

Minerales orgánicos *en la nutrición*

Efecto de los minerales orgánicos sobre la higiene de la leche
y la salud de la glándula mamaria



Foto: Felipe Zapata G.

Wveimar Londoño A.

Zootecnista
 Universidad de Antioquia
 Coordinador Nacional de
 Nutrición - Concentrados
 Sales y Fertilizantes
 COLANTA
 wveimarla@colanta.com.co
 Colombia

Margarita M. Ibarra P.

Química Farmacéutica
 Especialista en producción
 de pastos y forrajes
 Universidad de Antioquia
 Coordinadora de Calidad
 - Concentrados Sales y
 Fertilizantes COLANTA
 mariaip@colanta.com.co
 Colombia

Juan D. Múnera B.

Zootecnista
 Universidad de Antioquia
 jotamunera@gmail.com
 Colombia

Elkin Arboleda Z.

Zootecnista
 Maestría en Ciencias
 Animales
 Universidad de Antioquia
 elkinarbol@gmail.com
 Colombia

Resumen

La mastitis es la principal enfermedad que incrementa el recuento de células somáticas (RCS) que afectan la calidad composicional de la leche y los procesos industriales. Por ello es necesario establecer medidas de control integradas para disminuir este recuento, y entre ellas se deben considerar diferentes alternativas como la inclusión en la dieta de minerales orgánicos.

Soportados en la literatura, se evaluó el efecto de la adición de minerales orgánicos (Selenio y Zinc) en el recuento de células somáticas y los errores residuales de acuerdo con los eventos durante 12 semanas de forma aleatoria. Los datos fueron recolectados y editados en el programa Microsoft Excel y los resultados se evaluaron a través del programa estadístico de SAS Institute, para encontrar los efectos significativos que afectaban las características en cuanto al recuento de células somáticas.

Abstract

Mastitis is the main disease that increases the somatic cell count (SCC) and affects the milk compositional quality and industrial processes. It is therefore necessary to establish integrated control measures to reduce this count, and among different alternatives, the dietary inclusion of organic minerals should be considered.

Supported in the literature, we evaluated the effect of addition of organic minerals (selenium and zinc) in the somatic cell count and the residual errors according to the event for 12 weeks at random. Data were collected and edited in Microsoft Excel and the results were evaluated through the statistical program SAS Institute, to find the significant effects affecting the somatic cell production.

La ubre es la estructura que brinda alimento y protección al ternero. Una ubre bien conformada se constituye en una defensa pasiva contra la mastitis y un pezón bien estructurado ayuda a bloquear la entrada de microorganismos a la glándula mamaria. La ubre en las hembras bovinas se encuentra suspendida por fuera de la pared del abdomen posterior, no está protegida por ninguna estructura ósea y posee cuatro glándulas mamarias o “cuartos”. En conjunto una buena ubre debe ser simétrica y proporcional al tamaño del animal, moderadamente larga, ancha y profunda, para que soporte altas producciones durante varias lactancias.



Una ubre bien conformada se constituye en una defensa pasiva contra la mastitis.

La palabra mastitis se deriva del griego; mastos significa “mama” e itis “inflamación”. Los traumatismos en la glándula mamaria o lesiones, las irritaciones químicas o las infecciones causadas por microorganismos de origen bacteriano, que pasan a

Tabla 1. Efecto del número de células somáticas sobre la concentración de la proteína láctea (Campabadal, 2008).

RCS x 1.000	Porcentaje de proteína (%)	
	Holstein	Jersey
< 200	3,25	3,69
200 - 500	3,16	3,61
500 - 750	3,07	3,50
750 - 1.000	2,98	3,48
> 1.000	2,87	3,39

través del esfínter y canal del pezón hacia la cisterna, hasta llegar a los alvéolos, producen reacciones inflamatorias como mecanismo de protección inmunológica humoral y celular.

En consecuencia, las células secretoras incrementan la permeabilidad de los vasos sanguíneos hacia el lumen alveolar (Scala, 2006). El paso de proteínas sanguíneas, iones y agua, causa un edema, disminuyendo la capacidad de síntesis del epitelio alveolar, de tal manera que los sólidos totales pueden disminuir entre un 5 y un 10%. Además, debido al incremento de la permeabilidad de los vasos sanguíneos hacia el lumen alveolar, los componentes del plasma sanguíneo pasan a la leche, especialmente inmunoglobulinas, albúmina sérica, lactoferrina, α 2-macroglobulinas, nucleótidos, peptonas, aminoácidos y compuestos nitrogenados no proteicos.

