

**RELACION DEL CALCIO, FOSFORO, MAGNESIO Y SELENIO SOBRE LA  
REPRODUCCION EN VACAS LECHERAS DURANTE EL PERIODO DE  
TRANSICION.**

**ELMER CAMILO PORTILLA DOMINGUEZ**

**TRABAJO DE MONOGRAFIA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO  
DE ESPECIALISTA EN PRODUCCION BOVINA TROPICAL**

**UNIVERSIDAD DE CORDOBA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DIVISION DE POSTGRADOY EDUCACION CONTINUADA  
ESPECIALIZACION EN PRODUCCION BOVINA TROPICAL**

**2021**

**RELACION DEL CALCIO, FOSFORO, MAGNESIO Y SELENIO SOBRE LA  
REPRODUCCION EN VACAS LECHERAS DURANTE EL PERIODO DE  
TRANSICION.**

**AUTOR: ELMER CAMILO PORTILLA DOMINGUEZ**

**MV**

**TUTOR: JOSE ALBERTO CARDONA ALVAREZ**

**MVZ, ESP, MsC, PhD**

**UNIVERSIDAD DE CORDOBA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DIVISION DE POSTGRADOY EDUCACION CONTINUADA  
ESPECIALIZACION EN PRODUCCION BOVINA TROPICAL  
2021**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICACION</b>	<b>2</b>
<b>3. MARCO TEORICO</b>	<b>3</b>
<b>3..1. PRODUCCION DE LECHE</b>	<b>3</b>
3..1.1. PRODUCCION DE LECHE EN COLOMBIA	4
<b>3..2. PERIODO DE TRANSICION EN LA VACA LECHERA</b>	<b>9</b>
3..2.1. METABOLISMO DE LA VACA EN TRANSICION	10
<b>3..3. FUNCION Y RELACION DE LOS MINERALES CON LA REPRODUCCION</b>	<b>14</b>
3..3.1. CALCIO	18
3..3.2. FOSOFORO	20
3..3.3. MAGNESIO	23
3..3.4. SELENIO	24
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>28</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIAS</b>	<b>29</b>

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Colombia es un país tropical que sustenta su producción de leche en el trópico bajo con sistemas de producción doble propósito con genes europeos y en el trópico alto con lecherías especializadas basadas en bovinos europeos, especialmente Holstein Friesian **(Baena *et al.*, 1984)**. Este tipo de producciones actualmente se ven afectadas en su gran mayoría por problemas de tipo reproductivo principalmente en el periodo de transición luego del parto. El período de transición es una etapa de cambios significativos tanto hormonales como metabólicos ya que pasa de un período de deposición de grasas durante la preñez tardía a uno de movilización de tejidos previo al comienzo de la lactación. Si los requerimientos energéticos no son satisfechos en el parto, la vaca está predispuesta a una serie de eventos que llevan a desórdenes metabólicos esto afecta la productividad **(Stockdale y Roche., 2002)**. Al igual que los altos requerimientos energéticos que implica el inicio de la lactación, la vaca lechera también tiene altos requerimientos de minerales (fundamentalmente calcio, fósforo y magnesio) durante este período, debido a la continua excreción de los mismos en la leche. Cuando el organismo se ve incapacitado de satisfacer dichos requerimientos, se presentan algunas patologías como hipocalcemia, cetosis, acidosis, retención de placenta, metritis, mastitis. **(Oetzel, 2000)**.

Es como el metabolismo mineral sufre pronunciadas variaciones durante el período de transición **(Corbellini, 2000)**. Los minerales cumplen un rol fundamental en aspectos de producción y reproducción de los animales, ya que participan en una serie de reacciones bioquímicas como parte de enzimas, lo que los transforman en componentes esenciales para la vida del animal **(Sales, 2017)**. Es por esta razón que se necesita en primera instancia identificar donde se encuentran las deficiencias para nutrir a los animales y de esa forma utilizar métodos que permitan determinar el grado de desequilibrio metabólico, con el fin de realizar los ajustes de la alimentación acorde al rendimiento de la vaca lechera, en las diferentes fases del ciclo reproductivo, para que esta sea capaz de soportar no solamente un nivel alto de producción lechera, sino también el mantenimiento de un buen estado general y un óptimo estado reproductivo y de salud **(Andrade *et al.*, 1998)**.

Dadas estas condiciones, el aporte nutricional de los minerales se ve reflejado directamente en el desempeño reproductivo y esto a su vez impacta los índices de producción de cada ganadería; sin embargo, está condicionada a factores propios de cada sistema como como lo es calidad y tipos de suelo, pasturas, pastoreo, sanidad entre otros.

## 2. JUSTIFICACION

Las producciones lecheras del país, tanto de trópico alto (especializada) como trópico bajo (doble propósito) experimentan constantemente un reto cuando se habla de eficiencia productiva y reproductiva en sus hatos, ya que esta depende en gran medida del buen manejo e interacción de un sistema eficiente suelo-planta-animal. De esta forma se sabe que la mayoría de los forrajes disponibles no alcanzan a satisfacer completamente las necesidades de minerales en los animales, esto como consecuencia de las limitaciones climáticas y del suelo que impone restricciones nutricionales a los pastos. Entonces la escasa disponibilidad de minerales en el suelo afecta a los forrajes restando la concentración de los elementos deficientes en sus tejidos y contribuyendo con el bajo crecimiento de la planta. **(Garmendia, 2006)**

Los minerales son un elemento importante en la evaluación de la calidad de los forrajes desde el punto de vista nutricional. Deficiencias de minerales normalmente disminuyen el consumo voluntario y la digestibilidad y adicionalmente tanto las deficiencias como los imbalances traen consecuencias negativas sobre la salud del animal. El nivel óptimo de mineral en los forrajes está relacionado con los requerimientos del animal. En este sentido, tales niveles son variables debido a que los requerimientos del animal varían de acuerdo a su estado fisiológico y a los niveles de producción **(Carulla et al. 2004)**.

Las vacas en producción generalmente tienen exigencias nutricionales muy altas con el fin de lograr expresar todo su potencial genético lechero, es por esto que la gran demanda productiva a la que se somete a los animales hace que las raciones deban estar adecuadamente formuladas para evitar desequilibrios que podrían repercutir sobre la reproducción principalmente en el periodo de transición después del parto. Ya que es en este periodo donde hay grandes cambios hormonales, como los que suceden durante la formación del cuerpo lúteo y subsecuente secreción de progesterona. Entonces, la función reproductiva se ve afectada e involucra tanto factores hormonales, proteicos, ciertos componentes metabólicos y/o bioquímicos presentes en la sangre además del aporte de cada uno de los minerales.

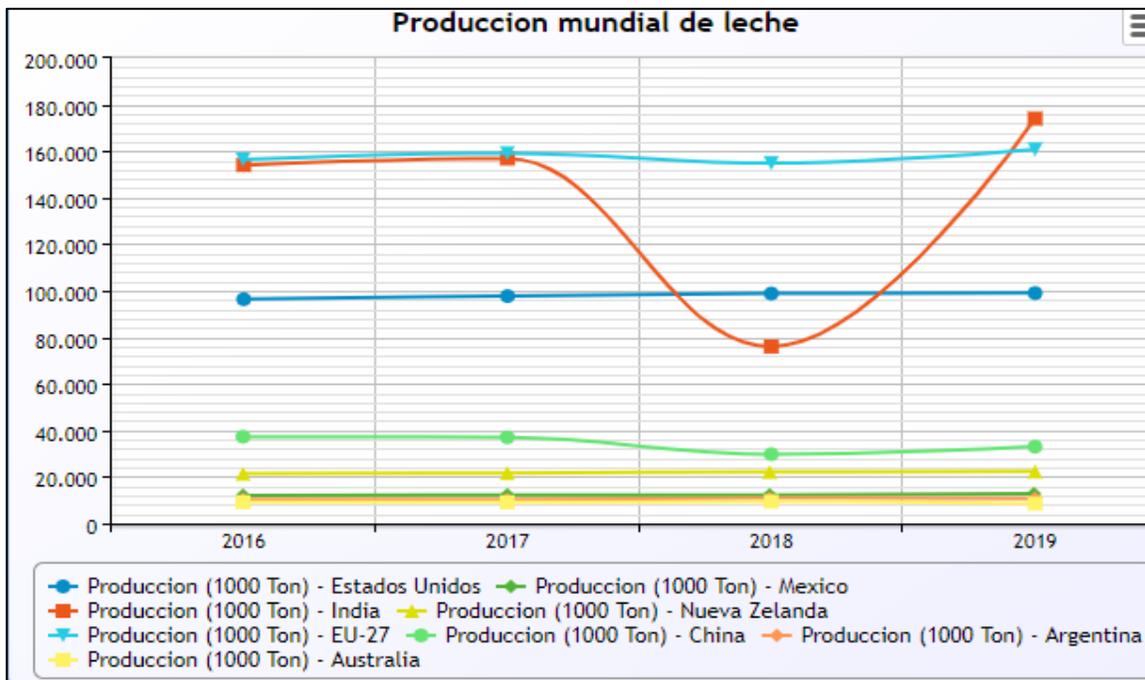
Por tanto, debe considerarse que un buen manejo de la nutrición mineral que consiste en aportar la cantidad necesaria según los requerimientos de la vaca, garantizando así estándares reproductivos normales y mantener los niveles productivos **(Mc Donald et al., 1997)**.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 PRODUCCION DE LECHE

A pesar de las interrupciones del mercado causadas por la pandemia de COVID-19, la producción mundial de leche está mostrando resistencia, posiblemente creciendo ligeramente en 2020. Sin embargo, las exportaciones mundiales de productos lácteos se dirigen hacia una contracción, en medio de la vacilante demanda de importación. En América del Sur, se pronostica que la producción de leche disminuirá en un 1,1% a 61 millones de toneladas, y las contracciones anticipadas en Brasil, Uruguay y Colombia se compensarán parcialmente con un ligero aumento esperado en Argentina. En Brasil, la caída de la producción se originó en un clima un tanto inestable, que causó estrés por calor en algunas partes del país, reduciendo la producción de leche. El sector también se está viendo afectado negativamente por la baja rentabilidad de los tambos y los altos precios de los alimentos para animales, especialmente el concentrado, que estimulan el descarte del ganado lechero. En Uruguay y Colombia, las sequías y las altas temperaturas están afectando la disponibilidad de pastos y alimentos para animales y afectando negativamente la producción. Por el contrario, en Argentina, se espera que el clima más favorable respalde la recuperación de la producción. **(FAO,2020).**

