



Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo

Ricardo Rosero Noguera
Sandra Lucía Posada Ochoa



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ciencias Agrarias



Ciencias Animales

Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo

Ricardo Rosero Noguera
Sandra Lucía Posada Ochoa



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ciencias Agrarias





Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo

Ricardo Rosero Noguera, M.Sc, Dr.Sc.
Sandra Lucía Posada Ochoa, M.Sc, Dr.Sc.

ISBNe: 978-958-8947-81-5
Primera edición: octubre de 2016
Corrección de textos
Diana Vélez

Diseño y Diagramación
Oficio Gráfico
Sandra María Arango



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento –No Comercial–Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

Agradecimientos al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS por la financiación de esta publicación (Proyecto 115+569-33853, Convocatoria 569 de 2012).



Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Agrarias
Ciudadela de Robledo, Carrera 75 # 65-87
Teléfonos: (57-4) 2199125, 2199157
Medellín. Colombia

Página oficial: <http://editorialbiogenesis.udea.edu.co/> (acceso gratuito a todos los libros)
Facebook: https://www.facebook.com/editorial.biogenesis/?ref=aymt_homepage_panel



Autores

Ricardo Rosero Noguera

Zootecnista, M.Sc, Dr.Sc. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Antioquia. Calle 62 No. 52 - 59. Sede de Investigación Universitaria. Correo electrónico: jaimeroosero@udea.edu.co

Sandra Lucía Posada Ochoa

Zootecnista, M.Sc, Dr.Sc. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Antioquia, Calle 62 No. 52 - 59. Sede de Investigación Universitaria. Correo electrónico: sandra.posada@udea.edu.co

Esta publicación hace parte del proyecto 1115+569-33853 "Efecto de la suplementación con arbóreas y sub- productos agroindustriales sobre la eficiencia energética y la emisión de gases de efecto invernadero en ganado cebú" financiado por COLCIENCIAS y la Universidad de Antioquia.





Contenido

Introducción.....	9
Los minerales y sus funciones.....	10
Consideraciones generales.....	11
Requerimientos minerales.....	13
Consumo de materia seca.....	15
Deficiencias minerales en el trópico.....	19
Fuentes minerales.....	19
Cálculo de un suplemento mineral.....	22
Directivas técnicas para Colombia.....	27
Referencias bibliográficas.....	28

Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo

Ricardo Rosero Noguera, M.Sc, Dr.Sc. Sandra Lucía Posada Ochoa, M.Sc, Dr.Sc.

Fondo Editorial Biogénesis, 2016

22 p.

ISBNe: 978-958-8947-81-5

Introducción, Los minerales y sus funciones, Consideraciones generales, Requerimientos minerales, Consumo de materia seca, Deficiencias en el trópico, Fuentes minerales, Cálculo de un suplemento mineral, Directivas técnicas para Colombia.

Introducción

La producción ganadera en Colombia se realiza principalmente en condiciones de pastoreo. Puesto que los pastos y forrajes no logran satisfacer los requerimientos minerales, por lo que la suplementación mineral de los animales es obligatoria.

Desatender los requerimientos minerales de los rumiantes puede conllevar a la aparición de alteraciones metabólicas directamente relacionadas con el desempeño productivo del rebaño. Los requerimientos minerales dependen del nivel de producción, por lo cual las prácticas y actividades encaminadas a incrementar la producción de leche y la tasa de crecimiento de los animales requieren mayor atención a la suplementación mineral.

La formulación de suplementos minerales permite corregir desequilibrios y deficiencias de elementos minerales en dietas de bovinos en pastoreo. Para formular un adecuado suplemento mineral es necesario conocer las deficiencias y desequilibrios minerales en la región, los requerimientos nutricionales de la especie en función de su estado productivo y condición metabólica, el aporte mineral del alimento base y la composición de las fuentes minerales y su biodisponibilidad.