La defensa humoral es el principal mecanismo de defensa contra los microbios extracelulares y sus toxinas. Los componentes del sistema inmune que atacan

a los antígenos no son las células directamente, sino los anticuerpos secretados por activación antigénica. Estos factores humorales son las inmunoglobulinas, los factores del complemento, el sistema lactoperoxidasa-tiocianato-peróxido-hidrógeno, la lactoferrina y los lisosimas (Walter & Kloppert, 2004; Wikipedia, 2012; Bedoya, Hernández & García, 2005).

El número de células somáticas está influenciado también por las variaciones de acuerdo con el número de lactancias, momento de la lactancia, condiciones ambientales y factores de estrés. La literatura reporta diferentes tipos de células somáticas en la leche de glándulas mamarias sanas: macrófagos (60%), linfocitos (25%) y neutrófilos polimorfonucleares (15%) (Philpot, 2001; Walter et al., 2004; Bedolla & Castañeda, 2004). Estos últimos se incrementan, de acuerdo con la severidad de la inflamación, hasta constituir de 80 a 90% de las células somáticas de la leche (Bedolla & Castañeda, 2004; Barbano, Rasmussen & Lynch, 1991).

Consecuencias de la mastitis en la composición de la leche

La composición de la leche en términos de concentración proteica permanece casi igual en la leche mastítica, pero la disminución en las proteínas lácteas es compensada por una síntesis menor en las células especializadas y por la actividad de las enzimas proteolíticas de las PMN (células polimorfonucleares), lo que genera un paso elevado de las proteínas séricas de la sangre a la leche. Estas últimas tienen baja estabilidad al calor que es aplicado durante los procesos de manufacturación, por lo tanto causan floculación y formación de sedimentos durante los procesos de tratamiento térmico, como pasteurización, UHT, evaporación y esterilización.

Por su parte, la composición de concentración de la grasa se reduce como resultado de la mastitis debido a que el diámetro de los glóbulos de grasa disminuye. En ocasiones el tenor graso (contenido graso) puede verse mermado de forma relativa cuando hay descenso en la síntesis láctea (Ferraro, 2008).

En cuanto la cantidad de lactosa, en leche mastítica hay una reducción aproximada de un 10%, debido al daño en las células secretoras, la disminución en la presión osmótica dentro del alvéolo, la reabsorción de la lactosa hacia la sangre y la reducción en el volumen de producción de leche.

Por la permeabilidad aumentada, la concentración de iones de sodio y cloro en leche se incrementa, mientras que disminuye la concentración de los iones de calcio, magnesio, y potasio, y los fosfatos. Esta desestabilización isoeléctrica reduce la resistencia de la leche a los tratamientos térmicos y altera sus características sensoriales y su potencial redox (capacidad de oxidación y reducción).

Otros cambios que se pueden observar son el aumento en la conductividad eléctrica, la disminución de la densidad, el incremento del punto de congelación, la aparición de sabores rancios amargos y

salados (Corbellini, 1998). Más aún, el efecto perjudicial de la mastitis en la calidad de la leche puede continuar aún después que la infección ha sido eliminada y el RCS está en niveles relativamente normales.

Está comprobado que la mastitis es la enfermedad más costosa del ganado lechero. En efecto, las pérdidas originadas duplican las generadas por problemas reproductivos (Philpot & Nickerson, 2002). Por este motivo debe considerarse que todo esfuerzo encaminado a la prevención y control de esta enfermedad es una inversión.

El momento más crítico está comprendido en el ordeño: los minutos previos, durante y una hora después; pues el canal del pezón permanece dilatado. En consecuencia, deben establecerse buenas prácticas de ordeño: estímulo, despunte, presellado, ordeño, desinfección y sellado post ordeño.



Vacas bien tratadas producen buena leche.

Foto: Felipe Zapata G.

