

IMPACTO DEL FÓSFORO SUPLEMENTADO EN *BOS TAURUS*, SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y SU PRODUCCIÓN*

Héctor Jaime Aricapa Giraldo¹, Julián Estrada Álvarez²

Resumen

Objetivo: se determinó el efecto del fósforo (P) en la dieta de vacas lactantes sobre la producción láctea, desempeño reproductivo y sanidad de la glándula mamaria en sistemas de lechería especializada y de doble propósito. **Materiales y Métodos:** se emplearon 48 vacas pertenecientes a dos sistemas de producción mencionados (24 animales por sistema). Las vacas de cada sistema fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos, cada uno de los cuales recibió sal mineralizada (0%, 4% y 8% de P, respectivamente). **Resultados:** solo se encontraron diferencias altamente significativas en la producción láctea; entre las vacas de la hacienda de doble propósito que consumían sal del 8% y sal del 0% de P, mostrando mayor producción las del 0% de P. En la lechería especializada, se presentó un aumento de *Streptococcus agalactiae* en vacas con menor consumo de P (4% y 0%); igualmente, en esta finca, el recuento de células somáticas fue más bajo en vacas con suplementación de P del 8%, que las de los otros dos grupos. Las variables reproductivas, no mostraron cambios significativos en ninguna de las dos haciendas evaluadas. El análisis económico demuestra un ahorro de casi el 50 % del valor del suplemento mineral, siendo más eficiente el grupo consumidor de sal al 4 % de P sin alterar la productividad de los hatos. **Conclusión:** para los casos evaluados, el suministro de sal mineralizada al 4 y 8% de P en la dieta de vacas lecheras no alteró la producción láctea, el desempeño reproductivo y la salud de la glándula mamaria con relación a aquellos animales que reciben sal sin P.

Palabras clave: suplementación, fósforo, productividad, bovinos, lechería, doble propósito.

IMPACT OF SUPPLEMENTED PHOSPHORUS IN *BOS TAURUS* ON PRODUCTION AND ENVIRONMENT

Abstract

Objective: The effect of Phosphorous (P) on lactating cows diet on milk production, reproductive performance and health of the mammary gland in a specialized dairy (SLE) and a double purpose (SDP) system, was determined. **Materials and Methods:** 48 cows belonging to two different production systems were used (24 animals per system). Cows in each system were randomly assigned to three groups each one receiving mineralized salt with P at 0 %, 4%, and 8% respectively. **Results:** Highly significant differences were found in milk production in SDP between cows consuming salt with P at 8% and 0%, showing with greater production in the group

* FR: 10-III-2013. FA: 10-II-2014.

¹ MSc. Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas. E-mail: hjaricapa@ucaldas.edu.co.

²

CÓMO CITAR:

ARICAPA GIRALDO, H.J. & ESTRADA ÁLVAREZ, J., 2014.- Impacto del fósforo suplementado en *Bos taurus*, sobre el medio ambiente y su producción. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 18 (2): 67-78.

of P at 0%. In SLE an increase in the presence of *Streptococcus agalactiae* in cows consuming salt with P (at 4% and 0%) was detected. Likewise, the somatic cell count in this farm was lower in cows consuming P at 8% than the ones in the other two groups. The reproductive variables showed no significant effects on any of the two evaluated farms. The economic analysis showed a saving of almost 50% in value of mineral supplement being more efficient the group consuming salt with P at 4% and at 8% without altering the herds' productive performance. **Conclusion:** For the cases evaluated, the supply of mineralized salt with P at 4% and 8% in dairy cattle did not alter milk production, reproductive performance and mammal gland health in relation to those animals receiving salt without P.

Key words: supplementation, phosphorus, productivity, cattle, dairy farm, dual purpose.

INTRODUCCIÓN

Uno de los macroelementos minerales indispensables en la producción bovina es el fósforo (P), que es considerado como el segundo mineral más abundante del cuerpo y con más funciones conocidas en el organismo que cualquier otro elemento. Además, de su rol vital en el desarrollo y mantenimiento del tejido esquelético, tiene también una función especial en el crecimiento celular y juega un papel clave en muchas otras funciones metabólicas (HERRERO *et al.*, 2006).

En los últimos años se han realizado varios estudios en los que se destaca el riesgo de la sobrealimentación con P en vacas lecheras, así como su impacto económico y medio ambiental (WU *et al.*, 2000). El factor más importante que ha contribuido con el exceso de P en la suplementación de los sistemas modernos de producción, es la creencia de los productores de adicionar P en la dieta para mejorar el desempeño reproductivo (WU & TALLAM, 2004); sin considerar que, las dietas con consumo prolongado de P en exceso, pueden causar problemas metabólicos severos debido a desórdenes asociados con la absorción y metabolismo de calcio (Ca) (WU & ISHLER, 2002).

