
DISEÑO Y FORMULACIÓN DE UNA SAL MINERALIZADA PARA LA HACIENDA CIUDAD JARDÍN SIMIJACA, CUNDINAMARCA

FLÓREZ GÓMEZ, Lina María¹
MALDONADO TOSCANO, Andrés Felipe²
CÉSPEDES LOZANO, Hugo Andrés³
GÓMEZ-CARRILLO, Rosa María Viviana⁴

RESUMEN

La suplementación en producciones animales se hace con minerales dispuestos en el mercado, pero que, no necesariamente son apropiados para los requerimientos según el tipo de producción; en ese sentido, el propósito del presente estudio fue diseñar y formular una sal mineralizada que suple los requerimientos de los animales de la hacienda Ciudad Jardín (Simijaca-Cundinamarca), con el fin de optimizar su desempeño productivo, reproductivo, disminuir el impacto ambiental y aumentar los ingresos económicos de la explotación. La hacienda se encuentra en una altitud de 2.559 m s. n. m., en donde cuentan con bovinos de la raza Holstein alimentados con forraje verde y algunos suplementos minerales. En el estudio, se determinaron los nutrientes que estaban recibiendo los animales por medio de un análisis de suelos, un bromatológico al forraje kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y un bromatológico del concentrado suministrado; siendo estos la base de la alimentación a los bovinos en producción. Estas muestras fueron llevadas a los laboratorios de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia. A partir de los resultados, se calculó qué minerales requerían ser suministrados por medio de suplementación, formulando así la sal mineralizada con: sal marina, biofos, flor de azufre, sulfato de cobre, óxido de zinc, sulfato de magnesio y Tramin® (suplemento de minerales y vitaminas) como fuente de micro-elementos y frutiño® (azúcar y propiedades coligativas) 150 g por cada 100 kg como saborizante y aromatizante. Se encontró que, el beneficio económico en el costo de producción es menor en \$116 pesos colombianos por ración/animal/día, y se evidenciaron las ventajas de la sal formulada al ver mejora productiva. Esto demuestra que, si cada productor conociera a nivel nutricional la base alimenticia que ofrece a sus animales, se podría generar una eficiente suplementación mineral con las ganancias paralelas en producción, reproducción, ingreso económico e impacto ambiental.

Palabras clave: balance nutricional, bovinos, micro-elementos, suplementación.

1. MVZ. Especialista en Producción Animal
Especialista en Nutrición y Alimentación Animal Tropical Sostenible
Director Programa de Medicina Veterinaria
Fundación Universitaria Juan de Castellanos
lflorez@jdc.edu.co

2. MVZ. Especialista en Nutrición y Alimentación Animal Tropical Sostenible
Coordinador Pecuario Centro Agropecuario Marengo
amaldonadot@unal.edu.co

3. Médico Veterinario. Técnico en Producción Equina.
Instructor SENA. hac180@misena.edu.co

4. MV. Magister en Conservación y Manejo de vida Silvestre (c)
Docente Programa Medicina Veterinaria-Grupo IRABI
Fundación Universitaria Juan de Castellanos
rgomez@jdc.edu.co

Tipo: artículo de investigación

Recibido: 16/07/2015

Aceptado: 11/09/2015

DESIGN AND FORMULATION OF MINERALIZED SALT FOR THE CIUDAD JARDÍN HACIENDA IN SIMIJACA, CUNDINAMARCA

ABSTRACT

The supplementation in animal productions is made with minerals available in the market, but they are not necessarily appropriate for the requirements according to the type of production. Thus, the purpose of this study was to design and formulate a mineralized salt that fulfil the requirements of the animals of the hacienda Ciudad Jardín in Simijaca-Cundinamarca, in order to optimize their productive, reproductive performance, reducing environmental impact and increasing the economic income of the use. The hacienda is located at an altitude of 2,559 m a. s. l., where Holstein breed cattle are fed with green fodder and some mineral supplements. In this study, the nutrients that the animals were receiving were determined by means of a soil analysis, a bromatological one to the kikuyo fodder (*Pennisetum clandestinum*) and a bromatological one of the supplied pellet; being these the base of the feeding to the bovines in production. These samples were taken to the laboratories of the Faculty of Agronomy of the National University of Colombia. According to the results, it was calculated what minerals were required to be supplied by means of supplementation, formulating the mineralized salt with the following components: sea salt, biophos, sulfur flower, copper sulfate, zinc oxide, magnesium sulfate and Tramin® (supplement of minerals and vitamins) as a source of micro-elements and frutiño® (sugar and colligative properties) 150 g per 100 kg as flavoring and aromatic. It was found that, the economic benefit in the cost of production is lower in \$ 116 Colombian pesos per ration / animal / day, and the advantages of the salt formulated when productive improvement were evidenced. This demonstrates that, if each producer knew the nutritional base at the nutritional level offered to their animals, an efficient mineral supplementation could be generated with the parallel profits in production, reproduction, economic income and environmental impact.

