

# FALLAS REPRODUCTIVAS ASOCIADAS A DEFICIENCIAS DE MICROMINERALES: CASO COLOMBIANO

M.V. M.Sc. Luis Eduardo Forero\*. 2004. Universidad Nacional de Colombia.

\*Dirección Científica Laboratorios Provet S.A.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Minerales](#)

## 1. REALIDAD DE LOS SUELOS COLOMBIANOS

La relación suelo - planta - animal es uno de los factores que determina que tanto el forraje como los animales que lo aprovechan, contengan en su composición orgánica una concentración determinada de minerales, la que en algunos casos, puede ser deficitaria o excesiva según la cantidad acumulada<sup>14,19,25</sup>.

En los sistemas pastoriles, los proveedores naturales de minerales para el ganado son las pasturas y el agua de bebida. Los pastos, a su vez, los obtienen de los compuestos asimilables presentes en el suelo donde crecen, razón por la cual su presencia y disponibilidad resultan críticos en las explotaciones que basan su sistema productivo en el pastoreo<sup>3,24</sup>.

Existe evidencia que la capacidad de los suelos para sostener un determinado nivel de productividad en un sistema no es constante y tiende a fluctuar con el tiempo. Dicha fluctuación afecta la composición física, química y la fertilidad de los suelos al igual que la disponibilidad de minerales en los mismos. Esta situación se refleja en forma natural cuando se notan variaciones en la producción de forraje verde, alteraciones de los ciclos normales de crecimiento de los pastos y baja capacidad de los mismos para adaptarse a condiciones medioambientales adversas<sup>6,24</sup>.

En forma general, 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, Zn) y con gran concentración de aluminio. En este tipo de suelos el aporte nutricional para las plantas depende casi exclusivamente de su fracción orgánica. Estas características favorecen la creación de un ambiente denominado "acidez no intercambiable", que se potencializa por la presencia excesiva de aluminio y baja proporción de otros minerales. La acidez es entonces la característica que determina la "biodisponibilidad de los minerales en el suelo y por tanto la que regula el valor nutricional de los pastos<sup>6,25</sup>. En nuestro medio, el pH de los suelos varía desde una categoría "fuertemente ácida" (5.6-6.0) hasta "extremadamente ácido" (< 4.5), lo que desde el punto de vista práctico se traduce en: fertilidad moderada a muy baja, materia orgánica reducida, pobre respuesta a fertilizantes o alcalinizantes y bajo potencial productivo<sup>6</sup>.

### 1.1 EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE

Bajo las condiciones edáficas anteriormente mencionadas, la producción natural de pastos nutricionalmente aceptables en nuestro medio es limitada. Las deficiencias pueden presentarse incluso en pasturas aparentemente sanas debido a que la tasa de crecimiento y desarrollo de las plantas puede disminuir o el pastoreo puede sucederse antes de manifestarse algún síntoma visible de deficiencia o toxicidad. En un sentido práctico, las pasturas verdes y exuberantes pueden poseer deficiencias marginales especialmente de microminerales cuyos efectos se traducen en alteraciones fisiológicas en los animales que se encuentran en pastoreo<sup>25</sup>.

Como se explicó anteriormente, el elemento que más incidencia tiene en el desarrollo de deficiencias de microminerales en los forrajes es el aluminio (Al). Su presencia en los suelos de nuestro territorio es generalizada y está asociada al origen, formación, desarrollo y características edafológicas ya descritas. Altos niveles de saturación de aluminio (>60%) en los suelos provocan disminución en el crecimiento del sistema radicular de las plantas con el consecuente deterioro de los sitios de absorción de agua, nutrientes y minerales. Estas condiciones se tornan críticas cuando se trata de microminerales asimilables pues, su concentración relativa es baja y su disponibilidad se reduce en forma marcada bajo estas condiciones<sup>6,24</sup>(Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de las mayores limitaciones y extensión afectada, para el desarrollo de pasturas en suelos bien drenados.

