

NUTRICIÓN

## EL MITO DE LOS MINERALES PROTEGIDOS

Carlos Alberto Pérez P.  
Zootecnista  
[perezcp@hotmail.com](mailto:perezcp@hotmail.com)

## Resumen

Los minerales son elementos esenciales para el normal crecimiento y reproducción. Algunos de ellos se requieren en grandes cantidades y son llamados macro minerales. Otros se requieren en dosis mínimas y son llamados micro minerales o elementos trazas.

Durante los últimos años se ha aumentando la conciencia de la importancia de los minerales trazas, al estar presentes en tejidos corporales y servir como componentes de enzimas metabólicas, y cofactores de enzima, componentes de hormonas del sistema endocrino.

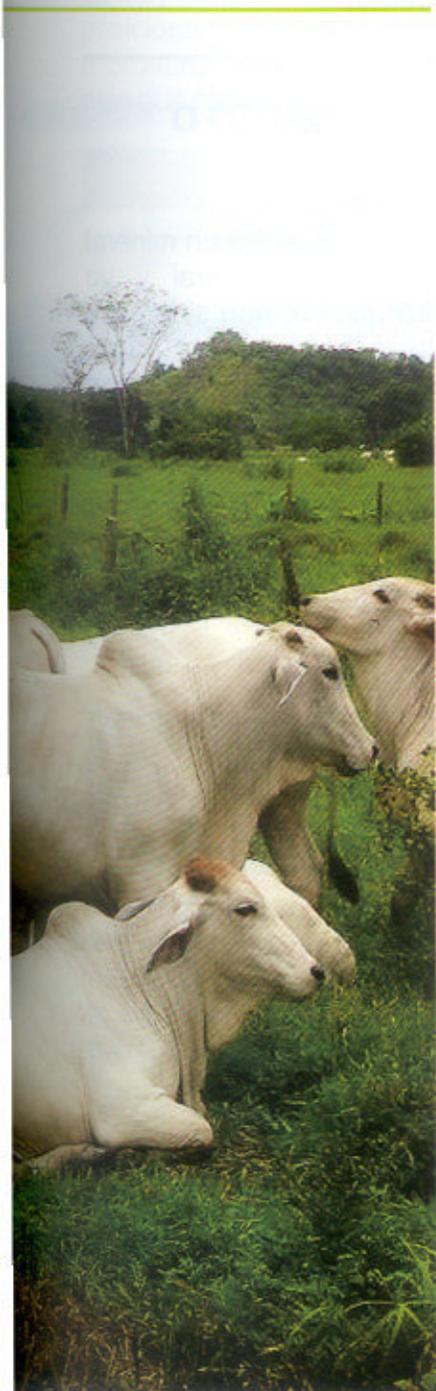
Es por ello, que en las dos últimas décadas los investigadores han volcado sus esfuerzos a lograr la mayor biodisponibilidad de estos elementos nutricionales dentro del organismo vivo y en dicho esfuerzo han encontrado técnicas como la QUELACIÓN para aumentar la digestibilidad de los minerales y de esta manera hacen más eficientes sus funciones.

## Summary

Minerals are essential elements for normal growth and reproduction. A big amount of some of them is required and there are called macro minerals. Otherwise, only bits of others are needed, so they are called micro minerals elements.

During the last, conscience has been increasing about the importance of traces minerals, since they are present in corporal tissues, are metabolic components of enzymes and they are also enzyme co-factors of hormones components in the endocrine system.

Due to this, in the last decades investigators they have made big efforts in achieving the highest bio-availability of these nutritional elements in the organism. They have found techniques such as the QUELACIÓN to increase mineral digestibility and maximum of efficiency in its function achievement.