Keywords: nutritional balance, bovines, micro-elements, supplementation.

CONCEPÇÃO E FORMULAÇÃO DE UM SAL MINERALIZADO PARA FAZENDA CIUDAD JARDIN SIMIJACA, CUNDINAMARCA

RESUMO

A suplementação em produções animais é feita com minerais disponíveis no mercado, mas que não necessariamente são apropriados para os requisitos de acordo com o tipo de produção; Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi projetar e formular um sal mineralizado que atenda às exigências dos animais da fazenda Ciudad Jardín (Simijaca-Cundinamarca), a fim de otimizar o seu desempenho produtivo, reprodutivo, reduzir o impacto ambiental e aumentar a receita econômica da exploração. A fazenda está localizada a uma altitude de 2.559 m. n. m., onde eles têm gado da raça Holstein alimentados com forragem verde e alguns suplementos minerais. No estudo, os nutrientes que os animais

estavam recebendo foram determinados por meio de uma análise de solo, uma bromatológica à forrageira kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) e uma bromatológica do concentrado fornecido; sendo estes a base da alimentação aos bovinos em produção. Essas amostras foram levadas para os laboratórios da Faculdade de Agronomia da Universidade Nacional da Colômbia. A partir dos resultados, calculou-se os minerais necessários para serem fornecidos por meio de suplementação, formulando o sal mineralizado com: sal marinho, biofós, flor de enxofre, sulfato de cobre, óxido de zinco, sulfato de magnésio e Tramin® (suplemento de minerais e vitaminas) como fonte de micro-elementos e frutiño® (açúcar e propriedades coligativas) 150 g por 100 kg como aromatizante e aromatizante. Verificou-se que, o benefício econômico no custo de produção é menor em \$ 116 pesos colombianos por ração / animal / dia, e as vantagens do sal formuladas ao ver a melhora produtiva foram evidenciadas. Isso demonstra que, se cada produtor conhecesse a base nutricional no nível nutricional oferecido aos seus animais, uma suplementação mineral eficiente poderia ser gerada com ganhos paralelos na produção, na reprodução, na renda econômica e no impacto ambiental.

Palavras-chave: balanço nutricional, bovinos, microelementos, suplementação.

CONCEPTION ET FORMULATION DE SEL MINÉRALISÉ POUR LE EXPLOITATION CIUDAD JARDÍN À SIMIJACA, CUNDINAMARCA

RÉSUMÉ

La supplémentation en productions animales est faite avec des minéraux disponibles sur le marché, mais ils ne sont pas nécessairement adaptés aux exigences en fonction du type de production. Ainsi, le but de cette étude était de concevoir et de formuler un sel minéralisé répondant aux besoins des animaux de l'exploitation Ciudad Jardín à Simijaca-Cundinamarca, afin d'optimiser leurs performances productives et reproductives, de réduire l'impact environnemental et d'augmenter les revenus économiques de l'utilisation. L'exploitation est située à 2 559 mètres au-dessus de la mer, où les bovins de race Holstein sont nourris avec du fourrage vert et des suppléments minéraux. Dans cette étude, les nutriments que recevaient les animaux ont été déterminés au moyen d'une analyse du sol, une analyse bromatologique du fourrage kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) et une analyse bromatologique du culot fourni; étant la base de l'alimentation des bovins en production. Ces échantillons ont été prélevés dans les laboratoires de la faculté d'agronomie de l'Université Nationale de Colombie. Selon les résultats, il a été calculé quels minéraux devaient être fournis au moyen d'une supplémentation, en formulant le sel minéralisé avec les composants suivants: sel de mer, biophos, fleur de soufre, sulfate de cuivre, oxyde de zinc, sulfate de magnésium et Tramin® (supplément de minéraux et de vitamines) comme source de microéléments et de frutiño® (sucre et propriétés colligatives) 150 g pour 100 kg comme aromatisant et aromatique. Il a été constaté que le bénéfice économique du coût de production est inférieur à 116 pesos colombiens par ration / animal / jour et que les

avantages du sel formulés lors de l'amélioration de la production ont été démontrés. Cela démontre que, si chaque producteur connaissait la base nutritionnelle au niveau nutritionnel offert à ses animaux, une supplémentation minérale efficace pourrait être générée avec les bénéfices parallèles en termes de production, de reproduction, de revenu économique et d'impact environnemental.

Mots-clés : bilan nutritionnel, bovins, microéléments, supplémentation.

INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas, la relación entre suelo, planta y animal, forma un conjunto muy preciso, en el cual el forraje debe ofrecer al animal unas determinadas concentraciones de minerales (Lesmes, 2010) y que estos cubran parte de sus requerimientos nutricionales en lo que a minerales respecta. En las condiciones del trópico colombiano, los pastos tienen bajos contenidos de minerales y no suplen los requerimientos de los animales, por lo tanto, estos deben ser suplementados de forma permanente en una sal balanceada (Díaz, 2010), que aporte al animal los minerales necesarios para un correcto desempeño productivo y metabólico.

