

Martin, Santiago

Perfil mineral del caballo de polo en reposo y post-ejercicio en relación a su alimentación

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Martin, S. 2016. Perfil mineral del caballo de polo en reposo y post-ejercicio en relación a su alimentación [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/perfil-mineral-caballo-polo-reposo.pdf> [Fecha de consulta:.....]

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA**

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

**“Perfil mineral del caballo de Polo en reposo y post -
ejercicio en relación a su alimentación”**

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: Santiago Martin

Profesor Tutor: Gustavo Perrone

Fecha: 23/02/2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS GENERALES

Resumen	3
Introducción y objetivos	4
Materiales y métodos	13
Resultados	15
Discusión	17
Conclusión	25
Bibliografía	26

RESUMEN

El perfil mineral de los caballos en reposo y post ejercicio es un indicador para evaluar tanto la aptitud física y el nivel de entrenamiento de un caballo, como las deficiencias en la dieta. Los objetivos del trabajo fueron evaluar y comparar cambios en los valores de variables sanguíneas en reposo y después del ejercicio en caballos que practican polo, evaluar la dieta que consumen dichos caballos y formular una ración que cubra los desbalances minerales producidos por una dieta incorrecta. El estudio fue realizado en el establecimiento El Relincho, ubicado en la localidad Cañuelas (Buenos Aires, Argentina). Se monitorearon los cambios producidos post ejercicio en las siguientes variables: Albúminas (Alb), Proteínas totales (PPT), Depuración Instantánea de Calcio (DlCa), Depuración Instantánea de Fósforo (DlP), Depuración Instantánea de Magnesio (DlMg), Sodio (Na), Potasio (K), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Hierro (Fe) en seis (6) caballos de Polo, de bajo hándicap. Se obtuvieron datos en reposo (T0) y a los 10 minutos (T1) post ejercicio. Se hallaron elevaciones significativas en distintos tiempos en Alb y K, la DlP disminuyó significativamente a T1. Los valores de PPT, Na, DlMg, DlP, Cu Fe, Mn, y Zn no presentaron diferencias significativas para T0 y T1. El estudio de la pastura mostró deficiencias en Na, Ca, P, Zn y Cu. El perfil mineral basal de los equinos analizados, a excepción del P y K, no se vio modificado en post ejercicio como consecuencia del deporte analizado. Se debe suplementar con una dieta equilibrada en nutrientes para corregir las deficiencias minerales evidenciadas en pre y post ejercicio, causadas por una alimentación basada exclusivamente en una pastura de gramínea. Existió coincidencia con la bibliografía analizada confirmando, junto con el análisis de las variables, una clasificación del Polo como un ejercicio de larga duración con esfuerzos periódicos máximos.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La Medicina Deportiva Equina, mas específicamente la Fisiología del ejercicio, es una especialidad relativamente nueva. Surge en 1950 cuando el caballo comienza a perder terreno como herramienta de trabajo y simultáneamente comienza a cobrar mayor relevancia en la recreación. La expansión fue gradual, pero en los últimos 20 años y ayudada por el gran desarrollo tecnológico, tuvo un crecimiento sumamente importante (Federico M. Boffi, 2007).

A pesar de que el negocio del caballo representa un gran ingreso y continúa expandiéndose, poco ha cambiado en el manejo de los mismos. La principal causa es la falta de elevado conocimiento de las personas que entrenan a los caballos sobre aspectos referentes al manejo, la nutrición y entrenamiento de los mismos.

Todos los caballos que participan en competencia deben ser sometidos a un plan de entrenamiento. Entrenar demanda planificación, y ésta se encuentra sujeta al conocimiento que uno debe tener de los mecanismos fisiológicos de respuesta y adaptación al ejercicio, así como también demanda conocimiento de otras áreas estrechamente ligadas. La finalidad del entrenamiento es desarrollar un atleta que expresa el máximo de su potencial, y que tenga una campaña o vida deportiva lo más duradera posible con el menor número de lesiones (Federico M. Boffi, 2007).

Lo primero que hay que saber cuando se diseña un plan de entrenamiento son las características que debe poseer un caballo que participa en una disciplina ecuestre determinada. A estas características podemos resumirlas en resistencia, velocidad y fuerza (Federico M. Boffi, 2007).

El polo es un deporte de equipos donde cada uno de los mismos consta de 4 jugadores. Un juego tiene generalmente 6 chukkers de 7,5 minutos netos de duración. La cancha posee 274 metros de longitud y 183 metros de ancho.

Se puede decir en forma práctica que hay tres tipos de caballos de polo:

- 1) De alto hándicap, con alta velocidad, muy maniobrables y de buenos movimientos transversales.
- 2) De mediano hándicap, caballos menos veloces pero más equilibrados, con movimientos transversales más duros
- 3) De bajo hándicap, de poca velocidad pero muy maniobrables.

Es un deporte de alta intensidad que se juega alternando períodos de galope liviano con cortas distancias a máxima o casi máxima velocidad en los cuales predominan mecanismos anaerobios en la obtención de energía para el trabajo muscular, denominado ejercicio máximo (Perrone y Caviglia, 2004).