**Figura 1.** Producción de leche a nivel mundial.

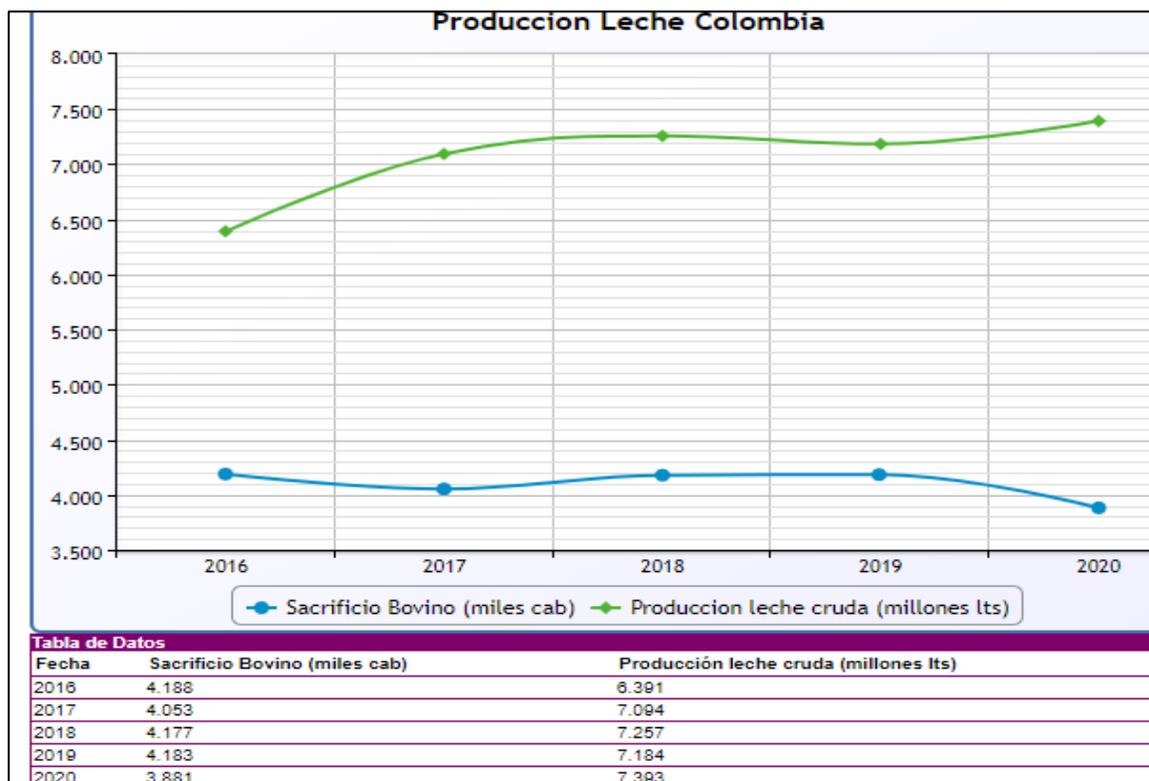


Fuente: **(Fedegan,2020).**

### 3.1.1 producción lechera en Colombia

La industria lechera, vista como una unidad económica, es aquella donde el ganadero combina la tierra, los animales, la mano de obra y la tecnología para transformarlos en litros de leche, que se venden para generar utilidades (Herrera et al., 2011). El sector lechero en Colombia es un sector sumamente importante para la economía nacional. Actualmente representa el 2,3% de PIB nacional y el 24,3% del PIB agropecuario, además de generar más de 700.000 empleos directos. La producción lechera hace presencia en 22 departamentos del país, siendo Antioquia, Boyacá y Cundinamarca los departamentos más destacados. En Colombia se registran más de 395.215 unidades productoras de leche, es decir casi 400.000 fincas o haciendas las cuales solo el 20% tienen más de 15 animales (**FEDEGAN, 2019**). También hay que recordar que esta actividad propiamente lechera se desarrolla en dos tipos de producción: la especializada, con una participación del 40% y la de doble propósito con el 60% de la producción total (**FEDEGAN, 2009**).

**Figura 2.** Producción de leche en Colombia.



Fuente: (**Fedegan,2020**)

En Colombia encontramos dos sistemas de producción dedicados a la producción de leche. La lechería especializada, ubicada generalmente en trópico alto, es aquella donde la vaca es ordeñada sin ternero al pie y el ternero macho es descartado usualmente a los pocos días de nacido. Las vacas, generalmente puras o con un alto porcentaje de genes proveniente de razas europeas, son suplementadas con

alimentos balanceados; por lo que la productividad de leche es alta. El sistema de doble propósito, es aquel donde el ternero macho es levantado y vendido después del destete y la vaca es ordeñada con el ternero al pie. Su alimentación se fundamenta en sistemas extensivos a base de pasturas con una baja productividad de leche y carne. Generalmente se encuentran ubicados en trópico bajo, en regiones con altas temperaturas y lejos de los mercados **(Holmann et al., 2003)**.

**Figura 3.** Inventario hato ganadero en Colombia.



Fuente: **(Fedegan, 2013)**.

- **Sistemas especializados**

Este sistema se desarrolla principalmente en el trópico de altura (> 2000 msnm) donde las temperaturas medias son más bajas (10-20 grados centígrados) y la calidad de las pasturas es mejor. Las tres principales cuencas lecheras de la lechería especializada del país están en el sur (Departamento de Nariño), en el centro (Altiplano Cundiboyacense) y en noroccidente (Departamento de Antioquia). La raza predominante en estos sistemas de producción es Holstein-Friesian, aunque se encuentran otras razas lecheras (Jersey, Pardo Suizo) y doble propósito (Normando). Las vacas son ordeñadas dos veces al día (a.m.; p.m.) y reciben suplementación con concentrado durante el ordeño. El promedio de producción de leche en este tipo de explotaciones está entre 12 a 14 L/d, con una carga animal entre 1 y 2 vaca/ha. La producción por ha está entre 4380 y 5110 L/año. Explotaciones altamente tecnificadas con uso de fertilizantes y de mucha suplementación alimenticia (7-8 kg/d) pueden alcanzar producciones promedio por vaca superiores a 27 L/d y 25 000 L/ha y año. En este tipo de explotaciones altamente tecnificadas las cargas animales son cercanas a 3 vacas/ha. El sistema de lechería especializada cuenta con

un inventario animal cercano a 1 500 000 cabezas, de las cuales aproximadamente el 50% son hembras adultas y de éstas cerca del 70% están en ordeño. este sistema produce el 40% de la leche del país. **(Fedegan, 2015)**.

Los sistemas especializados de producción de leche en Colombia localizados en la zona Altoandina se basan en monocultivos de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), o ryegrass (*Lolium perenne*). Bajo las condiciones de fertilización convencional de 400 kg N/ha año, los niveles de proteína de estas praderas son altos, en promedio 21 %. Debido a esto, los animales consumen forrajes con altos niveles de proteína de alta degradabilidad que se vuelve un problema al no contar con la energía necesaria para convertir el nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), producto de la fermentación ruminal, en proteína microbiana **(Carulla, 1999)**. Este comportamiento del N trae consigo implicaciones de diverso orden, tanto en lo ambiental, como lo metabólico, reproductivo, y económico **(Correa et al., 2004)**.

**Tabla 1.** Valor nutricional pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

<b>Tabla 1.</b> Composición química del pasto kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> , Hoechst. Ex Chiov.) en muestras recolectadas en varias localidades del departamento de Antioquia, % MS.						
	<b>PC</b>	<b>EE</b>	<b>Cen</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>CNE</b>
Promedio	20.5	3.63	10.6	58.1	30.3	13.4
Máximo	27.1	4.71	13.9	66.9	32.8	17.2
Mínimo	15.4	1.63	8.65	51.7	28.3	8.93
D. E.	3.26	0.82	1.71	3.91	1.20	2.51
C. V., %	15.9	22.6	16.1	6.73	3.95	18.7
n	39.0	27.0	27.0	36.0	19.0	23.0

<sup>1</sup> D. E. = Desviación estándar; PC = proteína cruda; EE = extractor etéreo; Cen = cenizas; FDN = fibra en detergente neutro; FDA = fibra en detergente ácido; CNE = carbohidratos no estructurales (CNE = 100 - (PC + EE + FDN + Cen) + PCIDN (Proteína Cruda Insoluble en Detergente Neutro), NRC 2001)

Fuente: **(Correa et al., 2008)**.

Es importante resaltar que la importación de material genético de ganado holandés para América Latina produjo un aumento en la producción lechera, permitiendo atender las necesidades inmediatas de los productores. Sin embargo, el desempeño productivo y reproductivo de estos animales no siempre alcanza los niveles esperados, debido a la influencia de factores ambientales como las condiciones climatológicas, nutricionales y de manejo **(Cerón y Muñoz et al., 2004)**.

- **Sistemas doble propósito**

Este sistema se desarrolla principalmente en el trópico bajo (>1200 msnm) y medio (1200 a 2000 msnm). Las principales cuencas de lechería doble propósito del país están en el suroriente (Departamentos del Caquetá y Huila), el norte (Departamentos de Córdoba, Cesar y Sucre) y nororiente (Departamento de Santander) **(Fedegan 2015)**. Este sistema se caracteriza por su sencillez, estabilidad, flexibilidad y liquidez diaria, lo cual le ha permitido sobrevivir, aun bajo situaciones climáticas, económicas y sociales difíciles. La estabilidad de estas empresas radica en el ganado utilizado está adaptado al medio ambiente tropical y la alimentación del rebaño está basada principalmente en el pastoreo, dependiendo proporcionalmente poco de insumos producidos fuera de la finca. No obstante, en la mayoría de las áreas ganaderas la baja productividad del sistema está asociada en gran medida a la baja cantidad y la pobre calidad del forraje disponible, el potencial genético de los animales y el manejo **(Mármol, 2006)**.

En este sistema de producción no existe una raza dominante, pero normalmente se usan vacas cruzadas (*Bos indicus*\* *Bos taurus*) popularmente conocidas como vacas siete colores. Las vacas son ordeñadas una vez al día (a.m.) y reciben suplementación mineral. El ordeño se hace con el ternero al pie y esta toma la leche que queda después del ordeño. El ternero pasta hasta medio día o media tarde y luego es separado de su madre hasta el otro día. La producción de leche (vendida) es muy baja (3-5 L/d) y las lactancias son cortas (menos de 280 d). Las cargas animales son muy variables y, al igual que las pasturas, están asociadas a las condiciones ambientales predominantes en cada región. En este sistema produce el 60% de la leche del país **(Fedegan,2015)**.

Las plantas forrajeras más utilizadas en América tropical están dentro del género *Brachiaria*, las especies *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. ruziziensis*, son ampliamente conocidas y poseen excelentes cualidades forrajeras **(CIAT, 2000)**. Generalmente en Colombia las especies dominantes en las pasturas varían entre regiones y reflejan en gran medida la adaptabilidad de estas a las condiciones ambientales predominantes (suelo y clima). Las *Brachiarias* spp dominan las pasturas donde los suelos son ácidos y con baja fertilidad. Los *Panicum* spp dominan las pasturas en los mejores suelos y un adecuado régimen de lluvias. Por último, en suelos de buena fertilidad, pero de baja pluviosidad, dominan el *Dichantium aristatum* (Angleton) **(fedegan, 2015)**.