**D**entro de la dieta normal de los seres vivos se encuentran grupos específicos de nutrientes que son vitales para el cumplimiento normal de las funciones orgánicas. Es así como dentro de la pirámide de alimentos existe un espacio reservado para los minerales, a los cuales durante décadas no se les brindó la importancia que merecían hasta los últimos años, donde por medio de rigurosas investigaciones se ha demostrado el papel que desempeñan dentro del metabolismo celular, funcionando como transportadores intermedios de hormonas y participando en forma activa dentro de los procesos antioxidantes, haciéndolos, ingredientes de primera mano para solucionar muchos de los problemas que anteriormente eran atribuidos a otro de tipo agentes.

## ¿QUÉ SON LOS MINERALES ASOCIADOS CON PÉPTIDOS?

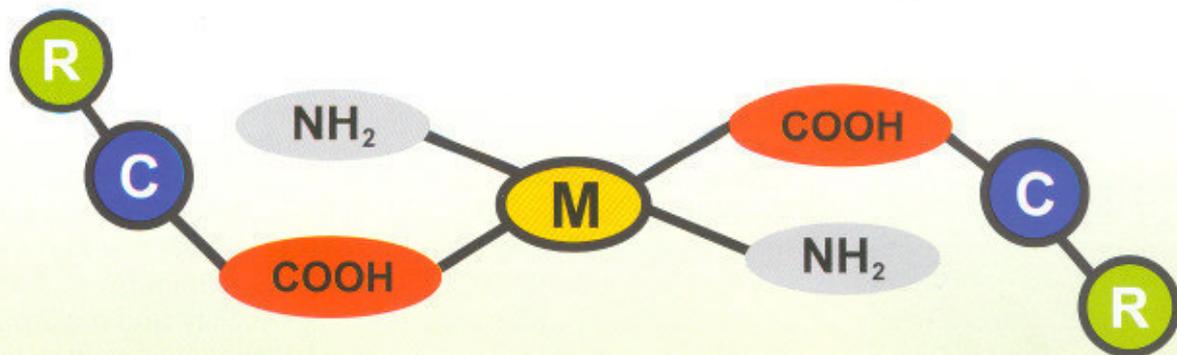
En la actualidad existe una técnica conocida bajo el nombre de QUELACIÓN, que es el proceso por el cual se une un mineral a un aminoácido o a una cadena peptídica corta. El término quelación indica un tipo de protección específica, el cual es generalmente mal usado como una generalidad a todos los minerales protegidos.

La función del mineral protegido es aumentar su biodisponibilidad al ser estable en un amplio rango de pH, reduciendo las oportunidades de que llegue a ser envuelto en interacciones con otros minerales o compuestos orgánicos que podrían reducir su capacidad de absorción en el tracto digestivo. (8, 11)

## ¿QUELATO, PROTEINATO O COMPLEJO?

Hasta hoy, las diferencias entre un mineral quelatado, un proteinato mineral y un complejo mineral orgánico, han sido poco claras. Los minerales quelatados, complejos y proteinatos no son químicamente iguales. La verdadera definición técnica de un mineral traza quelatado es: mineral que ha sido unido a un aminoácido a través de un enlace covalente en una estructura anillar que es estable al pH y electrónicamente neutro. (11)

**Figura 1.**  
Estructura de un mineral quelatado.



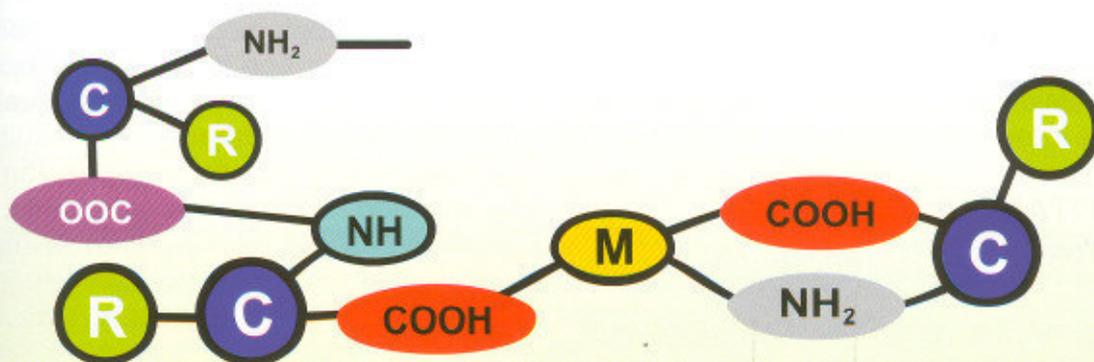
Un complejo mineral es cualquier mineral unido a un compuesto orgánico como aminoácido, péptido o polisacárido (11), y un proteinato mineral es el que ha sido unido a aminoácidos y/o pequeños péptidos, formando la estructura de un anillo abierto, estable al pH y eléctricamente neutro. (11)