Durante el ejercicio realizado se producen diversos cambios en la distribución y composición de los líquidos y electrolitos del plasma. Dichos cambios son dirigidos principalmente a favorecer la pérdida de calor producido por el aumento de la actividad metabólica destinada a sostener la mayor demanda

de energía necesaria para realizar trabajo muscular. El volumen de la pérdida de líquidos y electrolitos observado durante el ejercicio está determinado por factores tales como frecuencia e intensidad del ejercicio, además de factores ambientales como temperatura y humedad (Rose, 1986; Martínez y col., 2001).

Los caballos son capaces de sudar en mayor cantidad de lo que lo hacen otros animales, por eso la sudoración en esta especie constituye el más eficiente de los mecanismos de disipación de calor. El sudor deriva del fluido intersticial, con la subsecuente transferencia de fluido plasmático y celular al espacio intersticial para mantener su volumen. Por consiguiente, la sudoración durante el ejercicio vacía ambos compartimentos líquidos. Sin embargo, los equinos pueden absorber una cantidad significativa de fluido desde la reserva del líquido del tubo gastrointestinal, el cual ayuda a mantener el volumen plasmático bajo ciertos límites (Laboratorio de Fisiología y Fisiopatología del Equino de Deporte, 2014).

Dependiendo del clima y del ejercicio efectuado, los equinos de competencias cortas (carreras, trote, polo, etc), pierden alrededor de 10 litros de sudor, con una temperatura corporal de hasta 40,5 °C. La magnitud de la sudoración, así como también la composición del sudor pueden eventualmente afectar la termorregulación y/u ocasionar trastornos colaterales asociados al equilibrio hidroelectrolítico (Federico M. Boffi, 2007). Es sabido que un desequilibrio tanto en el estado hidroelectrolítico, como en el equilibrio ácido-básico del equino es el responsable de una sucesión de alteraciones que se desencadenan en forma de cascada que terminan alterando las grandes funciones del caballo atleta, el rendimiento del mismo y algunas veces responsables de estados irreversibles (Flaminio and Rush, 1998).

Por lo tanto, la estimación de valores de proteínas plasmáticas totales (PPT), albúminas (Alb) y electrolitos en caballos en reposo y después del ejercicio (ver valores de referencia en la Tabla 1), sirve para medir los efectos del mismo y el grado de adaptación de los equinos a él. Los equinos no acostumbrados al ejercicio presentan variaciones significativas de ciertos componentes sanguíneos, retornando a sus rangos de referencia una vez que el animal se adapta, en caso contrario permanecen alterados (Sommer, 1984; Rudolph y col., 1986).

Tabla 1. Valores de referencia en suero en equinos*

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Proteínas Totales	g / L	60-78
Albúminas	g / dl	3,6 ± 0,6
Sodio	meq / l	132 - 146
Calcio	mg / dl	10,6 ± 1,3
Fósforo	mg / dl	4,3 ± 0,4
Potasio	meq / l	2,8 - 5,4
Magnesio	mg / dl	2,5 ± 0,31
Manganeso	mg/ml	0,12 ± 0,06
Hierro	mg/ml	78 - 235
Cobre	mg/ml	115 ± 183
Zinc	mg/ml	126 ± 36

*Chiappe Barbará (2015). Valores de referencia en equinos.

1. Proteínas plasmáticas totales (PPT)

El plasma es un líquido amarillo claro que forma parte de la sangre, compuesto principalmente por agua (92%) y proteínas (6%), y por sustancias que se disuelven y quedan suspendidas en el plasma mismo (por ej., glucosa, grasas, aminoácidos, vitaminas, hormonas, electrolitos y anticuerpos). También una pequeña proporción de oxígeno, disuelto en el plasma, es transportado por el cuerpo (Federico M. Boffi, 2007).

Una de las funciones de las proteínas plasmáticas es de servir como buffer intracelular en el equilibrio ácido-base, amortiguando o disminuyendo los cambios de acidez de una solución cuando a ésta se le añade un ácido o un álcali y conseguir, por lo tanto, que el pH de la solución cambie lo menos posible; su efecto es prácticamente inmediato (Duncan & Prasse s 2005).

Las proteínas plasmáticas están constituidas por albúminas, fibrinógeno y globulinas. Las albúminas se utilizan para ligar hormonas esteroideas, mientras que las globulinas forman anticuerpos, y el fibrinógeno, que se disuelve en el plasma, es el responsable de la coagulación en presencia de calcio. La mayor parte de la proteína total esta constituida por albúmina y globulina, con una reducida concentración de fibrinógeno. En caballos sanos y en reposo, la relación albúmina/globulina es de aproximadamente 0,7:1 a 1:1.