El exceso de P en las raciones para vacas lecheras además de ocasionar graves daños medioambientales, como la eutrofización de aguas superficiales, puede ocasionar alteraciones en la salud productiva de las hembras bovinas; debido a que se presentan diversas alteraciones metabólicas que tienen que ver con el exceso de P y con la interacción de este sobre la absorción de otros minerales como Ca y magnesio (Mg); además, en la mayoría de los sistemas productivos bovinos, el contenido de P en la ración sería suficiente para satisfacer los requerimientos, en ocasiones, sin la necesidad de la suplementación extra con este mineral (WU & SATTER, 2000).

La suplementación irracional con P induce un incremento en los costos de producción en los sistemas productivos ganaderos puesto que este mineral es el que más incide en el precio final de venta de los suplementos minerales, por lo que el productor se verá obligado a buscar alternativas de suplementación cada vez más racionales para disminuir el costo de producción y no perder competitividad en el mercado (WU *et al.*, 2000).

Conociendo el uso indiscriminado del P en las sales mineralizadas que se suministran a los ganados en las diferentes zonas del país, acorde con el tipo de producción bovina, se establece la necesidad de conocer que cantidad de este elemento es esencial en los procesos productivos, reproductivos y de sanidad de glándula mamaria en los bovinos de leche y doble propósito. De esta manera es posible enfrentar diferentes dietas de P, incluido en la sal mineralizada, sin que existan cambios en los parámetros mencionados, con la ventaja de que se disminuirá la eliminación del mismo en las heces y en la orina (KNOWLTON & HERBEIN, 2002), lo que reducirá la contaminación de suelos y ambiente por excesos de dicho mineral. A su vez, la reducción del porcentaje en las sales podrá disminuir los costos de producción; dado que este es el elemento más costoso de los minerales usados en la dieta de los bovinos.

El objetivo de este proyecto fue determinar el efecto del P en la dieta de vacas lactantes sobre la producción láctea, desempeño reproductivo y sanidad de la glándula mamaria en sistemas productivos de lechería especializada y de doble propósito en Caldas (Colombia).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo se llevó a cabo en dos hatos, así: uno dedicado a la producción doble propósito (vacas F_1), ubicado en el municipio de Anserma (Caldas), a una altura de 1050 msnm con una temperatura media de 24°C, zona de vida clasificada como bosque húmedo tropical (bh-T), cuyas coordenadas son: latitud 1.059.130 y longitud 1.159.500 (Instituto Geográfico Agustín Codazzi); el segundo sistema, dedicado a la producción especializada de leche (vacas Holstein puras), ubicado en el municipio de Manizales (Caldas), a 2300 msnm con una temperatura media de 14°C, zona de vida clasificada como bosque húmedo montano bajo (bh-MB), cuyas coordenadas son: latitud 1.047.708 y longitud 850.294 (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

Tamaño de muestra

Se utilizaron 48 animales (24 por cada sistema), en cada sistema los animales fueron asignados aleatoriamente a los tres tratamientos (sales con concentraciones de 0%, 4 y 8% de P), la evaluación se realizó por un periodo de un año. Los animales seleccionados, para un caso, correspondían a mestizajes de razas cebuínas con razas europeas (F_1) cuyo promedio de producción diario de leche fue de 8kg/vaca/día y, para el otro, razas europeas puras (vacas especializadas), con un promedio de 20kg/vaca/día.

Diseño estadístico:

Se realizó una selección dirigida de los dos rebaños bovinos, mediante bloques completos al azar.

Las sales para cada granja se elaboraron con la siguiente formulación (Tablas 1a y 1b), las cuales fueron ofrecidas al animal en el puesto de ordeño, asegurando los consumos diarios que semejarían las condiciones de consumo habituales en dichos sistemas productivos (80 g para F_1 y 100 g para especializada).