La mayoría de las veces, los productos son posicionados en el mercado como quelatos o proteinatos, cuando en realidad no son más que complejos minerales.

## MECANISMO DE ABSORCIÓN

Existe una confusión acerca del método de absorción de las formas orgánicas de los minerales trazas (proteinatos, complejos y quelatos). Evidentemente los productos específicos pueden ser absorbidos por diferentes vías y transportados y metabolizados por diferentes rutas haciéndolos más efectivos en situaciones específicas.

**Figura 2.** Estructura de los proteinatos minerales.



Lowe (1992 citado en 20), concebía que los proteinatos minerales eran transportados por la sangre en fracciones diferentes, posiblemente, por proteína como la ferrina, pero donde la absorción no está distribuida uniformemente a lo largo del intestino delgado, variando en función de la edad y la especie. Por lo tanto se han propuesto tres tipos de transporte: (11)

A. Difusión. Sistema que además de ser más rápido puede realizarse en una concentración independiente, sin estar sujeto a saturación. (11)

B. Transporte activo ( $\text{Na}^+$  dependiente). Mueve los aminoácidos contra gradientes de concentración.

C. Difusión facilitada sódica ( $\text{Na}^+$  independiente).

## COMPORTAMIENTO EN RUMIANTES

La absorción de ciertos minerales es diferente. Du et al., 1996, sugirió que la tasa de absorción del cobre en la raza Holstein y Jersey es diferente y muchas veces en hígados de Jersey se pueden apreciar niveles tóxicos de cobre, al igual que pueden metabolizar diferente el hierro. (19)

Además, se debe considerar el tamaño de la proteína que hace parte de la cadena peptídica, pues tiene que ver con la eficiencia de absorción y el metabolismo del proteinato mineral, debido a que dependiendo del tamaño y peso molecular del péptido, unido al mineral, se determinará la capacidad del complejo para atravesar las paredes intestinales.

Es importante resaltar que los minerales protegidos no deben reemplazar en un 100% las fuentes minerales inorgánicas dentro de una formulación. Los reportes indican que de hacerse así el comportamiento animal es inferior al de animales alimentados con suplementos inorgánicos en niveles similares. (20) En lo que coinciden muchos autores, es en el porcentaje de 20 a 25% como reemplazo de la fuente inorgánica.

## IMPORTANCIA DE LOS MINERALES PROTEGIDOS

Algunos de los beneficios que se le han atribuido son los siguientes:

**Aumentan la disponibilidad del mineral** desde un 20% hasta un 70%, debido a que la asociación entre el mineral y la proteína reduce la oportunidad de interactuar con otros minerales y compuestos orgánicos.

Estudios de Rojas et al., y Ward et al., reportan los beneficios de los quelatos sobre las sales inorgánicas. Los resultados de la suplementación mineral fueron significativos al encontrar niveles altos en plasma para todos los tratamientos, excepto para el grupo suplementado con sulfato de Zinc. El ensayo consistió en 40 animales adultos consumiendo una dieta de mantenimiento. Los animales fueron divididos en grupos de 10 y se suplementaron por 90 días con Cobre o Zinc. Los tratamientos recibieron en su orden: 15mg Cobre quelatado; 25mg Cobre quelatado; 15mg sulfato de Cobre; 25mg sulfato de Cobre; 75mg Zinc quelatado; 150mg Zinc quelatado; 70mg sulfato de Zinc; 150mg sulfato de Zinc.

