



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

“EFECTO DE DOS SUPLEMENTOS MINERALES  
ENTREGADOS EN FORMAS QUÍMICAS DISTINTAS SOBRE  
LA CONCENTRACIÓN PLASMÁTICA DE COBRE Y ZINC EN  
POTRILLOS FINASANGRE DE CARRERA”

**SERGIO ANDRÉS OSSA DUARTE**

Memoria para optar al  
Título Profesional de  
Médico Veterinario.  
Departamento de  
Fomento de la  
Producción Animal.

**PROFESOR GUIA: DR. JUAN IGNACIO EGAÑA M.**

**SANTIAGO, CHILE**  
**2006**



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**“EFECTO DE DOS SUPLEMENTOS MINERALES  
ENTREGADOS EN FORMAS QUÍMICAS DISTINTAS SOBRE  
LA CONCENTRACIÓN PLASMÁTICA DE COBRE Y ZINC EN  
POTRILLOS FINASANGRE DE CARRERA”**

**SERGIO ANDRÉS OSSA DUARTE**

Memoria para optar  
al Título Profesional  
de Médico  
Veterinario.  
Departamento de  
Fomento de la  
Producción Animal.

NOTA FINAL.....

	NOTA	FIRMA
PROFESOR GUIA: Dr. JUAN IGNACIO EGAÑA M.	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO: Dr. JOSE POKNIAK R.	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO: Dr. ENRIQUE PINTO P.	.....	.....

**SANTIAGO, CHILE**  
**2006**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres, Sergio y Rosario, ya que gracias a su esfuerzo por tantos años es que yo he podido llegar a terminar esto, un beso y un abrazo para los dos.

## INDICE DE CONTENIDOS

<b><u>INFORME DE APROBACIÓN</u></b> .....	<b>2</b>
<b><u>DEDICATORIA</u></b> .....	<b>3</b>
<b><u>AGRADECIMIENTOS</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u></b> .....	<b>5</b>
<b><u>ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS</u></b> .....	<b>6</b>
<b><u>RESUMEN</u></b> .....	<b>8</b>
<b><u>SUMMARY</u></b> .....	<b>10</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1. ANTECEDENTES GENERALES: .....	13
2.2. COBRE:.....	18
2.3. ZINC:.....	21
2.4. FUENTES MINERALES: .....	23
<b>3.- OBJETIVOS</b> .....	<b>25</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL: .....	25
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	25
<b>4.- HIPOTESIS</b> .....	<b>26</b>
<b>5.- MATERIALES Y METODO</b> .....	<b>27</b>
5.1. ANIMALES: .....	27
5.2. TRATAMIENTOS: .....	27
5.3. MUESTRAS: .....	29
5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: .....	29
<b>6.- RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
<b>7.- DISCUSIÓN</b> .....	<b><u>44</u></b>
<b>8.- CONCLUSIONES</b> .....	<b><u>51</u></b>
<b>9.- BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b><u>52</u></b>

## INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

<b>TABLAS</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Tabla 1.</b> Ingredientes utilizados en el suplemento vitamínico-mineral (g/Kg. Suplemento vitamínico-mineral).	<b>28</b>
<b>Tabla 2.</b> Concentraciones plasmáticas de Cobre y el Zinc, utilizados como referencia (mg/dl).	<b>32</b>
<b>Tabla 3.</b> Concentraciones plasmáticas promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2 según haras de procedencia y en general, previo al inicio del ensayo.	<b>33</b>
<b>Tabla 4.</b> Concentración plasmática promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2 según haras de procedencia y en general, a los 15 días de iniciado el ensayo.	<b>34</b>
<b>Tabla 5.</b> Concentraciones plasmáticas promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2, según el haras de procedencia y en general, a los 30 días de iniciado el ensayo.	<b>35</b>
<b>Tabla 6.</b> Concentraciones plasmáticas promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2, según el haras de procedencia y en general, a los 45 días de iniciado el ensayo.	<b>36</b>
<b>Tabla 7.</b> Concentración plasmática promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2, según haras de procedencia y en general, a los 60 días de iniciado el ensayo.	<b>37</b>
<b>Tabla 8.</b> Concentración plasmática promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2, según el haras de procedencia, a los 90 días de iniciado el ensayo.	<b>38</b>
<b>Tabla 9.</b> Concentración plasmática promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2, según el haras de procedencia y en general, al finalizar el ensayo.	<b>39</b>

<b>GRAFICOS</b>	<b>PÁG.</b>
<b>GRAFICO 1.</b> Variaciones a través del transcurso del ensayo de las concentraciones promedios plasmáticas de Cu para los grupos 1 y 2.	<b>40</b>
<b>GRAFICO 2.</b> Concentraciones plasmáticas de Cu según tratamiento y haras en el transcurso del ensayo.	<b>41</b>
<b>GRAFICO 3.</b> Variaciones a través del transcurso del ensayo de las concentraciones promedios plasmáticas de Zn para los grupos 1 y 2.	<b>42</b>
<b>GRAFICO 4.</b> Concentraciones promedios plasmáticas de Zn según tratamiento y haras en el transcurso del ensayo.	<b>43</b>

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos suplementos minerales entregados, en formas químicas distintas, sobre la concentración plasmática de Cu y Zn en potrillos finasangre de carrera, a través del tiempo.

48 potrillos finasangre de carreras, 24 machos y 24 hembras, de 10 meses de edad, escogidos al azar de 4 criaderos de la Región Metropolitana fueron separados en dos grupos de 24 potrillos, constituido cada uno de ellos por 12 machos y 12 hembras. El grupo 1 recibió un suplemento mineral en forma inorgánica y el grupo 2 recibió un suplemento mineral en forma orgánica. Previo al inicio de la suplementación, se tomó una muestra de sangre a todos los animales que participaron en el estudio, con el fin de evaluar sus concentraciones plasmáticas de Cu y Zn. Luego de comenzada la suplementación, se extrajo una muestra de sangre a cada animal, cada 15 días en los primeros dos meses del ensayo, para luego extraer la muestra cada 30 días hasta completar los cuatro meses que duró el ensayo, en total, se recolectaron 7 muestras por animal. Las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica.

Los potrillos del grupo 1, presentaron un promedio de Cu plasmático de 0,99 mg/dl y un promedio de Zn plasmático de 0,34 mg/dl, antes del inicio del ensayo; al final del ensayo, las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn para el grupo 1 fueron 0,94 mg/dl y 0,38 mg/dl, respectivamente.

Los potrillos que pertenecían al grupo 2, presentaron un promedio de Cu plasmático de 0,94 mg/dl y un promedio de Zn plasmático de 0,36 mg/dl, antes del inicio del ensayo; al final del ensayo las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn para el grupo 2 fueron 0,98 mg/dl y 0,40 mg/dl, respectivamente.

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las dos formas de suplementación mineral utilizadas, sobre la concentración plasmática de Cu y Zn.

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn según sexo del animal y tiempo de duración del ensayo.

Si se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn entre los animales de los distintos haras que componían el ensayo.

En este estudio no se encontró evidencia de que los suplementos minerales en forma orgánica tengan ventajas sobre los suplementos minerales dados en forma inorgánica.



## SUMMARY

The effect of supplemental inorganic and organic forms of copper and zinc on plasma concentration in thoroughbred yearlings was evaluated.

Forty- eight thoroughbred yearlings, 10 months old twenty four colts and twenty four fillies were randomly selected from four farm bred located in the Región Metropolitana and separated in two treatment groups, each one constituted for 24 thoroughbred yearlings: 12 colts and 12 fillies. The group 1 received the mineral supplement in inorganic form and the group 2 received the mineral supplement in organic form. Jugular blood samples were drawn before beginning the supplementation to all animals to evaluate copper and zinc plasma concentration. After the beginning of supplementation, jugular blood samples were drawn every 15 days in the first two months and then, the blood samples were drawn every 30 days until complete 4 months. Finally were 7 blood samples for each horses, including the samples taken before the supplementation begin. Copper and zinc plasma concentration were determined by atomic absorption spectrophotometry.

The group 1 showed a copper and zinc plasma concentrations of 0,99 mg/dl and 0,34 mg/dl, respectively, before the supplementation. At the end of the study the plasma concentrations of copper and zinc were 0,98 mg/dl and 0,40 mg/dl, respectively.

The group 2 had before the supplementation a copper and zinc plasma concentrations of 0,94 mg/dl and 0,36 mg/dl, respectively. At the end of this study the plasma concentrations of copper and zinc were 0,98 mg/dl and 0,40 mg/dl, respectively.

No significant differences ( $p > 0,05$ ) were found between organic and inorganic supplementation forms on plasma concentration of copper and zinc.

No significant differences ( $p > 0, 05$ ) were found in plasma concentration of copper and zinc according to animals genders.

Significant differences ( $p < 0, 05$ ) were found in plasma concentration of copper and zinc between animals of different bred farms where this study was carried out.

There was not evidence in this study that the organic form of mineral supplementation have any advantage in comparision with inorganic forms of mineral supplementation.

## 1. INTRODUCCION

El periodo más crítico e importante, en la vida de un equino desde el punto de vista nutricional, va desde el último tercio de su gestación hasta los 2 años de vida. Durante este período se debe poner el mayor énfasis en la alimentación del potrillo, ya que cualquier deficiencia o exceso de nutrientes, puede provocar alteraciones en su crecimiento, las que más adelante repercutirán en su salud y rendimiento deportivo.

Los minerales traza han cobrado gran relevancia en este período de crecimiento, debido a su implicancia en algunas patologías, particularmente el Cu y el Zn, los cuales cumplen, entre otras, vitales funciones en el desarrollo del tejido óseo y cartilaginoso, y en el sistema inmunitario.

Bajos aportes dietarios de estos minerales, aumentan la incidencia del “síndrome ortopédico del desarrollo”, que incluye enfermedades como la osteocondrosis, la epifisitis y las deformidades angulares de los miembros. Se describe además, que la deficiencia de Cu provoca alteraciones en el normal desarrollo del cartílago (Jackson y Pagan, 1993) y que, la deficiencia de Zn provoca una disminución en el crecimiento de los potrillos (Ott y Asquith, 1989).

Aunque el rol de estos microminerales en el metabolismo es primordial, todavía no están definidos con precisión los requerimientos en las dietas de equinos en crecimiento, y además, poco es lo que se conoce de su biodisponibilidad en las distintas formas químicas usadas en la nutrición animal (Jackson y Pagan, 1993), por lo cual una comparación entre las formas químicas orgánicas e inorgánicas de suplementación de estos minerales, resulta de gran ayuda para determinar el efecto de su adecuación nutricional y disminuir el riesgo de producir deficiencias y/o excesos.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. ANTECEDENTES GENERALES:

Los minerales son esenciales en la dieta diaria de un equino, ya que sin ellos, los animales serían incapaces de metabolizar grasas, proteínas o carbohidratos; los músculos y nervios no funcionarían normalmente y sus huesos serian incapaces de soportar el peso del animal (Briggs, 1998).

Además, contribuyen en el transporte del oxígeno sanguíneo a través del cuerpo, mantienen el equilibrio ácido/base del organismo, son componentes de casi todas las enzimas necesarias que un animal necesita en su metabolismo diario y son parte integral de vitaminas, hormonas y aminoácidos (Briggs, 1998).

Los minerales se dividen, de acuerdo a su concentración en el organismo, en dos categorías: macro minerales, los cuales se necesitan en mayor cantidad relativa, y se pueden expresar como porcentajes, y los micro minerales o minerales trazas, como el cobre, zinc, selenio, hierro y cobalto, que están presentes en las dietas en muy pequeñas cantidades (Briggs, 1998); constituyendo, aproximadamente, el 4% del peso corporal de un equino fina sangre de carreras (Hintz, 1992).

La mayor cantidad de desbalances nutricionales en los caballos ocurren con el suministro de dietas altas en energía, las que comúnmente se les suministra a los fina sangre de carreras (FSC) y principalmente en los macrominerales Ca, P y Na y los microminerales Fe, Cu, Zn y Se (Roodney, 1998).