La concentración de proteínas plasmáticas puede alterarse como consecuencia del entrenamiento y ejercicio. El incremento puede oscilar entre un 15 y 25% dependiendo el tipo de ejercicio realizado. Masri y col. (1990) obtuvieron un descenso del volumen plasmático de un 13% luego de 10 minutos de finalizado un ejercicio máximo. Al mismo tiempo, la concentración de proteínas plasmáticas se incrementó un 23%, reflejando dicha alteración de volumen plasmático, alcanzando valores similares a los del reposo a las 0,5 horas de finalizado el ejercicio. Estos valores están causados, principalmente, por la

pérdida de líquido corporal por sudor y el efecto persistente hasta el reemplazo de dicho líquido (Federico M. Boffi, 2007). El principal lugar de síntesis de las proteínas plasmáticas es el hígado y el segundo lugar es el sistema inmunitario (Duncan y Prasse's, 2005).

2. Albúmina (Alb).

La albúmina es la proteína de mayor concentración en el plasma y transporta moléculas pequeñas en la sangre (por ejemplo, bilirrubina, calcio, progesterona y drogas); representa el 35 – 50% de la concentración total de proteínas en animales domésticos (equinos, bovinos). Es de vital importancia para impedir que el líquido de la sangre se filtre hacia los tejidos. Esto se debe a que, a diferencia de las moléculas pequeñas como el sodio y el cloro, la concentración de albúmina en la sangre es mucho mayor que en el líquido por fuera de ésta. La concentración de albúmina aumenta con la deshidratación, pero podría disminuir como consecuencia de algún estado patológico (Federico M. Boffi, 2007).

3. Electrolitos.

Los electrolitos son minerales que están disueltos en la sangre y los tejidos del cuerpo, constituyendo aproximadamente el 4% del peso corporal. Al ser disueltas estas sustancias, una cantidad variable de moléculas que la componen se dividen en partículas compuestas por átomos o grupos de átomos. Estas partículas se comportan independientemente unas de otras. Esta propiedad se llama disociación y las partículas son llamadas iones (pueden tener carga eléctrica positiva o negativa) (Federico M. Boffi, 2007). Están implicados en prácticamente todas las funciones del cuerpo, lo que quiere decir que son indispensables para el caballo y de aquí su importancia en el estudio de la medicina deportiva.

Según su concentración en el organismo del animal se los divide en macro (necesarios en mayor cantidad) y microminerales (necesarios en ppm) (Cátedra de Nutrición Animal, F Cs Agrarias, UCA. Nazar Anchorena).

a) Macrominerales:

Calcio (Ca).

Forma gran parte de la estructura de los huesos (35 %), representando el 2% del peso corporal del equino (Perrone y Caviglia, 2004). Está envuelto en funciones corporales como contracción muscular, coagulación, transmisión nerviosa, secreción de hormonas y activación de enzimas.

La digestibilidad del calcio varía con la edad, es de aproximadamente 70% en animales jóvenes y 50% en adultos (Perrone y Caviglia, 2004). Su requerimiento es variable según los cálculos dependiendo de la actividad del animal y el estado fisiológico, aumentando con el ejercicio, con el desarrollo de los huesos y pérdidas endógenas así como su depósito en músculos. Excesos pueden generar laminaciones en huesos e interferir en la absorción de Mn, Zn, Fe y Cu.

Los requerimientos de Ca en la ración son de 0,4% a 0,35% para un caballo de 500 kg (N.R.C, 2007; Perrone y Caviglia, 2004).

Fósforo (P).

Es requerido para la formación de huesos (14 – 17%), además forma parte de las reacciones de transferencia de energía, síntesis de fosfolípidos, ácidos nucleicos y fosfoproteínas. Su eficiencia en absorción es estimada de 30% a 55% y varía con la edad del animal, la concentración del mismo en la dieta y la presencia de fitatos (Perrone y Caviglia, 2004).

Los requerimientos de P en la ración son de 0,35% a 0,25% para un caballo de 500 kg (N.R.C, 2007; Perrone y Caviglia, 2004).

Es importante en toda dieta el mantenimiento de la relación Ca:P en 1,5-2:1 (niveles inferiores a relación Ca:P de 1,1:1 pueden originar malformaciones óseas, epifisitis y osteofibrosis).

Sodio (Na).

Es el catión de mayor presencia a nivel extracelular y es absorbido en un 100%. Actúa fundamentalmente en el mantenimiento del balance ácido-base, la regulación osmótica de los fluidos corporales, transmisión nerviosa y en la regulación del potencial de la membrana celular.

Un equino de 500 kg necesita 7,5 g de sodio por día como requerimiento básico, aumentando este con calor, humedad o trabajo (Perrone y Caviglia , 2004).

Potasio (K).

El potasio es el principal catión intracelular. Actúa en el equilibrio ácido-base y regula la presión osmótica. Los aportes de potasio están garantizados cuando los animales consumen cantidades adecuadas de forrajes (más del 1% del peso vivo) (Guillermo O. González, 2007). En caso de ser necesario, el cloruro de potasio o carbonato de potasio son las fuentes adecuadas.