Los resultados se aprecian en la siguiente tabla:

**Tabla No. 1**  
Efecto de la suplementación con quelatos y sulfatos de Cobre y Zinc, sobre los niveles plasmáticos del mineral.

Muestra	Tratamiento Cobre				Tratamiento Zinc			
	1	2a	3	4b	5	6	7	8
Pre tratamiento	1.96	2.10	2.30	2.17	0.73	0.72	1.04	0.91
Post tratamiento	2.69	2.74	2.61	2.61	1.23	1.24	1.15	1.14
Significancia P<	P<0.0001	P<0.0001	P<0.005	P<0.005	P<0.001	P<0.0001	N.S.	N.S.

El péptido al cual el mineral está asociado determina el tejido de absorción del mineral (17, 21), como se muestra en la tabla No. 2.

**Tabla No. 2**

Tejidos corporales "apuntados" por complejos específicos de mineral y aminoácido. (20)

MINERAL	AMINOÁCIDO	TEJIDO
ZINC	Metionina	Casco, pezuña
COBALTO	Triptófano	Corazón, riñones
COBALTO	Metionina	Bazo, corazón, pulmones
COBRE	Triptófano	Músculo
COBRE	Lisina	Hueso
COBRE	Histidina	Hígado
MANGANESO	No específico	Hígado, músculo, útero
HIERRO, COBRE, ZINC	No específico	Metabolismo celular

Una vez que un tejido ha sido determinado por un proteinato mineral, no está muy claro cómo es que el proteinato actúa: si es como enzima o como cofactor hormonal independiente del péptido o dependiente. (20)

**Mejoran los parámetros reproductivos de la hembra.** Así se ha demostrado en trabajos como el que se describe a continuación, donde fueron asignadas 32 vacas de la raza Holstein a un trabajo comprendido entre los 30 días pre parto y los 126 días post -parto, donde se suministraron dos dietas diferentes:

**Dieta 1:** Minerales trazas inorgánicos: 200mg de Zinc como ZnO, 120mg de Cobre como CuSO<sub>4</sub> y 22mg de Cobalto como CoSO<sub>4</sub>.

**Dieta 2:** Minerales orgánicos: Zinc Metionina, Cobre Lisina y Cobalto Gluco Heptanol.

Las vacas recibieron 400ppm de Zinc y 5ppm de Cobre, las vacas alimentadas con minerales orgánicos disminuyeron las infecciones uterinas post-parto ( $P < 0.067$ ) e incrementaron el porcentaje de proteína en leche ( $P < 0.064$ ) durante las primeras seis semanas post parto. (2)

En otro experimento se suplementaron 118 vacas de la raza Angus, 60 y 30 días post -parto con 25ppm de Cobre, 72ppm de Zinc, 41ppm de Manganeso, 2ppm de Cobalto y 5ppm de Molibdeno, dentro de los siguientes tratamientos: Minerales orgánicos 60 días, Minerales orgánicos 30 días, Minerales inorgánicos 60 días, Minerales inorgánicos 30 días y por último Molibdeno sólo en 8ppm.

Como conclusión, el **tratamiento 1**, presentó mayor producción de leche ( $P < 0.10$ ) 8.9 kilos/día comparada con 6.8 kilos/día, los estros se manifestaron mejor con los minerales orgánicos, el primer calor se presentó a los 98 días vs 106 vs 108. (2)

Un último reporte que muestra el gran papel de los minerales protegidos dentro del desempeño reproductivo se muestra en un lote de 50 vacas Holstein y 10 Jersey en los primeros 154 días post-parto donde se evaluaron dos dietas diferentes. Dieta 1, 26mg de Cobalto como Gluconato, 125 mg de Cobre Lisina, 199 mg de Manganeso Metionina y 359mg de Zinc Metionina, y Dieta 2, 1.06mg de Cobalto, 5.2mg de Cobre, 8.2mg de Manganeso, 14.9mg de Zinc. Todas las cantidades por kilogramo de materia seca consumida.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos después de los tratamientos.