Generalmente, las dietas utilizadas en la alimentación equina son formuladas para cubrir la mayor parte de los macronutrientes esenciales para el equino, a excepción de los minerales trazas, los cuales, no son considerados en su formulación, por lo que su aporte es indefinido, y muy variable, dependiendo del contenido y biodisponibilidad de los minerales presentes en los ingredientes utilizados (Baker, 2002).

Entre los minerales trazas más limitantes en las dietas de los equinos en crecimiento, están el cobre y el zinc (Ott y Asquith, 1989).

La literatura concerniente a los minerales trazas en el equino, entrega antecedentes sobre los requerimientos de los potrillos, adultos en training y yeguas madres para el Se, Mn, Fe y recientemente I y Cr. Estos minerales juegan un papel importante en la respuesta fisiológica al ejercicio, en el metabolismo energético y en la conservación de tejidos durante periodos de estrés, pero referente a los minerales Cu y Zn, la información disponible es bastante escasa (Jackson, 2000).

Existen diversos factores dietarios y metabólicos que afectan la interacción entre los minerales trazas. Esta interacción puede ser clasificada como competitiva o no competitiva; ya sean directas o indirectas. Sin embargo, su significancia fisiológica o toxicológica a veces es discutible, particularmente porque se han demostrado bajo condiciones experimentales extremas y pocas veces la evidencia ha sido a nivel molecular (Bremner y Beattie, 1995).

El grado de control homeostático en el animal varía para cada mineral (Hand et al, 2000; Wastey et al, 2000). También existe gran evidencia experimental que el metabolismo de los minerales trazas no puede ser estudiado en forma aislada. Una gran cantidad de factores nutricionales y fisiológicos pueden influir, ya sea sobre su ingesta, transporte y almacenamiento (Bremner y Beattie, 1995; Wastey *et al.*, 2000), la exposición continua a dietas con deficiencias graves, desequilibrios o contenido excesivos de un oligoelemento, o un compuesto que produce interferencias metabólicas como los fitatos o ciertas fibras dietarias, pueden inducir cambios, ya sea de las formas funcionales, actividades o concentraciones de un elemento en los tejidos y líquidos corporales, de modo que sus concentraciones aumentan o disminuyen respecto de los límites adecuados (Hand *et al.*, 2000), incluso, el ejercicio influencia los requerimientos minerales, dependiendo de la intensidad del trabajo, duración y el tamaño del caballo (Ott, 1990).

El contenido de un mineral en la dieta y otros nutrientes, como grasas, fibra y vitaminas, pueden afectar la absorción y utilización de otro mineral (Briggs, 1998). También los minerales pueden encontrarse unidos a distintas moléculas, algunas de las cuales son más biodisponibles para el equino (Briggs, 1998).

Para evaluar el estatus de los microminerales en el equino no existe una herramienta precisa (Berger, 1993; Jeffcott, 1998; Pearce *et al.*, 1998a), como ejemplo de esto, para diagnosticar la deficiencia de Cu en los animales, se han usado numerosas técnicas, como, la concentración de Cu en plasma y en tejido hepático, la actividad de la ceruloplasmina plasmática, la concentración de la enzima superóxido dismutasa y la actividad de las enzimas citocromo oxidasa y lysil oxidasa (Jeffcott, 1998).

También, se describen algunos factores que pueden afectar la interpretación de los resultados obtenidos, como puede ser el sexo y edad del individuo, el ambiente en el cual vive (entrenamiento, criadero, o campo) y la técnica utilizada (Jeffcott, 1998).

Respecto del efecto sexo, se señala que las hembras poseen menor concentración Cu plasmático que los machos; a diferencia del Zn el cual no presenta ninguna diferencia atribuible al sexo (Novelli *et al.*, 1993). Sin embargo, Cymbaluk *et al.* (1986) y Díaz *et al.* (2002), demostraron que la edad de los animales no influenciaba las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn.

Las concentraciones plasmáticas de Zn y Cu en caballos estabulados son menores en caballos sometidos a entrenamiento (De Auer y Seawright, 1988).

El uso de suplementos minerales que incluyan Cu y Zn es una práctica habitual en el manejo alimentario del equino, debido a que estos minerales reducen la presentación de animales de bajo crecimiento y de baja inmunidad, además de enfermedades, tales como fisitis, osteocondrosis, síndrome de Wobbler, y otras manifestaciones del “síndrome ortopédico del desarrollo” (Knight *et al.*, 1990; Jackson, 1997), las que afectan fuertemente la productividad deportiva futura de los potrillos en crecimiento.

Los factores causantes postulados como predisponentes de estas enfermedades son numerosos, destacan: predisposición genética al rápido crecimiento, exceso de proteína y/o energía dietarias, desbalances dietarios de los minerales y deficiencias de cobre y zinc (Baucus *et al.*, 1989).

En el primer estudio realizado para describir las interacciones de los minerales trazas en los equinos, (Hill y Matrona, 1970, citado por Bremner y Beattie, 1995) se postuló que elementos con similares propiedades físicas y químicas podrían actuar en forma antagonica. El mutuo antagonismo entre el Cu y el Zn es considerado como un ejemplo de la interacción biológica competitiva entre metales con propiedades químicas y físicas similares (Bremner y Beattie, 1995).

Un excesivo aporte de Zn en la dieta, inhibe la absorción intestinal, acumulación hepática y la transferencia placentaria del Cu, lo que podría inducir los signos clínicos y bioquímicos propios de la deficiencia de Cu (Yardick *et al.*, 1989).

La situación inversa es decir, aporte excesivo de Cu, es menos demostrable. Solo en algunas especies el exceso de Cu en la dieta afecta el metabolismo hepático del Zn, pero no existe evidencia concluyente de que se afecte su absorción (Blalock *et al.*, 1988).

Trabajos experimentales sobre suplementación mineral en equinos, que han utilizado dietas basales que contenían las cantidades de minerales especificadas en las tablas de requerimientos nutritivos (NRC, 1989) recomiendan utilizar las cantidades de minerales trazas, por al menos 60 días antes de comenzar el experimento, para evitar el efecto de dietas dadas previas al estudio, por lo que se estima que el efecto de una dieta sobre la homeostasis de ambos minerales requiere de al menos, este periodo de tiempo para poder ser evaluado (Ott y Asquith, 1995).

El estómago y el intestino delgado son los lugares donde la mayoría de los nutrientes son digeridos y absorbidos en los equinos. El tiempo de permanencia en estos compartimentos es de aproximadamente 2 a 3 horas, por lo que la calidad y biodisponibilidad de estos nutrientes son críticas para su óptima utilización (Kapper, 1992).

Una vez absorbidos, el Cu y el Zn se asocian a una metaloproteína en el enterocito (Bremner y Beattie, 1995), pero no se ha determinado si esta proteína intestinal está involucrada fisiológicamente en la absorción de Cu o solo en el transporte a través de la capa mucosa (Prohaska, 1990). La metalotionina posee una mayor afinidad por el Cu que por el Zn (Patterson *et al.*, 2002).

Ambos metales son transportados vía sanguínea al hígado, unidos con aminoácidos (histidina) y proteínas tales como las transcupreinas y albúminas plasmáticas (Weiss y Linder, 1985).

En los hepatocitos, el Cu que proviene del sistema porta se distribuye en varios grupos; la porción más importante se encuentra unida a una ceruloplasmina, otra parte se ubica en la bilis, que es su principal vía de excreción y la otra porción se encuentra unida a metalotionina (Emerick y Kayongo –Male, 1990).

El Zn, en cambio toma otro camino dentro del hepatocito, uniéndose a metaloproteínas, siendo la principal, la metalotionina, para ser transportado a los tejidos y vuelve al hepatocito unido a albúminas, completando el ciclo, también es excretado parcialmente en la bilis (Emerick y Kayongo –Male, 1990).

Bajo condiciones de manejo intensivo podrían incrementarse los requerimientos de ciertos nutrientes, particularmente el de aquellos minerales que se ven involucrados en los mecanismos de defensa orgánica (Berger, 1993).



Una respuesta característica al estrés es un aumento sostenido en la concentración plasmática de Cu, el cual está asociado casi enteramente con ceruloplasmina (Bremner y Beattie, 1995).

Por otro lado, el cambio característico del metabolismo del Zn frente a una situación de estrés, es una rápida, clara y transitoria disminución de sus niveles plasmáticos, asociado con un aumento del Zn hepático (Bremner y Beattie, 1995), lo que involucra una redistribución del Zn hacía el hígado, disminuyendo la concentración plasmática que es el que desempeña funciones inmunológicas (Rink y Gabriel, 2000).

## **2.2 COBRE:**

El cobre es esencial para el funcionamiento de todos los seres vivos, ya que está relacionado con numerosas metaloenzimas responsables de muchas funciones biológicas; siendo particularmente importante en los sistemas enzimáticos que producen ATP durante el ejercicio aeróbico. Además en algunas especies animales, es esencial para la pigmentación del pelo y lana, debido a su participación en la síntesis de melanina (Lawrence, 2003).

Investigaciones recientes han puesto atención a los roles biológicos del Cu en el equino, por su participación en la síntesis de colágeno y en su relación con el “síndrome ortopédico del desarrollo” en potrillos (Pearce *et al.*, 1998b; Gee *et al.*, 2000), el cual, es considerado como el causante de las mayores pérdidas económicas dentro de la crianza de FSC en todo el mundo (Pearce *et al.*, 1998b).

Se ha demostrado que factores como: la especie animal, la fuente de origen, interacciones con otros minerales y el estrés, pueden afectar los requerimientos de Cu en los animales (Berger, 1993).

La absorción del Cu ocurre en el intestino delgado (Kapper, 1992) y oscila desde 0 a 75% (Linder, 1991), dependiendo de las interacciones con otros minerales, como el Zn, que en altas concentraciones dietarias, disminuyen su absorción (Medeiros, 2001); el Mo también puede interferir con la absorción de Cu, uniéndose a él y formando tiomolibdatos, que no son absorbidos por el animal (Spears, 1991; Puls, 1994), y el Ca que disminuye la absorción de Cu al aumentar el pH del lumen intestinal. (Berger, 1993).

Suplementaciones con altas dosis o por periodos prolongados de vitamina C también pueden conducir a una deficiencia de Cu (Medeiros, 2001).

Una vez absorbido el Cu es transportado desde el intestino hacia la circulación portal unido a albúminas, aminoácidos, y quizás proteínas transportadoras, llegando al hígado, el que actúa como órgano regulador de la homeostasis del Cu dentro del organismo (Prohaska, 1990), además de ser el principal reservorio de este mineral en el organismo (Gee *et al.*, 2000).

La deficiencia de Cu provoca anemia, diarrea, desórdenes óseos, ataxia neonatal, cambios en la pigmentación de pelos, infertilidad, desordenes cardiovasculares, deficiencias en el metabolismo lipídico y depresión del sistema inmune (Berger, 1993).

Además, la deficiencia de Cu, se ha asociado, a la ruptura de la arteria uterina durante el parto en yeguas (Pearce *et al.*, 1998a).

Dentro de las alteraciones óseas que se han descrito en la deficiencia de Cu, la más importante dice relación con el rol que éste cumple como cofactor de la enzima lisil oxidasa, que es esencial en la síntesis y mantención del colágeno (Ott y Asquith, 1989). La función de esta enzima es modificar químicamente a dos residuos aminoacídicos, la lisina y la hidroxilisina, para hacer posible el entrecruzamiento del colágeno, por lo que un inadecuado aporte dietario de Cu, conlleva una baja actividad de esta enzima con la consecuente disminución en la calidad y cantidad del colágeno formado, el cual es la principal proteína en el hueso (Kronfeld *et al.*, 1990; Jonas *et al.*, 1993), produciendo

animales que posteriormente desarrollan extremidades biomecánicamente más débiles y con una mayor predisposición a la aparición de lesiones de osteoporosis (Hintz, 1996).