Tabla 1a. Composición química de la sal suministrada según los requerimientos para el sistema de producción doble propósito.

| Mineral | Fósforo 0% | Fósforo 4% | Fósforo 8% |
|----------|------------|------------|------------|
| Calcio | 8,0 | 13,0 | 18,0 |
| Fósforo | 0,0 | 4,0 | 8,0 |
| Magnesio | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Azufre | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Hierro | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Cobre | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Cobalto | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Yodo | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| Selenio | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| Zinc | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

Tabla 1b. Composición química de la sal suministrada según los requerimientos para el sistema de producción lechería especializada.

| Mineral | Fósforo 0% | Fósforo 4% | Fósforo 8% |
|----------|------------|------------|------------|
| Calcio | 10,0 | 12,0 | 18,0 |
| Fósforo | 0,0 | 4,0 | 8,0 |
| Magnesio | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Azufre | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Hierro | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Cobre | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Cobalto | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Yodo | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| Selenio | 0,006 | 0,006 | 0,006 |
| Zinc | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

Procedimiento

Para cada tratamiento, y dependiendo de los requerimientos nutricionales de las vacas, se hizo el ajuste de la dieta con respecto a los consumos de proteína, energía y minerales (NRC, 2001), el único factor de variación entre los tratamientos fue la concentración de P en la sal mineralizada. Las vacas recibieron la suplementación mineral experimental durante el período de un año.

De cada una de las fincas experimentales, a analizar, se tomaron datos de los registros de producción de leche por vaca/mes, calidad de leche CMT (California Mastitis Test) y RCS (recuento de células somáticas), así como: aislamiento de bacterias causales de mastitis; días abiertos; intervalo parto primer celo; intervalo parto primer servicio; intervalo parto concepción; y servicios por concepción.

La muestra de leche colectada fue de 4 ml por cuarto, en tubos 13 x 100 estériles (referencia para tubos con capacidad de 7 ml), los cuales fueron rotulados y refrigerados; esta muestra se cultivo en agar sangre a 37°C por 24 a 48 horas y

se clasificaron los microorganismos por pruebas bioquímicas, características del cultivo y coloración de Gram. Las células somáticas fueron valoradas en un contador automatizado Delaval cell counter DDC®.

Análisis estadístico

Se realizó mediante el paquete estadístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), utilizando para ello análisis de varianza estratificado por granja, para evaluar el efecto de nivel de P sobre variables productivas y reproductivas, con la adición del efecto de cuarto y de mes, para las variables relacionadas con la sanidad de la glándula mamaria. Los resultados se presentan como medias de mínimos cuadrados más o menos el error estándar, usando el ajuste de Tukey-Kramer para comparaciones múltiples.

TOMA DE MUESTRAS

Grupo control y suplementado

Para el análisis de la influencia del P en la sanidad del sistema mamario; se tomaron muestras de leche cada 3 meses desde el inicio de la investigación con el fin de realizar chequeo para CMT, así: se realizó lavado de la ubre con su respectivo secado, luego, se eliminaron los 3 primeros chorros de leche (despunte), y se agregó a una paleta con 4 pozos, 3 cm³ de leche de cada cuarto, a los cuales se les adicionó 3 cm³ de reactivo para CMT (Lauril alquil sulfato), por pozo (un pozo para cada pezón), se mezcló y homogenizó por 15 segundos y se leyó la presencia y el grado de aglutinación de la muestra, el cual se midió desde grado 1 leve hasta grado 3 fuerte (PHILPOT & NICKERSON, 2000).

Posterior a la prueba de CMT, se colectó en tubos de ensayo estériles, 4 ml de leche de los cuatro cuartos de la vaca, la cual se mezcló, rotuló y se envió en refrigeración al laboratorio de microbiología de la Universidad de Caldas, para realizar cultivo microbiológico y recuento de células somáticas según el protocolo propuesto por VALK & BEYNEN (2003).

Adicionalmente, para el presente trabajo se tomaron muestras de los suelos, suplementos y bromatológicos de las praderas donde los animales experimentales pastorearon, para decidir el correcto balance de las necesidades de los animales de cada sistema productivo en particular.

RESULTADOS

En el sistema productivo de doble propósito, la producción de leche fue menor en vacas suplementadas con sal al 8% de P, que en las vacas que consumieron sal al 0% de P ($p < 0,01$), mientras que el uso de sal al 4% de P tuvo un comportamiento intermedio y no presentó diferencias significativas con los otros tratamientos instaurados (Figura 1).

En el sistema productivo especializado, al analizar la variable producción láctea en los diferentes tratamientos realizados (0, 4 y 8% de P), no se encontraron diferencias significativas.