**Tabla No. 3**

Datos reproductivos obtenidos después de la suplementación

Ítem	control	Suplemen	P
Días 1er estro	67.6	46.9	0.02
Días 1er servicio	82	74	0.23
Días abiertos	91.7	80.2	0.45
Servicios por concepción	1.4	1.4	0.89
Días al primer cuerpo lúteo	35.7	32.3	0.28

**Tabla No. 4**

Datos reproductivos para vacas con y sin retención de placenta, cómo afectan la suplementación de minerales trazas complejos.

<b>Retención de Membranas</b>			
Ítem	No (1) promedio	Si (2) promedio	P
	<b>Días primer estro</b>		
Control	54.2	81.0	0.05
Suplementadas	49.7	44.0	0.64
	<b>Días al primer servicio</b>		
Control	78.1	85.9	0.35
Suplementadas	78.2	69.9	0.25
	<b>Días al primer cuerpo lúteo</b>		
Control	31.3	40.2	0.04
Suplementadas	29.8	34.8	0.23

Control n=24. Suplementadas n=23

Control n=6. Suplementadas n=7 (21)

**Reducen el conteo de células somáticas en ganado de leche.** El Zinc y el Cobre, juegan un papel muy esencial en la producción de queratina para prevenir la mastitis, en tanto que el Zinc, el Cobre y Manganese estimulan el sistema inmunológico para reducir y prevenir el incremento de patógenos. El Zinc es un componente esencial de numerosos sistemas enzimáticos, e igualmente

necesario en la incorporación bioquímica de la cistina a la queratina, y dependiendo de la forma como se suministre son los resultados esperados.

Es así como cuando se suministra en forma de Zinc Metionina los resultados sobre el conteo de células somáticas es evidente como se muestra en la tabla que sigue a continuación.

**Tabla No. 5**

Efecto de la fuente de Zinc sobre el Recuento de Células Somáticas CCS

<i>Grupo</i>			
	Restricción de Zn	Óxido de Zinc 800 mg/Zn	Metionina Zinc 400 mg/zinc
<i>SCC, 1000 S/ml</i>	228	131	46

**Mejora la condición de pelo, pezuñas y cascos.** Los elementos trazas pueden jugar un papel importante en la minimización de la laminitis a través de la función inmune, la producción de queratina, y mantenimiento del epitelio y del tejido conectivo. (8)



En un largo año de estudio conducido en la Universidad de Illinois, las vacas se alimentaron con una adición de 200mg de Zinc/día en forma de Zinc Metionina, obteniendo menos casos de cascos podridos, grietas en talones, dermatitis interdigital y laminitis que las vacas alimentadas sin Zinc Metionina. La incidencia de úlceras y línea blanca decreció en el ganado que recibió 216 mg/Zinc/día en forma de Zinc Metionina. El 2.45% presentó pudrición de pezuñas y el 5.38% en los que no recibieron Zinc Metionina. En las tablas No. 6, 7 y 8 se reportan los resultados comparativos de esta suplementación.

**Tabla No. 6**  
Incidencia general de los problemas digitales y lesiones, en resumen.

	<i>Período 1</i>	<i>Período 2</i>
	<i>Cresta de la pared dorsal</i>	
<i>Ocurrencia, No de vacas</i>	367	306
<i>% de vacas</i>	11.7	10.4
	<i>Erosiones de talón</i>	
<i>Ocurrencia, No de vacas</i>	1287	1211
<i>% de vacas</i>	40.8	41.2
	<i>Doble suela</i>	
<i>Ocurrencia, No de vacas</i>	279	118
<i>% de vacas</i>	9.8	4.0