El objetivo de este manual es brindar al lector la información necesaria para formular un suplemento mineral, considerando los aportes de la dieta base, los requerimientos del animal y las fuentes de minerales disponibles en el mercado.





Los minerales y sus funciones

Los minerales cumplen diferentes funciones dentro del organismo; las cantidades requeridas de cada mineral varían en función de la especie, edad y estado fisiológico. La Tabla 1 describe las funciones de macro y microminerales y las principales fuentes para el ganado (ver Tabla 1).

Tabla 1. Los minerales y sus funciones en el ganado
(Adaptado de Gill et al., 2004)

Mineral	Función	Fuente
	Macrominerales	
Calcio	Formación de huesos y dientes, función nerviosa y muscular	Pastos y forrajes
Fósforo	Reproducción, formación de huesos y dientes	Granos
Magnesio	Crecimiento, reproducción, funciones metabólicas	Suplemento mineral
Potasio	Funciones metabólicas	Pastos y forrajes
Azufre	Funciones metabólicas, formación de aminoácidos azufrados en el rumen	Forrajes y granos
	Microminerales	
Cromo	Respuesta inmune, factor de tolerancia a la glucosa	Granos
Cobalto	Componente de la vitamina B12	Leguminosas
Cobre	Formación de hemoglobina, metabolismo tisular	Forrajes y granos
Yodo	Producción de hormonas tiroideas, metabolismo energético	Pastos y forrajes
Manganeso	Reproducción	Pastos y forrajes
Molibdeno	Actividad enzimática	Pastos y forrajes
Selenio	Antioxidante, glutatión peroxidasa	Forrajes y granos
Zinc	Actividad enzimática	Leguminosas

Consideraciones generales

Con excepción de los rumiantes, las otras especies animales reciben el suplemento mineral incorporado en el concentrado o la ración completa.

Para la suplementación de bovinos es necesario considerar:

- La importancia de suplir todos los elementos esenciales sabidamente deficientes en concentrados, pastos y forrajes.
- En el trópico los elementos usualmente deficientes son: Ca, P, Cu, Zn, I, Se, Mg, Co y Fe.
- Utilizar fuentes minerales idóneas, con alta biodisponibilidad, libres de elementos tóxicos y verificar su grado de pureza.
- Considerar elementos higroscópicos en la fuente mineral, esta situación puede alterar la proporción del elemento en la misma.
- Las fuentes minerales deben tener granulometría uniforme para evitar segregación de partículas durante el mezclado.
- La carga electrostática de las fuentes minerales puede dificultar el mezclado homogéneo, por ello es conveniente utilizar vehículos como almidones y harinas de cereales que mejoran la palatabilidad y facilitan el mezclado.

Características deseables en un suplemento mineral para rumiantes:





- La mezcla final debe aportar mínimo el 4% de fósforo. En localidades donde la concentración de este elemento en las forrajeras sea menor a 0.2%, la sal deberá contener entre 8 a 10%.
- Tener una relación calcio : fósforo mayor a 2 : 1.
- Suplir mínimo el 50% de los requerimientos de microminerales (Co, Cu, I, Mn y Zn). En regiones de reconocida deficiencia deberán aportar el 100% del requerimiento.
- Incluir entre 25 a 50% de Cloruro de sodio para mejorar la palatabilidad y el consumo.
- Tener un tamaño de partícula que favorezca la mezcla homogénea.
- Ser fabricado por personas idóneas, con control de calidad y garantía en cuanto a su composición.

Al menos 17 minerales son requeridos por el ganado de carne: los macrominerales requeridos incluyen calcio, magnesio, fósforo, potasio, sodio, cloro y azufre. Los microminerales requeridos son: cromo, cobalto, cobre, yodo, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, selenio y zinc. Otros minerales como el arsénico, boro, plomo, silicio y vanadio, han mostrado ser importantes para algunas especies animales, pero son de limitada aplicación práctica en la nutrición del ganado.