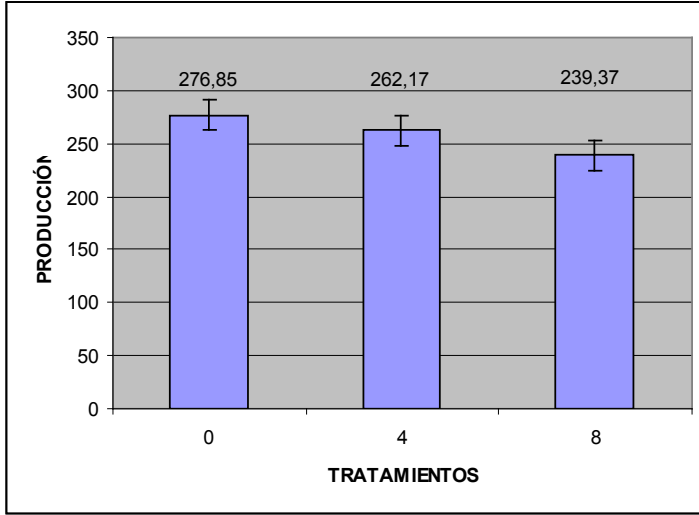


Figura 1. Promedio de producción láctea en el sistema de producción de lechería especializada en vacas suplementadas con sal al 0, 4 y 8% de P.

Las variables reproductivas medidas (intervalo parto-primer celo; intervalo parto-primer servicio; intervalo parto-concepción; servicios por concepción), para los animales seleccionados en los tres tratamientos realizados (sal con 0, 4 y 8% de P), no mostraron diferencias significativas en ninguna de las dos haciendas evaluadas (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento de los promedios y errores estándar de las variables reproductivas en vacas tratadas con sal al 0, 4 y 8% de P en los sistemas productivos doble propósito y especializados.

| VARIABLE | DOBLE PROPÓSITO | ESPECIALIZADA |
|--|-----------------|---------------|
| Intervalo parto-primer celo (días) | 53,9 ± 2,06 | 84,7 ± 13,58 |
| Intervalo parto-primer servicio (días) | 95,9 ± 11,03 | 97,6 ± 13,32 |
| Intervalo parto-concepción (días) | 131,7 ± 13,83 | 149,8 ± 20,19 |
| Servicios por concepción (número) | 2,30 ± 0,10 | 2,94 ± 0,21 |

Asimismo, el porcentaje de microorganismos aislados no fue afectado por el tratamiento ni por el cuarto hallado infectado, ni tampoco por el mes de muestreo, pues no existieron diferencias significativas en estos hallazgos, en ninguna de las dos haciendas evaluadas.

Las bacterias aisladas en ambas fincas fueron muy similares, excepto por tres microorganismos (*Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli* y *Actynomices spp.*), los cuales no fueron aislados en la hacienda de doble propósito (Tabla 3). Sin embargo, cabe destacar que en la hacienda de lechería especializada, la prevalencia de *Streptococcus agalactiae* bajo significativamente de 0,02 a 0 ($p < 0,05$) en el tratamiento instaurado con sal al 8% de P, comparado con los tratamientos en los cuales los animales consumieron sal del 4 y 0% de P.

Tabla 3. Microorganismos aislados en la hacienda La Cruz y Tesorito en vacas con mastitis subclínica y clínica.

| microorganismo | HACIENDA LA CRUZ | HACIENDA TESORITO |
|-----------------------------------|------------------|-------------------|
| Staphilococcus aureus | X | X |
| Staphilococcus coagulasa negativo | X | X |
| Streptococcus agalactiae | | X |
| Streptococcus disgalactiae | X | X |
| Escherichia coli | | X |
| Enterobacter aerogenes | | X |
| Actynomices spp. | X | X |

Respecto a la variable cuartos afectados los microorganismos aislados y posibilidad de infección, se halló que todos los cuartos tienen la misma susceptibilidad de sufrir la infección con respecto a los no afectados.

En la hacienda La Cruz (sistema doble propósito) cabe destacar, que al comparar los tratamientos realizados, con el RCS, se encontró que las vacas que fueron suplementadas con sal al 8% de P, tuvieron un recuento más bajo que las suplementadas con 0%, mostrando una diferencia significativa ($p < 0,05$); sin embargo, el suministro de sal al 4% de P mostró un comportamiento promedio en dicho hato, para el RCS, por lo que no hubo diferencias significativas con los demás tratamientos.

Por el contrario, en el sistema de producción lechero especializado, no se observan diferencias significativas al comparar el RCS en leche, con las diversas dietas de suplementación con P.