En la nutrición animal, encontramos como principal fuente a los forrajes y granos, alimentos comunes en la formulación de dietas para ganado, pero que lamentablemente no son suficientes para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales cuando se habla de los minerales, es decir, la dieta es nutricionalmente deficiente y esto se traduce en una respuesta negativa en el desempeño productivo por parte del animal. Casi siempre, las deficiencias minerales se presentan en el animal con repercusiones reproductivas como un bajo porcentaje de preñez, además de problemas en el desarrollo, pica o malacia (consumo de huesos, suelo, piedras y otros objetos).

Cuando dicha deficiencia está muy avanzada, aparecen síntomas clínicos específicos que varían según el mineral involucrado (Reinoso, 2010).

Se sabe que es indispensable realizar una suplementación mineral en la dieta para el correcto funcionamiento de todos los procesos bioquímicos y fisiológicos que se presentan en el animal. Los minerales se deben proporcionar en las cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales, obteniendo el máximo en la producción y un estado óptimo en la salud de los animales (Ward, 2005).

Los productores de ganado y sus consultores, al no comprender la importancia de la adecuada suplementación mineral, recaen en errores como la compra de sales comerciales que no benefician su producción y, por el contrario, acarrea un gasto innecesario para ellos; y, finalmente, no se obtiene la adecuada suplementación de minerales que requieren los animales sin obtener el rendimiento productivo que esto acarrea. En ese sentido, el presente trabajo tuvo como propósito diseñar y formular una sal mineralizada, que llevará al ganadero a suplir los requerimientos de sus animales, con el fin de optimizar su desempeño para aumentar los ingresos económicos de la explotación.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la hacienda Ciudad Jardín, en el municipio de Simijaca, departamento Cundinamarca-Colombia, a una altitud de 2.559 m s. n. m. y una temperatura promedio de 14 °C. El muestreo se realizó entre los meses de septiembre y octubre de 2013. Dentro de la hacienda, hay 150 vacas de ordeño, de la raza Holstein, con un promedio de producción de 3.000 l/día y pastorean *ad libitum* en potreros sembrados con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*); asimismo, se les suministra concentrado de marca comercial Finca® y agua a voluntad.

Análisis de suelo

Se tomaron ocho muestras, de forma aleatoria, del suelo perteneciente al potrero de pastoreo de los animales en producción. Al azar, se seleccionaron dos sub-muestras de las recolectadas en potrero y fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia para determinar calcio, nitrógeno total disponible, fósforo y pH. Los análisis por elemento se realizaron como se explica a continuación:

- **Calcio (meq/100g).** El análisis de Calcio se realizó por el método de extracción con acetato de NH₄ 1M pH 7, y su valoración fue por absorción atómica.
- **Nitrógeno total disponible (%).** El porcentaje de nitrógeno contenido en el suelo, se realizó mediante el método de Walkley-Black; N: estimado a partir del CO (factor empleado: 0,0862).
- **Fósforo (mg/kg).** Se determinó por el método de Bray II y valoración colorimétrica.

- **pH.** El método de análisis del pH se realizó en suspensión suelo: agua (relación peso volumen 1:1) por valoración potenciométrica.

Bromatológico de forraje y alimento balanceado

La muestra aleatoria del forraje kikuyo (*Penisetum clandestinum*) se realizó directamente del potrero usado por los bovinos para pastoreo, se realizaron ocho muestras, de las que se tomó completamente al azar una sub-muestra. Para el alimento balanceado, la muestra fue tomada de un kilogramo del bulto suministrado a los animales. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia, para determinar materia seca, humedad, proteína, calcio, fósforo y ceniza, tanto para el forraje como para el alimento balanceado (marca Finca®).

Fórmulas utilizadas para la determinación de elementos

Se utilizó el método de la AOAC (Feldsine *et al.*, 2002) y se usaron las siguientes fórmulas:

Materia seca (%). Por evaporación en estufa, con la siguiente fórmula:

$$\text{Materia Seca \%} = 100 - \text{Humedad\%}$$

Humedad (%). Con una estufa a 60 °C / 48 horas, con la siguiente fórmula:

$$H(\%) = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial (capsula sin muestra)} * 100}{\text{Pesomuestra}}$$

Proteína (%): Por el Método de Kjeldahl.

Calcio (%): Por el método de absorción atómica.

Fósforo (%): Por el método de colorimetría.