Algunos minerales no son requeridos y su ingestión puede provocar toxicidad. La Tabla 2 describe las concentraciones máximas tolerables de elementos minerales tóxicos para el ganado.

Tabla 2. Concentraciones máximas tolerables de elementos minerales tóxicos para el ganado (NRC, 1996).

Elemento	mg/kg
Aluminio	1000
Arsénico	50
Bromo	200
Cadmio	0.05
Flúor	40
Plomo	30
Mercurio	2
Estroncio	2000

Requerimientos minerales

Los requerimientos nutricionales son calculados de manera factorial, considerando los requerimientos para mantenimiento, crecimiento, preñez y lactancia corregidos por el porcentaje de absorción del elemento en la dieta. La Tabla 3 describe los requerimientos nutricionales para vacunos productores de carne.

Los requerimientos minerales, al igual que los de proteína y energía, varían en función del nivel de producción. En este sentido, los animales con mayores requerimientos son las hembras en producción (novillas gestantes y vacas lactantes) y animales jóvenes con altas tasas de crecimiento (Tabla 3 y 4).





Tabla 3. Requerimientos minerales y concentraciones máximas tolerables en ganado de carne (NRC, 1996)

Mineral	Unidad	Crecimiento terminación	Novillas y vacas ¹		Niveles máximos
			Gestación	Lactancia	
Calcio	%	Variable	0.24 - 0.35	0.23	-
Cloro	%	-	-	-	-
Cromo	mg/kg	-	-	-	1000
Cobalto	mg/kg	0.1	0.1	0.1	10
Cobre	mg/kg	10	10	10	100
Yodo	mg/kg	0.5	0.5	0.5	50
Hierro	mg/kg	50	50	50	1000
Magnesio	%	0.1	0.12	0.20	0.4
Manganeso	mg/kg	20	40	40	1000
Molibdeno	mg/kg	-	-	-	5
Níquel	mg/kg	-	-	-	50
Fósforo	%	Variable1	0.14 - 0.20	0.16	-
Potasio	%	0.6	0.6	0.7	3
Selenio	mg/kg	0.1	0.1	0.1	2
Sodio	%	0.06 - 0.08	0.06 - 0.08	0.10	93
Azufre	%	0.15	0.15	0.15	0.4
Zinc	mg/kg	30	30	30	500

1 Cálculo vaca adulta 450 kg; producción lechera máxima = 4 kg; ternero 30 kg

Fuente: Adaptada de National Research Council - NRC (1996)

Tabla 4. Requerimientos de calcio y fósforo para crecimiento y engorde (Franceschi, 2001)

Ganancia de peso		0.2 kg/día		1 kg/día	
Peso Vivo. kg		200	400	200	400
Ca	g/día	11.8	16.5	32.4	30.3
	(% en la materia seca)	0.30	0.21	0.65	0.3
P	g/día	7	11.1	15.3	16.7
	(% en la materia seca)	0.18	0.14	0.31	0.17
Consumo de materia seca. kg/día		4	8	5	10

Consumo de materia seca

Determinar el consumo de materias seca (CMS) en el ganado es fundamental, puesto que de él depende el desempeño animal, el nivel de ingestión de nutrientes y la estrategia de suplementación en el caso de ser necesaria. El CMS es regulado y limitado por los siguientes factores:

- Inherentes al animal: raza, sexo, estado fisiológico, fase de lactancia, preñez, alimentación previa, condición corporal, estado sanitario.
- Inherentes al alimento: especie forrajera, composición de la dieta, digestibilidad, tasa de pasaje, tamaño de partícula, método de conservación, palatabilidad, contenido de materia seca.
- Inherentes al ambiente: tiempo de acceso al alimento, frecuencia de alimentación, espacio de comedero, uso de aditivos y anabólicos, fotoperiodo, temperatura y humedad.



Estimar el CMS no es una tarea fácil debido a que es afectado por múltiples factores. Las ecuaciones disponibles para hacer estas estimaciones llevan en consideración el peso vivo del animal, la ganancia de peso esperada, la digestibilidad de la dieta y la etapa fisiológica del animal.