Tipo de suelo	Área total(hax10 <sup>6</sup> )	Área con limitaciones (hax10 <sup>6</sup> )						
		QUÍMICAS						FISICAS <sup>1</sup>
		Toxicidad por Al	DEFICIENCIAS					
			K	Ca	Mg	P	Pf	
OXISOL	33.0	21.7	28.1	24.3	8.5	26.8	16.4	24.3
ULTISOL	0.9	-	-	-	-	-	-	-
otros	0.52	-	0.2	-	-	-	-	-
TOTAL	34.42	21.7	28.3	24.3	8.5	26.8	16.4	24.3
PORCENTAJE	100%	63%	82%	70%	25%	78%	48%	70%

Pf. Fijación de fósforo

<sup>1</sup> Baja capacidad de retención de humedad.

(Adaptado de MANUAL PARA LA EVALUACIÓN AGRONÓMICA, CIAT 1982)

En explotaciones ganaderas con sistemas basados en pastoreo, las deficiencias minerales en los pastos se corrigen normalmente con la modificación del pH y la adición de los elementos deficientes a través de la fertilización. Sin embargo, el costo y los resultados a largo plazo, dificultan este tipo de prácticas.

## 1.2 EFECTO SOBRE LA REPRODUCCIÓN EN EL GANADO

Para los mamíferos, en especial para los rumiantes, se han identificado aproximadamente 15 minerales que resultan ser esenciales y deben ser suministrados constantemente a los animales en forma adecuada para evitar deficiencias o excesos que puedan ocasionar problemas. Dentro de estos minerales existen siete macrominerales : Calcio (Ca), Fósforo (F), Potasio(K), Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg), y Azufre (S), y ocho microminerales Cobalto(Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Hierro(Fe), Manganeso(Mn), Molibdeno (Mo), Selenio (Se) y Zinc(Zn) <sup>3,14</sup>. Las deficiencias de macrominerales son raras debido a que la mayoría de los pastos reciben un aporte importante de ellos cuando se realizan fertilizaciones correctivas para estos minerales, situación que difícilmente se aplica a los microminerales pues su disponibilidad varía ampliamente y depende de condiciones muy específicas de pH, salinidad, aireación, presencia de otros minerales, etc. <sup>6</sup>.

En nuestro medio, con muy contadas excepciones, el aporte nutricional para la ganadería esta representado casi exclusivamente por pasturas naturales y una baja proporción de especies mejoradas que se adaptan parcialmente a la baja fertilidad de nuestros suelos. Esto implica que aunque los animales se encuentren en praderas relativamente estables y que aportan la cantidad de materia seca necesaria para el mantenimiento de una carga aceptable, su aporte nutricional está determinado por la capacidad del suelo y de la planta para acumular y mantener los nutrientes necesarios para el correcto desarrollo de los animales. En consecuencia y desde la perspectiva de nuestros suelos, el aporte de microminerales resulta deficiente tanto en el suelo como en la planta y por tanto las funciones fisiológicas que dependen de estos minerales en el animal se ven afectadas en mayor o menor grado <sup>2,5,8</sup>.

Cuando se trata de macrominerales (Ca, P, Mg) , las deficiencias son fácilmente compensadas con la fertilización de los potreros y la suplementación con sales mineralizadas para consumo *ad libitum*. Sin embargo, tratándose de microminerales, los desbalances no son fácilmente detectables, pero sus implicaciones tanto productivas como reproductivas pueden considerarse económicamente importantes. Las demandas de microminerales en los animales varían constantemente y aumentan en forma significativa en estados de exigencias productivas y metabólicas como la preñez, la lactancia, época reproductiva, madurez sexual, crecimiento y desarrollo. En países tropicales, de suelos normalmente ácidos, la disponibilidad de microminerales para las plantas es baja, a pesar de que se detectan concentraciones aceptables de éstos en los suelos. Como consecuencia, el ganado presenta diferentes signos clínicos de deficiencia tales como crecimiento y madurez retardado, problemas reproductivos, baja producción de carne y leche, y debilidad general con mayor predisposición a sufrir enfermedades de diferente etiología <sup>3</sup>. En Colombia, después de analizar diferentes especies forrajeras, se encontraron deficiencias de varios elementos minerales, especialmente cobre y zinc <sup>4,9,10,19,20,25</sup> condición que se mantuvo en forma similar al analizar los niveles de estos minerales en tejido animal <sup>4,9,10</sup>. Estos hallazgos permiten deducir que tanto la dieta base como los suplementos minerales no aportan las cantidades mínimas suficientes para que el animal llene sus requerimientos nutricionales.