**Tabla 2.** Valor nutricional de *Brachiaria brizantha* y *Panicum máximum*.

PASTURA	Atributo (%)						
	PC	FDN	DIVMS	P	K	Ca	Mg
<b>B. brizantha CIAT 16121</b>	8,7	61,8	78,5	0,18	1,11	0,25	0,35
<b>B. brizantha CIAT 23318</b>	8,5	65,4	76,3	0,16	0,98	0,18	0,23
<b>B. brizantha CIAT 26110 (Pasto Toledo)</b>	6,6	64	68,6	0,13	0,97	0,2	0,29
<b>P. Máximum cv. Tanzania</b>	8,1	64,8	62,4	–	–	–	–
<b>P. Máximum CIAT 36000</b>	8,7	67,6	63,3	–	–	–	–

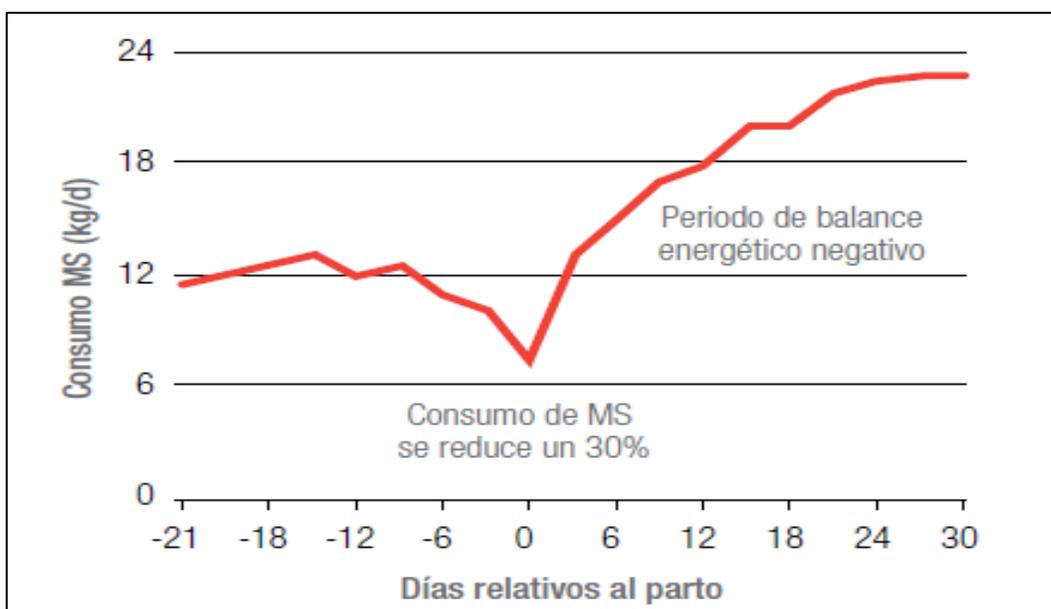
Fuente: **(Avella,2018)**.

En muchas fincas se observa un deficiente manejo y aprovechamiento de las pasturas, en particular lo referente al control de la carga animal, sobre o subpastoreo, enmalezamiento y disminución de la persistencia del recurso pastizal con pérdidas en la producción y el beneficio económico. Se estima que no menos del 50 % de estas pasturas se encuentran en estadios avanzados de degradación observándose en ellas una disminución considerable de su productividad potencial **(Faria-Mármol, 1998)**. Por tal razón el contar con la especie adecuada es la base fundamental para un manejo exitoso del recurso forrajero. Para la elección de la especie se debe dar énfasis a características que le permitan superar las limitantes ambientales tales como facilidad y agresividad de establecimiento, tolerancia al régimen de humedad del suelo (encharcamiento, sequía), su acidez, fertilidad, resistencia a plagas y enfermedades, altos rendimientos, buena producción de semillas y adecuado valor nutritivo **(Faria y Mármol, 2005)**.

### 3.2 PERIODO DE TRANSICION EN LA VACA LECHERA

El período de transición (tres semanas previas y tres posteriores al parto) es un cambio dramático para el animal, donde se producen los mayores desbalances energéticos y metabólicos (**Drackley, 1999**). Durante la lactación temprana aumenta la actividad lipolítica en la vaca lechera, ya que el grado de lipólisis depende del potencial genético para la producción de leche y de la severidad del balance energético negativo (BEN) (**McNamara y Hillers, 1986**). Generalmente en este periodo ocurre una disminución gradual del consumo de materia seca (MS) que comienza al inicio de dicho período, con un descenso dramático en la semana previa al parto, más precisamente en los últimos dos días (**Grummer, 1995**).

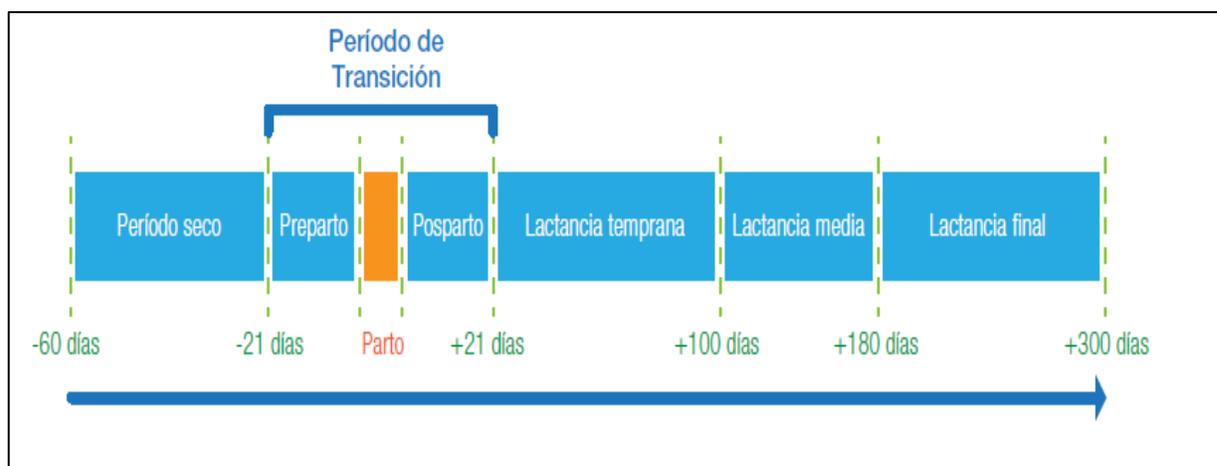
**Figura 4.** Variación del consumo de materia seca (MS) durante los días del período de transición (parto = 0).



Fuente: (Sepúlveda et al., 2017).

La vaca modifica bruscamente su nivel productivo como consecuencia del inicio de la lactación y liberación de calostro, con lo cual sus mecanismos homeostáticos pueden verse afectados y producirse desequilibrios en los constituyentes bioquímicos de la sangre (**Van Saun, 1999**). Los cambios que sufre la vaca en este período se pueden reflejar en la concentración de algunos constituyentes sanguíneos, los cuales pueden ser detectados a través del uso de perfiles metabólicos durante el período preparto y posparto (**Manston et al., 1975**).

**FIGURA 5.** Etapas comprendidas en un ciclo productivo de una vaca lechera.



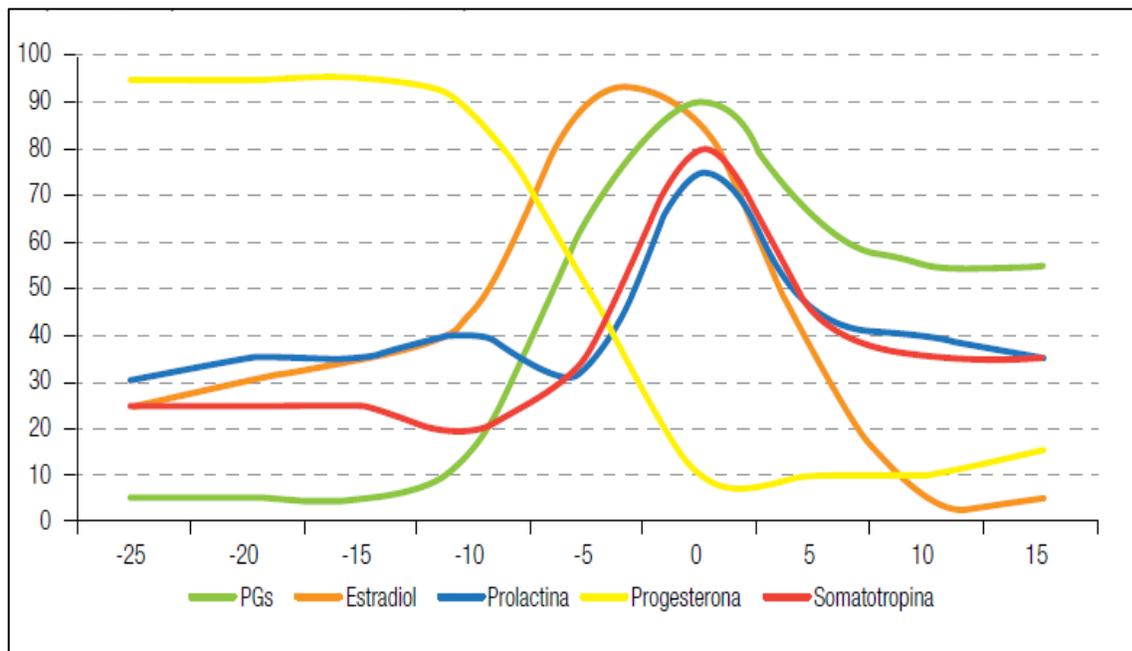
fuelle: (Sepúlveda *et al.*, 2017).

### 3.2.1 Metabolismo de la vaca en transición

Es conocido el efecto negativo de los estrógenos sobre el consumo cuya concentración permanece baja hasta el día 240 de preñez para luego incrementar lentamente hasta 7 días antes del parto en que incrementan abruptamente. Por otra parte, la concentración sanguínea de leptina disminuye en el preparto e inicio de la lactancia junto a la movilización grasa, siendo esta hormona producida por el tejido adiposo informando al sistema nervioso central sobre el estatus nutricional del animal regulando el consumo del alimento, la termorregulación y los procesos reproductivos. También se debe considerar que el incremento en la concentración sanguínea de ácidos grasos no esterificados o NEFA como consecuencia de la movilización del tejido adiposo, conduce a un incremento en su captación por el hígado, hecho que se ha asociado a la reducción en el consumo de MS en rumiantes. Producto de lo señalado precedentemente en el período seco preparto se reduce el apetito, el consumo de alimentos y la capacidad de absorción de nutrientes lo que motiva a definir estrategias de manejo y alimentación para este período tendientes a aminorar el efecto de estos cambios. Los cambios endocrinos dirigidos a preparar la vaca para el parto y al inicio de una nueva lactancia se asocian a modificaciones en las concentraciones plasmáticas de diversas hormonas (figura 4) como las de insulina y de la hormona del crecimiento que aumentan al momento del parto; de igual manera las de tiroxina (T4) y de triyodo tironina (T3) disminuyen rápidamente al momento del parto para incrementar al inicio de la lactancia; los estrógenos se incrementan al final de la gestación disminuyendo luego del parto, mientras que la progesterona disminuye dos días antes del parto; los glucocorticoides y la prolactina

presentan una subida intensa pero breve solo el día del parto. **(Armentano et al.,1983).**

**Figura 6.** Concentraciones plasmáticas de hormonas (valor relativo %) durante los días previos y posteriores al parto.