Otros autores, señalan que la deficiencia de Cu en potrillos, puede causar una disminución en la actividad de las células óseas, y por lo tanto, un menor grosor de la corteza ósea (Hintz, 1996).

Estudios realizados recientemente en equinos, han utilizado suplementaciones de Cu por vía parenteral a yeguas preñadas en el último tercio de la gestación, con el fin de evitar la deficiencia de Cu plasmático en los potrillos recién nacidos, sin embargo, esta forma de suplementación, no generó ningún cambio en la concentración plasmática de los recién nacidos, ni tampoco en sus niveles de cobre hepático (Gee *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista nutricional, se estableció que los requerimientos dietarios de Cu en equinos, oscilan entre 10 y 800 ppm como nivel máximo tolerable en base materia seca diaria (NRC, 1989), y varían dependiendo de la actividad a la que sea sometido el animal, ya que se describe que hay una pequeña pérdida de Cu en el sudor, que alcanza a cantidades cercanas a los 4 mg/L de sudor, resultando en una excreción diaria de 80 a 100 mg de Cu. (Jackson, 1997).

A nivel plasmático, se consideran como normales, concentraciones de Cu entre 0.85 y 2 ppm (Puls, 1994).

### **2.3 ZINC:**

El Zn cumple diferentes funciones en el organismo, entre las que destacan la estructural, catalítica (enzimática) y reguladora en los sistemas biológicos. Alrededor del 1% del código del genoma humano está destinado para proteínas donde el Zn cumple un rol estructural. Se describe que más de 60 proteínas requieren Zn para su actividad, incluyendo la RNA polimerasa. Actúa a nivel de la vesícula sináptica, lo que le otorga participación en la función neuronal y en la memoria (Cousins, 2001).

Además, el Zn ha sido relacionado a variadas funciones orgánicas, dentro de las cuales están incluidas, el metabolismo de carbohidratos y proteínas, la reproducción de las especies y el metabolismo óseo (Lawrence, 2003), participa también en el crecimiento y en la prevención del “ síndrome ortopédico del desarrollo” (Briggs, 1998); por otra parte, juega un rol preponderante en el sistema inmunitario, ya que, regula la apoptosis de las células del organismo y es un cofactor esencial para la hormona tímica, Timulina, que es la inductora de la diferenciación de las células T inmaduras (Rink y Gabriel, 2000).

Su absorción ocurre a nivel intestinal, con un rango que va entre el 5 y el 90% del Zn consumido (Briggs, 1998), y está condicionada, por la presencia de Cu, Mg, Ca, Cd y Fe, los que en altas concentraciones, disminuyen su biodisponibilidad. Además, los fitatos y fosfatos presentes en los alimentos, disminuyen su absorción (Lönnerdal, 2000).

Se debe tener presente que la reabsorción renal de Zn disminuye cuando se incrementan los niveles de otros cationes bivalentes en la dieta, como el Cu, Ca, Mg, Ni, Cd y Fe (Rink y Gabriel, 2000).

Además, se ha estudiado, que un aumento de proteínas en las dietas, aumenta los niveles de Zn absorbidos, aunque existen proteínas, como la caseína, que disminuyen la disponibilidad de Zn provenientes de los alimentos. (Lönnerdal, 2000).

El 50 a 60 % del Zn orgánico, se almacena en los músculos y su deficiencia produce una reducción en los niveles plasmáticos de insulina y reduce la tolerancia a la glucosa, además, disminuye la utilización de la glucosa y aumenta el catabolismo de lípidos (Jackson, 1997).

A nivel óseo, su deficiencia inhibe directamente la efectividad de la somatomedina en la estimulación del cartílago de crecimiento (Jackson, 1997).

A nivel inmunológico, la deficiencia de Zn disminuye rápidamente los anticuerpos y la respuesta mediada por células en animales y humanos (Fraker *et al.*, 2000).

En otras especies, la deficiencia de Zn está asociada a la aparición de parakeratosis, bajo desarrollo y crecimiento, y a la mala cicatrización de heridas, pero no ha sido bien estudiado en equinos (Bidell, 2001), y en individuos con una moderada deficiencia de Zn, se han descrito enfermedades renales, desordenes gastrointestinales crónicos y acrodermatitis enteropática (Fraker *et al.*, 2000).

Los requerimientos dietarios de Zn no están bien definidos (Lawrence, 2003), pero se aceptan rangos de concentraciones que oscilan entre los 40 y 500 ppm como mínimo y máximo, respectivamente (NRC, 1989). Se sabe que los requerimientos del Zn varían de acuerdo al tipo de alimento utilizado, a la intensidad del trabajo al que es sometido el animal, ya que la pérdida de Zn por sudoración es relevante, alcanzando a 20-21 mg/L de sudor (Jackson, 1997).

En el plasma, concentraciones que oscilen entre 0,6 y 1,7 ppm. son consideradas como adecuadas para suplir los requerimientos del organismo equino (Puls, 1994).

## **2.4 FUENTES MINERALES:**

Las sales inorgánicas como: sulfatos, carbonatos y óxidos son las formas más comunes de suplementación mineral, compuestos que se disocian en el tracto digestivo liberando iones que posteriormente son absorbidos (Jackson y Pagan, 1993); sin embargo, estos iones libres son muy reactivos y pueden formar complejos con otras moléculas presentes en el tracto digestivo, dificultando su absorción. Por lo tanto, la disponibilidad de los minerales trazas, varía considerablemente y bajo condiciones extremas, pueden llegar a no ser absorbidos (Baker, 2002).

Para contrarrestar la baja biodisponibilidad de las sales minerales, es común la utilización de cantidades superiores a los requerimientos dietarios, lo que a veces puede ocasionar una sobre suplementación o bien, en un innecesario gasto, además del negativo impacto ambiental que ocasiona la excreción de grandes cantidades de minerales al medio ambiente próximo a los animales.

Debido a los problemas que se han generado con las formas inorgánicas de suplementación mineral, se han elaborado compuestos formados por los elementos trazas quelados a compuestos orgánicos (Baker, 2002). La quelación es el proceso químico por el cual un mineral es combinado con una mezcla de aminoácidos y/o péptidos, dando como resultado, los compuestos conocidos como quelados (Baker, 2002).

El resultado de la unión del mineral con un aminoácido, es estable frente a los cambios de pH del sistema gastrointestinal y no tiene carga eléctrica, que trae como ventaja, una mayor biodisponibilidad de los minerales para el animal, así como también, la utilización de mecanismos de absorción distintos al usado por los iones libres, lo que aumenta su eficacia (Baker, 2002).

Estos compuestos pueden ser metabolizados con una mayor eficiencia de alrededor del 300 al 500% que sus contrapartes inorgánicas. Pero tienen como limitante que no funcionan para todos los minerales (Briggs, 1998). Esta forma química de suplementación mineral provee a los animales de una ventaja metabólica, la que a menudo se refleja en la mejoría de su desempeño (Briggs, 1998).

Numerosos estudios realizados en ratas, cerdos, aves y bovinos han demostrado que existe una mejoría tanto en la reproducción, inmunidad y tasa de crecimiento de los animales, cuando se ha incluido en sus dietas minerales orgánicos (Baker, 2002); pero en equinos, son muy pocos los estudios hechos, y sus resultados no han sido concluyentes. Ott y Asquith (1995), no encontraron diferencias en ganancia de peso de potrillos alimentados con minerales quelados, pero si en la velocidad de crecimiento, al compararlos con el suministro de formas inorgánicas de minerales en la dieta. Vandergrift (1993) encontró que,

en potrillos suplementados con minerales orgánicos, aumentaba la biodisponibilidad de los minerales y mejoraba el estatus inmunológico. También, se ha relacionado la inclusión dietaria de minerales orgánicos con una reducción en el porcentaje de muertes embrionarias tempranas, además de un aumento en el número de óvulos por ciclo reproductivo y en el porcentaje de nacimientos (Baker, 2002).

Las fuentes de minerales orgánicos son más caras que las fuentes minerales inorgánicas, y los estudios no son concluyentes en cuanto a los beneficios de incluir las fuentes orgánicas de minerales en la ración diaria de los caballos, como tampoco que justifiquen el mayor costo de su inclusión (Lawrence, 2003).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL:**

- Evaluar la concentración plasmática de cobre y zinc, luego de la suplementación mineral completa que entregue estos minerales en forma orgánica e inorgánica en potrillos finasangre de carrera.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Evaluar el impacto de esta suplementación en potrillos sometidos a distintos regímenes alimentarios sobre las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn.



#### **4. HIPOTESIS**

Con la forma orgánica de suplementación se obtendrían valores más altos de cobre y zinc en las muestras de plasma recolectadas, en comparación a los valores obtenidos de los animales que recibieron la forma inorgánica de suplementación.

## **5. MATERIALES Y METODO**

El presente ensayo se realizó en potrillos fina sangre de carrera, provenientes de 4 haras existentes en la Región Metropolitana (R.M), en el período comprendido entre el mes de Agosto del año 2002 y el mes de abril del año 2003.

### **5.1 ANIMALES:**

Se utilizaron 48 caballos fina sangre de carrera (24 hembras y 24 machos) de aproximadamente 10 meses de edad al inicio del ensayo. De cada haras, se seleccionaron al azar 12 potrillos, 6 machos y 6 hembras, a los cuales se le tomó una muestra de sangre previo al inicio del ensayo, para medir sus niveles plasmáticos de Cu y Zn.

### **5.2 TRATAMIENTOS:**

Los potrillos fueron divididos en dos grupos de 24 animales cada uno, conformados al azar, compuestos por 12 hembras y 12 machos cada uno, los que fueron alimentados durante 4 meses con la alimentación habitualmente utilizada en cada uno de los haras, la que estaba constituida por praderas, además suplementados diariamente con heno de alfalfa y un concentrado comercial. Cada uno de los potrillos recibió diariamente, aproximadamente, 20 g de un suplemento vitamínico-mineral® en polvo formulado y fabricado por el Laboratorio Veterquímica®, que fue mezclado con la ración diaria de heno en cada comedero individual.

Los potrillos del grupo 1 recibieron un suplemento vitamínico-mineral, compuesto por una mezcla inorgánica de minerales; los potrillos del 2 recibieron un suplemento vitamínico-mineral, de la misma composición, pero la diferencia con el anterior fue que los minerales cobre (Cu), selenio (Se) y zinc (Zn) estaban dados como proteinatos (bioplex ZNC®).

La composición del suplemento vitamínico-mineral se presenta en la Tabla

**Tabla 1.** Composición del suplemento vitamínico-mineral empleado en el ensayo.

Minerales g/Kg.	
Cloruro de Sodio	18
Cobalto	40
Cobre	9
Cromo	150
Fósforo	100
Hierro	10
Magnesio	40
Manganeso	20
Selenio	0,075
Yodo	0,150
Zinc	25
Vitaminas	
A (UI)	500.000
D3 (UI)	250.000
E (UI)	25.000
B (mg)	6.500
B2 (mg)	1.100
B6 (mg)	0.50
B12 (mg)	1.000
C (mg)	1.500
Ácido Fólico (mg)	75
Ácido Pantoténico (mg)	500
Niacina (mg)	500
Aminoácidos	
Lisina (g)	8
Excipientes c.s.p (g)	1000

### **5.3 MUESTRAS:**

La duración del ensayo fue de cuatro meses en forma ininterrumpida, tiempo en el cual, se tomaron muestras de sangre a los potrillos a través de una punción yugular, utilizando el sistema Venojet®, es decir, tubo al vacío de 5 ml., a los que se les adicionó heparina como anticoagulante y agujas estériles Vacutainer®. Las muestras obtenidas fueron refrigeradas y trasladadas al laboratorio de Nutrición animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile donde fueron procesadas, de acuerdo al siguiente protocolo:

- Centrifugado a 2500 r.p.m. a 709 G por 15 minutos.
- Extracción del plasma resultante.
- Determinación directa de cobre y zinc por medio de la espectrofotometría de absorción atómica descrita por la Asociación oficial de química analítica internacional (A.O.A.C., 1995), utilizando un equipo GBS modelo 905 AA.