Predicción práctica del CMS

El sistema SCIRO (1990), que establece los estándares de alimentación para el ganado en Australia, propone que para animales en pastoreo sea utilizada la siguiente ecuación de predicción del CMS (kg/día):

$CMS = 0.024 * PA * Z * (1.7 - Z)$, donde:

PA = peso maduro, (kg)

Z = tamaño relativo (valor máximo de 1). El tamaño relativo (Z) es la relación entre el peso actual de animal y el peso maduro.

De acuerdo con Lana (2000), el peso maduro se alcanza cuando el animal presenta 28% de grasa en su composición corporal. Para animales en el trópico puede utilizarse la información de la Tabla 5 para estimar el peso al cual los animales alcanzan el 28% de grasa en su composición.

Tabla 5. Peso maduro de bovinos para carne.

	Castrado	Entero	Hembras
Cebuino, kg	400	450	450
Mestizo, kg	500	550	500

Tabla 6. Predicción del consumo de materia seca (kg/día) para ganado en crecimiento manejado en condiciones de pastoreo.

Peso Maduro, kg	D ¹	Peso del animal, kg ²					
		100	200	300	400	500	600
400	0.5	1.9	3.1	3.6	3.6		
	0.6	2.4	4.0	4.8	4.7		
	0.7	3.0	5.0	6.0	5.9		
	0.8	3.6	6.0	7.1	7.0		
500	0.5	1.9	3.3	4.2	4.6	4.5	
	0.6	2.5	4.4	5.6	6.1	5.9	
	0.7	3.1	5.4	6.9	7.5	7.3	
	0.8	3.8	6.5	8.3	9.0	8.8	
600	0.5	2.0	3.5	4.6	5.3	5.5	5.4
	0.6	2.6	4.6	6.1	7.0	7.3	7.1
	0.7	3.2	5.7	7.5	8.7	9.1	8.8
	0.8	3.8	6.8	9.0	10.3	10.8	10.5

1 Digestibilidad de la materia seca del forraje

2 Adaptado CSIRO, 1990



Tabla 7. Predicción del consumo de materia seca (kg/día) para vacas de carne lactantes manejadas en condiciones de pastoreo.

Peso Maduro, kg	D ¹	Días después del parto ²								
		30	60	90	120	150	180	210	240	270
400	0.5	5.1	6.2	6.3	6.0	5.4	4.9	4.5	4.2	4.0
	0.6	6.7	8.1	8.3	7.8	7.2	6.5	5.9	5.5	5.3
	0.7	8.3	10.1	10.3	9.7	8.9	8.1	7.4	6.9	6.5
	0.8	9.9	12.0	12.3	11.6	10.6	9.6	8.8	8.2	7.8
500	0.5	6.3	7.7	7.9	7.4	6.8	6.2	5.6	5.3	5.0
	0.6	8.4	10.1	10.4	9.8	8.9	8.1	7.4	6.9	6.6
	0.7	10.4	12.6	12.9	12.2	11.1	10.1	9.2	8.6	8.2
	0.8	12.4	15.0	15.4	14.6	13.3	12.0	11.0	10.3	9.7
600	0.5	7.6	9.2	9.5	8.9	8.1	7.4	6.8	6.3	6.0
	0.6	10.0	12.2	12.5	11.8	10.7	9.7	8.9	8.3	7.9
	0.7	12.4	15.1	15.5	14.6	13.3	12.1	11.1	10.3	9.8
	0.8	14.9	18.1	18.5	17.5	15.9	14.4	13.2	12.3	11.7
700	0.5	8.9	10.8	11.0	10.4	9.5	8.6	7.9	7.4	7.0
	0.6	11.7	14.2	14.6	13.7	12.5	11.4	10.4	9.7	9.2
	0.7	14.5	17.6	18.1	17.1	15.6	14.1	12.9	12.0	11.4
	0.8	17.4	21.1	21.6	20.4	18.6	16.8	15.4	14.4	13.6

1 Digestibilidad de la materia seca del forraje

2 Adaptado CSIRO, 1990

Deficiencias minerales en el trópico

Deficiencias y excesos de minerales han sido descritos y reportados en casi todas las regiones del mundo. McDowell (1976, 1977) y Fick (1976), reportan el contenido mineral de 2615 muestras de forraje colectadas en América Latina (ver Tabla 8).