Fuente: **(Lean et al., 2010).**

Los animales que llegan al parto con BEN tienen más posibilidades de acentuar pérdidas metabólicas en condiciones de pastoreo, comprometiendo la producción de leche y retardando el reinicio de la ciclicidad ovárica. La vaca de lechera de alta producción (8 a 12 semanas postparto) presenta una tasa de incremento en materia seca (MS) consumida comparado con el incremento de producción de leche. muchos mecanismos metabólicos de adaptación al BEN ocurren a nivel del organismo, involucrando la movilización de energía almacenada desde los sitios de depósito y la Inter conversión de combustibles metabólicos. En el estado de BEN el nutriente más limitante es la glucosa ya que en el rumiante debe ser sintetizada mediante neoglucogénesis hepática a partir de precursores, cuyo aporte es variable de acuerdo a la dieta administrada; los precursores son: propionato, que puede contribuir en la formación de glucosa en 30 a 50% **(Armentano et al.,1983).**

El metabolismo mineral por su parte sufre pronunciadas variaciones durante el período de transición **(Corbellini, 2000)**. Particularmente el Calcio (Ca), el Fosforo (P) y el Magnesio (Mg), ante los súbitos cambios que impone el comienzo de la lactancia. Es necesaria la respuesta de órganos como el hígado, los riñones, el intestino y el esqueleto para mantener la homeostasis interna, teniendo un rol clave las hormonas Calcitonina, Paratohormona (PTH) y 1,25 dihidroxi colecalciferol (1,25-

(OH)2D3) y el grado de sensibilidad de sus receptores específicos, para aumentar tanto la capacidad intestinal de absorción, como la movilización del tejido óseo y la reabsorción renal **(Albornoz, 2006)**.

Al igual que los altos requerimientos energéticos que implica el inicio de la lactación, la vaca lechera también tiene altos requerimientos de minerales (fundamentalmente calcio, fósforo y magnesio) durante este período, debido a la continua excreción de los mismos en la leche. Cuando el organismo se ve incapacitado de satisfacer dichos requerimientos, se presentan algunas patologías (hipocalcemia, cetosis, acidosis, retención de placenta, metritis, mastitis). La mayoría de los desórdenes minerales en la vaca lechera ocurren en el periparto, y están directamente relacionados con el manejo nutricional durante el período seco, particularmente en las últimas semanas previas al parto **(Oetzel, 2000)**. Los trastornos reproductivos se presentan con frecuencia después del parto. Algunos de los trastornos más comunes incluyen quistes ováricos, infecciones uterinas y placenta retenida. La decisión de tratar o eliminar vacas que exhiben uno o más de estos trastornos es un verdadero reto para el productor y existe una gran controversia entre veterinarios y productores, en relación con el impacto económico que pueden causar estos trastornos y el manejo más efectivo o la intervención terapéutica para tratarlos **(Fricke et al., 2001)**.

**Tabla 3.** Rangos de condición corporal (CC), en vacas y vaquillonas que presentaron trastornos, enfermedades y/o muerte.

Categoría	Parto asistido/ distócico		Retención placenta		Hipo Ca/ Mg	Metritis endometritis		Patología Podales		Mastitis clínica		Muertes	
	vaca	vaq.	vaca	vaq	vaca	vaca	vaq	vaca	vaq	vaca	vaq	vaca	vaq
N	18	10	20	6	8	72	25	5	3	7	1	3	1
%/total (1)	86	57	91	100	89	95	77	42	100	20	8	50	100
Rango CC	%												
≤ 2,25	6	0	5	0	0	4	4	0	0	14	0	0	100
2,5-3	88	50	80	50	50	82	60	100	67	72	0	100	0
3,25-3,75	6	50	10	50	25	13	36	0	33	14	100	0	0
≥4,0	0	0	5	0	25	1	0	0	0	0	0	0	0

(1) Se refiere al porcentaje de animales que presentan registros de condición corporal sobre el total involucrados en cada suceso.

fuelle: **(Frías et al., 2011).**

Debido a que en sistemas de pastoreo hay cambios en la disponibilidad y composición de la pradera durante el año, y que vacas lecheras con diferentes reservas energéticas alrededor del parto presentan un comportamiento de ingestión heterogéneo, la hipótesis es que vacas con alta CC preparto producirían diferentes respuestas metabólicas durante el período de transición y lactancia temprana, predisponiendo a la presentación de resistencia a insulina. De este modo, el objetivo del estudio fue determinar las variaciones en indicadores sanguíneos y productivos y la presentación de resistencia a insulina y cetosis, en vacas lecheras a pastoreo en período de transición y lactancia temprana con alta o moderada condición corporal (CC) en el período preparto **(Barboza, 2014).**

La importancia de este período reside en el hecho de que en él se define en buena medida el futuro productivo, reproductivo, metabólico y sanitario del animal. La intensa selección genética a la que han sido sometidos los bovinos lecheros ha convertido a las vacas lecheras en verdaderas atletas metabólicas. Sin embargo, un deficiente manejo nutricional y alimenticio puede comprometer no solo la aceleración con la que la vaca produce leche en el posparto temprano si no que, además, puede afectar negativamente su salud y fertilidad **(Sepúlveda, 2017).**

### **3.3 FUNCIÓN Y RELACIÓN DE LOS MINERALES CON LA REPRODUCCION**

los suelos colombianos se han clasificado taxonómicamente como oxisoles, y ultisoles (75% del área total), categorías que reúnen aquellos suelos de baja fertilidad actual y potencial, con niveles deficientes de macro y micro minerales (N, P, Ca, K, Mg, Mn, Se, Zn) y con gran concentración de aluminio. Este exceso de aluminio y la baja cantidad de los minerales genera una "acidez no intercambiable" lo que a su vez se traduce en una baja biodisponibilidad de los minerales en el suelo; esto trae consigo suelos: De fertilidad moderada a muy baja, materia orgánica reducida, pobre respuesta a fertilizantes, bajo potencial productivo, baja disponibilidad forrajera y de mala calidad. **(Forero, 2004).**

las especies forrajeras son la principal fuente de alimentación de los bovinos en Colombia en gran parte por las condiciones climáticas que favorecen una producción continua a través del año; a esta situación contribuyen una disponibilidad baja y un costo alto de los granos y subproductos agroindustriales que sirven como fuentes de alimento para rumiantes. Por ello, la productividad de la ganadería colombiana depende en gran medida de la habilidad del productor para manejar adecuadamente sus praderas, lo que incluye una aplicación oportuna y adecuada de los nutrientes extraídos por el animal, junto con un pastoreo eficiente del forraje producido, con la periodicidad y grado de consumo que favorezcan la rápida recuperación de las praderas a fin de mantener una producción sostenida de forraje a través del año. Para alcanzar este propósito se requiere desarrollar e implementar prácticas más eficientes de manejo de los diferentes recursos del sistema productivo (suelo, agua insumos, forrajes y cargas animales) y aplicar la información tecnológica disponible con el objetivo de maximizar los rendimientos y la calidad nutritiva del forraje a través del año, lo que contribuye a mejorar la productividad de las explotaciones bovinas en forma competitiva y sostenible **(Muñoz, 2005).**

Se ha encontrado que la carencia o desequilibrio de minerales en el suelo se refleja en el valor nutritivo de los pastos y esto es una de las causas de la baja productividad y de los problemas de reproducción del ganado vacuno; esto se manifiesta en una tasa de concepción no mayor a 45%, un porcentaje de abortos que puede alcanzar al 10% y una edad y peso al primer servicio y al primer parto que están fuera de los valores eficientes para una ganadería productiva **(Garmendia, 2006).** Además, puede causar aberraciones en el apetito como la pica o malasia e incrementar el riesgo de ciertas enfermedades infecciosas como el botulismo. Las deficiencias de minerales son también responsables de la alta incidencia de fracturas de animales en los hatos. **(Reinoso et al, 2010).**

El estado de madurez del forraje es de importancia sobre el contenido de proteína y de minerales en las plantas, ya que durante la etapa inicial de crecimiento se

presenta un alto contenido de minerales, contrario a la disminución gradual que se presenta a medida que la planta madura. Minerales como el P, Zn, Fe, Co y Mo son los que presentan mayor disminución durante el proceso fisiológico de crecimiento y maduración de la planta. Se ha encontrado disminución del cobre de 10 ppm a menos de 4 ppm en pastos que maduran, mientras que en el P la diferencia va de 0.25% a valores inferiores a 0.10% (**Chicco et al.,1987**).

Las deficiencias y desequilibrios de minerales en la nutrición animal afectan la producción, reproducción y salud de los rodeos al alterar la funcionalidad de biomoléculas y tejidos, el metabolismo y la fertilidad. Los minerales son nutrientes esenciales que representan aproximadamente el 5% del peso vivo del bovino. Han sido reconocidos más de veintiséis elementos que pueden ser clasificados en macro y microelementos u oligoelementos (**Bavera,2006**).

Macroelementos son los minerales que los animales requieren en cantidades del orden de g/día o como porcentaje de materia seca (MS) consumida en la ración; entre ellos se encuentran: calcio, magnesio, sodio, potasio y otros. Estos minerales se distribuyen en mayor proporción en los tejidos de sostén, contribuyen al mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas del ambiente ruminal (capacidad buffer, presión osmótica y tasa de dilución), son componentes celulares y activadores enzimáticos, imprescindibles para mantener las funciones vitales (**Andrews, 2005**). Los micro minerales, medidos en miligramos (Cu, Zn, Se, Mn, Fe, I y Co). En general tienen funciones estructurales o metabólicas. Algunos de ellos participan en el mantenimiento del ambiente físico-químico, son componentes celulares estructurales o bien actúan como activadores o reguladores de enzimas y coenzimas ruminales, por lo cual es de suma importancia que su vía de ingreso sea oral. (**Babera, 2006**).

Las deficiencias se clasifican en primaria, cuando es insuficiente la cantidad disponible en la dieta, y secundaria o condicionada, cuando ocurre por interacción o interferencia de otros elementos presentes en el alimento, que impiden la correcta absorción del mineral (**Coppo et al., 1999**). En casos de carencias graves los signos son evidentes y aparecen pronto, mientras que en carencias leves los signos son poco claros y se manifiestan a través de los índices productivos y reproductivos, como disminución de la fertilidad, reducción de la tasa de crecimiento, etc. Esto frecuentemente dificulta el diagnóstico ya que puede confundirse con otras carencias nutricionales como déficit proteico, energético o vitamínico. (**Glauber,2008**). El estatus mineral de los animales alrededor de la época de servicio puede ser trascendental para alcanzar óptimos índices reproductivos (**Forero,2004**).