## 1.2.1 RELACIONES ESPECIFICAS ENTRE MINERALES Y PROCESOS REPRODUCTIVOS

En la mayoría de los animales, el comportamiento reproductivo desde antes del inicio de la pubertad esta influido por infinidad de factores dentro de los cuales la nutrición juega un papel tan importante como complejo. Los requerimientos de energía absoluta para soportar el crecimiento y diferenciación folicular, la ovulación y la preñez son extremadamente bajas (<3 MJ de energía metabolizable/día) comparada con los requerimientos para mantenimiento y producción (60-250 MJ/día)<sup>17</sup>. Sin embargo un inadecuado aporte energético por corto tiempo o un desbalance entre el consumo y el gasto energético pueden tener un significativo efecto deletéreo sobre el reinicio de la actividad ovárica post-parto, las tasa de concepción y la fertilidad entre otras<sup>17,19,21,26</sup>.

### YODO-SELENIO Y FUNCIÓN TIROIDEA

De igual forma la depleción de las reservas corporales de algunos elementos trazas y vitaminas, o la baja disponibilidad de los mismos en la dieta, tienen efectos similares en cuanto al desarrollo de estructuras, tejidos y órganos relacionados con la reproducción y el crecimiento de los animales. Por ejemplo, se ha comprobado que el Yodo (I) y el selenio (Se) interactúan para alterar la función de la glándula tiroidea<sup>11</sup>. La adición de tiroxina exógena en ratas preñadas provoca incremento en el tamaño y crecimiento de los fetos y las membranas fetales en forma significativa, acompañado de desarrollo acelerado a nivel pulmonar y tejido adiposo. Niveles deficientes de yodo durante la gestación tardía en pequeños rumiantes inducen bajos niveles de la hormona en los neonatos lo que incrementa la susceptibilidad a la hipotermia y disminuye notablemente la viabilidad de la cría. En forma similar los animales nacidos de madres con deficiencias subclínicas de selenio poseen niveles anormales de las hormonas tiroideas, niveles que vuelven rápidamente a su estado normal cuando las madres son suplementadas con este micromineral durante la última fase de la gestación<sup>15,16,18</sup>.

### SELENIO Y RADICALES LIBRES

A pesar de que el papel del Se en los procesos reproductivos no está bien establecido, los efectos positivos de la suplementación de selenio se han asociado con una mayor actividad de la enzima GSH-Px, tanto en sangre como en tejidos. Existe evidencia de que los animales presentan mayores necesidades de selenio durante la etapa reproductiva, puesto que en las rutas metabólicas de los organismos en desarrollo, con un alto número de células en mitosis, se originan gran cantidad de radicales libres como productos intermediarios. Cuando estos peróxidos no son destruidos por medio de la GSH-Px se producen alteraciones en las membranas celulares que hacen que dichas rutas metabólicas se perturben fácilmente y ocurran gran cantidad de disturbios bioquímicos cuya consecuencia final será la incapacidad del animal para mantener la función reproductiva entre otros procesos<sup>7,22,23</sup>.

Las células del organismo necesitan comunicarse entre sí con el fin de regular y coordinar su desarrollo, diferenciación y división. Las hormonas casi nunca actúan directamente en la maquinaria celular sino que deben unirse a receptores específicos. La ubicación de los receptores en la célula blanco va a estar directamente relacionada con la naturaleza química de las hormonas y su capacidad para atravesar la membrana celular. Cuando las moléculas son de naturaleza hidrosoluble (proteínas, péptidos y catecolaminas) los receptores se van a encontrar en la membrana celular, mientras que para moléculas liposoluble los receptores se encontrarán dentro de la célula<sup>1,11</sup>.