Las muestras de sangre de los potrillos comenzaron a tomarse previo al inicio del ensayo (muestra 1) y luego, desde el inicio de la suplementación, cada 15 días, durante los primeros 60 días del ensayo, posteriormente las muestras se tomaron cada 30 días, hasta completar los 120 días, con un total de siete muestras durante el ensayo.

### **5.4 ANALISIS ESTADISTICO:**

Las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn según forma química de suplementación mineral y haras desde el cual provenían las muestras fueron descritas estadísticamente a través de: promedio y desviación estándar.

Para comparar, las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn obtenidas a través de series repetidas en el tiempo, de acuerdo a las formas químicas de suplementación mineral entregadas y a los haras de los cuales provenían los animales, con un tamaño de muestra  $n = 48$  (para detectar un error = 0,05 y con una potencia de 95%) se realizó un análisis de

varianza, utilizando el paquete estadístico “Statistical Analysis System” (SAS), considerando los efectos del tratamiento, tiempo, haras y su interacción de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + H_j + R_k + (T*H)_{ij} + (T*R)_{ik} + (H*R)_{jk} + e_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$ : es la l-ésima observación de la concentración plasmática del mineral del k-ésimo tiempo, del j-ésimo haras perteneciente a la i-ésima forma química de suplementación mineral.

$\mu$  : es el promedio poblacional.

$T_i$ : es el efecto de la i-ésima forma química de suplementación vitamínico mineral. (grupo 1 y grupo 2).

$H_j$ : es el efecto del j-ésimo haras.

$R_k$ : es el efecto de la k-ésima repetición en el tiempo.

$(T*H)_{ik}$ : es el efecto de la interacción entre el suplemento vitamínico mineral y el haras.

$(T*R)_{ik}$ : es el efecto de la interacción entre el suplemento vitamínico mineral y las repeticiones en el tiempo.

$(H*R)_{jk}$ : es el efecto de la interacción entre el efecto de los haras y las repeticiones en el tiempo.

$e_{ijkl}$ : es el efecto residual.

Se consideró para el análisis de la forma química de suplementación mineral dos grupos: grupo 1 y grupo 2.

Para analizar la variable haras, se consideraron 4 grupos: haras 1, haras 2, haras 3 y haras 4.

Para el análisis de las repeticiones en el tiempo, éstas fueron clasificadas desde la muestra 1, tomada previo al inicio del ensayo, hasta la muestra 7, tomada a los 120 días de iniciado el ensayo, con la cual finalizó el periodo experimental.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 SUPLEMENTACION MINERAL

La composición mineral de ambos suplementos vitamínicos minerales fueron similares, y al ser suministrados en la cantidad de 20 g aportaron 0,18 g y 0,50 g de Cu y Zn, respectivamente, que entregaron el 45% y el 40% de los requerimientos diarios de Cu y Zn, de potrillos de entre 10 y 14 meses de edad (NRC, 1989).

Para determinar el efecto de dos suplementos minerales sobre la concentración plasmática de Cu y Zn en potrillos finasangre de carrera, se consideraron tres aspectos fundamentales. Las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn que se obtuvieron de los animales en el transcurso del estudio, la relación de éstas con la variable haras desde el cual provenían los animales, tiempo y el tipo de suplementación mineral que recibió cada animal.

En la Tabla 2, se describen los valores de referencia utilizados para las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn (Puls, 1994).

**Tabla 2.**  
**Concentraciones plasmáticas de Cobre y el Zinc, utilizados como referencia (mg/dl).**

Niveles plasmáticos	COBRE	ZINC
DEFICIENTE	0,06-0,80	<0,50
ADECUADO	0,85-2,00	0,60-1,70
ALTO	*	1,70-3,5

*Fuente: Puls, 1994.*

En la Tabla 3, se muestran las concentraciones plasmáticas promedios de Cu y Zn obtenidas de las muestras sanguíneas recolectadas previo al inicio del ensayo, de los dos grupos, vale decir, de los 48 potrillos (24 machos y 24 hembras) que recibieron la suplementación vitamínico-mineral en la forma química inorgánica (grupo 1) y orgánica (grupo 2), divididos según el haras de procedencia y en general.

**Tabla 3.**  
**Concentraciones plasmáticas (mg/dl) promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2 según haras de procedencia y en general, previo al inicio del ensayo.**

	MUESTREO N°1							
	GRUPO 1(n =24)				GRUPO 2 (n =24)			
	COBRE		ZINC		COBRE		ZINC	
	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE
HARAS 1	0,95 a	0,09	0,35 a, b	0,02	0,98 b	0,17	0,33 a	0,03
HARAS 2	0,97 a	0,06	0,32 a	0,03	1,00 b	0,15	0,33 a	0,03
HARAS 3	0,93 a	0,15	0,37 b	0,02	0,82 a	0,07	0,39 b	0,03
HARAS 4	1,13 b	0,23	0,34 a, b	0,05	0,98 c	0,17	0,33 a	0,03
GENERAL	0,99	0,17	0,34	0,04	0,94	0,12	0,36	0,03

*Los subíndices que acompañan a las concentraciones plasmáticas, indican las diferencias estadísticas entre haras; letras distintas, indica que existen diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas entre haras. DE: desviación estándar.*

En ambos grupos, las concentraciones de Cu obtenidas previo al inicio del ensayo, se pueden considerar como adecuadas (0,85-2,00 mg/dl), según la literatura utilizada como referencia (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002); a diferencia de las concentraciones plasmáticas de Zn, las que fueron deficientes ( $< 0,50$  mg/dl) para ambos grupos (Puls, 1994) (Wichert *et al.*, 2002).

Las concentraciones de Cu y Zn fueron estadísticamente similares para ambos grupos ( $p \geq 0,05$ ), previo al inicio del ensayo.



Si se encontraron diferencias significativas en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn ( $p < 0,05$ ), entre los haras que componían el ensayo, para ambos grupos.

En la Tabla 4 se muestran las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn que fueron obtenidas a los 15 días de iniciado el ensayo (muestra n°2) para ambos grupos, según el haras de procedencia y en general.

**Tabla 4.**  
**Concentración plasmática (mg/dl) promedio de Cu y Zn de los potrillos de los grupos 1 y 2 según haras de procedencia y en general, a los 15 días de iniciado el ensayo**

MUESTREO N°2								
	GRUPO 1(n =24)				GRUPO 2 (n =24)			
	COBRE		ZINC		COBRE		ZINC	
	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE
<b>HARAS 1</b>	<b>0,90 a</b>	<b>0,09</b>	<b>0,38 b</b>	<b>0,01</b>	<b>0,95 b</b>	<b>0,16</b>	<b>0,38 b, c</b>	<b>0,03</b>
<b>HARAS 2</b>	<b>0,90 a</b>	<b>0,09</b>	<b>0,33 a</b>	<b>0,02</b>	<b>0,95 b</b>	<b>0,19</b>	<b>0,32 a</b>	<b>0,01</b>
<b>HARAS 3</b>	<b>0,97 b</b>	<b>0,11</b>	<b>0,37 b</b>	<b>0,02</b>	<b>0,91 a</b>	<b>0,05</b>	<b>0,39 b</b>	<b>0,01</b>
<b>HARAS 4</b>	<b>0,93 b</b>	<b>0,14</b>	<b>0,35 a</b>	<b>0,04</b>	<b>0,94 b</b>	<b>0,07</b>	<b>0,35 c</b>	<b>0,01</b>
<b>GENERAL</b>	<b>0,92</b>	<b>0,10</b>	<b>0,36</b>	<b>0,03</b>	<b>0,93</b>	<b>0,12</b>	<b>0,36</b>	<b>0,02</b>

*Los subíndices que acompañan a las concentraciones plasmáticas, indican las diferencias estadísticas entre haras; letras distintas, indica que existen diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas entre haras. DE: desviación estándar.*

A los 15 días de iniciado el ensayo, las concentraciones plasmáticas promedio de Cu obtenidas en los dos grupos eran adecuadas (0,85-2,00 mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002); a diferencia de las concentraciones plasmáticas de Zn, que en los dos grupos, fueron deficientes ( $< 0,50$  mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002).

Las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn, a los 15 días de iniciado el ensayo, fueron estadísticamente similares ( $p \geq 0,05$ ) para ambos grupos.

Si se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn entre los distintos haras que componían el ensayo, para ambos grupos.

La Tabla 5 muestra las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn obtenidas para ambos grupos, según el haras de procedencia y en general, a los 30 días de iniciado el ensayo (muestra n°3).

**Tabla 5.**  
**Concentraciones plasmáticas (mg/dl) promedio de Cu y Zn de los grupos 1 y 2, según el haras de procedencia y en general, a los 30 días de iniciado el ensayo.**

	MUESTREO N°3							
	GRUPO 1(n =24)				GRUPO 2 (n =24)			
	COBRE		ZINC		COBRE		ZINC	
	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE
<b>HARAS 1</b>	<b>0,89 a</b>	<b>0,11</b>	<b>0,46 b</b>	<b>0,05</b>	<b>0,90 a</b>	<b>0,15</b>	<b>0,42 b</b>	<b>0,05</b>
<b>HARAS 2</b>	<b>1,06 b</b>	<b>0,08</b>	<b>0,35 a</b>	<b>0,03</b>	<b>1,12 b</b>	<b>0,07</b>	<b>0,33 a</b>	<b>0,03</b>
<b>HARAS 3</b>	<b>0,97 c</b>	<b>0,10</b>	<b>0,37 a</b>	<b>0,02</b>	<b>0,90 a</b>	<b>0,04</b>	<b>0,39 c</b>	<b>0,02</b>
<b>HARAS 4</b>	<b>0,99 c</b>	<b>0,12</b>	<b>0,37 a</b>	<b>0,04</b>	<b>0,98 c</b>	<b>0,08</b>	<b>0,37 c</b>	<b>0,04</b>
<b>GENERAL</b>	<b>0,98</b>	<b>0,12</b>	<b>0,39</b>	<b>0,05</b>	<b>0,98</b>	<b>0,12</b>	<b>0,38</b>	<b>0,05</b>

*Los subíndices que acompañan a las concentraciones plasmáticas, indican las diferencias estadísticas entre haras; letras distintas, indica que existen diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas entre haras. DE: desviación estándar.*

Las concentraciones plasmáticas obtenidas para los dos grupos, a los 30 días de iniciado el ensayo, se pueden considerar como adecuadas para el Cu (0,85-2,00 mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002), y deficientes para el Zn ( $< 0,50$  mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002), en ambos grupos.

A los 30 días de iniciado el ensayo, las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn fueron estadísticamente similares ( $p \geq 0,05$ ) en ambos grupos.

Si se encontraron diferencias estadísticas significativas en las concentraciones de Cu y Zn ( $p < 0,05$ ), entre los haras que componían el ensayo, para ambos grupos.

En la Tabla 6, se muestran los promedios de las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn obtenidas para ambos grupos, según haras de procedencia y en general, a los 45 días de iniciado el ensayo (muestra n°4).