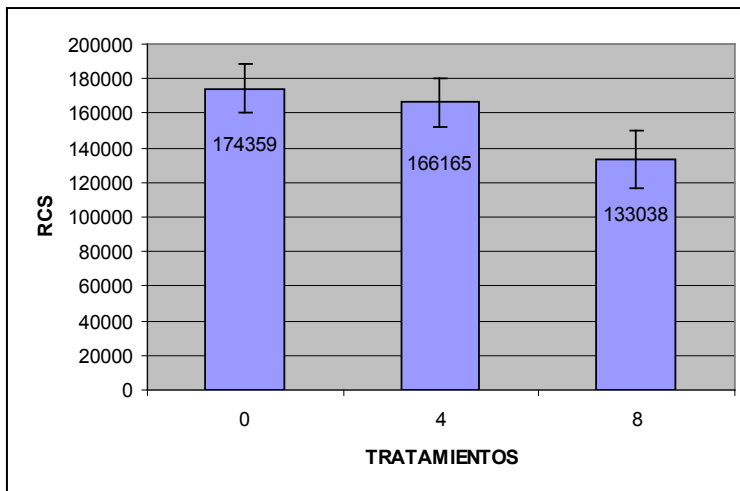


Figura 2. Recuento de células somáticas (RCS) en el sistema especializado, en vacas con mastitis a las cuales se les suministró sal al 0, 4 y 8% de P.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados en este trabajo permiten establecer una concordancia con lo expuesto por HERRERO *et al.* (2006) y VALK & BEYNEN, (2003), quienes determinaron que la reducción de P involucrado en la dieta de vacas de lecherías especializadas, reduce de manera eficiente su excreción y, por ende, contribuye a la reducción de la contaminación medio ambiental producida por este mineral; esta reducción, teniendo en cuenta niveles mínimos y requerimientos básicos, los cuales pueden ser suministrados en la dieta forrajera y sales mineralizadas, no influyen de manera significativa en la producción láctea ni en los parámetros reproductivos de las vacas.

La interacción suelo-planta-animal, es importante en la alimentación de rumiantes debido a la mayor dependencia de estos para obtener sus nutrientes de los forrajes puesto que la fertilización de los suelos con P afecta directamente el contenido mineral de las plantas (BONOMI *et al.*, 2005). Lo anterior, demuestra que el contenido de P en las dietas debe ser balanceado según estudios previos que permitan obtener la cantidad del mineral citado en el suelo y absorbido por las plantas y determinar la real asimilación y excreción del mismo en el animal (balance de la dieta) teniendo en cuenta que una cantidad adecuada de P en la ración forrajera, deberá reducir el suministro de este en las sales tal y como se propuso realizar en el presente estudio.

Las señales de deficiencias de P no son fácilmente reconocidas, excepto en los casos severos caracterizados por huesos frágiles, debilidad, pérdida de peso, emaciación, tensión muscular, además de la reducción en el consumo de materia seca que es la consecuencia más probable de deficiencia de P (WU & ISHLER, 2002). No obstante, en los últimos años se han realizado varios estudios donde se destaca el riesgo de la sobrealimentación con P en vacas lecheras, así como su impacto económico y medio ambiental (WU *et al.*, 2001). El factor más importante que ha contribuido con el exceso de P en la suplementación de los sistemas modernos de producción, es la creencia de los productores de adicionar P en la dieta diaria para mejorar el desempeño reproductivo (WU & TALLAM, 2004); sin considerar que el consumo prolongado de P en exceso en las dietas puede causar problemas metabólicos severos debido a desórdenes asociados con la absorción y metabolismo de Ca (WU & ISHLER, 2002). Estos síntomas no fueron evidenciados por los animales estudiados, quizás, porque no se le ofertó una cantidad mayor de P en la dieta, pero tampoco hubo signos que mostraran la deficiencia del P en los animales que tuvieron una suplementación de 0%; sin embargo, llama la atención que en el sistema productivo doble propósito, el suministro de sal con un 8% de P presentó una reducción en dichas vacas en la producción láctea, con respecto a las vacas que consumieron sal sin P, lo cual puede asociarse a los trastornos metabólicos citados anteriormente, si se tiene en cuenta que los animales que se suplementaron con sales con 4% de P tuvieron comportamiento normal promedio con respecto a la producción de leche.