**Tabla 4.** Mapa de deficiencias.

P	Bajos porcentajes de preñez.
	En rodeos deficientes en P, las vacas con cría no vuelven a preñarse, tienen un ternero cada dos años, con lo que los porcentajes de preñez y destete son de un 45 – 48 %.
	Reducción de la velocidad de crecimiento en la recría.
	Disminución de la producción láctea.
Mg	Tetania hipomagnésica (trastornos de excitabilidad muscular) con un 4 % de mortandad de rodeos afectados.
	Síndrome de vaca caída.
Na	Rápida pérdida de peso vivo.
	Disminución de la producción de leche.
Ca	Disminución del ritmo de crecimiento en la recría y engorde.
	Retención placentaria.
	Fiebre de la leche.
	Distocias.
Cu	Reducción de la producción de leche.
	Disminuye la tasa de crecimiento.
	Reducción de la fertilidad, por demora o supresión del estro.
	Deprime el Sistema Inmune (mayor predisposición a: queratoconjuntivitis, mastitis, pietín).
Zn	Perjudica el crecimiento de terneros.
	Disminuye la espermatogénesis de los toros.
	Favorece las enfermedades de la piel, la presencia de problemas podales (pietín) y mayor incidencia de mastitis.
Se	<b>Retención de placenta.</b>
	<b>Mastitis.</b>
	<b>Ovarios quísticos.</b>
	<b>Metritis, fertilidad.</b>
	<b>Trastornos del metabolismo muscular.</b>

Fuente: **(Repetto et al 2004).**

Para solucionar estos problemas es necesario suministrar sales minerales a los animales que pastan en sabanas nativas, o agregar premezclas al Cloruro de Sodio (sal blanca) que normalmente come el ganado. Es importante que el suministro de sales o premezclas sea permanente ya que cuando se hace esporádicamente los animales consumen elevadas cantidades lo que puede ser causa de diarreas y trastornos reproductivos; al mismo tiempo se le incrementan los costos al ganadero ya que los animales le están comiendo indiscriminadamente el producto mineral **(Salamanca,2010)**.

El buen suministro de sales minerales en diferentes regiones tropicales ha incrementado el porcentaje de partos de 10 al 50% y han disminuido los abortos de 10% a valores menores de 1% **(Mcdowell,1984)**.

Generalmente al momento del parto es cuando las vacas son mas exigentes en cuanto al aporte nutricional en base a valores minerales (tabla 3).

**Tabla 5.** Comparación de las necesidades de minerales del NRC-1989 y del NRC-2001 para una vaca de 650 kg que produce 45 kg de leche con el 3,5% de grasa y consume 26,5 kg de MS.

Mineral	NRC-1989	NRC-2001
	Necesidades (mineral digestible verdadero)	
Calcio, g	61	76
Fósforo, g	51	68
Magnesio, g	8	9
Potasio, g	212	255
Sodio, g	48	53
Cloro, g	80	66
Azufre, g	53	53
Cobalto, ppm	0,1	0,1
Cobre, ppm	10	10
Iodo, ppm	0,6	0,5
Hierro, ppm	50	17
Manganeso, ppm	40	15
Selenio, ppm	0,3	0,3
Zinc, ppm	40	53

Concentraciones necesarias en la dieta suponiendo unos coeficientes de disponibilidad de: Co, 100 5%; Fe, 10%; Mn, 0,75%, Se, 100% y Zn, 15%.

**Fuente: (Linn, 2001).**

### 3.3.1 CALCIO

los suelos calcáreos en ambientes áridos son los que presentan los mayores contenidos de calcio; mientras que suelos minerales tropicales como oxisoles y ultisoles con altas precipitaciones, presentan los más bajos contenidos. En general, los suelos arcillosos presentan cantidades mayores de Ca que los suelos arenosos. **(Lopes, 1998).**

El calcio puede encontrarse en forma intercambiable y soluble, siendo la primera más frecuente en suelos más arcillosos como catión dominante en el complejo de cambio (65%), seguido de Mg (20%), K (5%) y H (10%). En la solución del suelo se encuentra en concentraciones muy bajas, en especial en suelos ácidos de las regiones tropicales. El Ca es absorbido por las raíces de las plantas en la forma iónica  $Ca^{2+}$ . Su absorción puede ser reducida por altas concentraciones de  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NH_4^+$ , en la solución del suelo. **(Fernandes, 2006).**

El exceso de Ca, al encontrarse como carbonato, produce inmovilización de algunos elementos en el suelo, como el Fe, B, Zn y Mn. Lo anterior es originado por el aumento del pH del suelo, que favorece la precipitación de dichos elementos. También puede provocar una inhibición de asimilación de K y Mg por competencia catiónica en los sitios de absorción **(Devlin, 1982).**

Generalmente, la concentración de Ca en la solución del suelo es cerca de 10 veces superior a la de K; sin embargo, la tasa de absorción de Ca es generalmente menor que la de K. La capacidad de absorción de Ca por parte de los cultivos es baja, debido a que solamente se hace por las "puntas" de las raíces jóvenes **(Guerrero, 1993).**

Entre las funciones del Ca en las plantas se encuentran las siguientes: Elongación y división celular, estimula el desarrollo de raíces y de hojas, forma parte de la estructura y permeabilidad de las membranas celulares, metabolismo del nitrógeno, participa en la reducción del nitrato ( $NO_3^-$ ) en la planta, constituyente de la estructura de los cromosomas, Traslación de carbohidratos. **(Rincon,2018).**

En los animales el calcio es el elemento más abundante en el cuerpo, aproximadamente 98% sirve como componente estructural de los huesos y dientes, junto con el P representa más del 70% del total de los minerales del cuerpo **(McDowell et al., 1997).** El 2% de este se encuentra distribuido en los tejidos blandos y con mayor concentración en el plasma sanguíneo, donde está involucrado en funciones vitales como excitabilidad neuromuscular, coagulación sanguínea, permeabilidad de membranas y la transmisión de los impulsos nerviosos **(Guyton y Hall, 2010).** La concentración normal de  $Ca^{2+}$  en bovinos es de 2.0-2.6 mmol/L; estos valores permanecen constantes y guardan una íntima relación con la concentración de P sanguíneo que es de 1.1 – 2.3 mmol/L **(Wittwer et al, 1993).** La proporción entre  $Ca^{2+}$  y P está entre 1:1 y 2:1, ya que ésta es la relación

aproximada de los dos minerales en los huesos y el mecanismo endocrino del animal tiende a conservar esta proporción **(McDowell et al, 1997)**.

El transporte activo del calcio es la ruta más importante de entrada del calcio en el metabolismo y el proceso es controlado por la 1-25- dihidroxicolecalciferol (vitamina D), así el volumen de calcio extracelular puede ser mantenido **(Bronner, 1987)**. cuando el gasto en calcio excede el consumo, el calcio se extrae de los huesos, si el desbalance continúa puede ocurrir hipocalcemia que se manifiesta con disfunciones nerviosas y musculares referidas como "fiebre de leche" **(NRC,2001)**. En condiciones normales la concentración de calcio en bovinos oscila en un rango de 2.0 a 2.6 mol/L dicho valor es constante y se relaciona de forma directa con la concentración de fosforo presentes en el torrente sanguíneo **(Hurtado et al., 2012)**.

Las demandas de Ca aumentan en la transición entre el parto y lo lactancia. La deficiencia súbita en este periodo (hipocalcemia) conlleva a la presentación de la fiebre de leche o vaca caída, que es más común en vacas lecheras que en vacas de carne. En la hipocalcemia. el tono muscular en el útero disminuye y se presentan partos prolongados y retención de placenta, así mismo, la involución uterina se retrasa y se presentan problemas de fertilidad posparto. Cuando la dieta se suplementa con grasa. los requerimientos se deben ajustar. ya que estos aumentan. La relación Ca: P se Debe mantener entre 1:1 y 5:1. La eficiencia de la absorción - del Ca disminuye con la edad del animal; los jóvenes lo absorben con mayor eficiencia que los adultos **(NCR, 2001)**.

**Tabla 6.** Requerimientos de calcio y fosforo para vacas lecheras.

Elemento	Necesidades del total dietético para el organismo	Mantenimiento (300-400 Kg PV)	Crecimiento (300-400 Kg)	Lactancia (10 kg Leche)
Ca	0.18- 0.60%	14- 15 g	18- 20 g	24g
P	0.18- 0.43%	11- 13 g	16- 18 g	20g

Fuente: **(Álvarez, 1999)**.

Al ser el calcio un elemento indispensable en la sensibilización del útero a la acción estrogénica, su déficit en la dieta podría ser responsable de una involución uterina inadecuada (**Hurley *et al.*,1989**). Se ha demostrado que el calcio ionizado tiene un papel sobre la musculatura lisa y estriada es fundamental para un adecuado proceso de transición uterina. Este mineral a niveles deprimidos de afecta la contractibilidad del endometrio y la actividad fagocitaria y bactericida de los neutrófilos, con mayores riesgos de desarrollo de retención de membranas fetales y metritis puerperal. (**Goff, 2014**).

### **3.3.2 FOSFORO**

El ciclo del P en los suelos representa solo una parte del que cumple en la naturaleza; es un elemento relativamente estable en los suelos, no presenta compuestos inorgánicos, como los nitrogenados que pueden ser volatilizados y altamente lixiviados. Esta gran estabilidad resulta de su baja solubilidad, lo que puede originar deficiencia en su disponibilidad para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos en el suelo o de la meteorización de materiales primarios y secundarios; esto puede solucionarse con la aplicación de fosfatos al suelo, los cuales a su vez pueden sufrir procesos de fijación. Las plantas pueden absorber el P en dos formas diferentes: el ortofosfato primario ( $H_2PO_4^-$ ) y el ortofosfato secundario ( $HPO_4^{2-}$ ). El P es utilizado como una fuente de energía muy importante en todos los procesos bioquímicos. De esta forma, la dinámica del P incluye una serie de reacciones y transformaciones con entradas y salidas. (**Murell, 2003**).

La cantidad total de P en el suelo varía ampliamente, dependiendo de varios factores, siendo uno de los más importantes el material parental que lo conforma. Generalmente, la cantidad de P es más alta en suelos básicos o alcalinos, y menor en aquellos altamente intemperizados provenientes de rocas ácidas. Las cantidades en el suelo oscilan entre 0,01% y 0,15%. (**Stevenson *et al.*, 1999**).

