y cantidad de macro y micro minerales, tener nitrógeno disponible y ácidos grasos, en función de las necesidades de las vacas mejora producción y reproducción, esto es el camino a un manejo estratégico-inteligente de la suplementación a pastoreo.

Castro (25) en una valuación reproductiva con suplementación estratégica con pastoreo y apoyo con becerro, como es el caso actual, consigue mejorías en los celos (12% más que el control) y aumento de la producción de leche semejantes a las encontradas en este estudio. Una situación similar reportan Garzón-Jarrín et al (26), en Ecuador, con la diferencia, en la cuál, además, usaron como suplemento vitaminas liposolubles e hidro solubles, pero logrando una magnitud de incremento ente las que ciclan y las que no del 47%, reafirmando la necesidad de usar macro y micro minerales así como vitaminas con suplementos en la dieta de animales en el trópico.

Cuando se hace el análisis económico de la práctica de suplementación mineral estratégica (Figuras 10.-general.- y 11), tenemos que cada celo perdido representa dejar de producir, adicionalmente a lo que ya se produce, 18,03 l/celo, con un valor medio para el momento del ensayo de 0,49 USD/l, que representa 8,83 USD/18,03 l, el valor de la suplementación mineral estratégica es de 5,79 USD/21 días (promedio 0,267 kg/vaca/d, 5,6 kg/celo, 1,03 USD/kg mineral), esto significa que solo con la producción adicional lograda (0,859 l/vaca/d) se paga el costo del mineral y quedan libres 3,049 USD (8,835-5,786), 0,17 USD/litro de ingreso extra de leche producido, esto indica que la producción obtenida paga la práctica de suplementar; deja un celo adicional por cada seis vacas y además deja una renta bruta de la práctica de 52,7%.

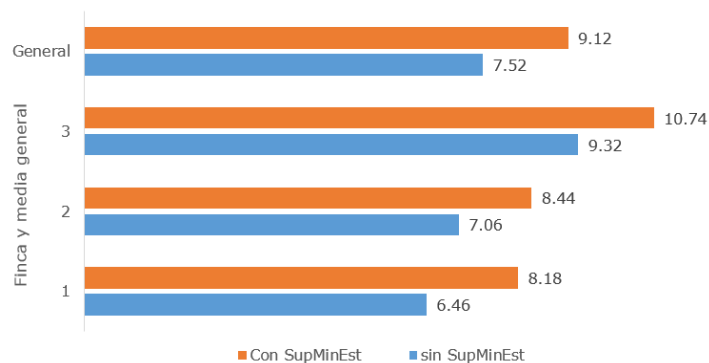


Figura 10. Producción (Litros/vaca/día).
Figure 10. Production (Liters/cow/day).

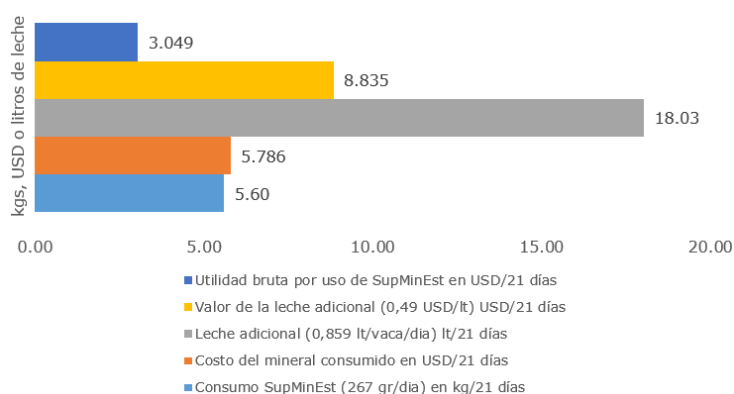


Figura 11. Resultado por celo ganado (21 días).
Figure 11. Result per heat gained (21 days).