La reacción entre hormona y receptor no sólo proporciona especificidad, sino que también es el determinante inicial de la magnitud de la acción hormonal. La cantidad de receptores ocupados por la hormona es el componente fundamental que rige la magnitud de la acción de la hormona en la célula blanco. Las moléculas de los receptores se sintetizan, se trasladan a las zonas de asociación con las moléculas hormonales y se degradan continuamente a tal punto que el número de receptores en una célula blanco no es constante de un día para el otro, ni siquiera de un minuto para el otro. Estas moléculas receptoras de las superficies de las células que responden a la acción hormonal, pueden ser inactivadas durante la peroxidación lipídica. Investigaciones realizadas en la década de 1950 determinaron que la mayoría de estos efectos dañinos causados por el oxígeno pueden ser atribuidos a la formación de radicales libres. En roedores, por ejemplo, la involución del cuerpo lúteo ha sido relacionado con un incremento de la producción de este tipo de radicales por parte del ovario, principalmente superóxido (O<sub>2</sub>·-) y el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). En consecuencia, estas moléculas pueden generar daño en las membranas plasmáticas de las células luteales, provocando entre otras alteraciones<sup>11,17</sup>:

- ◆ Pérdida de los receptores para las gonadotropinas
- ◆ Disminución de la formación de adenosin-monofosfato cíclico (AMPC)
- ◆ Disminución de la capacidad esteroidogénica del CL durante la involución

El aporte de Se exógeno, como correctivo a la deficiencia que presentan los forrajes, disminuye significativamente la probabilidad de presentación de este tipo de problemas, puesto que niveles altos del oligoelemento en sangre estimula la activación de la enzima en los sitios que sufran agresión oxidativa y permite la resolución de estos daños en forma eficaz<sup>17</sup>.

## ZINC Y REGULACIÓN HORMONAL

Por su parte el zinc (Zn) ha demostrado ser un micro elemento fundamental para la unión de la mayoría de las hormonas esteroidales con sus receptores en órganos y tejidos blanco. Se ha determinado que la región de unión entre las hormonas y su receptor exhiben una secuencia de amino ácidos altamente conservada, y es común a todos los receptores hormonales. Esta estructura posee ocho moléculas de cisteína unidas por dos iones de Zinc formando estructuras denominadas “zinc finger” (Figura 2), cuya función es estabilizar la unión con el DNA y permitir que se generen las sustancias activas (proteínas reguladoras) para modular el efecto de la hormona. El Zinc es un elemento esencial para esta reacción, por lo que puede asegurarse que regula muchos de los efectos relacionados con la acción de hormonas reproductivas y metabólicas dentro del organismo <sup>11</sup>

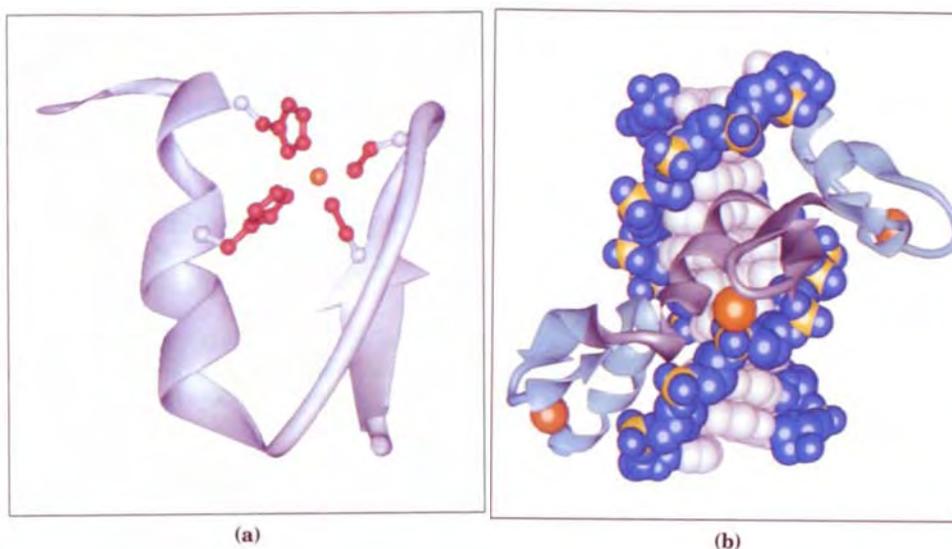


Figura 2. Representación tridimensional de la estructura “zinc finger” importante en la regulación hormonal. Los átomos de zinc están representados en color amarillo. (Tomado de “Principles of Biochemistry”)

## MANGANESO Y SU EFECTO EN CÉLULAS ENDOMETRIALES Y LUTEALES

Existen evidencias *in vivo* e *in vitro* de la significativa interacción entre los oligoelementos y la síntesis, activación y regulación de hormonas sexuales. El manganeso, forma parte primordial de la superóxido dismutasa, enzima ubicada nivel mitocondrial de gran actividad antioxidante dentro de los organismos. Esta enzima aumenta su actividad paralelamente con la producción de progesterona en el cuerpo lúteo de los mamíferos razón por la cual, se considera que ejerce un papel fundamental en el mantenimiento de la función, esteroidogénesis e integridad de esta estructura en muchas especies animales. El carácter antioxidante de estas moléculas se ha evidenciado también a nivel de endometrio durante el curso normal de los ciclos estrales, lo que favorece la regulación de los mismos y la preparación de estos tejidos para soportar y mantener una preñez <sup>22,23</sup>.