**Tabla 6.**  
**Concentraciones plasmáticas (mg/dl) promedio de Cu y Zn de los grupos 1 y 2, según el haras de procedencia y en general, a los 45 días de iniciado el ensayo.**

	MUESTREO N°4							
	GRUPO 1(n =24)				GRUPO 2 (n =24)			
	COBRE		ZINC		COBRE		ZINC	
	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE
<b>HARAS 1</b>	<b>0,82 a</b>	<b>0,12</b>	<b>0,43 b</b>	<b>0,09</b>	<b>0,87 a</b>	<b>0,12</b>	<b>0,46 b</b>	<b>0,04</b>
<b>HARAS 2</b>	<b>1,02 b</b>	<b>0,08</b>	<b>0,42 b</b>	<b>0,02</b>	<b>1,09 b</b>	<b>0,13</b>	<b>0,43 b</b>	<b>0,03</b>
<b>HARAS 3</b>	<b>0,95 c</b>	<b>0,09</b>	<b>0,36 a</b>	<b>0,03</b>	<b>0,91a</b>	<b>0,06</b>	<b>0,38 a</b>	<b>0,04</b>
<b>HARAS 4</b>	<b>1,05 b</b>	<b>0,11</b>	<b>0,36 a</b>	<b>0,04</b>	<b>1,11 b</b>	<b>0,13</b>	<b>0,39 a</b>	<b>0,06</b>
<b>GENERAL</b>	<b>0,96</b>	<b>0,13</b>	<b>0,40</b>	<b>0,06</b>	<b>0,99</b>	<b>0,15</b>	<b>0,41</b>	<b>0,05</b>

*Los subíndices que acompañan a las concentraciones plasmáticas, indican las diferencias estadísticas entre haras; letras distintas, indica que existen diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas entre haras. DE: desviación estándar.*

En ambos grupos, las concentraciones plasmáticas promedio de Cu obtenidas a los 45 días de iniciado el ensayo, estuvieron dentro de los rangos considerados normales (0,85-2,00 mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002), sin embargo, las concentraciones plasmáticas obtenidas de Zn, seguían siendo deficientes (<0,50 mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002).

A los 45 días de iniciado el ensayo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0,05$ ) en las concentraciones de Cu y Zn entre los dos grupos sometidos a distintas formas químicas de suplementación.

A los 45 días de iniciado el ensayo, se encontraron diferencias estadísticas significativas en las concentraciones de Cu y Zn ( $p \leq 0,05$ ) en ambos grupos, entre los haras que componían el ensayo.

En la Tabla 7 se muestran las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn, obtenidas para los dos grupos, según el haras de procedencia y en general, a los 60 días de iniciado el ensayo (muestra n°5).

**Tabla 7.**  
**Concentración plasmática (mg/dl) promedio de Cu y Zn de los animales de los grupos 1 y 2, según haras de procedencia y en general, a los 60 días de iniciado el ensayo.**

	MUESTREO N°5							
	GRUPO 1(n =24)				GRUPO 2 (n =24)			
	COBRE		ZINC		COBRE		ZINC	
	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE
<b>HARAS 1</b>	<b>1,10 b</b>	<b>0,11</b>	<b>0,40 b</b>	<b>0,06</b>	<b>1,10 b</b>	<b>0,10</b>	<b>0,39 b</b>	<b>0,02</b>
<b>HARAS 2</b>	<b>1,07b</b>	<b>0,14</b>	<b>0,48 c</b>	<b>0,03</b>	<b>1,09 b</b>	<b>0,14</b>	<b>0,45 c</b>	<b>0,04</b>
<b>HARAS 3</b>	<b>0,97a</b>	<b>0,10</b>	<b>0,29 a</b>	<b>0,01</b>	<b>0,90 a</b>	<b>0,08</b>	<b>0,32 a</b>	<b>0,04</b>
<b>HARAS 4</b>	<b>0,93 a</b>	<b>0,11</b>	<b>0,38 b</b>	<b>0,04</b>	<b>0,96 a</b>	<b>0,13</b>	<b>0,38 b</b>	<b>0,05</b>
<b>GENERAL</b>	<b>1,02</b>	<b>0,13</b>	<b>0,38</b>	<b>0,07</b>	<b>1,01</b>	<b>0,14</b>	<b>0,39</b>	<b>0,06</b>

*Los subíndices que acompañan a las concentraciones plasmáticas, indican las diferencias estadísticas entre haras; letras distintas, indica que existen diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas entre haras. DE: desviación estándar.*

A los 60 días de iniciado el ensayo, las concentraciones plasmáticas promedio de Cu fueron adecuadas (0,85-2,00 mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002) en ambos grupos; sin embargo, las concentraciones plasmáticas de Zn, fueron deficientes (<0,50 mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002), en los dos grupos.

No existieron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn de ambos grupos, a los 60 días de iniciado el ensayo.

Por el contrario, si se encontraron diferencias estadísticas significativas en las concentraciones de Cu y Zn ( $p < 0,05$ ) en ambos grupos, entre los distintos haras que componían el ensayo.

La tabla 8 muestra las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn obtenidas para ambos grupos, según el haras de procedencia y en general, a los 90 días de iniciado en ensayo (muestra n°6).

**Tabla 8.**  
**Concentración plasmática (mg/dl) promedio de Cu y Zn de los animales de los grupos 1 y 2, según el haras de procedencia, a los 90 días de iniciado el ensayo.**

	MUESTREO N°6							
	GRUPO 1(n =24)				GRUPO 2 (n =24)			
	COBRE		ZINC		COBRE		ZINC	
	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE
HARAS 1	1,09 b	0,11	0,30 a	0,06	1,08 b	0,06	0,31 a	0,03
HARAS 2	1,00 c	0,06	0,44 c	0,05	1,14 b	0,12	0,45 c	0,06
HARAS 3	0,88 a	0,12	0,30 a	0,02	0,81 a	0,06	0,27 a	0,04
HARAS 4	0,87 a	0,09	0,36 b	0,02	0,87a	0,07	0,37 b	0,03
GENERAL	0,96	0,13	0,35	0,07	0,98	0,16	0,35	0,08

*Los subíndices que acompañan a las concentraciones plasmáticas, indican las diferencias estadísticas entre haras; letras distintas, indica que existen diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas entre haras. DE: desviación estándar.*

En ambos grupos, las concentraciones plasmáticas de Cu obtenidas a los 90 días de iniciado el ensayo fueron adecuadas (0,85-2,00 mg/dl), según los valores utilizados como referencia (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002); a diferencia de las concentraciones plasmáticas de Zn, las que fueron deficientes ( $< 0,50$  mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002), en ambos grupos.

A los 90 días de iniciado en ensayo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0,05$ ) en las concentraciones de Cu y Zn entre los dos grupos sometidos a distintas formas químicas de suplementación mineral.

Si se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) para ambos grupos, en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn entre los distintos haras que componían el ensayo.

La Tabla 9 muestra las concentraciones plasmáticas obtenidas de Cu y Zn para ambos grupos, según el haras al cual pertenecían y en general, en la muestra final del ensayo (muestra n°7).

**Tabla 9.**  
**Concentración plasmática (mg/dl) promedio de Cu y Zn de los animales de los grupos 1 y 2, según el haras de procedencia y en general, al finalizar el ensayo.**

	MUESTREO N°7							
	GRUPO 1(n =24)				GRUPO 2 (n =24)			
	COBRE		ZINC		COBRE		ZINC	
	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE	PROMEDIO	DE
<b>HARAS 1</b>	<b>1,10 c</b>	<b>0,11</b>	<b>0,40 b</b>	<b>0,06</b>	<b>1,10 c</b>	<b>0,10</b>	<b>0,39 b</b>	<b>0,02</b>
<b>HARAS 2</b>	<b>1,07 b</b>	<b>0,14</b>	<b>0,48 c</b>	<b>0,03</b>	<b>1,09 c</b>	<b>0,14</b>	<b>0,45 c</b>	<b>0,04</b>
<b>HARAS 3</b>	<b>0,97 a</b>	<b>0,10</b>	<b>0,29 a</b>	<b>0,01</b>	<b>0,90 a</b>	<b>0,08</b>	<b>0,32 a</b>	<b>0,04</b>
<b>HARAS 4</b>	<b>0,93 a</b>	<b>0,11</b>	<b>0,38 b</b>	<b>0,04</b>	<b>0,96 b</b>	<b>0,13</b>	<b>0,38 b</b>	<b>0,05</b>
<b>GENERAL</b>	<b>0,94</b>	<b>0,16</b>	<b>0,38</b>	<b>0,05</b>	<b>0,98</b>	<b>0,17</b>	<b>0,40</b>	<b>0,06</b>

*Los subíndices que acompañan a las concentraciones plasmáticas, indican las diferencias estadísticas entre haras; letras distintas, indica que existen diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas entre haras. DE: desviación estándar.*

Las concentraciones plasmáticas obtenidas en la muestra final del ensayo, seguían siendo adecuadas en ambos grupos para el Cu (0,85-2,00 mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002), y deficientes para Zn (<0,50 mg/dl) (Puls, 1994; Wichert *et al.*, 2002).

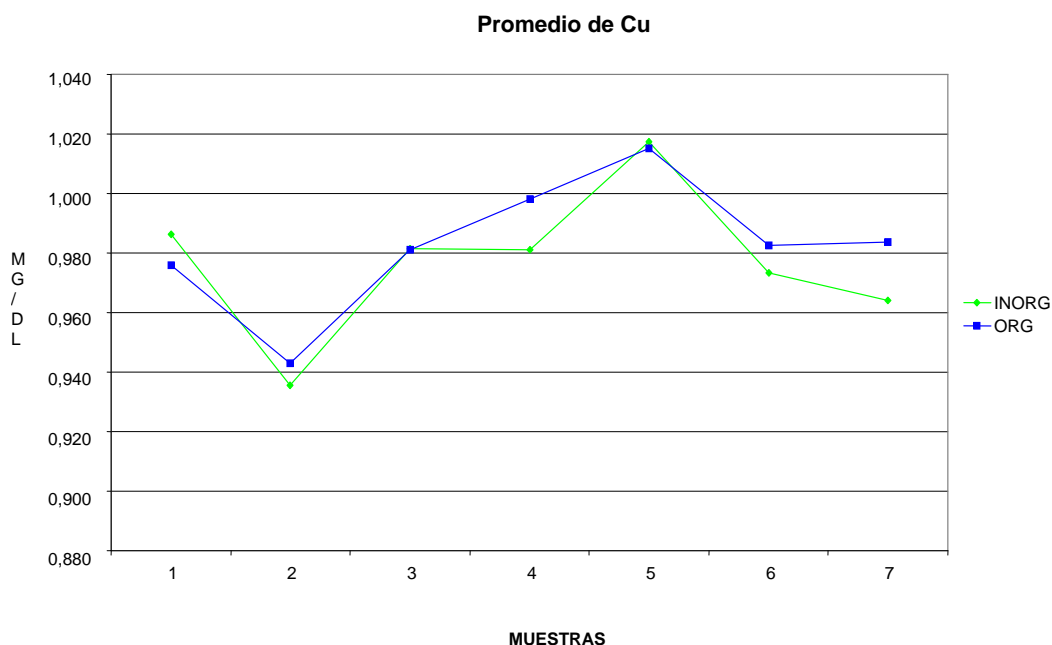
Al final del ensayo, tampoco se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn de ambos grupos.

Si hubo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de Cu y Zn entre los distintos haras que componían el ensayo, para ambos grupos.

El Gráfico 1 muestra las variaciones de los promedios de los niveles plasmáticos de Cu, tanto para el grupo 1 como para el grupo 2, a través del tiempo.