Figueiredo et al (27), analizaron la incidencia de la suplementación en el costo de producción de la leche a pastoreo de pasto Brizantha en condiciones tropicales de Brasil y la correlacionaron significativamente con una reducción del costo en un 42% en la leche al separarlo de resto de los alimentos, tendencia similar a esta, pero 10,7% más baja. Silva et al (22), con vacas a pastoreo en condiciones tropicales, recomienda que en animales con menos de 8 por día de producción solo se justifican las prácticas de suplementación más económicas y con incidencia directa sobre la producción sin afectar el consumo de forrajes, caso que se cumple con esta experiencia. Castro (25), consigue efectos importantes en la producción y reproducción de vacas doble propósito, pasando de 2,5 a 5 litros/vaca/día, pero a costos más elevados que en esta experiencia, aunque rentables para el ganadero, justificando la necesidad de ajustar la suplementación a las necesidades del animal y la dieta base recibida.

En conclusión, de los encuestados 5% no ofrece minerales al rebaño; un poco más de 1/3 ofrece todos los minerales, poco más de 1/4 ofrece solo sal común como mineral; de los que ofrecen minerales casi 1/2 lo mezcla con melaza para favorecer su consumo; un 8% de los productores reconoce la importancia del uso de grasas en las dietas; 87% de los productores usa minerales en polvo y 30% no sabe lo importante de ofrecerlos todo el año.

La implementación de una suplementación mineral estratégica significó un incremento general promedio de 0,859 l/vaca/día con respecto al desempeño promedio inicial del manejo de las fincas.

Los nuevos celos, respecto al manejo actual de las dos fincas evaluadas fueron 16,46% más (1/6) que los logrados con el manejo tradicional.

La relación beneficio costo de la suplementación estratégica deja libre por vaca, cada 21 días un total de 3,05 USD (0,17 USD/litro extra de leche producido), con un costo de suplementación de 0,32 USD/litro extra producido (5,79 USD/celo), para un margen bruto de renta de la práctica del 52,7%.

Agradecimientos

Al Centro Agroindustrial Perijá por financiar la totalidad de la presente investigación.

Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de conflicto de intereses entre los autores.

Financiación

El Centro Agroindustrial Perijá C.A. financió el 100% de la investigación.

Contribución de autores

Gustavo Nouel-Borges diseñó el experimento, proceso y analizó la data, hizo la revisión de literatura, redactó el manuscrito de artículo, Alexander Rincón-Gutiérrez realizó la encuesta a los productores y revisó el manuscrito y Juan Pablo Moyeda Rincón condujo los experimentos en campo, recolectó la data y la tabuló.

REFERENCIAS

1. Depablos L, Godoy S, Chicco CF, Ordoñez J. Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. *Zootecnia Trop.* 2009; 27(1):25-37. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000100004
2. López M, Godoy S, Alfaro C, Chicco, CF. Evaluación de la nutrición mineral en sabanas bien drenadas al sur del estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica FCV-LUZ.* 2008; XVIII(2):197-206. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000200012
3. Rincón Á, Baquero JE, Flórez H. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia. Villavicencio (Meta). CORPOICA. 2012; 164 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12469>
4. Detmann E, Fonseca M, Valadares SC, Huhtanen P. Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos: uma revisão baseada em resultados obtidos no Brasil. *Semin: Ciências Agrárias, Londrina.* 2014; 35,(4 S):2829-2854. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2829>
5. Balarezo LR, García-Díaz JR, Noval-Artiles E, Benavides H, Mora SR, Vargas-Hernández S. Contenido mineral en suelo y pastos en rebaños bovinos lecheros de la región andina de Ecuador. *Revista Centro Agrícola.* 2017; 44(3):56-64. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300008
6. Goulart RCD, Corsi M, Bailey DW, Zocchi SS. Cattle grazing distribution and efficacy of strategic mineral mix placement in tropical Brazilian pastures. *Rangeland Ecol. Manage.* 2008; 61:656-660. <https://doi.org/10.2111/08-137.1>
7. Santana MO, Mestra LI, Flórez H, Martínez AM. Alimentación estratégica de bovinos de ceba en el valle del Sinú, Córdoba, Colombia. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).* 2021. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404869>
8. López J, Cámara-Córdova J, Flores R, Sánchez ED. *Minerales en la ganadería bovina extensiva tropical.* Villahermosa, Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 2017; 199 p. ISBN 978-607-606-426-9.
9. Tambara AAC, Härter CJ, Rabelo CHS, Kozloski GV. Effects of supplementation on production of beef cattle grazing tropical pastures in Brazil during the wet and dry seasons: a meta-analysis. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2021; 50:e20210020. <https://doi.org/10.37496/rbz5020210020>
10. Valadares SdeC, Silva LFC, Gionbelli MP, Rotta PP, Marcondes MI, Chizzotti ML, Prados LF. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR-CORTE, 3th ed.* UFV, Viçosa, MG. 2016). <https://doi.org/10.5935/978-85-8179-111-1.2016B001>