Basados en la información de la Tabla 7 podemos concluir que:

- Los forrajes no son fuente de minerales, hacen aportes importantes pero la suplementación mineral es obligatoria.
- Los minerales más deficientes en el trópico y particularmente en Colombia son: calcio, fósforo, magnesio, sodio, cobre, cobalto, hierro, zinc y yodo.
- Los suplementos minerales en el trópico deben aportar mínimo el 50% de los requerimientos de calcio y fósforo y el 100% de los requerimientos de microelementos.

Fuentes minerales

Las Tablas 9 y 10 describen la composición de diferentes fuentes minerales de uso común en la formulación de sales y suplementos minerales (ver Tabla 9).





Tabla 8. Concentración mineral de 2615 muestras de forraje provenientes de América Latina

Elemento ¹	Porcentaje de forrajes con niveles deficientes	Número de forrajes con niveles deficientes	Requerimiento ²			
Ca	42.9	1123	0.18 - 0.60%	Concentración, %	0.0- 0.30	sobre 0.30
				% del total	31.1	68.9
Co	5.4	140	0.05 - 0.10 ppm	Concentración. %	0- 0.10	sobre 0.10
				% del total	43.1	56.9
Cu	9.0	236	4 -10 ppm	Concentración. %	0- 10	sobre 10
				% del total	46.6	53.4
Fe	9.8	256	10 - 100 ppm	Concentración. %	0-100	sobre 100
				% del total	24.1	75.9
Mg	11.1	290	0.04 - 0.18%	Concentración. %	0-0.20	sobre 0.20
				% del total	35.2	64.8
Mn	11.2	293	20 - 40 ppm	Concentración. %	0-40	sobre 40
				% del total	21	79.0
Mo	5.1	133	0.01 ppm	Concentración. %	0-3	sobre 3
				% del total	86.4	13.6
P	43.2	1129	0.18 - 0.43%	Concentración. %	0-0.30	sobre 0.30
				% del total	72.8	27.2
K	7.6	198	0.60 - 0.80%	Concentración. %	0-0.80	sobre 0.80
				% del total	15.1	84.9
Na	5.6	146	0.06 - 0.10%	Concentración. %	0-0.10	sobre 0.10
				% del total	59.5	40.5
Zn	6.8	177	10 - 50 ppm	Concentración. %	0-50	sobre 50
				% del total	74.6	22.4

1 Tomado de McDowell (1976, 1977) y Fick (1976)

2 Adaptada de National Research Council - NRC (1980, 1996)

Tabla 9. Materias primas fuentes de macrominerales

Fuentes de Macrominerales ¹	
Cal calcítica	38 % Ca
Cal dolomítica	22% Ca; 12% Mg
Carbonato de calcio	40% Ca
Harina de huesos autoclavada	30% Ca; 14% P
Roca fosfórica defluorinizada	29% Ca; 13% P
Fosfato de roca blando	18% Ca; 9% P
Fosfato monocálcico	16% Ca; 20% P
Fosfato bicálcico	23% Ca; 18% P
Fosfato tricálcico	32% Ca; 18% P
Carbonato de magnesio	24% Mg
Cloruro de magnesio	12% Mg
Sulfato de magnesio	10% Mg; 13% S
Óxido de magnesio	60% Mg
Sal común	37% Na
Bicarbonato de potasio	39% K
Cloruro de potasio	50% K
Sulfato de potasio	41% K; 28% S
Flor de azufre	96% S
Sulfato de sodio anhidro	22% S