### GRÁFICO 1

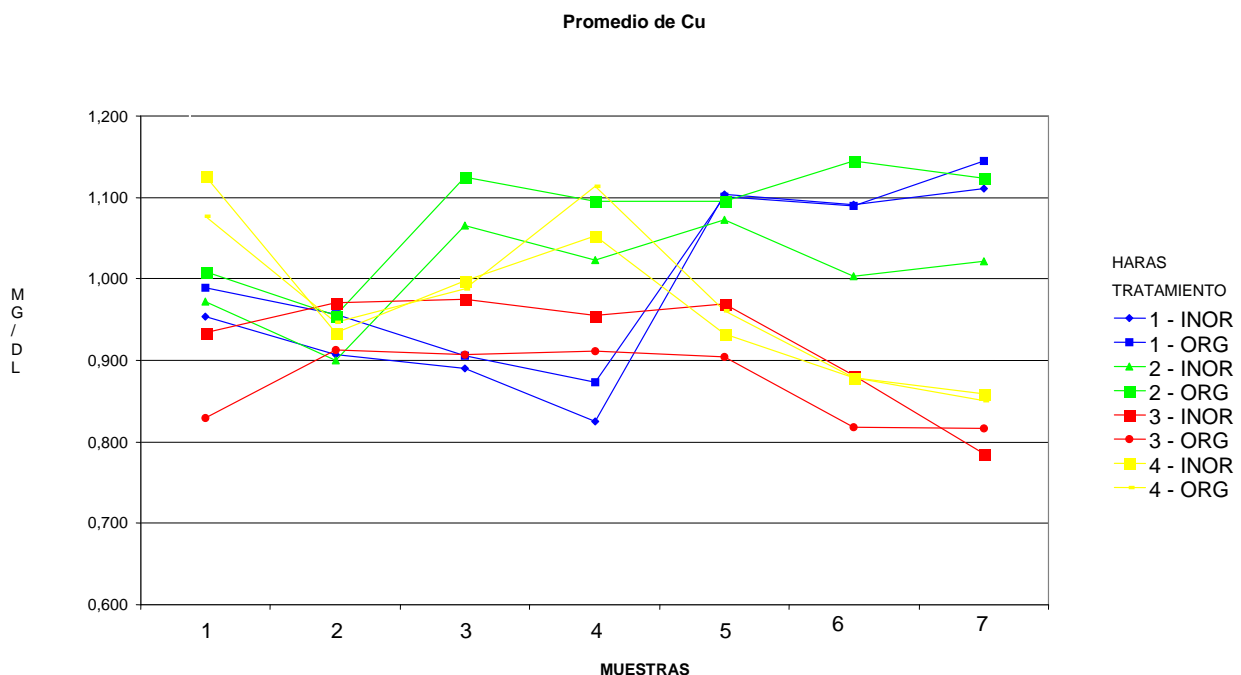
#### Variaciones a través del transcurso del ensayo de las concentraciones plasmáticas promedios de Cu para los grupos 1 y 2.



Los niveles plasmáticos de Cu obtenidos para cada grupo a través del tiempo, pusieron de manifiesto que ambas fuentes de Cu, se comportaron de un modo muy similar.

El Gráfico 2 muestra las variaciones de los promedios de las concentraciones plasmáticas de Cu, obtenidas para ambos grupos a través del tiempo, clasificados según el haras de procedencia de los potrillos.

**GRÁFICO 2**  
**Concentraciones plasmáticas de Cu según tratamiento y haras en el transcurso del ensayo.**



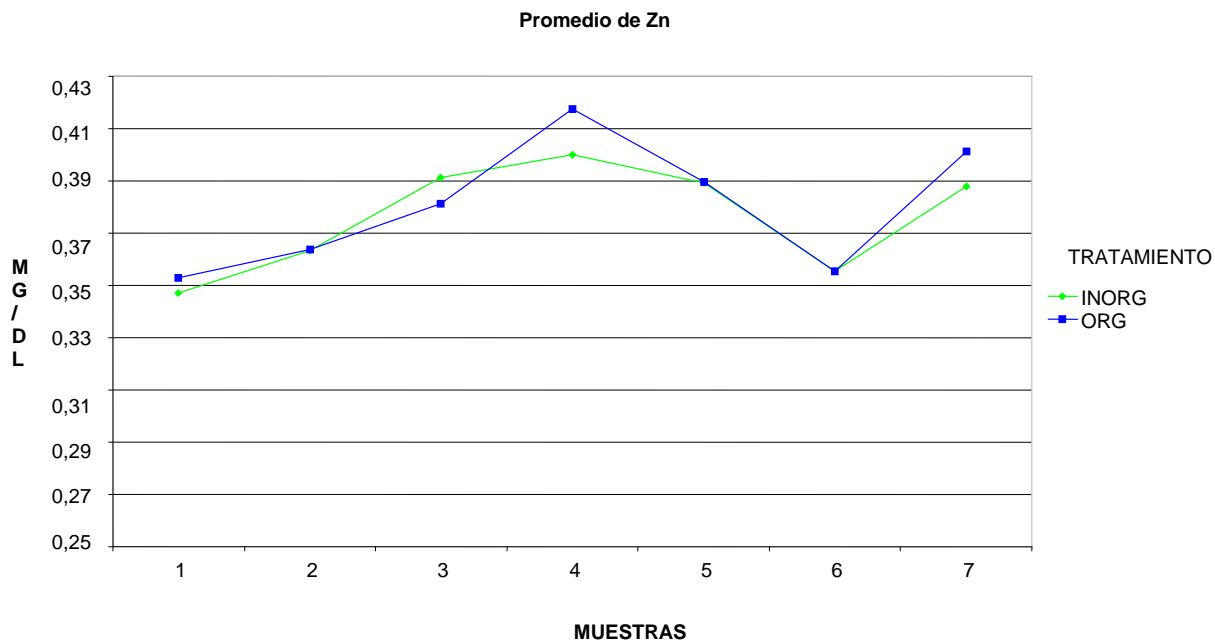
Las concentraciones plasmáticas de Cu obtenidas para cada tratamiento en los distintos muestreos para cada haras, respaldan los comentarios expuestos anteriormente para las Tablas 2 a la 9

El Gráfico 3, muestra las variaciones de los promedios de las concentraciones plasmáticas de Zn, obtenidas para ambos grupos a través del tiempo.



### GRÁFICO 3

Variaciones a través del transcurso del ensayo de las concentraciones promedios plasmáticas de Zn para los grupos 1 y 2.

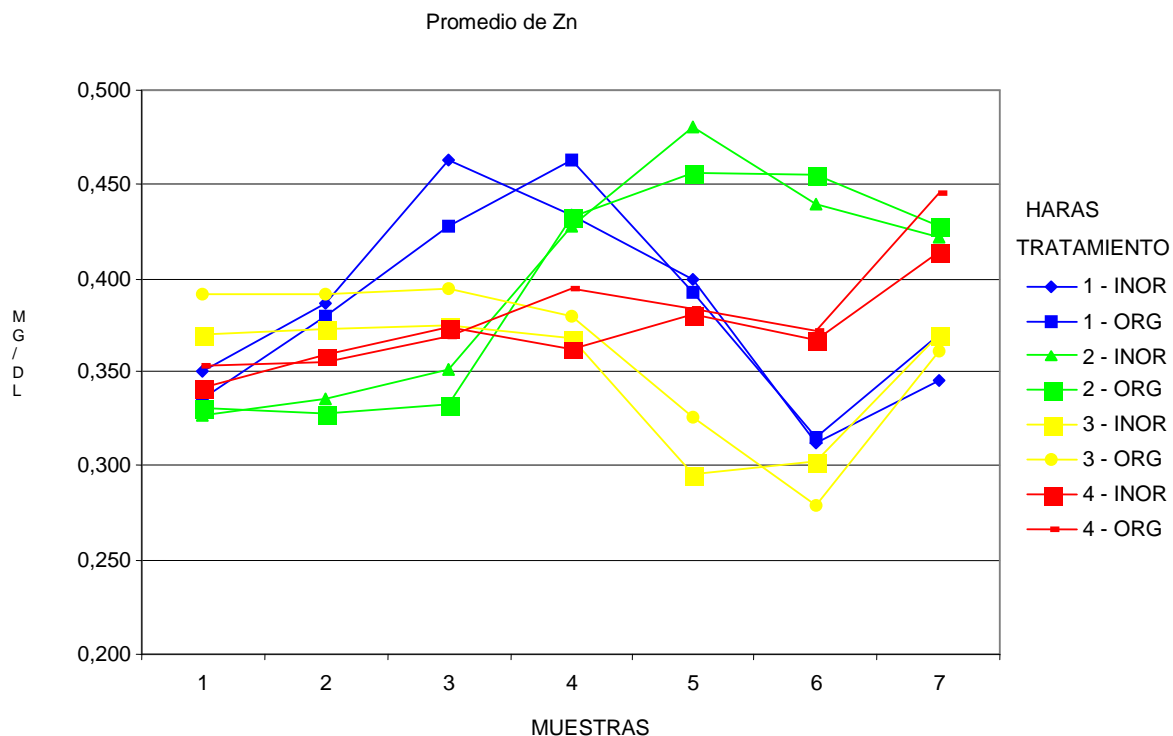


En el caso del Zn, las concentraciones plasmáticas de este mineral en los dos grupos suplementados con fuentes minerales distintas, se comportaron de una forma muy similar a través del tiempo.

El Gráfico 4 muestra el comportamiento de las concentraciones plasmáticas de Zn obtenidos a través del tiempo, para los dos tratamientos, en cada uno de los haras que componían el ensayo.

## GRÁFICO 4

### Concentraciones promedios plasmáticas de Zn según tratamiento y haras en el transcurso del ensayo.



Las concentraciones plasmáticas de Zn obtenidas para cada tratamiento, en los distintos muestreos de cada haras, avalan los comentarios expuestos en las Tablas 2 a 9, en relación a las diferencias en las concentraciones plasmáticas entre los distintos haras que componían el ensayo.

También se observó, que no existían diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) en las concentraciones plasmáticas promedio de Cu, al comparar el efecto sexo ( $p = 0,3707$ ) entre los distintos tratamientos; en el caso del Zn ( $p = 0,2027$ ), tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) al relacionar el efecto sexo con las distintas formas de suplementación mineral.

## 7. DISCUSIÓN

Para todos los criadores del país, es conocida la importancia que tienen los minerales para un normal crecimiento y desarrollo de los FSC, lo cual se reflejará en su posterior desempeño como atleta; pero, a pesar de esto, es limitada la relevancia y el conocimiento que se tiene sobre las funciones y los aportes nutricionales necesarios para el Cu y el Zn.

Con el fin de que el presente estudio grafique de la mejor forma posible el efecto nutricional sobre ambos microminerales de dos formas químicas distintas de suplementación en los potrillos FSC, criados en los distintos haras que fueron seleccionados, se hace fundamental aunar criterios con el resto de los investigadores.

Diferentes estudios han sido publicados en relación a los parámetros bioquímicos utilizados para el estudio del estado nutricional del Cu y el Zn, como la determinación de la actividad de la superóxido dismutasa, ceruloplasmina y concentraciones plasmáticas de Cu y Zn, en distintas razas equinas (Novelli *et al.*, 1993). Al momento de decidir cual sería el criterio más adecuado para determinar el estatus de Cu y Zn, se consideró como la expresión más adecuada las concentraciones plasmáticas de ambos minerales.

A pesar de que existe poca información en relación a la determinación de las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn (Novelli *et al.*, 1993), se debe tener presente que Pearce *et al.* (1998b) demostró que suplementaciones de Cu hechas en yeguas madres en el ultimo tercio de gestación y en sus potrillos en los primeros tres meses de vida, resultaban en un incremento en la concentración de Cu hepático tanto en yeguas como en los potrillos, pero en ninguno de los dos casos las concentraciones plasmáticas de Cu variaban; También, es conocido que los niveles hepáticos de Cu disminuyen después de una semana al consumir bajas cantidades de Cu, pero no se producen modificaciones en las concentraciones plasmáticas (Kehoe *et al.*, 2000). Este mismo autor, indicó que las concentraciones plasmáticas de Cu no responden a pequeñas manipulaciones del Cu dietario y podrían no ser sensibles a un estatus subóptimo de Cu, por lo que se puede

deducir, que, a pesar de ser la concentración hepática de Cu el mejor indicador del metabolismo cúprico (Jeffcott, 1998), las concentraciones plasmáticas se presentan con una mayor estabilidad. Por otro lado, Suttle *et al.* (1996), indicaron que las concentraciones plasmáticas de Cu reflejaban los niveles de Cu hepático en caballos FSC. Sin embargo, Berger (1993), pese a concordar con los autores anteriores en que el hígado es el mejor indicador del metabolismo cúprico, difiere en el hecho de considerar a las concentraciones plasmáticas como un buen indicador del metabolismo mineral, siendo para él, la concentración de ceruloplasmina y la actividad de la superóxido dismutasa los mejores indicadores del estatus cúprico sanguíneo.