La concentración óptima de potasio en la dieta es de 0,4-0,5% por kg/MS. Sus requerimientos aumentan con el crecimiento y el trabajo (Perrone y Caviglia, 2004).

Tabla 2. Requerimientos diarios (g) de Na y K en un caballo de 500 kg de peso vivo*

ELECTROLITO	MANTENIMIENTO	EJERCICIO LIVIANO	EJERCICIO MODERADO	EJERCICIO EXTENUANTE
Sodio	10-15	20-25	45-50	90-125
Potasio	15-20	30	45	75-80
Sudor (L)	0,5	5	10	20

*Federico M. Boffi (2007). *Fisiología del Ejercicio en equinos*. Pág. 215.

Magnesio (Mg).

Constituye el 0,05% del organismo y el 60% está asociado con el esqueleto (Perrone y Caviglia, 2004). Es un activador enzimático y actúa en la contracción muscular. Su digestibilidad es de un 40%, siendo afectada la misma por exceso de P y de Ca.

Para un equino adulto de 500 kg en mantenimiento, son necesarios 7,5 g por día. Los requerimientos aumentan en crecimiento y ejercicio intenso (Perrone y Caviglia, 2004).

b) Microminerales:

El agregado de microminerales debe aportar al menos un 50% de los requerimientos mínimos recomendados por el NRC (Federico M. Boffi, 2007).

Manganeso (Mn).

Esencial para el metabolismo de hidratos de carbono y de lípidos. Es importante para la síntesis de glicosaminoglicanos (GAGS) y está también relacionado con el desarrollo óseo.

Su requerimiento en equinos es de 40 mg/kg de materia seca por día (Perrone y Caviglia, 2004).

Cobre (Cu).

Factor antianémico que actúa en la síntesis de hemoglobina y la maduración de los glóbulos rojos de la sangre. También actúa sobre la mielinización del sistema nervioso, condiciona la formación y desarrollo del hueso por la estimulación de la producción de colágeno; evita la formación de excrescencias cartilagosas en nudo y tarso y aumenta la resistencia a las fracturas. Interviene en la síntesis de elastina.

Las necesidades de aporte de Cu son de 10 a 25 ppm (Perrone y Caviglia, 2004).

Hierro (Fe).

Es parte fundamental de ciertas proteínas, entre ellas la hemoglobina y la mioglobina. Los fitatos y altos niveles de cadmio, cobalto, manganeso y zinc inhiben su absorción. Se produce en muy baja proporción y solo cuando hay alguna pérdida de sangre sea interna o una hemorragia externa.

Generalmente los alimentos que se proveen contienen una cantidad suficiente de hierro para satisfacer las necesidades diarias de este mineral (N.R.C, 2007).

Los requerimientos están entre 40 mg/kg y 50 mg/kg de materia seca (Perrone y Caviglia, 2004).

Zinc (Zn).

Se presenta en el cuerpo como componente de muchas metaloenzimas como anhidrasa carbónica, fosfatasa alcalina y carboxipeptidasa. La mayor concentración se da en el ojo y en próstata. Las concentraciones más bajas se localizan en la sangre, pulmones y cerebro.

Los requerimientos son de 50 mg/kg de materia seca por día. Su exceso interfiere en la absorción de cobre y magnesio (Perrone y Caviglia, 2004).

Tabla 3. Requerimientos diarios de microminerales (mg) en un caballo de 500 kg*

ELECTROLITOS	MANTENIMIENTO	EJERCICIO LIVIANO	EJERCICIO MODERADO	EJERCICIO INTENSO
Hierro	320	335	371	460
Cobre	80	84	93	115
Manganeso	320	335	371	460
Zinc	320	335	371	460

* Federico M. Boffi (2007). *Fisiología del Ejercicio en equinos*. Pág. 216.

El sudor del caballo es hipertónico con respecto al plasma por iones de Na, K, Cl, Ca y Mg (ver Tabla 4) (Carlson, 1983; Rose, 1990). Durante el ejercicio esta diferencia disminuye como la concentración de electrolitos séricos por la pérdida constante de fluido (Snow, 1991). Los cambios transitorios en la concentración intra y extracelular de iones en ejercicios de alta intensidad son debidos al movimiento de fluidos y también al intercambio de iones entre la sangre y los tejidos (Federico M. Boffi, 2007).

Tabla 4. Concentración de electrolitos en sudor y plasma*

ELECTROLITOS	Na	K	Cl	Ca	Mg
Plasma	140 meq/l	4,0 meq/lt	100 meq/l	6 meq/l	1,8 meq/l
Sudor	131,8 meq/l	53,1 meq/l	174,4 meq/l	6,2 meq/l	4,6 meq/l

*Perrone G., Caviglia J. (2004). *Producción y Manejo del Caballo*. Pág. 162.

Una deficiencia en la dieta no conduce, necesariamente, a una enfermedad clínica o subclínica. Varios factores predisponen a dicha enfermedad en el animal, entre los que se encuentran: la edad en que aparece la deficiencia, diferencias genotípicas en cuanto a los requerimientos, discontinuidad en las demandas debido a cambios ambientales, infecciones concomitantes o demandas en la producción, variaciones individuales en respuesta a la deficiencia y el volumen de las reservas funcionales.