¹ Adaptado de Lana (2000)





Tabla 10. Materias primas fuentes de microminerales

Fuentes de Microminerales ¹	
Sulfato de cobre	25% Cu; 13% S
Carbonato de cobre	53% Cu
Cloruro de cobre	37% Cu
Óxido cúprico	80% Cu
Carbonado de zinc	52% Zn
Cloruro de zinc	48% Zn
Sulfato de zinc	23% Zn; 11% S
Óxido de zinc	60% Zn
Sulfato ferroso	37% Fe; 19% S
Óxido de hierro	53% Fe
Sulfato de manganeso	32% Mn; 19% S
Óxido de manganeso	77% Mn
Yoduro de potasio	76% I
Yodato de potasio	59% I
Carbonato de cobalto	50% Co
Sulfato de cobalto	25% Co; 11% S
Cloruro de Cobalto	25% Co
Selenato de sodio	42% Se
Selenito de sodio	46% Se

¹ Adaptado de Lana (2000)

Cálculo de un suplemento mineral

Para el ejemplo se considerará un lote de machos cebuínos castrados, con peso promedio de 300 kg, manejados en un sistema de pastoreo rotacional con pasto braquiaria. El CMS estimado es de 4.8 kg de materia seca/día, considerando una digestibilidad del pasto del 60% (Tabla 6). Los con-

tenidos de Ca y P del pasto son 0.23 y 0.1%, respectivamente. Los requerimientos medios de Ca y P son 0.65 y 0.31 como porcentaje del CMS/día, respectivamente (Tabla 4).

Cálculo de los aportes y requerimientos de Ca y P

Requerimientos:

$$\text{Calcio} = 4.8 \text{ kg} \times 0.65\% = 0.0312 \text{ kg} \text{ ó } 31.2 \text{ g}$$

$$\text{Fósforo} = 4.8 \text{ kg} \times 0.31\% = 0.0149 \text{ kg} \text{ ó } 14.9 \text{ g}$$

Aportes:

$$\text{Calcio} = 4.8 \text{ kg} \times 0.23\% = 0.011 \text{ kg} \text{ ó } 11 \text{ g}$$

$$\text{Fósforo} = 4.8 \text{ kg} \times 0.1\% = 0.0048 \text{ kg} \text{ ó } 4.8 \text{ g}$$

Balance:

	Calcio, g	Fósforo, g
Aporte Pasto	11	4.8
Requerimiento	31.2	14.9
Balance	-20.2	-10

La mezcla mineral deberá cubrir las deficiencias de Ca y P. Si eventualmente se considera una deficiencia de Na, Mg, S, Co, Cu, I, Fe, Mn, Se y Zn, también deberán ser suplementados.

Para calcular las cantidades de los elementos restantes que deberá cubrir el suplemento mineral, basta con multiplicar el CMS por el respectivo requerimiento de cada elemento (Tabla 3).

$$\text{Requerimiento Mg: } 4.8 \text{ kg} \times 0.1\% = 0.0048 \text{ kg} \text{ ó } 4.8 \text{ g}$$

$$\text{Requerimiento S: } 4.8 \text{ kg} \times 0.15\% = 0.0072 \text{ kg} \text{ ó } 7.2 \text{ g}$$

$$\text{Requerimiento Zn: } 4.8 \text{ kg} \times 30 \text{ mg/kg} = 144 \text{ mg, etc.}$$

Una vez calculadas las cantidades de macro y microminerales que deberá incluir el suplemento, es necesario escoger las fuentes minerales (Tablas 9 y 10) y determinar su nivel de participación en gramos.