TABLA 2. Algunos oligoelementos y sus principales acciones sobre el comportamiento reproductivo en mamíferos.

	principio activo responsable				
	Mn	Zn	I	Se	P
DISMINUYE LA PRESENTACIÓN DE OVARIOS ESTÁTICOS	✓	✓			✓
REDUCE EL TIEMPO DE INICIO DE LA PUBERTAD	✓	✓	✓		✓
FAVORECE EL PROCESO DE OVULACIÓN	✓	✓		✓	
DISMINUYE PRESENTACIÓN DE ANORMALIDADES FETALES	✓	✓			
FAV ORECE EL INCREMENTO EN TASAS DE CONCEPCIÓN	✓			✓	✓
REDUCE PROBABILIDAD DE OVARIOS QUISTICOS	✓			✓	✓
FAVORECE LA PRESENTACIÓN DE CICLOS ESTRALES REGULARES	✓				✓
PUEDE REDUCIR LA PRESENTACIÓN DE ANESTRO	✓		✓		
REDUCE PROBABILIDADES DE ABORTO	✓		✓	✓	
REDUCE PROBABILIDAD DE RETENCIÓN DE MEMBRANAS FETALES			✓	✓	
COADYUVA EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO	✓		✓		✓
FAVORECE LA RESOLUCIÓN DE CASOS DE METRITIS			✓	✓	

P:Fósforo; Z: Zinc; Se. Selenio; I: Yodo; Mn. Manganeso.

## FUNCIÓN ESPECIFICA DE ALGUNOS OLIGOELEMENTOS Y SU EFECTO EN LA REPRODUCCIÓN

### FÓSFORO

El fósforo es un elemento imprescindible para la transferencia y utilización de la energía en múltiples procesos orgánicos, incluidos los relacionados con los procesos reproductivos. La mayoría de las hormonas están compuestas por estructuras lipídicas cuyo metabolismo normal y producción dependen directamente de la presencia de este mineral en los sitios de síntesis hormonal. Todos los procesos de síntesis de fosfolípidos y síntesis de moléculas energéticamente activas como el ATP y el AMP-cíclico dependen en forma directa del fósforo disponible en el organismo. Por estas razones las deficiencias de este mineral han sido comúnmente asociadas con disminución en el rendimiento reproductivo evidenciado por ovarios estáticos, retardo en el inicio de la actividad sexual y bajas tasas de concepción, principalmente en ganado lechero. Además se han detectado ciclos estrales irregulares, incremento en quistes foliculares, alteraciones en la presentación del estro y disminución en la actividad ovárica en ganado de carne, asociado con dietas deficientes en este mineral <sup>5,12,14,15,16,26</sup>.

### ZINC

El Zinc, por su parte, es componente integral de un amplio número de metaloenzimas encargadas, entre otros procesos, de servir como cofactores para la RNA y DNA polimerasas, enzima de vital importancia en células de alta tasa mitótica como las encontradas a nivel de piel, epitelios y células reproductivas. Igualmente, el Zinc es esencial para la biosíntesis de ácidos grasos, producción de proteínas y el funcionamiento del sistema inmunológico. Algunos sistemas enzimáticos que dependen del zinc incluyen lo complejos que protegen a las células de los daños provocados por la oxidación en diferentes procesos metabólicos y/o patológicos. Las deficiencias de este mineral provocan alteración en el metabolismo de los carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos y especialmente la síntesis de prostaglandinas lo que afecta directamente la función luteal. Tanto en los machos como en las hembras, el zinc es un componente esencial de las enzimas envueltas en la esteroidogénesis y en la síntesis de testosterona. Por esta razón las deficiencias del mineral pueden provocar retardo en el crecimiento testicular, reducción en la secreción de gonadotropina hipofisiaria, disminución en la secreción de andrógenos, producción de óvulos no viables o fallas en la ovulación y maduración de oocitos, retardo en el inicio de la pubertad y anomalías fetales <sup>14,15,16,26</sup>.