Vacas examinadas período 1: 3025  
Vacas examinadas período 2: 2942

**Tabla No. 7**  
Incidencia general de anomalías solares (promedio)

	<i>Período 1</i>	<i>Período 2</i>
	<i>Separación de la línea blanca</i>	
<i>Ocurrencia, No de vacas</i>	1332	850
<i>% de vacas</i>	43.9	28.9
	<i>Hemorragia plantas</i>	
<i>Ocurrencia, No de vacas</i>	2240	1887
<i>% de vacas</i>	72.5	64.1
	<i>Úlceras plantares</i>	
<i>Ocurrencia, No de vacas</i>	448	388
<i>% de vacas</i>	14.8	13.2

Vacas examinadas período 1: 3025  
Vacas examinadas período 2: 2942

**Tabla No. 8**  
Incidencia general de las lesiones podales.

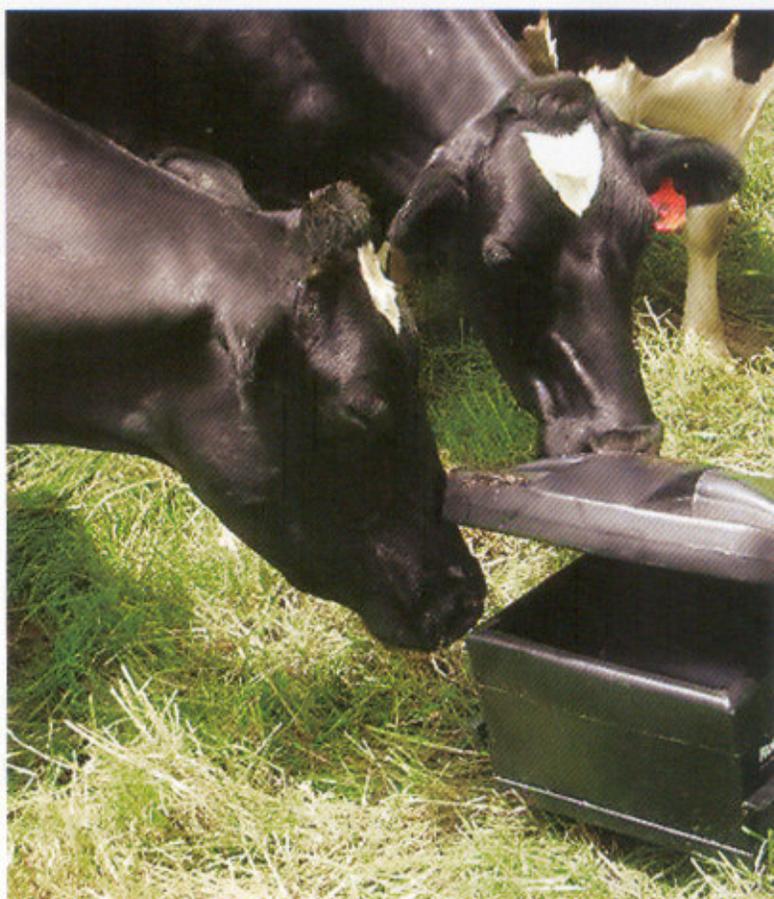
	Período 1	Período 2
	<b>Podredumbre</b>	
Ocurrencia, No de vacas	5	11
% de vacas	0.2	0.4
	<b>Dermatitis interdigital</b>	
Ocurrencia, No de vacas	516	367
% de vacas	17.1	125.5
	<b>Dermatitis papilomatosa digital</b>	
Ocurrencia, No de vacas	375	243
% de vacas	12.4	8.3

Vacas examinadas periodo 1: 3025

Vacas examinadas periodo 2: 2942

En un estudio Stern A. H. et al., con ganado de carne alimentado con oxido de Zinc, Zinc aminoácido y complejo de Zinc con polisacárido se determinó el efecto sobre el estado clínico de las pezuñas y la calidad microscópica de la misma.

Alimentando con Zinc aminoácido y Zinc polisacárido el resultado fue mejor por el estado clínico ( $P < 0.05$ ), la calidad microscópica de la línea blanca, atribuida a la biodisponibilidad del Zinc. En otro estudio Moore C. L. et al., adició Zinc en forma de Zinc Metionina y se presentaron menos casos de patas podridas, dermatitis interdigital y laminitis.