La suplementación de selenio y zinc en el control de células somáticas

El inadecuado balance de nutrientes, vitaminas y minerales predispone a las vacas a contraer infecciones intramamarias. El balance energético negativo, dado por una alta demanda de energía y una limitada capacidad en el consumo de materia seca, tiene efecto directo sobre el funcionamiento del sistema inmune por la movilización de grasas corporales e incremento en los niveles sanguíneos de ácidos grasos no esterificados (Pullen, Palmquist & Emery, 1989), lo que aumenta la incidencia de cetosis e hígado graso (Mallard et al., 1998).

En los días cercanos al parto, la tasa de crecimiento de la glándula mamaria y la síntesis de leche en el pico máximo de la lactancia exigen una elevada demanda de energía y un incremento considerable en el consumo de oxígeno (Waller, 2000). Esto da lugar a una mayor producción de radicales

libres (O_2 , OH, H_2O_2) que, a su vez, conducen a un estrés oxidativo (Lunec & Blake, 1990; citado por Cohen, 1992). Sin embargo, existen mecanismos antioxidantes: los que catalizan las reacciones de los radicales libres, como las enzimas superóxido-dismutasa, catalasa y glutatión peroxidada. Ellas aceleran las reacciones por las cuales los radicales libres se reducen a agua (López et al., 1997)

En 1973, se encontró que el selenio tiene función protectora contra el daño oxidativo, al ser un componente de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px, E.C. 1.11.1.9). La función antioxidativa del selenio tiene efecto antimicrobiano y protector de los linfocitos que parecen ser especialmente susceptibles al daño peroxidativo (Ricciardino, 1993; Ross, 1977; Marsh & Combs, 1986).

En vacas deficitarias en selenio (Se) se ha descrito una reducción de la actividad GSH-Px en las células fagocitarias y también una disminución de la capacidad bactericida de los neutrófilos frente a distintos agentes patógenos como *Candida albicans*, *Corynebacterium pseudotuberculosis*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Larsen, Moksnes & Overnes, 1988). Se ha demostrado además que tanto la respuesta inmune celular como la humoral están incrementadas en animales que reciben suplementos de selenio (Nemec et al., 1990; Bires et al., 1993; Morgante et al., 1996) y que en asociación con la vitamina E y la vitamina C y oligoelementos como el zinc y el cobre favorecen el efecto antiinflamatorio y la disminución de mastitis (Ndiweni et al., 1991; Ndiweni, & Finch, 1995).

La mayor funcionalidad del zinc es su participación



Una buena alimentación redonda en la sanidad de la ubre.

Foto: Camilo Gutier

en más de 200 sistemas enzimáticos: el metabolismo de carbohidratos y ácidos nucleicos, la síntesis proteica y la multiplicación celular, entre otros (Zinpro, 2008; Ricciardino, 1993). También cumple un papel fundamental en el mantenimiento de la integridad del tejido epitelial, la reparación y división celular, el transporte y utilización de vitaminas A y E, el mantenimiento de la capacidad reproductiva y madurez sexual, la involución uterina después del parto, la síntesis de colágeno en huesos y piel, la cicatrización y el crecimiento y calcificación ósea (Socha & Tomlinson, 2004).

La suplementación con zinc mejora la sanidad de la ubre, el tejido glandular y los pezones. Aproximadamente el 40% de la capa de queratina, que es formada en el canal del pezón, es eliminada durante el ordeño. En presencia de zinc, esta capa tiene una regeneración rápida y continua (Socha & Tomlinson, 2004).

Al hacer una dieta para ganado lechero se debe tener en cuenta la biodisponibilidad de la fuente del mineral utilizada. Las fuentes inorgánicas más solubles o disponibles son los cloruros y los sulfatos, las poco solubles son los carbonatos y los de menor disponibilidad son los óxidos. La industria continuamente está desarrollando moléculas que se asemejan a la forma natural en que se encuentran

los minerales en la naturaleza unidos a compuestos orgánicos.

Estas moléculas son denominadas minerales orgánicos. Corresponden a una unión química de moléculas de origen orgánico y un ión metálico de carácter neutro, que conservan la estabilidad del pH y se absorben fácilmente por diferentes vías, logrando garantizar una mejor asimilación de estos micronutrientes minerales.