Cenizas (%): Por calcinación en una Mufla (combustión), con la siguiente fórmula:

$$C(\%) = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial (capsula) sin muestra} * 100}{\text{peso muestra}}$$

Formulación de la sal

Se determinó que la sal debía contener: sal marina, biofos, flor de azufre, sulfato de cobre, óxido de Zinc, sulfato de magnesio y

Tramin® (fuente de microelementos); teniendo en cuenta que las fuentes de sales aniónicas, comúnmente usadas para formular BCAD (balance catión-anión) negativo, incluyen sulfato de amonio, calcio y magnesio. Esto basado en los análisis de suelo, forraje, alimento balanceado (concentrado) y los requerimientos reportados por las tablas NRC 2001. En la elaboración de la sal, se utilizó un trompo mezclador disponible en la granja con un tiempo de mezclado de 30 minutos por 100 kg y se adicionó Frutiño®, sin sabor, 150 g / 100 kg como saborizante y aromatizante. Una vez formulada la sal, se envió una muestra para su análisis composicional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Suelo

El análisis de suelos (ver tabla 1) muestra bajos niveles de tolerancia en manganeso, magnesio y boro, siendo rangos que no causan toxicidad o algún antagonismo en la interacción con otros minerales (McDowell, 2003). El potasio, fósforo y hierro se hallaron elevados. Estos minerales tienen interacciones de sinergia e interferencia con otros minerales y afectan el uso de estos en el suelo, la planta y el animal, factor que en el trópico suele restarse importancia (Salamanca, 2010). El

Fe se encontró 22,3 veces mayor al rango normal, este mineral tiende a formar complejos con Al y P, e impide el uso de este último, por lo tanto, eleva los contenidos de Fe (Garmendia, 2006). En el rumiante, el exceso de Fe interviene en la absorción del Cu en el rumen, relación influenciada por el S al formarse un complejo sulfuro (FeS), al llegar al abomaso el ácido rompe los enlaces liberando el S quien se une al Cu y no es absorbido en el intestino (Suttle *et al.*, 1984; Godoy *et al.*, 2006).

Tabla 1. Concentración nutrimental y pH del suelo en la Hacienda Ciudad Jardín en Simijaca, Cundinamarca.

	pH	Conduct. Eléctrica	CIC	N	Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B
		dS/m	meq/100g	%	meq/100 g				Mg/kg					
Resultado	5,6	5,8	28,4	0,43	12,4	2,56	5,15	3,47	102	1,49	446	4,35	24,7	0,6
Valor referencia*	5,9	Na	>20	>0,5	9-13	0,5-0,8	1,8-2,6	0,25-0,5	20	1,5	20	15	4,5	0,56

*Recomendaciones según Undurraga, (2002) y laboratorio de suelos. CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico. na: no aplica.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, el pH del suelo es ligeramente ácido (5,6), típico en los suelos del departamento de Cundinamarca (Rodríguez *et al.*, 2009), lo cual afecta negativamente el crecimiento del forraje (Terrón & Rojo, 1992) y la disponibilidad de microorganismos en la rizosfera de las plantas. La conductividad eléctrica refleja una salinidad moderada del suelo, afectando la dinámica de los nutrientes (Alcaraz-Ariza, 2012; Wetzel & Likens, 1979). Estos hallazgos en el suelo infieren directamente con la obtención de nutrientes por parte de la planta y, por tanto, con lo que puede asimilar los animales. Asimismo, el calcio, fósforo, sodio, cobalto, hierro, selenio, zinc y molibdeno, se consideran minerales críticos en ganado que se mantiene en pastoreo (McDowell *et al.*, 1996; Flórez, 2004).

Forraje y concentrado

El balance de minerales se encuentra en niveles óptimos para la mayoría de rangos hallados, excepto Ca (ver tabla 2), que en la mayoría de regiones se encuentra siempre en contenidos deficitarios (Garmendia, 2006); igualmente, el Na y el Cu se encuentran en balance negativo (ver tabla 2), por lo cual, son los primeros blancos por alcanzar en la formulación de una sal mineralizada específica para la hacienda Ciudad Jardín. Este hallazgo contrasta con la concentración de Na en el suelo, ya que se encontró cerca de seis veces aumentada contra los rangos de referencia.

Tabla 2. Análisis Bromatológico del forraje y valores óptimos requeridos por el animal

Nutriente	Unidad	Forraje (resultado)	Óptimo*	Balance
Proteína Cruda	%	25,3	15,5	9,8
Calcio		0,44	0,55	-0,11
Fósforo		0,49	0,31	0,18
Magnesio	g	0,43	0,2	0,23
Potasio		3,99	1	2,99
Sodio		0,019	0,2	-0,181
Azufre		0,40	0,2	0,2
Cobre		1,3	13	-11,7
Hierro		273	15	131
Manganeso	ppm	145	14	131
Zinc		485	0	-2
Molibdeno		1,5	>2	-0,5

* Niveles óptimos según NRC 2001.

Fuente: elaboración propia.

Las interacciones de los minerales del kikuyo muestran que la proteína cruda (PC), Mg, K, S, Fe, Mn y P, están con valores superiores a los óptimos. Sobre los contenidos altos en el Fe, se explicó los problemas con Cu y S para la absorción de estos; en cuanto a los altos contenidos de P y los bajos contenidos de Ca, hace que requiera una mayor adición a la fórmula de este último, esto planteado por la relación adecuada Ca:P que se debe mantener por encima de 2:1 para vacas en producción, como recomendación del NRC (2001).