12. Preston T. Tropical Animal Feeding. Animal Production And Health Paper # 126. FAO: Roma, Italy. 1995. <http://www.fao.org/3/V9327E/V9327E00.htm>
13. McIntyre G. Statistical aspects of vegetation sampling En: Measurement of grassland vegetation and animal production Ed.: L. t'Mannetje. CSIRO. Boletín 52. CAB. 1978.
14. Mendoza P, Lascano C. Mediciones en la pastura en ensayos a pastoreo. En: Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas. Ed. C. Lascano y E. Pizarro. CIAT. 1984; 143-166p. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Evaluacion_de_pasturas_con_animales_Alternativas_metodologicas.pdf
15. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists, 16th ed. Washington, DC. 1997.
16. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal Dairy Science. 1991; 74:3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
17. Analytical Software. Statistix for Windows Version 8.0. 2105 Miller Landing Rd Tallahassee, FL 32312 USA: Analytical Software. 2007.
18. Nouel-Borges G. Caracterización de un conjunto de fincas ganaderas en Venezuela. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. 2024; 62:101-120. https://acading.org/ve/wp-content/uploads/2024/05/BOLETIN_62_ANIH.pdf
19. Minson, D.J. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press. Inc. USA. 1990. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-498310-6.X5001-9>
20. Osuna DR, Urdaneta M, Casanova A, Ventura M, Gonzales C, Rincón E. Evaluación del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq), bajo diferentes niveles de carga y de suplementación alimenticia Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia. 1991; 8(1):49-59. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25912>
21. Arias A, Hernández H. Composición química del pasto aguja (*Brachiaria humidicola*) sometida a pastoreo en una finca del municipio Guanare estado Portuguesa. Rev. Cient. FCV-LUZ. 2002; XII(S2):562-565. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14929>
22. Brandão RKC, de Carvalho GGP, Silva RR, et al. Comparison of protein and energy supplementation to mineral supplementation on feeding behavior of grazing cattle during the rainy to the dry season transition. SpringerPlus. 2016; 5:933. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2603-9>
23. Silva JA, Silva CGM, Sousa DdeP, Paula NFde, Carvalho APdaS, Macedo BG, Teobaldo RW. Supplementation strategies for dairy cows kept in tropical grass pastures. Semina: Ciências Agrárias. 2017; 38(1),401-416. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n1p401>
24. Drescher K, Labrador C, Martínez N. Producción y composición de la leche en vacas de doble propósito con suplementación mineral. Rev. Cient. FCV-LUZ. 2002; XII(S2):539-541. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14922>
25. Ramos JM, Sosa C, Ruprecht G, Pessina P, Carriquiry M. Effect of organic trace minerals supplementation during early postpartum on milk composition, and metabolic and hormonal profiles in grazing dairy heifers. Spanish Journal of Agricultural Research. 2012; 10(3):681-689 <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2012103-441-11>
26. Castro J. Suplemento estratégico durante el periodo parto y su efecto en la reproducción bovina en el municipio de muelle de los bueyes. [Tesis M.Sc.]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León: Nicaragua; 2014. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6885/1/240201.pdf>

27. Garzón-Jarrín RA, Chicaiza-Sánchez LA, Andrade-Aulestia PM, Villavicencio-Villavicencio BJ, García-Díaz JR. Efecto de la suplementación de vitaminas, minerales y aminoácidos en el retorno al celo de vacas Holstein en Cotopaxi, Ecuador. Nota técnica. Revista Científica, FCV-LUZ. 2025; 35(1):e35527. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e35527>
28. Figueiredo C, Santana HA, Rocha L, Lima FB, Cardoso-Santana E, Abreu G. Production and marginal analysis of lactating cows subjected to dietary cation-anion balances. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 2018; 40:e39737. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.39737>