Por otra parte, según Bidell (2001), las concentraciones plasmáticas de Zn reflejan los excesos o deficiencias de este mineral en la dieta, pero no las variaciones pequeñas, en cambio, las concentraciones hepáticas de Zn son muy sensibles a los cambios dietarios, siendo este el mejor indicador del metabolismo del zinc.

Pese a existir evidencias de que las concentraciones hepáticas son el mejor indicador de los niveles de Cu y Zn en el organismo, se eligió la concentración plasmática como indicador de la adecuación del Cu y Zn por ventajas de manejo y de limitaciones prácticas para medir los minerales por punción hepática.

Al analizar las concentraciones plasmáticas (mg/dl) promedio de Cu y Zn encontradas antes del inicio del ensayo, podemos observar que tanto en el grupo 1 (Cu = 0,99 , Zn = 0,34 ) como en el grupo 2 (Cu = 0,94, Zn = 0,36) las concentraciones de Cu están en el rango considerado como normal, según la literatura usada como referencia (Tabla 2); sin embargo, las concentraciones de Zn eran inferiores a las consideradas como normales, las cuales están descritas en la literatura usada como referencia (Puls,1994 y Wichert *et al.*, 2002), pero, a pesar de esto, los resultados obtenidos en este estudio fueron similares a los de De Auer y Seawright (1988) al determinar las concentraciones plasmáticas de Zn y Cu de FSC en criaderos.

Por otro lado, al finalizar el ensayo, las concentraciones plasmáticas promedio, tanto en el grupo 1 suplementado con una mezcla vitamínico-mineral inorgánica, como en el grupo 2 suplementado con una mezcla vitamínico-mineral orgánica fueron similares. El grupo 1 tenía una concentración plasmática final de Cu de 0,94 mg/dl y de 0,38 mg/dl para el Zn, y para el grupo 2 se registró una concentración plasmática final de Cu de 0,98 mg/dl y de 0,40 mg/dl para el Zn, resultados muy parecidos a los encontrados antes de iniciar el ensayo, y que por cierto, mantienen las concentraciones de Cu en los rangos normales, según los valores utilizados como referencia, descritos por Puls (1994) y Wichert *et al.* (2002), pero además, los niveles de Zn continuaron siendo deficientes en ambos grupos, según las tablas usadas como referencia, citadas anteriormente (Puls1994; Wichert *et al.*, 2002).

De las concentraciones de Zn encontradas en ambos grupos, se podría inferir que la cantidad suplementada de este mineral fue insuficiente; sin embargo, los animales que componían este ensayo provenían de distintos criaderos, por lo tanto, la dieta que recibían era distinta, es por esto que, es más factible pensar que la deficiencia en las concentraciones plasmáticas de Zn encontradas en el estudio, son producto de las interacciones biológicas negativas de este micromineral, como lo planteado por Bremner y Beattie (1995), que describen que el Cu y el Zn son microminerales antagonistas en las dietas animales, por lo que un aumento en cantidad de Cu ingerida, disminuye la biodisponibilidad de Zn. Por otro lado, Rink y Gabriel (2000), indican que altos niveles de magnesio, cadmio, calcio y hierro en las dietas, disminuyen la biodisponibilidad de Zn, junto con disminuir su reabsorción renal; lo mismo ocurriría con la presencia de fitatos y fosfatos en los alimentos.

Cymbaluk *et al.* (1986) y Diaz *et al.* (2002) presentaron trabajos en los que mostraron el efecto de la edad sobre las concentraciones plasmáticas de los minerales. Todos concordaron en que la edad no influencia los niveles plasmáticos de Zn, lo que permite descartar el efecto edad, en las bajas concentraciones plasmáticas encontradas para el Zn, en los dos grupos estudiados.

Al observar el efecto de la variable tiempo, en el cual se realizó el ensayo, se determinó que no existían diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para ambos minerales, entre los tiempos en los cuales se tomaron las muestras respectivas y la forma de suplementación utilizada, lo que nos permite inferir que el tiempo de duración del ensayo, no genera considerables cambios en los niveles plasmáticos de ambos minerales, los que se mantienen constantes a lo largo del estudio. Concordando con Baker (2002), quien no encontró diferencias en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn en potrillos de un año de edad, que habían recibido un suplemento vitamínico mineral de dos fuentes minerales distintas (orgánico e inorgánico) por un periodo de 4 meses; sin embargo, Jackson y Pagan (1993) si encontraron grandes diferencias en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn, en potrillos suplementados con dos mezclas de minerales distintas (orgánico v/s inorgánico) en un ensayo que tuvo 6 meses de duración.

Por otro lado, estudios experimentales hechos sobre suplementación mineral, recomiendan que las cantidades de nutrientes a utilizar, incluyendo los minerales trazas, deben ser entregadas por al menos 60 días antes de comenzar el experimento, para evitar el efecto residual de dietas previas al estudio, por lo que se estima que el efecto de una dieta sobre la homeostasis de ambos minerales requiere de al menos, dos meses para poder ser evaluados (Ott y Asquith, 1995), por lo tanto, podemos deducir, que las concentraciones encontradas al final de nuestro estudio, si reflejan el efecto de las mezclas suministradas sobre la homeostasis de los minerales, dado el tiempo transcurrido desde el inicio del estudio hasta su fin.

Al analizar el efecto de la variable sexo sobre las concentraciones plasmáticas de ambos minerales, en los dos grupos estudiados, se evidenció que no existían diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los niveles plasmáticos de ambos minerales entre machos y hembras, tanto para el grupo 1 como para el grupo 2, por lo que se asume que los animales responden de la misma forma a la suplementación mineral dada en cada grupo, independiente de su sexo. Datos que difieren de los entregados por Novelli *et al.* (1993) quienes indican que las hembras poseen menor cantidad de Cu plasmático que los machos, en cambio para el Zn no observó ninguna diferencia.

Caso contrario es el que ocurre con el análisis hecho sobre la variable haras, que, dentro de nuestro estudio, reveló que existían diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los diferentes haras desde donde provenían los animales, para los dos grupos estudiados.

Esto concuerda con lo expuesto por Jeffcott (1998), quien propone que existen variados componentes que pueden influir en la adecuación nutricional del Cu y el Zn, tales como componentes individuales, factores medioambientales y composición dietaria, entre otros. Además, Pearce *et al.* (1998a), concuerda con lo expuesto anteriormente, dándole un importante rol al medioambiente en que viven los animales, así como también, a la estación del año en que se toman las muestras y al manejo al que son sometidos los caballos, sobre las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn.

Los animales que componían este estudio provenían de 4 criaderos distintos, los cuales, alimentaban a sus animales de acuerdo a lo que ellos estimaban como óptimo. Estos criaderos se encontraban en distintas zonas de la Región Metropolitana, con diferentes tipos de pradera, que eran fertilizadas de acuerdo a cada haras y además, los animales tenían un manejo distinto en relación a su alimentación, dependiendo del criadero al cual pertenecían, siendo la suplementación mineral dada en este estudio, el factor en común que poseían, dependiendo del grupo al cual fueron asignados.

Es por esto, y avalado por lo expuesto por Jeffcott (1998) y por Pearce *et al.* (1998a) que la diferencia encontrada entre los distintos haras que componían el estudio, fue considerada como normal, teniendo presente los múltiples factores que pueden incidir en las concentraciones plasmáticas de estos minerales, los cuales no eran posible manejar en este estudio.

Finalmente, al revisar los resultados del análisis hecho a las formas de suplementación utilizadas en este estudio, se pudo comprobar que no existían diferencias

significativas ( $p > 0.05$ ) entre los animales que recibieron el suplemento vitamínico-mineral en forma inorgánica con los animales que recibieron este suplemento en forma orgánica, siendo los resultados, similares entre el grupo 1 y el grupo 2 a lo largo del estudio.

Numerosos estudios han sido publicados en relación al uso de suplementos minerales orgánicos v/s suplementos minerales inorgánicos, los cuales han sido realizados en ratas, cerdos y vacas. Estos estudios han notado mejoras en la reproducción, inmunidad, producción de leche y crecimiento, en las dietas que contienen minerales orgánicos, sin embargo, muy pocos estudios han sido realizados en equinos; mientras algunas de estas investigaciones han tenido resultados no concluyentes, hay otras que han hallado numerosos beneficios al usar suplementos minerales en forma orgánica.

Ott y Asquith (1995) encontraron que los potrillos alimentados con minerales en forma orgánica tenían una mayor tasa de crecimiento que aquellos que eran alimentados con un suplemento mineral en forma inorgánica.

Vandergrift (1993) indicó, que el uso de suplementos minerales de forma orgánica en dietas de potrillos de un año de edad, tienen una mejor biodisponibilidad que los suplementos minerales inorgánicos, además de mejorar el estatus inmunológico de los potrillos.

Lawrence (2003) comparó el efecto de suplementar Cu, Zn y Mg en forma inorgánica con una mezcla de minerales en forma orgánica en potrillos FSC, llegando a la conclusión de que no existían evidencias definitivas que permitieran aseverar que la mezcla de minerales en forma orgánica tenía mayores ventajas en biodisponibilidad y absorción que la mezcla mineral en forma inorgánica.

Por otro lado, Baker (2002) indicó que los animales suplementados con la forma orgánica de minerales tuvieron significativamente mayor digestibilidad, retención diaria, retención como porcentaje de ingestión del Cu, y significadamente mayor retención diaria



aparente de Zn comparados con aquellos animales que fueron suplementados con las formas inorgánicas de esos minerales; sin embargo, no encontró diferencias entre las fuentes minerales sobre el promedio de las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn. Al contrario de lo encontrado por Baker (2002), Jackson y Pagan (1993) demostraron que al suplementar potrillos finasangre de carreras con una mezcla orgánica de minerales, los niveles plasmáticos de Cu y Zn aumentaban considerablemente. En otro estudio (Pearce *et al.*, 1998c), se encontró que las suplementaciones minerales hechas en potrillos, no incrementaban los niveles plasmáticos de Cu, pero si aumentaba el almacenamiento de Cu en hígado.

Finalmente, y en base a los resultados obtenidos en este estudio, en el cual no se encontraron diferencias entre las dos formas químicas de suplementación utilizadas sobre la concentración plasmática de Cu y Zn, es necesario hacer notar que a pesar de no encontrar diferencias, existen estudios que si avalan las ventajas de utilizar los minerales en forma orgánica como suplemento; en el caso nuestro, diversos factores como, las diferencias entre los criaderos utilizados, la cantidad de suplemento proporcionada a cada animal y las limitaciones tanto prácticas como económicas para elegir el tipo de muestra, hacen imprescindible elaborar nuevas líneas de investigación que contribuyan a dilucidar las reales ventajas, si es que las hay, de los suplementos minerales orgánicos sobre los suplementos de minerales inorgánicos.

## 8. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos es posible concluir que:

- Las concentraciones plasmáticas de Cu se encuentran dentro de los valores mencionados como normales en la literatura consultada, sin embargo, los valores de las concentraciones plasmáticas de Zn, se encuentran bajo los rangos normales descritos en la literatura.

- No se encontraron diferencias significativas, al comparar el efecto de 20 g de una mezcla vitamínico-mineral en forma orgánica con el efecto de la misma cantidad de una mezcla vitamínico-mineral en forma inorgánica, sobre las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn en potrillos finasangre de carrera.

- No existen diferencias significativas en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn, según sexo del animal y tiempo de duración del ensayo.