Salamanca (2010) y Chicco & Godoy (1987) reportaron que minerales como el P, Zn, Fe, Co y Mo, tienden a estar poco presentes en los procesos de crecimiento y maduración de las plantas, esto fue evidente en la presente investigación, especialmente en los minerales Co y Mo. La deficiencia de Co, menores a 3mg/kg Ms de Co, puede alterar el intervalo entre partos en bovinos (McDonald *et al.*, 2008);

sin embargo, *Olson et al.* (1999), *Muehlenbein et al.* (2001) y *Phillippo et al.* (1982), demostraron que el Co por sí solo no afecta la reproducción, a menos que esté influido por altas concentraciones de Mo, en cuyo caso la secreción de LH en suero sanguíneo se ve disminuido (*Xin et al.*, 1993). Además, puede llevar a otros problemas como anemias, siendo más recurrentes si hay deficiencia de Zn, Se, P y I (*Underwood & Suttle*, 1999).

El sodio se encuentra en niveles por debajo del óptimo, pero la ventaja que existe dentro de la formulación es que la base de toda sal mineralizada es el cloruro de sodio, que además de suplir los requerimientos de sodio, es muy importante porque es el que regula el consumo de la mezcla y mejora la palatabilidad, la adición de cloruro de sodio en cualquier tipo de sal mineralizada para bovinos debe estar entre el 30 y 40 % del total de la mezcla (*Mcdowell*, 2003). Por otro lado, la cantidad de proteína cruda en

pastos jóvenes es mayor que pastos adultos y, según Correa *et al.* (2016), en el kikuyo este parámetro afecta el contenido, siendo inversamente proporcional la cantidad de PC y la edad del pasto.

Según el manejo alimentario de la granja, están suministrando en promedio 5 kilos de balanceado por animal al día (ver tabla 3). Los requerimientos en promedio para animales de 500 kg en producción son de 20 g/día y 14 g/día de Ca y P, respectivamente (Balbuena, 1989), en total de la ración que está conformada por forraje fresco, concentrado y sal mineral.

Tabla 3. Resultados obtenidos en el análisis bromatológico del concentrado.

Nutriente	unidad	Valor
Materia seca	%	84,84
Cenizas		14,61
Calcio		1,44
Fósforo		0,93
Magnesio		0,45
Potasio		1,79
Cloruros		1,64
Azufre		0,32
Sodio	ppm	4960
Cobre		55
Hierro		910
Manganeso		324
Zinc		325
Boro		41

Fuente: elaboración propia.

Requerimiento Animal de Minerales

Para obtener los requerimientos de minerales de los animales a evaluar, es necesario fijar el tipo de animal, su estado

productivo y reproductivo. De esta manera, se puede obtener, de manera más puntual, los requerimientos de minerales que dependen de lo nombrado anteriormente y el consumo voluntario del animal. En este caso, al observar el sistema de producción y obteniendo un promedio del mismo, se está tomando como modelo una vaca de un mes de lactancia con peso promedio de 680 kg de peso consumiendo 20 kg de materia seca/día (2,9 % del peso vivo aproximadamente, que está por debajo de las recomendaciones del NRC 2001), la producción láctea promedio de 25 kg/Leche día. De acuerdo con este referente, se puede obtener el consumo total de materia seca que define el tipo de animal y el sistema de alimentación, por lo cual se determina el consumo total en la tabla 4.

Tabla 4. Consumo total de materia seca y consumo potencial según sistema de alimentación, obtenido por método cualitativo

Ítem	Kg MS/día
Consumo Balanceado (MS)	4,25
Consumo Forraje (MS)	15,74
Consumo total de (MS)	20

Fuente: elaboración propia.

Definido este consumo voluntario, se obtiene el consumo de minerales del animal por día y el balance de los mismos; y este balance es el componente primordial para establecer el perfil mineral de mezclado de la sal mineralizada. Se plantea una comparación entre una sal evaluando los requerimientos, teniendo en cuenta únicamente el forraje; y una segunda propuesta, tomando todo el sistema de alimentación forraje más concentrado (ver tabla 5).

Tabla 5. Requerimiento de minerales y balance de estos.
La sección a. es sin incluir el concentrado y la b. incluyendo el concentrado.

Mineral	Unidades	a. Sin incluir el concentrado				b. Incluyendo el concentrado			
		Aporte Forraje	Consumido kg/día	Requerido kg/día	Balance	Aporte Concentrado	Consumido Kg/día	Requerido Kg/día	Balance
Ca	%	0,44	0,069	0,134	0,065	1,44	0,131	0,134	0,004
P		0,49	0,077	0,072	0,005	0,93	0,117	0,072	0,045
Mg		0,43	0,067	0,036	0,032	0,45	0,087	0,036	0,051
Cl		0	0	0,048	-0,048	1,64	0,070	0,048	0,022
K		3,99	0,628	0,2	0,428	1,79	0,705	0,2	0,505
Na		0,019	0,002	0,044	-0,041	0,496	0,024	0,044	-0,020
S		0,4	0,063	0,04	0,023	0,32	0,077	0,04	0,037
Co		0	0	2,2	-2,2	-	0	2,2	-2,200
Cu		1,3	0,205	220	-219,795	55	254,225	220	34,225
I		0	0	12	-12	-	0,000	12	-12,000
Fe	mg/kg	273	42,997	246	-203,002	910	8167,250	246	7921,250
Mn		145	22,837	280	-257,162	324	3660,750	280	3380,750
Se		0	0	6	-6	-	0,000	6	-6,000
Zn		1,5	0,236	860	-859,764	325	1404,875	860	544,875

Fuente: elaboración propia.