Una carencia puede dividirse en cuatro fases: depleción, deficiencia, disfunción y enfermedad clínica. El término relativo de depleción describe la falla en la dieta para mantener el estado corporal del elemento y puede mantenerse durante semanas o meses sin aparecer efectos clínicos, cuando existen reservas corporales sustanciales. La depleción se produce cuando los requerimientos netos de un determinado elemento esencial son superiores a la absorción neta de dicho elemento a nivel intestinal. El organismo en este estado puede responder mejorando la absorción intestinal o disminuyendo las pérdidas endógenas.

Si la carencia en la dieta persiste, eventualmente hay una transición del estado de depleción al de deficiencia, el cual está señalado por indicadores bioquímicos que ponen en evidencia que los mecanismos homeostáticos no pueden mantener niveles constantes de los minerales necesarios para las funciones fisiológicas constantes. Después de períodos variables de tiempo, las concentraciones o actividades de las enzimas empiezan a declinar hasta llegar a la fase de disfunción. En la fase subclínica puede haber un período adicional retrasado, antes de que los cambios en las funciones celulares se manifiesten como enfermedad clínica (Montanba, 2015).

Luego de detectar en los caballos la presencia de deficiencias, o no, por medio del análisis de las variables fisiológicas anteriormente mencionadas, el paso siguiente es evaluar los alimentos que le ofrecemos al caballo a través de su análisis químico y a partir de allí elaborar una ración adecuada que cubra las necesidades del animal. Lo ideal es detectar las deficiencias en la dieta con el objetivo de prevenir la incidencia de las mismas, y una de las formas de prevenirlo es en base a una correcta alimentación.

La alimentación del equino deportivo debe brindar los aportes nutricionales que garanticen una adecuada expresión del potencial gen. tico de cada animal, tanto durante su crecimiento, en la etapa de producción, como en su vida deportiva. Además, la alimentación tiene un impacto directo en los costos de mantenimiento y en la salud del caballo.

Los equinos, según sus características anatómicas, fisiológicas y el nivel de entrenamiento en el que se hallen, difieren en sus requerimientos. Es indispensable mencionar que, si se pretende llegar a un nivel óptimo de rendimiento y salud de los caballos, el manejo nutricional debe ser individual teniendo en cuenta el peso, condición corporal, temperamento, edad, apetito, hábitos de consumo y gustos del caballo, el tipo y cantidad de ejercicio, la presencia de patologías y las condiciones ambientales y de manejo (G. González, 2014).

Las deficiencias de minerales pueden tratarse de un problema primario o secundario. En el caso de una deficiencia primaria hay un nivel reducido del mineral en cuestión en la dieta, en relación a los requerimientos nutricionales del animal. Por lo contrario, en una carencia secundaria los niveles aportados por la dieta son adecuados pero el desbalance o exceso de otros elementos en la ración induce a una menor absorción del mineral en el tracto digestivo o una disminución en su capacidad de utilización (Chiappe Barbará, 2008).

La cantidad dada en la dieta de la mayoría de los nutrientes tiende al rango mínimo en el cual la salud y la performance del animal son óptimas. De ésta manera se mantienen niveles óptimos de salud y se reducen los costos de alimentación (Cátedra de Alimentación Animal, F Cs Agrarias, UCA. Nazar Anchorena).

El balance electrolítico refleja la relación entre la ingestión y excreción únicamente, puesto que los mismos no son sintetizados ni consumidos por las células. Los electrolitos provienen de tres fuentes: alimento, agua, y en forma de suplementos dietarios. También se pierden por tres rutas: orina, heces y sudor (Federico M. Boffi, 2007).

El contenido de minerales de los alimentos varía de acuerdo con su concentración en el suelo, pH del mismo, especies vegetales, estado de madurez de la planta y condiciones de henificación (Perrone y Caviglia, 2004).

Es fundamental conocer las características de la zona geográfica donde se encuentran los caballos, así como también es de suma utilidad saber con qué calidad y volumen de pasturas se puede contar. Esto ayudará a prevenir desbalances nutritivos en zonas que ya se sabe son deficientes o contienen excesos.

La hierba joven es rica en K y P, y pobre en Mg y Na. Las leguminosas son mas ricas en Ca que las gramíneas, y la riqueza de oligoelementos del heno depende de la riqueza del suelo y pH (Perrone y Caviglia, 2004).

Los granos son utilizados como fuente energética principalmente, siendo sus valores de Ca, K, Na, Cu, Mn y Zn bajos, mientras que los de P son elevados (Cátedra de Nutrición Animal, F Cs Agrarias, UCA. Nazar Anchorena).

En referencia al agua, es conveniente tener en cuenta el aporte de sales de Ca y Mg por parte del agua para formular una ración balanceada (Perrone y

Caviglia, 2004), como así también una posible contaminación de la misma.