La cantidad de la fuente de minerales que debe ser suplementada es calculada utilizando la siguiente formula:

$$\text{La cantidad de la fuente, (g día}^{-1}\text{)} = \frac{(100 \times \text{ingestión deseada del elemento, g día}^{-1}\text{)}}{\text{porcentaje del elemento en la fuente}}$$

Ejemplos:

Fosfato tricálcico = 32% de Ca

Ingestión deseada = 20.2 g/día

$$\text{Cálculo} = (100 \times 20.2)/32 = 63.125 \text{ g/día}$$

Flor de azufre = 96% de S

Ingestión deseada = 7.2 g/día

$$\text{Cálculo} = (100 \times 7.2)/96 = 7.5 \text{ g/día}$$

Sulfato de Zn = 23% de Zn

Ingestión deseada = 0.144 g/día

$$\text{Cálculo} = (100 \times 0.144)/23 = 0.6261 \text{ g/día}$$

Dado que las sales minerales tienen baja palatabilidad, es necesario considerar la inclusión de cloruro de sodio en la mezcla final. Los niveles de inclusión de esta materia prima pueden oscilar entre un 20 y un 40 % de la mezcla total.

Supóngase que se desea una participación del 40% de cloruro de sodio en la mezcla final. La participación en gramos de todas las materias primas diferentes al cloruro de sodio suma 80.4 g, cantidad que corresponde al 60% de la sal:

$$80.4 \text{ g corresponde al 60\% de la sal, el 100\% será: } 134 \text{ g } ((80.4 \times 100)/60).$$

Por diferencia entre el peso total de la sal (134 g) y el peso de las materias primas diferentes al cloruro de sodio (80.4 g), se encuentra la cantidad de sal común que deberá llevar el suplemento (53.6 g).

El consumo diario de sal de este grupo de animales para satisfacer sus requerimientos es de 134g/animal/día.

Para calcular el porcentaje de participación de las materias primas en la sal procedemos de la siguiente manera:

134 g de mezcal mineral → 100%

63.13 g de Fosfato tricalcico → x

x = 47.109%

134 g de mezcal mineral → 100%

0.63 g de Sulfato de zinc → x

x = 0.467%

Los niveles de garantía se obtienen por la multiplicación del porcentaje de la fuente en la sal y el respectivo porcentaje del elemento en la fuente.

Ejemplos:

Nivel de garantía para Ca

Porcentaje de fosfato tricálcico en la sal = 47.11% (Tabla 11)

Porcentaje de calcio en el fosfato tricálcico = 32% (Tabla 9)

Nivel de garantía o porcentaje de Ca en la sal = $47.11 \times 32\% = 15.07\%$

Nivel de garantía para P

Porcentaje de fosfato tricálcico en la sal = 47.11% (Tabla 11)

Porcentaje de fósforo en el fosfato tricálcico = 18% (Tabla 9)

Nivel de garantía o porcentaje de Ca en la sal = $47.11 \times 18\% = 8.48\%$

Nivel de garantía para Mg

Porcentaje de óxido de magnesio en la sal = 5.97% (Tabla 11)





Porcentaje de magnesio en el óxido de magnesio = 60% (Tabla 9)

Nivel de garantía o porcentaje de Ca en la sal = $5.97 \times 60\% = 3.58\%$

La Tabla 11 presenta este cálculo para todos los elementos en el suplemento y la composición final de la mezcla mineral (kg de la fuente mineral /100 kg de mezcla mineral, o %).