### YODO

El Yodo es el elemento constitutivo principal de las hormonas tiroideas (tiroxina y triyodotironina) relacionadas con la termorregulación, metabolismo intermedio, reproducción, crecimiento y desarrollo, hematopoyesis y circulación sanguínea y funcionamiento neuromuscular. A nivel reproductivo, las deficiencias de este elemento se reconocen por supresión de la presentación de celos, aumento de natimuecos, abortos, aumento de casos de retención de membranas fetales, gestaciones prolongadas <sup>14,15,16,18,26</sup>.

### SELENIO

El Selenio, aportado por el Selenito de sodio, tiene como principal función mantener la integridad de las membranas biológicas formando parte del sistema antioxidante del organismo. Este elemento es el componente principal de la enzima glutatión peroxidasa (GTP), que permite entre otras cosas, transformar el peróxido de hidrógeno producido en diferentes procesos orgánicos, en agua, impidiendo así su acción injurante de los tejidos y membranas celulares. Recientemente se ha descubierto el papel del selenio en la transformación de la hormona tiroidea T4 a T3 por acción de la enzima deiodinasa. 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 del acción de enzimas proteolíticas presentes en el lumen del cuerno uterino. Adicionalmente, 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. Por esta acción, el selenio puede prevenir la presentación de metritis e infecciones relacionadas con el tracto reproductivo y reduce por tanto el porcentaje de casos de retención de membranas fetales. En casos de deficiencia de selenio se pueden observar incremento en el porcentaje de abortos y muerte embrionaria temprana, número de natimuecos, terneros nacidos débiles; así como incremento en la presentación de ovarios quísticos, celos silentes o erráticos, inhibición de la espermatogénesis, aumento de días abiertos, disminución en la tasa de crecimiento y aumento de susceptibilidad a infecciones de diferente etiología <sup>14,15,16,26</sup>.

## MANGANESO

El manganeso funciona en el organismo como componente importante dentro del sistema antioxidante formando parte de la enzima manganeso-súper oxido dismutasa. También esta relacionada con el desarrollo y crecimiento de los tejidos óseo y cartilagosos por ser componentes importante de las enzimas galactotransferasa y glicosiltransferasa encargadas de estimular la producción de muco polisacáridos y glicoproteínas primordiales para el desarrollo de estas estructuras. El manganeso es importante en los procesos reproductivos debido a que aportes insuficientes del elemento en la dieta se han relacionado directamente con anestro, retorno irregular al estro, pobre desarrollo folicular, quistes ováricos, retraso en la ovulación, celos silentes y de corta duración, reducción en tasas de concepción, incremento en tasas de aborto, atrofia ovárica, retraso en la pubertad, nacimiento de terneros débiles o con alteraciones del aparato locomotor o parálisis<sup>14,15,16,23,26</sup>.