Considerando los resultados obtenidos, con respecto a los cambios sufridos en las variables asociadas a la reproducción, en los animales tratados en ambas haciendas con suplementos de P en la sal a diferentes concentraciones (0, 4 y 8 % de P), no se hallaron diferencias significativas que permitieran establecer el uso de uno u otro producto para mejorar dichas variables, teniendo en cuenta la medición de minerales en suelo y pastos, antes de tomar una decisión de cambiar el nivel de

suplemento de P en la sal, lo cual concuerda con algunos autores (EKELUND *et al.*, 2006; WU & SATTER, 2000; WU & TALLAM, 2004), quienes consideran que la suplementación extra con P no tiene beneficio sobre parámetros productivos o reproductivos siempre que en la dieta base se satisfaga el requerimiento nutricional de este mineral, ya que se ha observado que con concentraciones inferiores a las normalmente utilizadas, se puede lograr el mismo nivel de producción lechera, sin afectar la fertilidad del rebaño. WU *et al.* (2000), resumieron 8 estudios que incluían 785 observaciones y no encontraron diferencias en el desempeño reproductivo de los animales entre tratamientos al incrementar los niveles de P de 0,32 a 0,40% y de 0,39 a 0,61%. De la misma forma, KNOWLTON *et al.* (2004) alimentaron vacas con niveles de 0,24, 0,28, o 0,33% de P por 2 años y tampoco encontraron diferencias significativas en el desempeño reproductivo.

Los pocos cambios en las variables medidas con relación a producción láctea, reproducción y sanidad de ubre en los bovinos aquí estudiados, permiten establecer planes de suplementación con concentración variable de P en la sal, previo análisis de este mineral en suelos, suplementos concentrados y forrajes, con miras a disminuir los niveles de excreción del mismo y evitar la contaminación ambiental por P. Esto se asemeja a algunos estudios en los cuales se cita que actualmente hay una tendencia en la búsqueda de alternativas para disminuir en el ganado las raciones de P. suministradas en la sal mineralizada, concentrados y forrajes, esto con el fin de conservar el ambiente (WU & SATTER, 2000). Estos intereses están forzando a la re-evaluación de los niveles de P necesarios en las dietas de las vacas (WU & ISHLER, 2002) debido a que el ganado utiliza el P requerido y excreta del 60 al 80% de lo consumido; por consiguiente, la mayoría del P traído a la granja en el alimento se queda en la misma, en lugar de salir como carne o como leche (KNOWLTON *et al.*, 2004). Igualmente, se ha demostrado que en sistemas productivos doble propósito ubicados entre los 1000 y 2000 msnm, los niveles de P requeridos por las vacas ascienden alrededor del 2 % suplementado en la dieta para cubrir todas las necesidades fisiológicas y con una baja tasa de eliminación por heces y orina (CEBALLOS *et al.*, 2004).

Estudios recientes reportan rendimientos semejantes de leche cuando las vacas se alimentan con cantidades diferentes de P y no encontraron diferencias en la producción de leche durante la lactancia completa entre vacas que se alimentaron con dietas que contenían 0,40 y 0,49% de P (WANG *et al.*, 2006). Igualmente, también se reportaron producciones similares de leche en vacas que fueron alimentadas con dietas que contenían 0,32 o 0,43% de P (WU *et al.*, 2003); asimismo, se alimentaron vacas con dietas de 0,37, 0,55 y 0,57% de P, obteniendo rendimientos de leche similares durante las primeras 24 semanas de lactancia (WU & ISHLER, 2002), en otros trabajos, utilizaron dietas que contenían 0,33 y 0,39% de P durante 2 años, ambos grupos de vacas produjeron aproximadamente 7500 kg de leche/año (WU *et al.*, 2001). En otra investigación, WU & SATTER (2000) alimentaron 37 vacas con 0,31 o 0,39% de P durante 2 o 3 años y no observaron diferencias en los rendimientos de leche o en el potencial de producción. En un estudio más, WU *et al.* (2000) concluyeron que al reducir el nivel de P en la dieta de 4,8 a 3,8% no se afectó la producción de leche, dicho experimento se llevó a cabo por 2 años con 30 vacas. Finalmente, otro estudio de EL-ZUBEIR *et al.* (2005) muestra que al alimentar vacas con dietas que contenían 0,33 o 0,42% de P, no observaron diferencias en la producción láctea ni en la composición de la leche.

El P ha sido utilizado por productores para mejorar el desempeño reproductivo de los animales. Algunos signos de bajo desempeño reproductivo en vacas lecheras como consecuencia de dietas deficientes en P incluyen actividad ovárica disminuida, bajas tasas de concepción y bajas tasas de preñez; sin embargo, el bajo desempeño reproductivo ha sido raramente atribuido a la deficiencia de P, por lo que la relación, a menudo, ha sido confundida con una deficiencia en el consumo de materia seca u otros nutrientes (WU & TALLAM, 2004). Lo anterior, está acorde con los resultados obtenidos con respecto a las variables reproductivas, las cuales no mostraron diferencias significativas en ninguna de las dos haciendas evaluadas, al disminuir la suplementación de P en las vacas en producción.