El manejo de una formulación integral dentro del sistema de producción, hace que sea más puntual y detallada la dinámica de nutrientes, como se puede notar al comparar la sección a y b de la tabla 5; al tener en cuenta todas las entradas al sistema de alimentación, el balance mineral mejora haciendo más eficiente la formulación y, por ende, más rentable, dado que la inclusión de minerales en un suplemento va a disminuir bajando los costos de producción y haciendo más eficiente la relación e interacción entre minerales; al hacer más estrecha y puntual esta brecha, es de esperarse una mejora en producción y reproducción del hato (McDowell, 2003; Csiro, 2007).

Además, se halló deficiencia en Ca, Cl, Na, Co, Cu, Fe, Mn, Se y Zn. Pero, al tener en cuenta el aporte del concentrado, las únicas deficiencias que se muestran son las de calcio, sodio cobalto y selenio, lo cual evidencia que la formulación integral hace más eficiente el sistema. El yodo siempre se va a encontrar en deficiencia. Dado que los aportes de yodo de los forrajes son nulos, siempre se incluye el yodo al 100 % de sus requerimientos (Neville, 2010). Sin incluir el suplemento concentrado, la formulación de la sal obtenida se puede observar en la tabla 6, donde se muestra la adición de materias primas y el contenido de minerales, respectivamente.

Tabla 6. Formulación de la sal mineralizada sin incluir e incluyendo el concentrado.

Materia prima	Sin incluir concentrado (g)	Incluyendo concentrado (g)
Carbonato Calcio	161,7500	10,0100
Carbonato de Cobalto	0,0048	0,0048
Sulfato de cobre	0,8800	0,8800
Eddi*	0,0150	0,0150
Sulfato de hierro	0,8120	0,0000
Selenito de sodio	0,0130	0,0130
Óxido de zinc	1,2632	0,0000
Sal	35.3	2,0000
TOTAL (Animal/día)	200	107.0772

*Eddi: Dihidroyoduro de diamino etileno.

Fuente: elaboración propia.

Al ver la nutrición del hato de una manera totalmente integral, incluimos el concentrado como aportante de minerales a los animales y, de esta manera, se obtiene

una suplementación menor, puesto que se aumenta el aporte de minerales al sistema. En la tabla 7, se muestra la formulación de la sal y la composición, respectivamente.

Tabla 7. Contenido de minerales del suplemento mineral sin incluir e incluyendo el concentrado.

Mineral	Unidad	Valor sin incluir concentrado	Valor incluyendo concentrado
Ca	%	32,35	0,0033
Cl		24	-
Na		6,929	35,071
S		5,679	1,7439
Co		11	-
Cu		1100	-
I		60	-
Fe	ppm	1015	18,3
Mn		1290	1833,3
Se		30	100,0
Zn		4295	50,0

Fuente: elaboración propia.

El valor de la sal propuesta es de \$850 kg y el consumo total por animal día es de 200 gramos, que es un consumo alto, pero debido a los requerimientos de calcio tan altos se requiere un volumen elevado. Lo que equivale a \$ 170 ración/animal/día. Los resultados de este balance muestran una disminución en la inclusión de materias primas para el suplemento y un menor

consumo de este. El valor de este suplemento es de \$ 450 kg; y, adicional a esto, el costo por ración/animal/día es de \$54. Esta disminución de costos es complementada con la mejora en producción y reproducción dada por una oferta más precisa de los minerales a los animales del sistema de producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La suplementación con sales mineralizadas, es una práctica ganadera común en cualquier tipo de sistema productivo, que se ha demostrado es implementada con fines principales de mantener la reproducción de los hatos y, en menor importancia, mantener la producción láctea y mejorar las ganancias de peso de los animales en crecimiento, pero esta práctica se ha llevado a cabo con suplementos minerales genéricos que, aunque muestran resultados en las metas esperadas, existen ciertas variables a considerar como el tipo de manejo, el tipo de suelos, programa nutricional, ubicación geográfica, y demás, que hacen que ningún sistema de producción sea igual a otro. Por consiguiente, un suplemento mineral igual no va a tener el mismo efecto productivo en todos los hatos donde sea implementado.