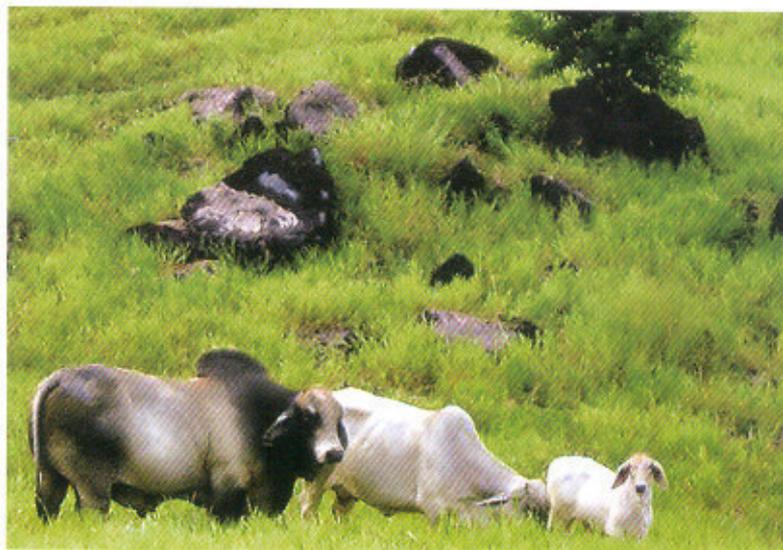


La suplementación con minerales complejos (Zinc, Cobre, Manganeso, Cobalto), durante los periodos de estrés han mostrado su beneficios, la reducción del estrés oxidativo y el aumento de la función reproductiva (Campbell et al., y Miller et al.)

El beneficio de estos minerales radica en el incremento de la integridad del tejido epitelial, particularmente la epidermis junto con el corium, disminuyendo la susceptibilidad de la separación o colapso. Su función como metal o componente de enzimas asociados con procesos vivos (ejemplo síntesis y respiración celular) y por consiguiente son capaces de aumentar los procesos de cicatrización. Otras funciones dentro de las que se le reconocen a los minerales conjugados se cuentan:

- **Incrementar la respuesta inmunológica.**
- **Incrementar los niveles de minerales en sangre.**
- **Mejorar la calidad del semen en reproductores, en machos aumentan el tamaño testicular.**
- **Incrementar la viabilidad de embriones en un trasplante. Son 25% más de viabilidad en embriones. (4)**

Para finalizar debemos tener presente que los minerales protegidos en cualquiera de sus formas, no son la solución al problema cuando se trata de animales altamente estresados por condiciones de manejo, ambiente o nutricional con dietas desbalanceadas. Por lo cual, justificar la utilización de este tipo de minerales en estas situaciones resultaría en una aventura de predicciones inciertas.



## Bibliografía

1. **JOHNSON, A. Bruce; SOCHA, Michael T.** Los complejos metal aminoácidos y sus interacciones en la mastitis bovina. En: Hoard's Dairyman. No.8 (Ago. 1999) ; p. 544-545.
2. **RAKES, A.; SPEARS, J. W.; WHITLOW, L. W.** American Dairy Science Association and Northeast ADSA/ASAS Meeting. Program and Abstracts. 88th annual Meeting June 1993: Inorganic and Organic Trace Mineral Complexes for Dairy Cows.
3. **RABIANSKY, A. Et al.** Feeding copper sulfate to cattle. In: Abstracts Journal of Dairy Science. Vol.81, supplement 1: feeding copper lysine and copper Sulfate to Cattle. University of Florida, Gainesville. 1998.
4. **STEPHEN, B. B.** Many factors effect herd's reproductive performance. (online). Disponible en Internet: [www.cattletodat.com](http://www.cattletodat.com).
5. **WRIGHT, C. L.; SPEARS, J. W.** Meeting of the American Dairy Science Association American Meat Science Association, American Society of Animal Science, Poultry Science Association. Abstracts July 24-28, 2001: Effect of Zinc Source and Dietary Level Metabolism to Holstein Bull Calves. North Carolina State University, 2001.
6. **SWENSON, C. K. et al.** Trace mineral supplementation effect on first calf beef heifer reproduction, milk production and performance. In: abstracts Journal of Dairy Science. Vol. 81, supplement 1. Montana State University, Zinpro Corporation, 1998.
7. **CHASE, C. R. et al.** Responses of lactating dairy cows to copper source, supplementation rate, and dietary antagonist (iron). In: Journal of Dairy Science, Vol. 83, 2000.
8. **CHELATES a Closer Look.** Techical Bulletin. (online). Disponible en Internet: [www.moormains.com](http://www.moormains.com)