El cuerpo del animal no almacena reservas de electrolitos en los tejidos, de manera que las pérdidas causadas en el ejercicio deben ser reemplazadas mediante suplementos dietarios. Los mismos, en general, se agregan a la dieta a través del núcleo vitamínico-minerales, con la excepción del cloro y el sodio que se adiciona a través de la sal común (Federico M. Boffi, 2007).

Un desequilibrio mineral es relativamente común en los animales en entrenamiento cuando la ración de granos comprende más del 50% de la dieta, cuando se utilizan gramíneas como fuente única de forraje o cuando los animales consumen una escasa cantidad de leguminosas. Los trastornos causados por dicho desequilibrio en la alimentación pueden ser de diferente magnitud, desde aquellos menos severos que repercuten directamente sobre la capacidad de contracción de la fibra muscular y merma de rendimiento en la capacidad de realizar la actividad física eficientemente hasta los más graves que pueden producir aleteo diafragmático sincrónico, ataxia y cólicos (Federico M. Boffi, 2007).

Los objetivos de este trabajo fueron:

- Evaluar y comparar cambios en los valores de las variables sanguíneas: Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Mn, Fe, proteínas totales y albúminas en caballos que practican polo en reposo y después del ejercicio.
- Evaluar la dieta exclusivamente en base a pasturas que consumen los caballos de polo en la localidad de Cañuelas, Bs As.
- Formular una ración que cubra los desbalances minerales pre y post ejercicio, eventualmente producidos por una dieta exclusivamente basada en pasturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el club de polo El Relincho, situado en la localidad de Cañuelas (Buenos Aires, Argentina). Se trabajó con un grupo de 6 equinos de polo hembras. Fueron seleccionadas únicamente hembras para realizar el estudio debido a que las mismas presentan una mayor facilidad a la hora de realizar el sondaje uretral para la extracción de orina.

Los equinos seleccionados son de bajo hándicap, clínicamente sanos, que se encontraban en competición. La edad de los caballos varió entre 5 y 15 años, su peso promedio fue de $430 \pm 11,21$ kg y su score corporal estuvo entre 5 y 6 (ver criterios de evaluación de condición corporal en tabla 5).

Los caballos se mantuvieron en una pastura en base a rye-grass sin recibir ningún tipo de suplemento dietario ni concentrado energético.

Cada caballo fue sometido a un tiempo de juego de 7,5 minutos netos. Se tomaron muestras de sangre y orina previo al ejercicio en condiciones basales y luego de 10 minutos de finalizado el mismo.

Los tiempos de muestreo fueron los siguientes:

- T0 = *Antes del ejercicio*
- T1 = *10 min Posterior al ejercicio*

Los muestreos de sangre se realizaron mediante punción yugular.

Tanto las muestras de sangre como las de orina se mantuvieron refrigeradas hasta el arribo al laboratorio de Fisiología de la UBA y su posterior procesamiento dentro de las 24 horas de recolectadas.

Se determinaron proteínas totales (PPT), albúminas (Alb), Na, K, Cu, Zn, Mn y Fe en suero mediante técnicas de rutina y se realizó la depuración instantánea o extracción fraccional urinaria de Ca (DICA), P (DIP) y Mg (DIMg), considerando la creatinina para determinar si existen deficiencias de estos analitos.

Ante leves deficiencias en el aporte nutricional de ciertos minerales, el valor obtenido de Ca, P y Mg, en sangre, puede estar dentro de rangos normales, por lo que no es definitorio, es relativo. Al disminuir los valores en sangre de alguno de ellos, se ponen en funcionamiento mecanismos compensatorios para restablecer la relación en ella. Es por esto que es posible estar en presencia de un déficit de algún mineral y que el valor del mismo en sangre se encuentre dentro de valores normales. Por lo tanto la depuración instantánea o extracción fraccional urinaria nos permite evaluar, por un lado la actividad ósea (formación /resorción) y por otro la depuración o eliminación de cada mineral por orina, obteniendo un valor representativo de la concentración mineral en el organismo.

Tabla 5. Criterios de para evaluar la condición corporal en equinos*

PUNTAJE	ESTADO GENERAL	ASPECTO
1	Emaciado	Visualización de las apófisis espinosas y transversas, costillas, base de la cola. Las estructuras óseas de la cruz, hombro y cuello se observan con facilidad. No se palpa tejido adiposo.
2	Muy Delgado	Visualización de las apófisis espinosas y transversas, costillas, base de la cola. Existe una ligera cobertura adiposa sobre las apófisis espinosas.
3	Delgado	No se identifican las apófisis transversas. No se identifican puntos óseos.

4	Moderadamente Delgado	Costillas levemente identificables. No se identifican puntos óseos
5	Moderado	Las costillas no se distinguen pero se palpan sin dificultad. Los hombros y el cuello se unen al cuerpo sin límite de continuidad.
6	Moderado a Carnoso	Se encuentran depósitos de grasa más allá del hombro y junto a la cruz del cuello.
7	Carnoso	Se pueden palpar las costillas en forma individual, pero no percibir el espacio entre ellas debido al depósito de grasa.
8	Gordo	Dificultad para encontrar las costillas. Depósito de grasa en cara interna de la nalga. Engrosamiento dorsal del cuello.
9	Muy Gordo	Paquetes adiposos en dorso, lomo y costillas. Flanco parejo. Depósito de grasa en cara interna de la nalga. Engrosamiento dorsal del cuello.