El pH influye fuertemente en la solubilidad de los compuestos de P del suelo. En suelos ácidos (pH bajo) el P reacciona con metales como el Fe y el Al, formando compuestos insolubles que no permiten que el P sea disponible para la planta. En suelos alcalinos (pH alto) el Ca reacciona con el P formando fosfatos de Ca insolubles, limitando de esta forma también la disponibilidad del P. (**Baquero,2012**).

Las plantas pueden absorber pequeñas cantidades de P por contacto directo de las raíces con los elementos sólidos, pero la mayor parte la toman de la solución del suelo, en forma de iones fosfato. Estos iones se desplazan desde las raíces hasta las hojas por medio de la corriente que crea la transpiración de la planta. La absorción es muy activa durante el período de máximo crecimiento y se reduce a partir de la floración. El P se acumula, en primer lugar, en los tejidos jóvenes, luego en la

biomasa durante el envejecimiento de los órganos verdes, para concentrarse por último en los órganos de reproducción y en los frutos o semillas. Es un elemento muy móvil en la planta y puede circular cuando existe un exceso, a través de la xilema y el floema **(Montaldi, 1995)**.

El fósforo constituye cerca del 1% del peso corporal del animal y aproximadamente 80% del fósforo corporal está presente en los huesos como fosfato de calcio **(Álvarez, 2001)**. El resto se encuentra como fosfato orgánico en la membrana plasmática y en los componentes intracelulares como los ácidos nucleicos, el adenosín monofosfato y el adenosín trifosfato **(Cunningham y Bradley, 2009)**. Menos del 1% se encuentra en el líquido extracelular y se mide como fósforo inorgánico; su concentración varía de acuerdo a la edad, estado nutricional y especie **(Weiss y Wyatt, 2004)**.

Es un elemento cuyas necesidades se manifiestan en todo el organismo animal; está presente al igual que el calcio en las estructuras corporales y esencial en multitud de sistemas; el ATP unidad esencial de transporte de energía, está constituido por fosfatos. Uno de los sistemas amortiguadores lo constituye el fosfato como componente principal. También es requerido por los microorganismos del rumen para la digestión de la celulosa y la síntesis de proteína microbiana **(Braves y Schroder, 1991)**. El fósforo se absorbe en el intestino delgado, y muy poco en los compartimentos gástricos; el mecanismo de regulación de la absorción no es muy conocido **(NRC, 2001)**. No obstante, se presume que dos son los mecanismos esenciales para su absorción: uno activo dependiente de la vitamina D (1-25 dihidroxicolecalciferol) cuya síntesis se ha estimulado con niveles bajos de fósforo sanguíneo y el otro pasivo, cuando existen grandes cantidades de fósforo en la ración **(Horts, 1986)**.

Las deficiencias leves de fósforo en la dieta de la vaca lechera son muy adversas para la economía de la producción ya que se mantienen con síntomas mezclados que concluyen en una deficiencia severa en la economía del establo, No hay buena producción ni reproducción. Ha este hecho se ha exagerado la suplementación de fósforo en las ganaderías **(NRC, 2001)**. En varios trabajos se reporta que la deficiencia severa de P causo problemas de fertilidad y reducción de los parámetros reproductivos. En casos de deficiencia. se reduce el consumo de alimento, lo que ocasiona deficiencia de proteína, energía y otros nutrientes. lo que puede afectar la reproducción. Se piensa que la baja ganancia de peso corporal en vacas con deficiencia de P es la principal causa de problemas reproductivos **(Holmes, 1981)** En vacas de carne, la deficiencia de fósforo y proteína en conjunto afectan la presentación del primer calor posparto **(NRC, 2001)**.

De los efectos negativos en la reproducción el fósforo es al que se le atribuyen los más significativos: la madurez sexual se retrasa, los intervalos entre los partos se distancian, la ausencia de calores es frecuente y el crecimiento ovular se encuentra

comprometido (**Eckles, Palmer y col., 1985**). La falta de fósforo parece afectar más a la secreción de F.S.H y de estrógenos que, a la gonadotropina luteinizante, prolactina y progesterona. (**Derivaux, 1985**).

**Tabla 7.** Requerimientos de fósforo absorbible y total para vacas de leche con diferentes niveles de producción y diferentes niveles de consumo de materia seca.

Producción láctea (kg/día)	Consumo de M.S (kg/día)	Requerimiento de P	
		Absorbible (g/día)	Total (% de la dieta*)
8	14,95	22,15	0,21
10	15,60	26,60	0,23
12	16,26	27,06	0,24
14	16,91	29,51	0,25
16	17,57	31,97	0,26
18	18,22	34,42	0,27
20	18,88	36,88	0,28
22	19,53	39,33	0,29
24	20,18	41,78	0,30
26	20,84	44,24	0,30
28	21,49	46,69	0,31
30	22,15	49,15	0,32
32	22,80	51,60	0,32
34	23,46	54,06	0,33
36	24,11	56,51	0,33
38	24,77	58,97	0,34
40	25,42	61,42	0,35
45	27,06	67,56	0,36
50	28,69	73,69	0,37

\* Para estimar la cantidad de fósforo total en la dieta se utilizó el factor 0,70.

Fuente: (**NRC,2001**).

El P es el mineral más costoso en la sal mineralizada. Por lo tanto, es importante realizar análisis de su concentración en los forrajes y suplementos con el fin de elaborar una formulación exacta y correcta del suplemento mineral. En general, se presenta una alta variación en la concentración de P en los forrajes y suplementos proteico-energéticos. En pastos del género *Brachiaria*, manejados de forma tradicional, la concentración foliar de P no alcanza a llenar los requerimientos para lactancia y crecimiento del ganado de carne (**Flórez, 2018**).

### 3.3.3 MAGNESIO

El Mg en el suelo aparece en forma iónica  $Mg^{2+}$ , en solución y como catión intercambiable. Hace parte de la estructura de las micas y minerales de arcilla del tipo 2:1, especialmente en suelos menos intemperizados, en los cuales es posible encontrar minerales que contienen este nutriente. El magnesio en el suelo se encuentra de varias formas: Contenido en minerales (primarios y secundarios), Intercambiable que representa la fracción sorbida al complejo de cambio arcillo húmico, En solución que se encuentra en pequeñas cantidades, pero hay una rápida reposición a partir de la fase de cambio **(Baquero,2012)**.

El Mg es absorbido por las plantas como catión  $Mg^{2+}$  desde la solución del suelo y, al igual que el Ca, se mueve hacia la raíz por flujo de masa o por difusión. La cantidad de Mg utilizada por las plantas es menor que la del Ca, y las diferentes especies y variedades de cultivos difieren en la demanda de Mg. En general, este mineral tiene que ver con la asimilación de nutrientes y con el transporte de carbohidratos y nutrientes. Es un elemento muy importante en las plantas, porque es un constituyente central del átomo en la molécula de la clorofila, por lo tanto, participa activamente en el proceso de la fotosíntesis. Como un catión divalente, el Mg está relacionado con el balance aniones–cationes, por lo cual es responsable de la regulación del pH y del ajuste de la turgencia de las células; está ligado con los pectatos y sirve como elemento estructural en las paredes celulares. También es esencial para la asimilación de otros nutrientes vía raíz, como el P o el K. Esto indica que la baja disponibilidad de Mg no solamente limita su asimilación, sino también la de otros nutrientes **(Rincon,2018)**.

En los animales el magnesio es un mineral sin depósito corporal y cuyo nivel plasmático depende fundamentalmente de la ingesta diaria; el Mg plasmático también depende de la concentración de otros cationes como el  $Ca^{2+}$  y  $K^{+}$  puesto que compiten a nivel renal con los mismos mecanismos de reabsorción tubular **(Cunningham y Bradley, 2009)**. Su importancia fisiológica principal radica en la preservación del potencial eléctrico de la membrana en células excitables y además tiene importancia como cofactor de diversas enzimas **(McDowell et al., 1997)**. La concentración normal de magnesio total en plasma en los bovinos es de 0.7 – 1.1 mmol/L **(Wittwer et al., 1993)**.

Este elemento funciona en la formación de complejos enzimáticos y en el control nervioso de la contracción muscular. Es un catión que está presente tanto dentro de la célula, como cofactor importantísimo de sistemas enzimáticos vitales en casi todas las rutas metabólicas, como fuera de ella. El magnesio extracelular es vital para mantener las funciones de los músculos la conducción nerviosa y la formación mineral en los huesos **(NRC, 2001)**. La depleción del magnesio se agrava por menor aporte dietario, más pérdida por leche y presencia de factores que intervienen en su utilización **(Gomez,1993)**. Dentro de otros desbalances metabólicos se puede producir hipocalcemia magnesio dependiente por disminución de los efectos

de la hormona paratiroidea (débil reacción glandular) y de 1,25 dihidroxicolecalciferol en el hueso **(Espinasse, 1980)**.

El Mg es el principal catión intracelular que actúa como cofactor enzimático en la conducción nerviosa, la contracción muscular y la formación del hueso. La concentración de Mg en el plasma es de 0,75 a 2,4 mmol/L. Los pastos y leguminosas presentan concentraciones adecuadas de Mg durante todo el año. Pero al inicio de lluvias en praderas de rápido crecimiento y que han sido fertilizadas, se puede presentar baja concentración. Bajo estas condiciones, también puede haber alta concentración de K, el cual puede interferir con la absorción de Mg. Los casos de la tetania del pasto se presentan cuando vacas recién paridas pastorean estas praderas, las cuales no alcanzan a aportar los mayores requerimientos del inicio de la lactancia. El exceso de Mg en la sal mineralizada (como sulfato y cloruro de Mg) afecta la palatabilidad de la sal, disminuye su consumo y ocasiona diarrea con moco **(Florez, 2018)**.

El magnesio generalmente no tiene un impacto directo en el estado reproductivo de los animales, ya que en el cuerpo permanece en una relación casi antagónica con el calcio y cualquier alteración en la homeostasis de Ca-P-Mg puede impartir cierta influencia en la reproducción. Además, la eficiencia reproductiva reducida encontró pérdida de apetito debido a la deficiencia de magnesio **(Kumar, 2003)**.

### **3.3.4 SELENIO**

En Colombia al existir suelos con carencia de minerales, se presentan fallas reproductivas y de crecimiento en los animales, lo que lógicamente causa problemas de crecimiento retardado y enfermedades reproductivas asociadas directamente con la falta de Selenio **(Forero, 2004)**. El selenio es absorbido del suelo por las plantas e incorporado mayormente en las proteínas. en forma de selenometionina o selenocisteína **(Jaffe, 1992)**.

El selenio (Se) es considerado uno de los elementos trazas más controversiales, pues a pesar de ser tóxico en dosis elevadas, su deficiencia se ha convertido en un problema global debido a su esencialidad para un adecuado funcionamiento del organismo, ya que es un componente estructural de la enzima Glutatión Peroxidasa (GSH-Px) y de otras selenoproteínas involucradas en la protección antioxidante **(Lyons et ál., 2007)**.