En la actualidad hay cuatro clases de minerales orgánicos, de interés zootécnico, que difieren en su composición molecular:

- **El Complejo Mineral-Aminoácido:** coordinado de un mineral y los grupos amino y carboxilo de un aminoácido.
- **El Metal Quelatado:** resultante de una reacción entre un ión metálico de una sal soluble con aminoácidos que forman enlaces covalentes coordinados.
- **El Proteinato Metal:** quelación de una sal soluble, con aminoácidos o proteínas parcialmente hidrolizadas. El producto puede contener aminoácidos simples, dipéptidos, tripéptidos u otros derivados de la proteína.
- **El Complejo Metal polisacárido:** resultante de la sal metálica soluble con una solución de polisacárido proveniente de levaduras.



Foto: César Hernández O.

Estudio de campo

Se evaluó el efecto de los minerales orgánicos en 223 vacas de las razas Holstein y F1 (Jersey x Holstein), con menos de 150 días de lactancia, en las fincas Almería, El Balcón, Cerezales y Pontevedra. Se tomaron muestras directas por vaca con una frecuencia quincenal. En la finca El Futuro los datos fueron suministrados por el programa de control lechero de la Cooperativa COLANTA. De ahora en adelante, por discreción, serán denominadas aleatoriamente A, L, M, V y Z.

Las fincas están ubicadas en los municipios de San Pedro de los Milagros, cerca de la cabecera municipal, a una altura de 2.475 metros sobre el nivel del mar y una temperatura promedio de 14 grados centígrados, con una precipitación promedio de 1.100 milímetros anuales, dentro de la clasificación de zona ecuatorial de altiplano según del Instituto Agustín Codazzi (IGAC)

Los animales en producción se encontraban en pastoreo intensivo, con suplementación de sal mineralizada y alimento concentrado Agrocolanta Fertileche Selección con levadura y adicionado con minerales orgánicos, suministrado al momento del ordeño.

La toma de muestra se hizo de acuerdo con los protocolos regulatorios de COLANTA, donde el laboratorio asignó un código único por muestra. Se

Tabla 1. Diseño del estudio.

Ítem	Cantidad	Valores
Finca	5	L M V Z A
Tratamiento	3	[1] [2] [3]
Evento*	5	1 2 3 4 5
Número de partos	8	1 2 3 4 5 6 7 8
* Los eventos corresponden a:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentación de calor 2. Mastitis subclínica 3. Cojeras 4. Patologías 5. Enfermedades metabólicas 		

hicieron mediciones previas al inicio del tratamiento y durante las 12 semanas de aplicación de los minerales orgánicos.

El alimento balanceado fue formulado completamente con selenio orgánico, en una concentración de 300 gramos por tonelada, y el zinc orgánico solo en un 50% del requerimiento, a razón de 600 gramos por tonelada. Ambos productos fueron obtenidos de dos casas comerciales. Los animales se dividieron en grupos y se asignó un tratamiento aleatorio y al azar en campo. La variable número de partos fue considerada para hacer escalas de separación en el análisis estadístico.

Las Fincas L, M tuvieron los dos tratamientos (1 y 2), la Finca V y Z uno de los tratamientos (1 ó 2). La Finca A fue considerada como control (3) pero con el requisito de que correspondiera al 10% de la población de ensayo. Los datos fueron recolectados y editados en el programa Microsoft Excel y los resultados de los grupos se evaluaron a través del Modelo Lineal General (GLM) del programa estadístico de SAS Institute, para encontrar los efectos significativos que afectaban las características en cuanto al recuento de células somáticas.



Tabla 2. Efecto del tratamiento sobre el recuento promedio de células somáticas (RCS).

Tratamiento	Número	RCS		Días de lactancia	
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
1	242	179,4	320,65	137,99	58,35
2	166	222,90	525,39	127,76	56,70
3	42	681,64	739,02	154,17	138,43

Para el análisis estadístico se registraron 456 datos de acuerdo con la clasificación por números de lactancia. Se verificó la consistencia de la varianza del error y se eliminaron los sesgos relacionados con los valores de menor correlación, con puntos superiores a cuatro o más desviaciones respecto al punto cero.