* Perrone G., Caviglia J. (2004). *Producción y Manejo del Caballo*. Pág. 324 y 325.

Se tomaron muestras de la pastura consumida para realizar un análisis de Van Soest según técnicas de rutina.

Todos los datos fueron almacenados y ordenados en una planilla Microsoft Excel en donde se calcularon promedios y desviaciones estándar para cada grupo estudiado. Posteriormente se realizó la prueba de Tukey para detectar diferencias entre tiempos. La normalidad de los residuos fue verificada mediante la prueba de Shapiro Wilks y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. En el caso de la variable K, dado que no fue posible lograr una distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon. Se consideraron significativas aquellas pruebas con $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la tabla 6, se presentan los valores obtenidos de media \pm desvió estándar para las variables fisiológicas analizadas en este estudio, en T0 y T1.

Las concentraciones de Alb y K se elevaron ($p < 0,05$) a T1. La Depuración Instantánea de Fósforo (DIP) disminuyó ($p < 0,05$) a T1. Los valores de PPT, Na, DICa, DIMg, Fe, Mn, Cu y Zn no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores en T0 y T1.

Tabla 6: Concentración de PPT, Alb, Na, K, DIMg, DICA, DIP, Zinc, Cobre, Manganeso y Hierro en los distintos tiempos de muestreo.

VARIABLE	T0	T1
PPT g / dl	6,97 ± 0,2 ^a	7,02 ± 0,5 ^a
Alb g / dl	3,89 ± 0,4 ^a	4,2 ± 0,3 ^b
Na meq / l	126 ± 5,2 ^a	131,5 ± 6,5 ^a
K meq / l	4,5 ± 0,6 ^a	5,33 ± 0,5 ^b
DIMg %	24,04 ± 4,3 ^a	19,13 ± 3,7 ^a
DICA %	7,05 ± 3,2 ^a	5,37 ± 5,7 ^a
DIP %	0,4 ± 0,4 ^a	0,05 ± 0,02 ^b
Zn mg/ml	349,3 ± 13,5 ^a	337,83 ± 11 ^a
Cu mg/dl	166 ± 16,6 ^a	179 ± 40,7 ^a
Mn mg/ml	0,16 ± 0,06 ^a	0,18 ± 0,02 ^a
Fe mg/ml	83,71 ± 26,2 ^a	114,26 ± 37,4 ^a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Los valores se expresan en media ± Error Estándar ($x \pm E.E.$)

La tabla 7 presenta el análisis de la pastura realizado.

Tabla 7. Composición de Proteína, Calcio, Fósforo, Magnesio, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Sodio y Potasio de la pastura.

PARÁMETRO	VALOR
Proteína	8,8 %
Calcio	0,22 %
Fósforo	0,13 %
Magnesio	0,3 %
Potasio	0,72 %
Manganeso	8 ppm
Cobre	4 ppm
Zinc	5 ppm
Sodio	12 ppm
Hierro	79 ppm

DISCUSIÓN

1. Proteínas Plasmáticas Totales (PPT).

La concentración de PPT se mantuvo dentro del intervalo de referencia de la especie y no sufrió variaciones significativas entre T0 y T1. Andrews et al. (1995), Duncan e Prasse (1982), Kaneko (1989), Carlson (1994), Messer (1995) y Queiroz et al. (2006) citan como valor de referencia para la especie $7,2 \pm 0,3$ gr/dl.

En el ejercicio de polo se encuentran elevaciones leves y moderadas de PPT, lo que se debería al movimiento de fluidos entre los compartimentos extracelular e intracelular, y no a deshidratación (Perrone et al., 1999). Boffi (2007) indica que el descenso del volumen plasmático, el cual está asociado al aumento de la concentración de PPT, es dinámico y su magnitud depende de la intensidad del ejercicio realizado.

Islas et al. (2006) y Boffi (2007) no evidenciaron cambios significativos en la concentración de PPT en post-ejercicio, lo que se debería a que los caballos fueron sometidos a un ejercicio de corta duración e intenso. Carlson y Mansmann (1974), Lucke y Hall (1980) y Rose et al. (1980) han evidenciado aumentos significativos de PPT en post-ejercicio en caballos sometidos a ejercicios de larga duración, como son las carreras de resistencia, lo que indicaría cierto grado de deshidratación. Los resultados obtenidos en nuestra experiencia coinciden parcialmente con la bibliografía consultada, ya que este ejercicio es de corta duración y no existiría pérdida importante de fluidos por sudor.