## REFERENCIAS

1. Actualización en fisiología reproductiva de la hembra. Memorias Diplomado biotecnología reproductiva con énfasis en transferencia de embriones en bovinos . UNIVERSIDAD DEL TOLIMA Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Santa Helena, Ibagué. CGR BIOTECNOLOGIA REPRODUCTIVA E. U. Km.2 Vía Zipaquirá Tibito, Hda. la Primorosa.
2. Estrada, S, Pérez, E., Baars, R., Solano C., Vargas, Bernanrdo., de Graaf, T.1995. Manual para el manejo de la salud y producción de hato. Proyecto Salud de Hato, Escuela de Medicina Veterinaria, Costa Rica, Universidad de Utrecht, Países Bajos.
3. Fader, O.W., Marro, O.1995. Efecto de los minerales en la nutrición y salud animal en la región central de la provincia de Córdoba. INTA RAFAELA.Argentina.
4. Gómez, J., M., Laredo,M.A.. Fluctuaciones minerales en pastos tropicales. II. Andropogon gayanus, en los Llanos orientales. Revista ICA 18:95-104. 1983.
5. Greene, L.W., Chirase, N.K. 1998. Influence of stocker program mineral nutrition on feedlot performance. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian, Diciembre 1998*.
6. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1995. Suelos de Colombia, Origen. Evolución, Clasificación, Distribución y Uso. Canal Ramires Antares Ltda. Mayo 1995, Bogotá , Colombia.
7. Isabel Cristina Márquez y Aura A. López-Ortega.1997. . Generación de radicales libres en el cuerpo lúteo de bovinos lecheros. gaceta de ciencias veterinarias año 3, (2):23-29.
8. Kiatoko, M., L.R. McDOWELL, K.P. KICK, H. FONSECA, J. CAMACHO, J.K. LOOJLI and J.H. CONRAD. Mineral status of cattle in the San Carlos Region of Costa Rica. *J. Dairy Sci.* 61:324-330.1978.
9. Laredo. M.A.. A. Ardila. Variación nutricional en pastos guinea y angleton de la zona ganadera del César (Colombia). Revista ICA. 19:131-140. 1984.
10. Laredo. M.A.. G.S. Juvenal. Fluctuaciones minerales en pastos tropicales. I. *Brachiaria* en los Llanos Orientales. Revista ICA. 15:71-78. 1980.
11. Lehninger,A.L., Nelson, SD.E., Cox, M.M. 1997. Principles of biochemistry. Worth Publishers.New York.Second Edition.
12. Little. D.A. Effect of the dry season supplements of protein and phosphorus to pregnant cows on the incidence of first estrus. *Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb.* 15:25. 1975.
13. López, M, Miranda, M, Hernandez, J *et al.* Glutatión peroxidasa (GSH-Px) en las patologías asociadas a deficiencias de selenio en rumiantes. *Arch. med. vet.*, 1997, vol.29, no.2, p.171-180. ISSN 0301-732X.
14. Marston, T. 1999. Trace mineral supplementation in beef cattle-Part I. y Part II. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, Enero y Febrero 1999.
15. Mineral Tolerance of Domestic Animals (1980, 577 pp.). Subcommittee on Mineral Toxicity in Animals, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture and Renewable Resources, Committee on Natural Resources, National Research Council.
16. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001 (2001).(ISBN 0309069971), Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council.
17. O'Callaghan,D.O., Boland, M.P. 1999. Nutritional effects on ovulation, embryo development and the establishment of pregnancy in ruminants. *Animal Science* 68:299-314, March Part II.
18. Robinson, J.J. Sinclair, K.D., McEvoy, T.G. 1999. Nutritional effects on foetal growth. *Animal Science.* 68: 315-331. March Part II.
19. Schroeder, H. Tratado de obstetricia veterinaria. Editorial Fondo Nacional Universitario. 1989.
20. Simposio "Pérdidas Gestacionales y Biotecnología de la Reproducción en Ganado Bovino". Manual de Consulta. CORPOICA-CEISA, Noviembre de 1995.
21. Smith, R.D. and L.E. Chase. Nutrition and Reproduction. National Dairy Database Volumen Northeast IRM Manual Junio 1992.
22. Sugino,N. Nakata, M., Kashida, S., Karube, A., Takiguchi, S., Kato, H.2000. Decreased superoxide dismutasa expresion and increased concentrations of lipid peroxide and prostaglandin F2alfa in the decidua of failed pregnancy. *Mol. Hum. Repro.*6(7):642-647.

23. Sugino, N., Hirosewa-Takamaori, M., Zhong, L. Telleria, C.M., Shiota, K., Gibori, G. 1998. Hormonal regulation of copper-Zinc superoxido dismutasa and manganese superoxido dismutasa messenger ribonucleic acid in the rat corpus luteum: Induction by prolactin and placental lactogens. *Biology of Reproduction* **59**: 599-605.
24. Tewolde, A.2002. Relación suelo-planta-animal y su influencia en el mejoramiento genético de los rumiantes. Consorcio Técnico del Noreste. Fundación Produce Tamaulipas, A.C. Universidad Autónoma de Tamaulipas.Septiembre.
25. Toledo, M.J. 1982. Manual Para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. 0756-1(82) Julio 1982.
26. Wattiaux, M.A. 1995. Reproducción y nutrición. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo Internacional de la Industria Lechera, Universidad de Wisconsin-Madison, 1995.

Volver a: [Minerales](#)