Del análisis estadístico se establecieron diferencias significativas para los tratamientos entre los factores RCS, proteína y MUN, de acuerdo con los tratamientos (Tablas 2 y 3).

Tabla 3. Efecto del número de parto en el RCS.

Número de parto	Tratamientos (Promedio RCS x 1.000)		
	1	2	3
1	215	149	86
2	---	430	301
3	178	420	605
4	59	190	119
5	220	282	448
6	---	---	---
7	---	---	1.583
8	---	---	1.679

Resultados

Los resultados analizados muestran que hay diferencia significativa para los tratamientos 1 y 2 con un recuento de 179.429 y 222.879 respectivamente frente al grupo 3 (control) de 681.462 (Tabla 3). Estos resultados demuestran que la suplementación con selenio y zinc orgánicos, acompañados de una adecuada rutina de ordeño, favorecieron la disminución del recuento. Sin embargo, esto no significa que su inclusión en las

dietas mejora la calidad composicional, en especial de proteína; para ello se debe tener una dieta balanceada con el aporte de los nutrientes requeridos para mejorar el porcentaje de producción de proteína y sólidos totales.

El análisis también presentó que hay correlación entre el número de partos y el recuento de células. Las vacas con mayor número de partos muestran un incremento en células somáticas (Tabla 4). No obstante, el análisis no determina la proporción de incremento de las células somáticas con respecto al número de la lactancia.

El costo adicional por la inclusión del selenio y el zinc orgánicos por kilogramo

de alimento, al momento del ensayo, fue de 53 pesos. El beneficio que ofrecen de acuerdo con sus funciones, además del control de células somáticas, es recomendable compararlo con el costo de la inversión.

En conclusión, la suplementación mineral, junto con un adecuado programa de mejoramiento genético y unos procedimientos para la operación en la rutina de ordeño, ayuda al control de células somáticas causadas por mastitis.

Especiales agradecimientos al laboratorio de pago de calidad de leche COLANTA, sede San Pedro de los Milagros, Colombia.



Foto: Yulieth Osorno T.

Glosario

Antígeno: sustancia que desencadena la formación de anticuerpos.

Células fagocitarias: células presentes en la sangre y otros tejidos animales capaces de captar toda clase de partículas inútiles o nocivas para el organismo, e introducirlos en su interior con el fin de eliminarlos.

Cetosis: estado del organismo que se produce cuando este no tiene suficientes hidratos de carbono para obtener energía y comienza a utilizar las grasas para obtener energía.

Defensa humoral: son las inmunoglobulinas, mecanismo de defensa utilizado por el organismo.

Defensa celular: son otras defensas del organismo como los glóbulos blancos o leucocitos o células somáticas. Estas son células sanguíneas originadas en la médula ósea y en el tejido linfático.

Esterificado: reacción química mediante la cual se une un ácido graso y un alcohol.

Floculación: proceso químico mediante el cual se aglutinan las sustancias coloidales (que tienen a formar coágulos) presentes en un líquido, facilitando de esta forma su decantación y filtrado.

Hígado graso: enfermedad del hígado caracterizada por acumulación de ácidos grasos y triglicéridos en las células hepáticas

Neutrófilos: glóbulos blancos de tipo granulocito.

Referencias

Barbano, D. M., Rasmussen, R. R. & Lynch, J. M. (1991). Influence of milk somatic cell and milk age on cheese yield. *Journal of Dairy Science*.

Bedolla, C. C. & Castañeda, V. H. (2004). *Métodos de detección de mastitis bovina*.

Bedoya, C., Hernández, J. & García, E. (2005). *Importancia del conteo de las células somáticas en la calidad de la leche bovina*.

Bires, J., Michna, A., Bartko, P., Pistl, J. & Juhasova, Z. (1993). *Zinc, selenium and copper supplementation by means of reticulo-rumen pellets and its effect on the cellular and humoral immune response in sheep, veterinarni medicina*.

Campabadal, Carlos (2008). *Factores que influyen en la proteína de la leche*. Presentación PowerPoint.

Corbellini, C. (1998). *La mastitis bovina y su impacto sobre la calidad de la leche: proyecto lechero*, EEA. Santa Fé, Argentina: INTA.