Tabla 11. Cálculo y composición final de la mezcla mineral

Elemento	Requerimiento	Cantidad requerida	Fuente mineral	Cantidad de la fuente, g	% de la fuente en la sal	Nivel de garantía del elemento, %
Ca	0.65 %	20.2 g	Fosfato tricálcico	63.13	47.11	15.07
P	0.31 %	10 g		-	-	8.48
Mg	0.1 %	4.8 g	Óxido de magnesio	8.00	5.97	3.58
S	0.15 %	7.2 g	Flor de azufre	7.5	5.6	5.37
Co	0.1 mg/kg	0.48 mg	Sulfato de cobalto	0.0019	0.0007	0.0004
Cu	10 mg/kg	48 mg	Sulfato de cobre	192	0.143	0.0358
I	0.5 mg/kg	2.4 mg	Yodato de potasio	0.0041	0.003	0.0018
Fe	50 mg/kg	240 mg	Sulfato ferroso	0.6486	0.484	0.1791
Mn	20 mg/kg	96 mg	Sulfato de manganeso	0.3	0.224	0.0716
Se	0.1 mg/kg	0.48 mg	Selenito de sodio	1	0.0008	0.0004
Zn	30 mg/kg	144 mg	Sulfato de zinc	0.6261	0.467	0.1075
			Cloruro de sodio	53.6	40.0	
			TOTAL	134	100	

Directivas técnicas para Colombia

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), a través de su División de Insumos Pecuarios y con el objetivo de estandarizar los niveles de tolerancia de la composición garantizada para los macro y micro elementos en las sales minerales para el ganado, establece las siguientes directivas técnicas relacionadas con la producción e importación de sales mineralizadas en Colombia (DIP-30-100-004):

Tabla 12. Niveles de tolerancia en sales minerales importadas y fabricadas en el país (ICA, 1996)

Parámetro	Tolerancia
Fósforo	Máximo hasta un 10% por debajo del porcentaje garantizado
Calcio	Máximo hasta un 10% por debajo del porcentaje garantizado
Cloruro de sodio	Máximo hasta un 5% por debajo del porcentaje garantizado
Otros macro y micro elementos	Máximo hasta un 20% por debajo del porcentaje garantizado
Relación flúor : fósforo	Máximo una parte por millón de flúor por cada 100 partes por millón de fósforo
Humedad	Máximo 5%

La composición garantizada de cloruro de sodio, macro y micro elementos debe expresarse en porcentaje de peso, indicando los límites mínimos.



Referencias bibliográficas

- Gill, W., Lane, C., Neel, J., and Fisher, A. (2004). "Mineral nutrition of beef cattle". Disponible en: <https://utextension.tennessee.edu/publications/Documents/PB1749.pdf>
- McDowell, L. R. (1976). "Mineral deficiencies and toxicities and their effect on beef production in developing countries". En: A. J. Smith (Ed.), *Beef Cattle Production in Developing Countries* (pp. 216-241). Edinburgo, Reino Unido: University of Edinburgh, Centre for Tropical Veterinary Medicine.
- McDowell, L. R. (1977). *Geographical distribution of nutritional diseases in animals*. Gainesville, United States of America: Animal Science Department, University of Florida.
- NRC (1980). *Mineral tolerances of domestic animals*. Washington DC, United States of America: National Academy of Sciences - National Research Council.
- NRC (1996). *Nutrient requirements of beef cattle* (7th revised ed). Washington DC, United States of America: National Academy of Sciences - National Research Council.
- CSIRO (1990). *Feeding standards for Australian Livestock; Ruminants*. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing.
- Fick, K. R., McDowell, L. R., and Houser, R. H. (1976). *Current status of mineral research in Latin America*. Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research with Grazing Ruminants (pp. 261-292). Belo Horizonte, Brazil.
- Lana, R. P. (2000). *Sistema Viçosa de formulação de rações*. Viçosa, Brasil: Universidade Federal de Viçosa.
- ICA (1996). *Resolución 1056 de abril 17 de 1996, disposiciones sobre el control técnico de insumos pecuarios, Instituto Colombiano Agropecuario*. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/498ca7d0-65d6-4f6d-bb03-bc905c0a22d7/1056.aspx>

La producción ganadera en Colombia se realiza principalmente en condiciones de pastoreo. Los pastos y forrajes no logran satisfacer los requerimientos minerales, por lo que la suplementación mineral de los animales es obligatoria.

El objetivo de este manual es brindar al lector la información necesaria para formular un suplemento mineral, considerando los aportes de la dieta base, los requerimientos del animal y las fuentes de minerales disponibles en el mercado.