Los procesos metabólicos generan continuamente metabolitos oxigenados, reactivos perjudiciales para la integridad celular, los que deben ser removidos del organismo mediante los antioxidantes. El selenio forma parte de la estructura de la enzima glutatión peroxidasa, que se encarga de catalizar la reducción del peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), protegiendo la célula del daño causado por el estrés oxidativo

**(Rotruck ,1973)**. El estrés oxidativo predispone para la presentación de enfermedades como el edema de la urbe, hipocalcemia puerperal, retención de placenta, mastitis e infertilidad; además de alteraciones en el funcionamiento del sistema inmunitario **(Grasso, 1990)**. El requerimiento de Se para llevar a cabo los procesos metabólicos que se describen varía entre 3.6 y 7.2 mg/día para vacas adultas secas o lactantes **(Rogers y Gately, 1992)**.

El selenio es un elemento necesario junto con la vitamina E, cuya carencia es difícil en sistemas ecológicos, aunque los aumentos dan lugar a seleniosis, con alteraciones del crecimiento, de las pezuñas, adelgazamiento, entre otras **(Romero, 2004)**. Se ha demostrado la importancia de la relación de Yodo y Selenio en la función tiroidea, se comprobó que los niveles deficientes de estos dos minerales en la gestación tardía de rumiantes, afectan de manera directa los niveles de la hormona tiroidea en los neonatos produciendo así una cría con mejor viabilidad. **(Richinotti et al., 2003)**.

Se ha comprobado que el Selenio juega un papel esencial en la prevención de daños oxidativos, "La acción antioxidante de la GTP, se refleja incluso en el proceso mismo de la ovulación, protegiendo al oocito del daño oxidativo generado por los procesos intrínsecos de la ruptura folicular y de la acción de enzimas proteolíticas presentes en el lumen del cuerno uterino. Entonces, el selenio es capaz de inducir la migración de leucocitos y células blancas en general, hacia sitios donde se presente alteraciones de las membranas celulares por acción de radicales libres, funcionando como un factor quimiotáctico para las células de defensa del organismo. **(Wattiaux, 1996)**.

La importancia del Selenio en la reproducción bovina tiene efecto directo sobre las contracciones uterinas hacia el oviducto y ayuda al transporte espermático **(García, 2009)**. En muchos estudios se ha reportado que la retención placentaria, metritis y ovarios quísticos en la vaca recién parida, se disminuye marcadamente con la suplementación de selenio **(Miller et al.,1993)** También se le relaciona con la reducción y prevalencia de mastitis **(Maddox et al., 1991)**.La suplementación con selenio y vitamina E tres semanas antes del parto ha mostrado tener un efecto favorable en la eficiencia reproductiva, al disminuir la incidencia de retención de membranas fetales , incrementar el número de vacas preñadas al primer servicio, disminuir el número de servicios por concepción y disminuir el intervalo parto concepción **(Arechiga et al., 1994)**.

**Tabla 8.** Aspectos reproductivos del selenio y otros minerales.

	Principio activo responsable				
	Mn	Zn	I	Se	P
Disminuye la presentación de ovarios estáticos	X	X			X
Reduce el tiempo de inicio de la pubertad	X	X	x		X
Favorece el proceso de ovulación	X	X		<b>X</b>	
Disminuye presentación de anomalías fetales	X	X			
Favorece el incremento en tasa de concepción	X			<b>X</b>	X
Reduce probabilidad de ovarios quísticos	X			<b>X</b>	X
Favorece la presentación de ciclos estrales regulares	X				X
Puede inducir la presentación de anestro	X		x		
Reduce la probabilidad del aborto	X		x		
Reduce la probabilidad de retención de membranas fetales			x		
Coayuda en el crecimiento y desarrollo	X		x		X
Favorece la resolución de casos de metritis			x	<b>X</b>	

Fuente: **(Forero, 2004)**.

Es importante recalcar que existe un efecto cruzado entre las deficiencias de Vitamina E y Selenio, lo que quiere decir que cuando existe deficiencia de una se afecta la cantidad de la otra. **(Vivero,2011)**.

**Tabla 9.** Efecto de la suplementación postparto con Se sobre parámetros de fertilidad de vacas lecheras en pastoreo.

Ítem	Control	Experimental
Intervalo parto primer servicio, días	99	85
Intervalo parto concepción, días	111	100
Servicios por concepción, n	1,29	1,27
Primer servicio después de 90 d, %	50,0	36,4
Diámetro folicular 22 d, mm	12,8	13,0
Diámetro folicular 57 d, mm	13,1	16,0
Pérdidas económicas, \$.vaca <sup>-1</sup>	56,0	48,1

Fuente: **(Sánchez *et al.*,2014).**

#### 4. CONCLUSIONES

Los bovinos requieren un adecuado balance de agua, energía, proteínas, vitaminas y minerales para obtener niveles adecuados de crecimiento, producción de leche y reproducción. En las condiciones del trópico bajo colombiano, sin embargo, los pastos no alcanzan a suministrar las concentraciones requeridas de varios minerales necesarios para este propósito, por lo tanto, los bovinos en pastoreo se deben suplementar con una fuente permanente de estos elementos **(Florez,2018)**.

Los desequilibrios de minerales en suelos y en los forrajes producen efectos negativos en los procesos reproductivos de los rumiantes lo que refleja incremento en la mortalidad y disminución de parámetros productivos y natalidad **(Salamanca,2010)**. Los minerales se requieren en cantidades absolutas y uno de los principales obstáculos en la ganadería es conocer el porcentaje del mineral consumido, absorbido y utilizado por parte del animal. **(Meléndez et al. 2016)**.

Se debe tener en cuenta que para un éxito reproductivo debe haber una coordinación de los eventos fisiológicos en los cuales se incluyen todos los que son del proceso normal del parto, como son la ciclicidad postparto, restauración del útero, desarrollo de un folículo entre otros. Así, se debe garantizar niveles sanguíneos adecuados de metabolitos circulantes tanto, proteínicos, hormonales y minerales **(Hernández, 2018)**.

## 5. BIBLIOGRAFÍAS

1. Albornoz L, Monteblando M, Peña S, Albornoz JP. (2010). Determinación de la concentración de Ca, P y Mg durante la lactancia de vacas Halando y su correlación con las siguientes variables: estación del año, estado corporal, producción de leche, estado reproductivo y consumo de suplementos minerales. XXXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, pp. 146-148.
2. Álvarez JL. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 2001. p.201
3. Álvarez, Á. C. J. (1999). Sistema integral de atención a la reproducción: los conflictos entre reproducción y producción de leche (No. Sirsi) a367394).
4. Andrade, N.; Rivera, M. G.; Torres, G. Estudio de un perfil metabólico patrón en ganado de leche de clima cálido, un mes antes del parto y en tres etapas de lactancia. Conciencia, 1998, vol. 2, p. 2-12.
5. Andrews AH. 2005. Sanidad del ganado vacuno lechero, Acribia, Zaragoza, p.70-71.
6. Arechiga, c.f., o. Ortiz, p.j. Hansen. 1994. Effect of prepartum injection of vitamin E and selenium on postpartum reproductive function of dairy cattle, Theriogenology 41: 1251-1258.
7. Armentano, L. E., & Young, J. W. (1983). Production and metabolism of volatile fatty acids, glucose and CO<sub>2</sub> in steers and the effects of monensin on volatile fatty acid kinetics. The Journal of nutrition, 113(6), 1265-1277.
8. Avella Peña, L. (2018). Análisis de la composición nutricional de Brachiaria humidicola y Brachiaria toledo en el Pie de Monte Llanero.
9. Babera G. A. 2006. Elementos Minerales Esenciales. Suplementación Mineral y con Nitrógeno No Proteico del Bovino a Pastoreo., cap. 1 13-19 – Tercera edición-384 pág. Edición del autor. Rio Cuarto – Sitio Argentino de Producción Animal.

10. Baena D. Metodologías estadísticas para la investigación en fincas: Tipificación y Caracterización. Palmira, Publicación Universidad Nacional de Colombia, 1984. 181p.
11. Baquero, J. E. (2012). Los minerales en el suelo. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia. Corpoica, Bogotá, 24-57.
12. Barboza, C. S., Cucunubo, L. G., Smulders, J. P., Wittwer, F., & Noro, M. (2014). Indicadores energéticos de vacas lecheras a pastoreo en período de transición y lactancia temprana con alta o moderada condición corporal preparto. *Revista Científica*, 24(1), 73-82.
13. Bavera GA. 2006. Suplementación mineral con nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo. *Online: [http://www. produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)* (Río Cuarto, Argentina). p.21- 101.
14. BREVES, G., B. SCHRODER. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutrition Research*. v.4, p.125– 140, 1991.
15. Bronner, F. 1987. Intestinal calcium absorption: Mechanisms and applications. *J. Nutr.* 117:1347-1352.
16. Carulla, J. E. (1999). Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la proteína del forraje.
17. Carulla, J., Cárdenas, E., Sánchez, N., & Riveros, C. (2004). Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Seminario Nacional de Lechería Especializada: "Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad". Medellín, septiembre, 1, 21-38.
18. Cerón-Muñoz, M.F.; Tonhati, H.; Costa, D. et al. Interação genótipo-ambiente em bovinos da raça Holandesa brasileiros e colombianos. *Arch. Zootec*, v.53, p.239-248, 2004.