Ferraro, D. (2008). El recuento de células somáticas en leche de tanque y su impacto en la calidad para fabricación de quesos y otros subproductos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 51.

Giménez, R. (1993). *Radicales libres y antioxidantes en clínica humana*. Madrid: Idepsa.

Godias, J. R. (2004). La fase energética negativa y la fertilidad en la vaca. *Frisona Española*, 142, 88-94.

Larsen, H. J., Moksnes, K. & Overnes, G. (1988). *Influence of Selenium on antibody production in sheep*.

López, A., Miranda, M., Hernández, J., Castillo, C. & Benedicto, J. L. (1997). *Glutation peroxidasa (GSH-Px) en las patologías asociadas a deficiencias de selenio en rumiantes*.

Cohen, R. D., Lewis, B., Alberti, K. G. M. M. & Denman, A. M. (1992). *The metabolic and molecular basis of acquired diseases*. Londres: Baillière Tindall.

Mallard, B. A., Dekkers, J. C., Ireland, M. J., Leslie, K. E., Sharif, S. & Lacey, C. (1998). Alteration in immune responsiveness during the peripartum period and its ramification on dairy cow and calf health. *Journal of Dairy Science*.

Marsh, J. A. & Combs, M. E. (1986). *Effect of selenium and vitam in E dietary deficiencies on chick lymphoid organ development*.

Morgante, M., Beghelli, D., Ranucci, S., Pauselli, M. & Tessi, B. (1996). *Effetto della somministrazione di selenio e vitamina E sul test di riduzione dell NBT in pecore in lattazione*. Ponencia presentada en el Cuarto Congreso de la Federación Mediterránea de Sanidad y Producción de Rumiantes, Murcia, España.

Ndiweni, N., Williams, M. R., Booth, J. M. & Finch, J. M. (1991). *Studies on the incidence of clinical mastitis and blood levels on vitamin E and selenium in dairy herds in England*.

Ndiweni, N. & Finch, J. M. (1995). *Effects of in vitro supplementation of bovine mammary gland macrophages and peripheral blood lymphocytes with alphatocopherol and sodium selenite: implications for udder defenses.*

Nemec, M., Hidioglou, M., Nielsen, K. & Proulx, J. (1990). *Effect of vitamin E and selenium supplementation on some immune parameters following vaccination against brucellosis in cattle.*

Philpot, W. N. (2001). *Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan.* Ponencia presentada en el Tercer Congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de la Leche.

Philpot, W. N. & Nickerson, S. C. (2002). *Ganando la lucha contra la mastitis.*

Pullen, D. L., Palmquist, D. L. & Emery, R. S. (1989). Effect on Days of Lactation and Methionine Hydroxy Analog on Incorporation of Plasma Fatty Acids into Plasma Triglycerides. *Journal of Dairy Science.*

Ricciardino, M. Z. (1993). *Actualización en funciones bioquímicas de cobre, selenio y zinc en rumiantes deficiencias de microelementos en bovinos en la provincia de Entre Ríos.* Concepción del Uruguay, Argentina: INTA EEA.

Ross, D. (1977). *Oxidative killing of microorganisms by phagocytic cells.*

Scala, M. (2006). *El profesional tambero.* Santa Fe, Argentina: INTA.

Socha, M. & Tomlinson, D. (2004). *Mejora del control de la mastitis a través de la nutrición con oligoelementos.*

Torres, E. (2004). *Nutrición y mastitis.*

Waller, P. K. (2000). *Mammary gland immunology around parturition, influence of stress, nutrition and genetics.*

Walter, W., Castañeda H., Kloppert, B. & Zschock, M. (2004). *Mastitis bovina. Prevención, diagnóstico y tratamiento.*

Walter, W. & Kloppert, B. (2004). *Interpretación de los resultados del conteo celular y de la aplicación de la terapia, avances en el diagnóstico y control de la mastitis bovina.* Guadalajara, México.

Wikipedia (2012). *Inmunidad humoral.* Extraído el 21 abril de: http://es.wikipedia.org/wiki/Inmunidad_humoral

Zinpro (2008). *Nutrición adecuada con oligoelementos críticos para un rendimiento reproductivo ideal.* Folleto.



Foto: Camilo Gutier