Al comparar los niveles de P usados en las sales en ambas haciendas se puede ver claramente que las vacas tratadas con sal del 4% muestran un buen desempeño en términos de producción, reproducción y sanidad de glándula mamaria, por ello, la sal con mayor contenido de P, generaría excesos en la suplementación de este mineral, lo cual puede aumentar entre un 32 y 54% el costo del suplemento, este hallazgo esta acorde con lo expresado en una investigación de CEBALLOS *et al.* (2004), donde se demostró que un exceso de P ocasiona una disminución de la rentabilidad en el negocio de la producción de leche, ya que este mineral es uno de los más costosos dentro de la suplementación de bovinos. Además, se ha asociado con la presentación de patologías en el inicio de la lactancia en la vaca siendo uno de los contaminantes ambientales más fuertes que hay. En Colombia, la mayoría de los forrajes que se utilizan para la producción de leche y la ganadería de doble propósito en la región del Viejo Caldas, tienen una concentración de P adecuada para bovinos mantenidos en pastoreo (CEBALLOS *et al.*, 2004).

La elevación de factor de necrosis tumoral alfa (por sus siglas en inglés TNF- α), interleucina 6 (IL-6) y cortisol, así como las alteraciones en concentraciones de Ca y P en sangre, posterior a la infusión de lipopolisacáridos bacterianos en la glándula mamaria (WANG *et al.*, 2006); esto puede relacionarse con los hallazgos correspondientes a los recuentos de células somáticas en sistema productivo doble propósito, los cuales fueron más bajos, indicando que el sistema inmune se activa y que dicho suceso puede afectar la homeostasis de macrominerales, lo que conlleva a alteraciones metabólicas que influyen sobre la salud de vacas lactantes (WANG *et al.*, 2006) en vacas cuyo suplemento con P fue mayor (8%), comparativamente con las vacas que no recibieron P en la dieta. Estudios similares en el norte de Italia, demostraron que algunos minerales estudiados, entre ellos el P suministrados en cantidades bajas en la dieta, no influyeron en la presencia de mastitis ni en cambios en la fertilidad de los bovinos estudiados (BONOMI *et al.*, 2005); no obstante, existen algunas investigaciones que muestran que vacas con incremento en el Na y el P a nivel sanguíneo, presentaron mastitis subclínica, pero, por el contrario, las vacas con disminución en los niveles de estos dos minerales presentaron mayor frecuencia de mastitis clínica (KNOWLTON & HERBEIN, 2002).

Un trabajo paralelo, usando los mismos animales, pero determinando la eliminación de P por varias vías de excreción, determinó diferencias altamente significativas, para la eliminación de P en las heces en los sistema productivos de doble propósito y especializada, respectivamente, usando los mismos niveles de P en la sal, esto tiene como resultado que la excreción de P aumenta por vía fecal como indicador de una menor absorción de este mineral, dicha secreción depende además del consumo de materia seca (CADAVID *et al.*, 2009; WEISS & WYATT, 2004), por lo

anterior los balances de P en la dieta implican, primero, un análisis de dicho mineral en suelo, planta y animal, para determinar la cantidad de P a suplementar en las sales, sin que se vea deprimida la producción, la reproducción o la sanidad de la glándula mamaria, como se evidenció en los hallazgos obtenidos en este trabajo.

El costo de la sal del 8% de P, fue de \$52.160 por bulto, lo que genera una diferencia en dicha suplementación del 32%, con respecto a la sal que contenía 4 % de P cuyo costo fue de \$35.640, y un porcentaje un poco mayor (54%) al compararlo con la sal al 0% de P, con un costo de \$24.010; esto generó un ahorro adicional en estas haciendas, teniendo en cuenta que los requerimientos adicionales se suplieron con el consumo de forraje y que no hubo diferencias significativas en los tratamientos en ambas fincas entre la sal del 4% de P y las del 0% y 8%. Se debe ratificar que para tomar esta decisión es necesario contar con ayudas diagnósticas como análisis de suelos y análisis bromatológicos de los sistemas productivos.