9. **MUEHLENBEIN, F. L. et al.** Precalving copper supplementation on material transfer of copper to the calf and passive transfer of immunity. In: abstracts Journal of Dairy Science. Vol. 81, supplement 1. University of Nebraska, Lincoln, West Center Research and Extension Center, North Platte. 1998.
10. **H. DeWine Ashmean, BOYA, Beck.** Conversation on Chelation and Mineral Nutrition: The Role of Mineral Nutrition in Your Life and Health. Keat Publishing. Inc., 1989.
11. **DIEGO, H. Diego.** Biotecnología en la Industria de Alimentación animal Vol. IV: Características de un Mineral Quelatado; Suplementación en la dieta y su Influencia en la Respuesta Inmunologica (Mastitis). México, Apligén S.A., 1994.
12. **NOCEK, J. E. ; JONSON, A. B. ; SOCHA, M. T.** Digital characteristics in commercial dairy herds fed metal Specific Amino Acid Complexes, In: Journal of Dairy Science Vol. 83, 2000.
13. **RYAN, J. P.; KEARNS, P. ; QUINN, T.** Bioavailability of dietary copper and zinc proteinates and Sulphates in adult texel sheep. Department of Veterinary Physiology and Biochemistry. University of Irland Dublin.
14. **CAMPBELL, M. H. ; MILLER, J. K. ; SCHRICK, F. N.** Effect of additional cobalt, copper, manganese, and zinc on reproduction and milk yield of lactating dairy cows receiving bovine somatotropin. In: Journal of Dairy Science Vol. 82, 1999.
15. **DAIRMUND, O.** Effect of mineral proteinates and ammonia binding agent on animal health, production, and reproduction responses in dairy cows and beef cattle. (online). Disponible en Internet: <www.ucd.ie.1998.
16. **RABIANSKY, P. A. Et al.** Feeding copper lysine and copper sulfate to cattle. In: abstracts Journal of Dairy Science. Vol. 81, supplement 1. University of Florida, Gainesville, 1998.
17. **POTTER, Barry.** Chelated Minerals Magic or Myth. (online). Noviembre 2000. Disponible en Internet: <www.gov.on.
18. **HARMON, R. J.** Biotechnology in the Feed Industry: Trace Mineral and Dairy Cattle: Importance For Udder Health. Department of Animal Science, University of Kentucky, Lexington, U.S.A. Alltech. 2000.
19. **ENGLE, T. E. ; SPEARS, J. W.; WRIGHT, C. L.** Dietary copper affect performance, liver cooper, serum cholesterol and carcass characteristics of finishing steers. In: abstracts Journal of Dairy Science. Vol.81, supplement 1. Anata, Armstrong North Carolina State University, 1998.
20. **ROGER, W. H.** Use of copper proteinates and copper lysine in animal feeding programs. Animal Science Department University of Kentucky, Lexington. (Online). Disponible en Internet: <www.asnet.tamu.edu
21. **VANDERGRIFT, W.** Biotecnología en la Industria de alimentación animal Vol. IV: Modelo de acción teórico de los proteinatos minerales en la nutrición animal. México, Apligén S.A., 1994.