19. Chicco, C. F., & Godoy, S. (1987). Suplementación mineral de bovinos de carne a pastoreo. III Cursillo sobre Bovinos de Carne. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela, 22.
20. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 2000. Annual Report 2000. Project IP. Tropical grasses and Legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose use. CIAT, Cali. Pp.110-112.
21. Coppo JA, Coppo NB, Koza GA, Slanac AL. 1999. Indicadores nutricionales en la hacienda de áreas inundadas de las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa. Actas Cien & Técn UNNE (Argentina) 4: 117-120.
22. Correa H, Cuéllar A. Aspectos clave del ciclo de la úrea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. Rev Colom Cienc Pec 2004; 17:29-38.
23. Correa, H. J., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (2008). Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I-Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development*, 20(4), 59.
24. Corbellini C. (2000). Influencia de la Nutrición en las enfermedades de la producción de las vacas lecheras en transición. XXI Congreso Mundial de Buiatría, Punta del Este, Uruguay. pp. 16.
25. Cunningham JG, Bradley GK. Fisiología veterinaria. Elsevier Saunders. 4a edi. 2009. p.458, 543.
26. Devlin, R. (1982). Fisiología Vegetal. Barcelona. Ediciones Omega, 430.
27. Draekley, JK. (1999). Biology of dairy cows during the transition period: The Final Frontier? *J Dairy Sci*; 822:2259-2273.
28. ESPINASSE, J. El síndrome de la vaca gorda-consecuencias clínicas de las anomalías del racionamiento energético y de la esteatosis. *Gaceta Vet Bs As*, 1980, vol. 43, p. 671-686.
29. Food an agriculture organization of the united nations (FAO). Dairy Market Review. 2020. Accesado el 19/03/2021. Disponible en internet

(<http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/dairy/milk-and-milk-products/en>)

30. Faría-Mármol, J. 1998. Fundamentos para el manejo de pastos en sistemas ganaderos de doble propósito. In González, C., Madrid, N., Soto, E., eds. Mejora de la ganadería mestiza de doble propósito. Ed. Astro Data S.A., Maracaibo. Pp. 213-232.
31. Faría-Mármol, J. 2005a. Fundamentos para el manejo de pastos en sistemas ganaderos de doble propósito. In González, C. y Soto, E., eds. Manual de ganadería doble propósito. Ed. Astro Data S.A., Maracaibo. Pp. 156-161.
32. Federación de ganaderos de Colombia (Fedegan). Producción del sector ganadero lechero y acopio por parte de la industria transformadora. 2019. Accesado el 14/04/2019. Disponible en internet (<https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>)
33. Federación de ganaderos de Colombia (Fedegan). Producción del sector ganadero lechero y acopio por parte de la industria transformadora. 2020. Accesado el 11/03/2021. Disponible en internet (<https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>)
34. FEDEGAN. Federación Colombiana de Ganaderos. Lo que usted necesita saber sobre la leche en Colombia. Bogotá, 2009; 20p.
35. FEDEGAN. (2013). Costos producción ganadería colombiana. Obtenido de <http://www.slideshare.net/Fedegan/costos-produccionganaderia>- colombiana.
36. FEDEGAN. 2015. Estructura de costos de la ganadería bovina en Colombia. En: III Foro Internacional Lácteo Alpina - Cámara de Comercio de Bogotá. Mayo 2015.
37. Fernandes, M. S. (2006). Nutrição mineral de plantas (No. 04; QK867, N8.).
38. Flórez Díaz, H. (2018). Requerimientos y recomendaciones de suplementación con minerales bovinos.
39. Frias, M., Landi, H., Montes, D., & Parodi, F. P. (2011). Análisis comparativo de la salud y costo en el período vaca parida en rodeos lecheros. InVet, 13(2), 17-23.

40. Fricke, P. M., & Shaver, R. D. (2001). Manejando trastornos reproductivos en vacas lecheras. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin.
41. Forero, L. (2004). Fallas reproductivas asociadas a deficiencias de microminerales: caso colombiano. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en línea: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) (consultado el 20-08-2011).
42. García Ramírez Christian. (2009) En papel del Selenio en la reproducción Bovina. p.2
43. Garmendia, J. (2006). Los minerales en la Reproducción Bovina. Maracay, Venezuela: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias.
44. Glauber, Claudio. 2008. Minerales y oligoelementos en bovinos: su rol en la salud. Sitio Argentino de Producción Animal.
45. GÓMEZ-TAGLE, R. Evaluación del contenido mineral sérico y en pelo de vacas Holstein con problemas reproductivos (vacas repetidoras) en explotación intensiva. Vet. Mex, 1993, vol. 24, p. 346-347.
46. Goff, J. (2014). Calcium and magnesium disorders. Vet Clin North Am Food Anim Pract., 23.
47. GRASSO, P.J., R.W. SCHOLZ, R.J. ERSKINE, R.J. EBERHART. 1990. Phagocytosis, bactericidal activity and oxidative metabolism of milk neutrophils from dairy cows fed selenium supplemented and selenium-deficient diets, Am. J.Vet. Res. 51: 269-274
48. Grummer, RR. (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. J Animal Sci; 73:2820-2833.
49. Guerrero, R. (1993). Las propiedades químicas del suelo y su significado agronómico. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

50. Guyton A, Hall J. Tratado de fisiología médica. 12ª Edi. Elsevier Saunders. 2010. p. 955, 1092.
51. Hernandez Gutierrez, J. P. (2018). Relación entre nutrición y fertilidad en vacas de alta producción lechera.
52. Herrera, C. et al. (2011). Análisis de costos e ingresos de un hato lechero como herramienta para la toma de decisiones en el largo plazo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24 (3), 401-401.
53. HOLMES, J. H. G. Phosphate deficiency in cattle on the sepik plains, Papua New Guinea. *Tropical animal health and production*, 1981, vol. 13, no 1, p. 169-176.
54. Holmann, F. et al. (2003). Evolution of Milk Production Systems in Tropical Latin America and its interrelationship with Markets: An Analysis of the Colombian Case. *Livestock Research for Rural Development* 15(9).
55. HORST, Ronald L. Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 1986, vol. 69, no 2, p. 604-616.
56. Hurley, W. L., & Doane, R. M. (1989). Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *Journal of Dairy Science*, 72(3), 784-804.
57. Hurtado, C. B., Martínez, Y., & Garay, O. V. (2012). Concentración de macrominerales séricos y hematocrito en bovinos durante dos épocas del año en Montería, Colombia. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(8), 1-11.
58. Jaffé, W. (1992). Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 42(2), 90-3.
59. KUMAR, Sathish. Management of infertility due to mineral deficiency in dairy animals. Proceedings of ICAR summer school on "Advance diagnostic techniques and therapeutic approaches to metabolic and deficiency diseases in dairy animals". Held at IVRI, Izatnagar UP: 15th July 4th Aug, 2003.

60. Lopes, A. S. (1998). Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato.
61. Lean, I., & DeGaris, P. (2010). Transition Cow Management. A review for nutritional professionals.
62. Linn, J. (2001). Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero: resumen de las normas del NRC (2001). In Avances en nutrición y alimentación animal: Madrid, 22 y 23 de octubre de 2001 (pp. 1-26). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
63. LYONS M.P., PAPAZYAN T.T., SURAI P.F. 2007. Selenium in food chain and animal nutrition: Lessons from nature. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20(7):1135-1155.
64. MADDOX, J. F., C. C. REDDY, R. J. EBERHART, and R. W. SCHOLZ, 1991: Dietary selenium effects on milk eicosanoid concentration in dairy cows during coliform mastitis. Prostaglandins 42,369- 378.
65. Manston R, Russell AM, Dew SM, Payne JM. (1975). The influence of dietary protein upon blood composition in dairy cows. Vet Rec; 96:497-502.
66. MÁRMOL, Jesús Faría. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. X Seminario de Pastos y Forrajes. Universidad de Zulia, Venezuela, 2006, vol. 1.
67. Mc Donald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA.( 1997) Nutrición Animal, 5ª ed, Zaragoza, España. Editorial Acribia.p.395.
68. McDowell, L. R., Conrad, J. H., Ellis, G. L., & Loosli, J. K. (1984). Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales.
69. McDowell L, Velásquez-Pereira J, Valle G. (1997). Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. 3ra Ed. Universidad de Florida. Gainesville, EUA.. 92 p.

70. McNamara JP, Hillers JH. (1986). Adaptations in lipid metabolism of bovine adipose tissue metabolism in lactogenesis and lactation. *J Lipid Res*; 27:150-157.
71. Melendez, P., & Bartolomé, J. (2016). Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. Universidad nacional de la Pampa Argentina, 11.
72. MILLER J.; BRZEZINSKA-SLEBODZINSKA E.; MADSEN F. 1993. Oxidative stress, antioxidants, and animal function. *J Dairy Sci* 76:2812-2823.ç
73. Montaldi, E. R. (1995). Principios de fisiología vegetal (No. 581.1). Ediciones Sur.
74. Muñoz, P. A. C. (2005). Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 6(2), 5-13.
75. Murrell, T. (2003). Transformaciones de los nutrientes en el suelo. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INFOPOS). *Informaciones agronómicas*, vol. 49, p. 1-4.
76. National Research Council: Nutrient Requirements of Dairy Cattle 7<sup>TH</sup> revised ed. Washington, D.C.: National Academy Press (2001).
77. Oetzel, GR. (2000). Management of dry cows for the prevention of milk fever and . mineral disorders. *Vet Clinics North Am: Food Animal Practice*; 16:369-386.
78. Reinoso, O., & Silva, S. (2010). El uso de sales minerales Suplementacion mineral en ganado de carne.
79. Repetto, J., Donovan, A., & García, F. (2004). Carencias minerales, limitantes de la producción. *Sitio Argentino de Producción Animal [Internet],[05 mayo 2011]*.
80. Rochinotti, D., & Balbuena, O. (2003). Efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva en rodeos de carne. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Chaco, Argentina.

81. Rincón Castillo, Á. (2018). Los minerales en el desarrollo y producción de las plantas.
82. ROGERS, P.A.M., T.F. GATELY. 1992. Control of mineral imbalances in cattle and sheep. Teagasac Laboratories. Wexford.
83. Romero, C. G. (2004). El agua en ganadería ecológica (II): patologías asociadas al consumo y recomendaciones. *Ganadería*, (29), 24-29.
84. ROTRUCK, J.T., A.L. POPE, H.E. GANTHER, A.B. SWANSON, D.G. HAFEMAN, W.G. HOEKSTRA. 1973. Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase, *Science* 179:588-590.
85. Salamanca Carreño, A. (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina. REDVET-Revista electrónica de Veterinaria.
86. SALES, F. Importancia de los minerales para la alimentación de bovinos en Magallanes. 2017.
87. Sánchez-Salas, J., Elizondo Salazar, J. A., Viquez Matei, E., & Orozco-Vidaorreta, C. (2014). Evaluación de la suplementación con selenio orgánico y su efecto sobre el desempeño productivo y reproductivo de vacas lecheras en pastoreo en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 29-41.
88. Sepúlveda, P., Wittwer, F., & Meléndez, P. (2017). Período de transición: Importancia en la salud y bienestar de vacas lecheras. Universidad Austral de Chile.
89. Stevenson, F. J., & Cole, M. A. (1999). *Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. John Wiley & Sons.
90. Stockdale CR, Roche JR. (2002). A review of the energy and protein nutrition of dairy cows through their dry period and its impact on early lactation performance. *Aust. J. Agric. Res*; 53:737-753.
91. Van Saun, R.J. 1999. Valoración de los problemas de la vaca en transición: perfiles metabólicos modificados. 3ª Jornadas ANEMBE de Medicina Bovina. León. España.

92. Vivero Martelo, R. A. (2011). Evaluación del efecto de la suplementación con selenio orgánico en parámetros reproductivos y recuento de células somáticas en un hato lechero del trópico alto colombiano.
93. Wattiaux, M.A. Ruskan. (1996) Reproducción y nutrición. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo Internacional de la Industria Lechera, Universidad de Wisconsin-Madison, p.1
94. Weiss W, Wyatt D. Macromineral digestion by lactating dairy cows: estimating phosphorus excretion via manure. J Dairy Sci 2004; (87): 2158-2166.
95. Wittwer F, Heuer G, Contreras PA, Bohmwald H. Valores bioquímicos clínicos sanguíneos de vacas cursando com decúbito em El sur de Chile. Arch Med Vet 1993;25: 83-88.