En conclusión, cuando se suministra sal mineralizada al 4 y 8% de P en la dieta de vacas lecheras especializadas no se altera la producción láctea, el desempeño reproductivo y la salud de la glándula mamaria con relación a aquellos animales que reciben sal sin P, siempre y cuando los requerimientos básicos sean suplidos por los forrajes y suplementos concentrados, en haciendas con condiciones productivas similares a las evaluadas, siempre y cuando se tenga en cuenta el balance de aportes y excreciones.

BIBLIOGRAFÍA

- BONOMI, A., BONOMI, B., VONGHIA, G., CAPUTI, J., 2005.- Studies and observations on mineral nutrition of dairy cows. *Rivista di Scienza dell' Alimentazione*, 34:83-97.
- CADAVID, A., GARCÍA, E., ESTRADA, J., MESA, H., CEBALLOS, A., 2009.- Balance nutricional de fósforo en vacas lecheras y doble propósito en explotaciones del viejo Caldas: Trabajo de grado, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Manizales.
- CEBALLOS, A., VILLA, N., BETANCOURT, T., RONCANCIO, D., 2004.- Determinación de la concentración de Calcio, Fósforo y Magnesio en el periparto de vacas lecheras en Manizales Colombia. *Rev Col Cienc Pec.*, 17(2):125-133.
- EKELUND, A., SPORNLDY, R., HOLTENIUS, K., 2006.- Influence of low phosphorus intake during early lactation on apparent digestibility of phosphorus and bone metabolism in dairy cows. *Live Sci.*, 99:227-236.
- EL-ZUBEIR, I.E.M., EL-OWNI, O.A.O., MOHAMED, G.E., 2005.- Effect of mastitis on macro-minerals of bovine milk and blood serum in Sudan. *J South African Vet Assoc.*, 76(1):22-25.
- HERRERO, M., GIL, S., FLORES, M., SARDI, G., ORLANDO, A., 2006.- Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en argentina. In *Vet.*, 8(1):9-21.
- KNOWLTON, K. & HERBEIN, J., 2002.- Phosphorus partitioning during early lactation in dairy cows diets varying in phosphorus content. *J Dairy Sci.*, 85:1227-1236.
- KNOWLTON, K., RADCLIFFE, J., NOVAK, C. & EMMERSON, D., 2004.- Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. *J Anim Sci.*, 82:173-195.
- PHILPOT, N. & NICKERSON, S., 2000.- Origen e importancia de las células somáticas. Microorganismos causantes de mastitis. Detección de la mastitis: 22-43 (en) PHILPOT, N. & NICKERSON, S. (ed.) *Ganando la lucha contra la mastitis*. Westfalia Surge, Inc. Naperville, USA.
- VALK, H. & BEYNEN, A., 2003.- Proposal for the assessment of phosphorus requirements of dairy cows. *Live Sci.*, 79:267-272.
- WANG, J.F., WANG, M., MA, J.L., JIAO, L.G., ZHOU, X.Y., LINDBERG, J.E., 2006.- The influence of intramammary lipopolysaccharide infusion on serum Ca, P, vitamin D, cytokines and cortisol concentrations in lactating sows. *J Vet Med Ser A.*, 53(3):113-118.
- WEISS, W. & WYATT, D., 2004.- Macromineral Digestion by Lactating Dairy Cows: Estimating Phosphorus Excretion via Manure. *J Dairy Sci.*, 87:2158-2166.
- WU, Z. & SATTER, L., 2000.- Milk production and reproductive performance of dairy cows fed two concentrations of phosphorus for two years. *J Dairy Sci.*, 83(5):1052-1063.

- WU, Z., SATTER, L., SOJO, R., 2000.- Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. *J Dairy Sci.*, 83(5):1028-1041.
- WU, Z., SATTER, L., BLOHOWIAK, A., STAUFFACHER, R., WILSON, J., 2001.- Milk production, estimated phosphorus excretion and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. *J Dairy Sci.*, 84:1738-1748.
- WU, Z. & ISHLER, V., 2002.- Reducing Dietary Phosphorus in the Dairy Herd. Pennstate College of agricultural Sciences. Disponible en www.das.psu.edu/research-extension/nutrient-management/pdf/phos.pdf.
- WU, Z., TALLAM, S., ISHLER, A., ARCHIBALD, D., 2003.- Utilization of phosphorus in lactating cows fed varying amounts of phosphorus and forage. *J Dairy Sci.*, 86:3300-3308.
- WU, Z. & TALLAM, S., 2004.- Requerimientos y consideraciones de fósforo en bovinos de leche. *Memorias del V Congreso Internacional de Reproducción y Metabolismo en Bovinos*. Universidad de Caldas, Manizales.