- Existen diferencias significativas en las concentraciones plasmáticas de Cu y Zn, entre los animales de los distintos haras que componían este estudio.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- **A.O.A.C INTERNATIONAL:** Association of official analytical chemist. 1995. Official methods of analysis. Ed. By A.O.A.C. 16 th. Ed. Virginia, U.S.A. 238 p.
- **BAKER, L.A.** 2002. The effect of supplemental inorganic and organic forms of copper and zinc on digestibility and growth in yearling geldings in training. **In:** 18<sup>th</sup> Annual Feed Industry Symposium. Lexington, Kentucky, USA. 13 –15 may. Alltech. P-38.
- **BAUCUS, K.L.; RALSTON, S.L.; RICH, G.A.; SQUIRES, E.L.** 1989. The effect of copper and zinc supplementation on mineral content of mare's milk. Equine Vet. J. 9 (4): 206-209.
- **BERGER, L.L.** 1993. Effective Copper nutrition for farm animals. [En línea] Salt institute. < <http://www.saltinstitute.org/stm-3.html> > [consulta: 17-06-2004].
- **BIDELL, J.R.** 2001. More need for mineral today. [En línea] Equinevetnet. < <http://www.equinevetnet.com/nutrition/neutraceuticals/minerals.html> > [consulta: 10-09- 2003].
- **BLALOCK, T.; DUNN, M.; COUSINS, R.** 1988. Metallothionein gene expression in rats: tissue-specific regulation by dietary copper and zinc. J. Nutr. 118: 222-228.
- **BREMNER, I.; BEATTIE, J.** 1995. Copper and Zn metabolism in health and disease: speciation and interactions. Proc. Nutr. Soc. 54: 489-499.
- **BRIGGS, K.** 1998. Amazing minerals. [En línea] The Horse interactive. < <http://www.thehorse.com/advancedsearch.ase?aid=2098> > [consulta: 22-08-2004].
- **COUSINS, R.** 2001. Zinc. [En línea] University of Florida, food science and human nutrition dept < <http://www.drlera.com/MINERALS/zinc.html> > [consulta: 06-09-2003].
- **CYMBALUK, N.; CHRISTENSEN, D.; BRISTOL, F.** 1986. Influence of age and breed of equid on plasma copper and Zn concentrations. Am. J. Vet. Res. 47 (1): 192-195.
- **DE AUER, J.C; SEAWRIGHT, A.A.** 1988. Assessment of copper and Zn status of farm horses and training thoroughbreds in southeast Queensland. Aust. Vet. J. 65 (10): 317-320.
- **DIAZ, C.; HENRIQUEZ, P.; LOPEZ, F.; RODRIGUEZ, E.; SERRA, L.** 2002. Serum copper and zinc concentrations in a representative sample of the canarian population. J. Trace Elem. Med. Biol. 16 (2): 75-81.

- **EMERICK, R.; KAYONGO-MALE, H.** 1990. Interactive effect of silicon, copper and Zn in the rat. *J. Nutr.* 1: 34-40.
- **FRAKER, P.J.; KING, L.E.; LAAKO, T.; VOLLMER, T. L.** 2000. The dynamic link between the integrity of the immune system and zinc status. *J. Nutr.* 130: 1399s-1406s.
- **GEE, E.K; GRACE, N.D; FIRTH, E.C; FENNESSY, P.F.** 2000. Changes in liver copper concentration of thoroughbred foals from birth to 160 days of age and the effect of prenatal copper supplementation of their dams. *Aust. Vet. J.* 78 (5): 347-353.
- **GEE, E.K; MOREL, P.C.H; MOGG, T.D; GRACE, N.D; FIRTH, E.C; FENNESSY, P.F.** 2004. Liver copper kinetics in thoroughbred foals at pasture from birth to 160 days of age. *New Zealand Vet. J.* 47: 109-118.
- **HAND M.S; THATCHER C.D; REMILLARD R.L; ROUDEBUSH P.** 2000. *Minerales. In: Nutrición Clínica en pequeños animales. 4ª ed. Inter.-médica, Buenos Aires, Argentina. pp. 76-92.*
- **HINTZ, H. F.** 1992. *Minerales. In: Robinson, E. Terapéutica actual en medicina equina. Inter.-médica. Buenos Aires, Argentina. pp.422- 435.*
- **HINTZ, H.F; CYMBALUK, N.F.** 1994. Nutrition of the horse. *Ann. Rev. Nutr.* (14): 243-267.
- **HINTZ, H.F.** 1996. Mineral requirements in the horse: a historical perspective. [En línea] *Kentucky Equine Research.* <  
< <http://www.ker.com/archives/proceedings/sc96/1/index.html> > [consulta: 12-06-2002]
- **JACKSON, S.G.** 1997. Trace minerals for the performance horse known biochemical roles and estimated of requirements. [En línea]. *Kentucky Equine Research.* <  
< <http://www.ker.com/archive/proceedings/sc97/14/index.html> > [consulta: 12 –06-2002]
- **JACKSON, S.G.; PAGAN, J.** 1993. Effect of trace mineral supplement form on levels of Copper, Zinc and Selenium in weanling horses. *In: 9<sup>th</sup> Annual Feed Industry Symposium. Lexington, Kentucky, USA. 7-9 abril. pp. 49 – 51.*
- **JACKSON, S.** 2000. Trace minerals for the performance horse known biochemical roles and estimates of requirements. [En línea]. *Kentucky Equine Research.* <  
< <http://www.ker.com/library/archive/proceedings/sc97/14/index.html> > [consulta: 18/11/2004].
- **JEFFCOTT, L.B; DAVIES, M.E.** 1998. Copper status and skeletal development in horses: still a long way to go. *Equine Vet. J.* 30 (3): 183-185.

- **JONAS, J.; BURNS, J.; ABEL, E.W.; CRESSWELL, M.J.; STRAIN, J.J.; PATERSON, C.R.;** 1993. Impaired mechanical strength of bone in experimental copper deficiency. *Ann. Nutr. Metab.* 37 (5): 245-242.
- **KAPPER, D.** 1992. Elements of nutrition: A Primer for Practitioners. AAEP convention Proceedings 1992. **In:** AAEP on CD 2000/2001 Edition. pp 399-413.
- **KEHOE, C.A; FAUGHNAN, M.S; GILMORE, W.S; COULTER, J.S; HOWARD, A.N; STRAIN, J.J.** 2000. Plasma deamine oxidase activity is greater in copper adequate than copper marginal or cooper deficient rats. *J. Nutr.* 130: 30- 33.
- **KNIGHT, D.A; WEISBRODE, S.E; SCHMALL, L.M; REED, S.M; GABE, A.A; BRAMLAGE, L.R; TYZNIK, W.I.** 1990. The effects of copper supplementation on the prevalence of cartilage lesion of foals. *Equine Vet. J.* 22 (6). pp 426- 432.
- **KRONFELD, D.S; MEACHAM, T.N; DONOGHUE, S.** 1990. Dietary aspects of developmental orthopedic disease in young horses. *Vet. Clin. North. Amer. Equine Pract.* 6 (2): 451-465.
- **LAWRENCE, L.** 2003. The magnificent seven. [En línea]. The horse interactive. < <http://www.thehorse.com/advancedsearch.ase?aid=4386> > [consulta: 22- 08- 2004]
- **LINDER, M.** 1991. Biochemistry of copper. Plenum Press. New York, U.S.A. 50 p.
- **LÖNNERDAL, B.** 2000. Dietary factors influencing Zinc absorption. *J. Nutr.* 130: 1378s-1383s.
- **MEDEIROS, D.** 2001. Copper. [En línea] Ohio state university, dept of human nutrition< <http://www.drlera.com/MINERALS/copper.html> > [consulta: 22- 12- 2004]
- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC).** 1989. Nutrient requirement of horses. 5<sup>th</sup> ed. National Academy Press, Washington D.C. 200 p.
- **NOVELLI, E.L; RODRIGUES, N.L; CHIACCHIO, S.B.** 1993. Clinical biochemical determinations in the Mangalarga-Paulista horse: reference values. *Acta Vet. Hung.* 41 (1-2): 151-158.
- **OTT, E.** 1990. Dietary nutrient allowances for horses. *Feedstuffs* 62: 88-91.
- **OTT, E.A., ASQUITH, R.L.** 1989. The influence of mineral supplementation on growth and skeletal development of yearling horses. *J. Anim. Sci.* 67 (11): 2831-2840.
- **OTT, E.A., ASQUITH, R.L.** 1995. Trace minerals supplementation of Yearling horses. *J. Anim. Sci.* 73 (2): 466-471.

- **PATTERSON, J. A; SWENSON, C. K; ANSOTEGUI, R. P; WELLINGTON, B.** 2002. The absorption of copper and zinc by cattle consuming diets containing the antagonists molybdenum, sulphur and iron.[en linea] animal and range science, extension service Montana state university. <  
[http://www.animalrangeextension.montana.edu/articles/beef/copper/absorption\\_copper.htm](http://www.animalrangeextension.montana.edu/articles/beef/copper/absorption_copper.htm)>  
[consulta: 12- 01- 2005]
- **PEARCE, S. G.; FIRTH, E. C.; GRACE, N. D.; FENNESSY, P. F.** 1998 a. Effect of copper supplementation on the evidence of developmental orthopedic disease in pasture-fed New Zealand thoroughbreds. *Equine Vet. J.* 30 (3): 211-218.
- **PEARCE, S. G.; FIRTH, E. C.; WITCHEL, J.J; GRACE, N. D.; FENNESSY, P. F.** 1998 b. Effect of copper supplementation on copper status of pregnant mares and foals. *Equine Vet. J.* 30 (3): 200-203.
- **PEARCE, S. G.; FIRTH, E. C.; WITCHEL, J.J; GRACE, N. D.; HOLLE, S. A; FENNESSY, P. F.** 1998 c. Effect of copper supplementation on the copper status of pasture-fed young thoroughbreds. *Equine Vet. J.* 30 (3): 183-5.
- **PROHASKA J.R.** 1990. Biochemical changes in copper deficiency. *J. Nutr. Biochem.* (1) 452-461.
- **PULS, R.** 1994. Minerals levels in animal health. Ed. Sherpa Internacional. Clearbrock, British Columbia, Canada. 356 p.
- **RINK, L.; GABRIEL, P.** 2000. Zinc and the immune system. *Proc. Nutr. Soc.* 59: 541-552.
- **ROODNEY, D.** 1998. Clinical nutrition. **In:** Reed, S.; Bayly, W. *Equine internal medicine.* W.B. Saunders, Philadelphia, U.S.A. pp. 216-250.
- **SPEARS, J.W.** 1991. Advances in mineral nutrition in grazing ruminants. **In:** Proceedings of the Grazing Livestock Nutrition Conf. Steamboat Springs, Colorado, USA. 2-3 Agosto. p 138.
- **SUTTLE, N.F; SMALL, J.N.W; COLLINS, E.A; MASON, D.K; WATKINS K. L.** 1996. Serum and hepatic copper concentrations used to define normal, marginal and deficient copper status in horses. *Equine Vet. J.* 28 (6): 497-499.
- **VANDERGRIFT, B.** 1993. The role of mineral proteinates in immunity and reproduction – What do we really know about them. **In:** Proceedings of Alltech 9<sup>th</sup> annual symposium: biotechnology in the feed industry. Lexington, Kentucky, USA. 7-9 Abril. p.27.

- **WASTEY, M; HOUSE, W; BARNES, R.** 2000. Kinetics of zinc metabolism: variation with diet, genetics and disease. *J. Nutr.* 130: 155s – 159s.
- **WEISS, K. C; LINDER, M.C.** 1985. Copper transport in rats involving a new plasma protein. *Am. J. Physiol.* 249: 77-88.
- **WICHERT, B; FRANK, T; KIENZLE, E.** 2002. Zinc, copper and selenium intake and status of horses in Bavaria. *Amer. Soc. Nutr. Sci.* 132: 1776s – 1777s.
- **YARDICK, M; KENNEY, M; WINTERFIELD, E.** 1989. Iron, copper and zinc status: response to supplementation with Zn or Zn and in adult females. *Amer. J. Clin. Nutr.* 49, 145- 150.