La implementación de sales específicas para cada hato, teniendo en cuenta la mayoría de los factores que pueden estar influyendo en los requerimientos minerales, mejora la eficiencia de la suplementación disminuyendo la sobreoferta de minerales que finalmente pueden estar influyendo negativamente en la nutrición y, por ende, en la producción del hato. Los tipos de suelos y de aguas tienen una influencia marcada en el perfil nutricional de los forrajes. La presión a la

que se están sometiendo los sistemas productivos conllevan al uso de aguas ricas en metales y a altas cargas animales, variando así los perfiles nutricionales, factor que puede mitigarse manejando una correcta suplementación mineral.

Es recomendable realizar análisis de suelos y bromatológicos del forraje, para hacer una aproximación más exacta de la dinámica de minerales y ajustes para su suplementación, puesto que, al haber deficiencia de algún mineral, este puede limitar la producción; y si se presenta en exceso, puede mostrar algún tipo de toxicidad y se está perdiendo una cantidad importante de recursos que influyen en la economía y el medio ambiente. La elaboración de este tipo de suplementación debe realizarse con materias primas de buena calidad, que nos garanticen la composición y biodisponibilidad adecuada. Para continuar con los procesos de optimización dentro del sistema de producción, es importante buscar una segmentación del sistema en grupos etarios que tienen unos requerimientos de minerales que varían según su estado productivo, pero este es un gran paso para mostrar al ganadero que existen otras posibilidades de manejo y no solamente la suplementación mineral tradicional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARAZ-ARIZA, F. 2012. Salinidad y vegetación. Geobotánica Tema 18. Universidad de Murcia, España.
- ÁLVAREZ, C. 2004. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Universidad de Antioquia.
- BALBUENA, O., LUCIANI, C. A., DOWELL, L. R., CONRAD, J. H., & MARTÍN, F. G. 1989. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del Este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina) 1. Fósforo y Calcio. Veterinaria Argentina 6 (54): 241-253.
- BREDON, R.M., & DUGMORE, T.J. 2005. Mineral & vitamin nutrition of dairy cattle. Disponible en: <http://agriculture.kzntl.gov.za/portal/AgricPublications/ProductionGuidelines/DairyinginKwaZuluNatal/MineralVitaminNutritionOfDairyCattle/tabid/249/Default.aspx>.
- CEBALLOS M. A., RUIBIO B.V., & ESTRADA, A. J. 2008. Ganadería del Futuro: Investigación para el desarrollo. Ed. Feriva S.A. 433 p.
- CHICCO, C.F., & GODOY, S. 1987. Suplementación mineral de bovinos de carne a pastoreo. En: PLASSE, D., PEÑA, N., & ROMERO, R. (Eds.) III Cursillo sobre bovinos de carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. 47-103pp.
- CORREA H.J., JAIMES, L.J., AVELLANEDA, J.H., PABÓN, M.L., & CARULLA, J.E. 2016. Efecto de la edad de rebrote del pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. *Livestock Research for Rural Development* Vol. 28. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd28/3/jaim28047.html>. Accesado en: 28/06/16.
- CSIRO. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. CSIRO publishing.
- FELDSINE, P., ABEYTA, C., & ANDREWS, W. H. 2002. AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. *Journal of AOAC International* 85 (5): 1187-1200.
- FERNÁNDEZ, V. E., & RUIZ, J.J. 2003. Técnico en Ganadería. Editorial Cultural S.A. Madrid, España. 70-72 p.
- FLORES, P.C. 2004. Suplementación con minerales. Disponible en: <http://www.vetuy.com/articulos/bovinos/050/0038/bov038.htm>. Accesado en: 28/06/16.
- FRY, G. 2006. Minerals are Essential for Healthy Livestock. Bovine Engineering & Consulting.
- GAEMENDIA, J. 2005. Suplementación estratégica de vacas de doble propósito alrededor del parto. Facultad de Ciencias Veterinaria, UCV, Maracay. IX seminario de pastos y forrajes.
- GARMENDIA, J. 2006. Los minerales en la reproducción bovina. Disponible en: <http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/minerales.pdf>. Accesado en: 28/06/16.
- GODOY, S., ALFARO, C., & CHICCO, C.F. 2006. Algunas interacciones minerales en la nutrición de rumiantes a pastorio en las sabanas de Venezuela. *Revista Digital CENIAP HOY* (12). Maracay, Venezuela.

- Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n12/pdf/godoy_s.pdf. Accesado en: 28/06/16.
- HARRIS, B., ADAMS, A.L., & VAN HORN, H.H. 2009. Mineral needs of dairy cattle. University of Florida.
- LALMA, D. 2004. Vitamin and Mineral Nutrition of Grazing Cattle. Oklahoma State University. P3,16.
- MARTÍNEZ, V. D. 2009. Razas de Ganado lechero. Tecnología de Alimentos Universidad de Antioquia.
- MCDONALD, K.A., PENNO, J.W., LANCASTER, J.A.S., & ROCHE, J.R. 2008. Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *Journal of Dairy Science* (91): 2151-2163.
- MCDOWELL, L.R., CONRAD, J., ELLIS, G., & LOOSLI, J. 1984. Minerales para rumiantes a pastoreo en regiones tropicales. Departamento de Ciencia Animal CIAT. Universidad de Florida y Agencia de los EUA para el Desarrollo Internacional. Boletín 90p.
- MCDOWELL, L.R. 2003. Minerals in Animal and Human Nutrition. 2nd edición. Amsterdam Philadelphia, PA: Elsevier.
- MUEHLENBEIN, E.L., BRINK, D.R., DEUTSCHER, G.H., CARLSON, M.P., & JOHNSON, A.B. 2001. Effects of inorganic and organic copper supplemented to first-calf cows on cow reproduction and calf health and performance. *Journal Animal Science* 79 (7): 1650-1659.
- NEVILLE, F. 2010. Mineral Nutrition of Livestock. Cabi Publishing. 4th edition.
- NRC (National Research Council), 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academies Press. Seventh edition.
- OBISPO, N.E., GARMENDIA, J., GODOY, S., CHICCO, C.F., & ACEVEDO, D. 2002. Suplementación mineral y proteica de bovinos de carne pastoreando en sabanas naturales donde ocurre el síndrome parapléjico. *Revista Científica, FCV-LUZ / (Venezuela)* 12 (3): 161-168.
- OLSON, P.A., BRINK, D.R., HICKOK, D.T., CARLSON, M.P., SCHNEIDER, N.R., DEUTSCHER, G.H., ADAMS, D.C., COLBURN, D.J., & JOHNSON, A.B. 1999. Effects of supplementation of organic and inorganic combinations of copper, cobalt, manganese, and zinc above nutrient requirement levels on postpartum two-year-old cows. *Journal Animal Science* 77 (3): 522-532.
- PARISH, J., & RHINEHART, J. 2008. Mineral and Vitamin Nutrition for Beef Cattle. Mississippi State University Extension Service, MSU Cares.
- PHILLIPPO M., HUMPHRIES, W.R., LAWRENCE, C.B., & PRICE, J. 1982. Investigation on the effect of copper status and therapy on fertility in beef suckler herds. *Journal Agriculture Science* (109): 321-336.
- REINOSO, O. V., & SILVA, S. C. 2010. El uso de sales minerales Suplementación mineral en ganado de carne. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/suplementacion-mineral-ganado-carne-t3134/141-p0.htm>.
- RODRÍGUEZ, E.M., LUENGAS, A., & PÉREZ, M.M. 2009. Caracterización agrológica del suelo y diagnóstico de su fertilidad en la estación experimental del

- Campus Nueva Granada, Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad Ciencias Básicas* 1 (4): 82-104.
- SALAMANCA A. 2010. Suplementación de minerales en la producción bovina –Mineral supplementation for cattle production. Universidad Cooperativa de Colombia, Arauca. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. REDVET. *Revista electrónica de Veterinaria* 11 (09). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090910/091009.pdf>.
- SALAZAR O.J., TERAN, G.O., & TERAN, M.G. 2005. Manejo de bovinos Productores de Leche. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas Maxico-Puebla-San Luis Potosí-Tabasco-Veracruz Cordoba. 6 p.
- SCALETTER. 2010. Mineral requirements to meet immunological and reproductive needs of dairy cows. Disponible en: http://www.progressivedairy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4231:mineral-requirements-to-meet-immunological-and-reproductive-needs-of-dairy-cows&catid=46:feed-and-nutrition&Itemid=72. Accedido en: 05/04/16.
- SPEARS, J. W. 2002. Overview of Mineral Nutrition in Cattle: The Dairy and Beef NRC. Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. 113-126 p.
- SUTTLE, N.F., ABRAHAMS, P. & THORNTON, I. 1984. The role of soil x dietary Sulphur interaction in the impairment of copper absorption by ingested soil in sheep. *Journal Agriculture Science* (103): 81-86.
- TELLEZ, A.S., & GÓMEZ, G.R. 2009. Producción de leche con Ganado Bovinos. UNAM. Segunda Edición. Auto-Editor. 43-45 p.
- TERRÓN, P., & ROJO, H. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 1045p.
- UNDERWOOD, E.J., & SUTTLE, N.F. 1999. The mineral nutrition of Livestock. 3° edición. CAB International, Wallingford. Londres. 600p.
- UNDURRAGA, P. 2002. Estrategias de Fertilización de Praderas Permanentes. Lechería en la Décima Región. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR28613.pdf>.
- WARD, M., & LARDY, G. 2005. Beef Cattle Mineral Nutrition. North Dakota State University and U.S. Department of Agriculture cooperating.
- WETZEL. R., & LIKENS, G. 1979. Limnological analyses. W.B. Saunders Co., Philadelphia. 357pp.
- XIN Z., WATERMAN, D.F., HEMKEN, R.W., & HARMON, R.J. 1991. Effects of status on luteinizing hormone secretion in dairy steers. *Journal Dairy Science* 76 (2): 437-444.