2. Albúmina (Alb).

Los concentración de Alb a T0 estuvo dentro de los valores de referencia descriptos para la especie. Van Heerden et al. (1990), Messer (1995) y Caviglia et al. (2000) citaron valores de referencia de 2,5 a 4,2 g/dL, 3,3 a 4,2 g/dL y $3,66 \pm 0,52$ g/dL, respectivamente.

La Alb mostró un aumento significativo a T1. Este aumento sería indicativo de la necesidad del organismo de reponer la energía utilizada por medio de los ácidos grasos, los cuales son transportados por la Alb para ser después degradados en el tejido muscular, produciendo energía (Duren, 2000). Schalm et al. (1981) y Rothschild et al. (1988) exponen que el aumento en la concentración de Alb podría estar dado por factores ambientales, estados patológicos, estrés y deshidratación.

Perrone et al. (1999) evidenciaron un aumento significativo de la Alb a 5 minutos de finalizado el ejercicio, atribuyendo dicho cambio al movimiento de líquidos al espacio intracelular, mientras que Salgado Farías (2009) también obtuvo un aumento significativo de Alb en post-ejercicio, concluyendo que las alteraciones podrían estar dadas por factores extrínsecos como la temperatura y la humedad o la no disponibilidad de agua. Los resultados de nuestra experiencia

son concordantes con la bibliografía consultada.

3. Sodio (Na).

El valor medio de la concentración de Sodio (Na) en reposo fue inferior al intervalo de 132 - 146 meq/l, citado como valor fisiológico para la especie por Duncan e Prasse (1982), Kaneko (1989), Carlson (1994) e Messer (1995); a 134 a 143 meq/l observado por Van Heerden et al. (1990) y a 133,83 meq/l citado por Penteadó et al. (1999).

La deficiencia en la concentración de Na en suero podría darse en caballos que presentan deficiencias del mineral en la dieta o que realizan frecuentemente ejercicios intensos. El análisis de la pastura refleja un déficit de contenido de Na (12 ppm), concordando con las valoraciones de González (2007), quien plantea que la mayoría de las dietas en equinos suelen ser escasas en este mineral. Los caballos pueden compensar el déficit de Na en la dieta aumentando la eficiencia de absorción a un valor cercano al 99% y disminuyendo pérdidas renales (Frape, 2004). No obstante, la suplementación debería realizarse en todo caballo que realice trabajo o actividades deportivas (Boffi, 2007).

La deficiencia de Na tendría efectos inmediatos durante y post ejercicio, ocasionando una disminución en la utilización de energía y proteínas, menor apetito, menores pérdidas sudoríparas, deshidratación y bajo rendimiento deportivo.

La concentración de Na no evidenció cambios significativos para T0 y T1. Esto se debería a que las pérdidas de Na que se dan durante el ejercicio son rápidamente compensadas a expensas de las reservas intracelulares, principalmente desde las células musculares y de los eritrocitos que aumentan en circulación durante el ejercicio (Lindinger y Ecker, 1995). La retención Na en riñón y glándulas sudoríparas, y su transporte desde tracto gastrointestinal bajo la acción crecida de aldosterona y cortisol son otros factores que podrían explicar la escasa pérdida de Na durante el ejercicio (Carlson, 1983; Rose, 1986; Thornton, 1985; Kohler, 1987).

Perrone et al. (1999), Lucke y Hall (1978) y Rose y col. (1983) no evidenciaron cambios significativos en la concentración de Na en post-ejercicio, planteando como principal causa la intensidad del ejercicio realizado por los caballos estudiados. Islas et al. (2006) tampoco observó variaciones significativas de Na en post-ejercicio, mencionando que no se producen cambios significativos del electrolito en animales que muestran un adecuado desarrollo de la aptitud física. Los resultados de nuestra experiencia coinciden con la bibliografía consultada.

4. Potasio (K).

El valor medio de Potasio (K) sérico a T0, estuvo dentro del intervalo de 2,8-5,2 meq/l citado como normal para la especie por Duncan e Prasse (1982), Kaneko (1989), Carlson (1994) y Messer (1995).

Los aportes de K están garantizados en la dieta cuando al animal consume cantidades adecuadas de forraje (> 1% PV/MS) (Boffi, 2007). Además, las gramíneas suelen contener altos valores de K en relación a otras especies (Boffi, 2007).

El K presentó un aumento significativo a T1. Este comportamiento podría deberse a que durante el ejercicio de corta duración y alta intensidad, el K se eleva en plasma por la salida de las células, debido a la presencia de hidrogeniones, disminución de ATP y una inhibición temporaria de la bomba de Na y K (Perrone et al., 1999). La magnitud del incremento de K en plasma está relacionada con la intensidad del ejercicio, con la capacidad individual de cada animal y con el grado de adaptación previa (McMiken, 1983; Juel 1988; Harris y Snow, 1988). Frente a una mayor intensidad de ejercicio, existe un mayor y más frecuente reclutamiento de fibras musculares, las que cargan un gran efluente de K desde el músculo al líquido extracelular (Juel, 1988).

Harris y Snow (1988) encontraron un aumento significativo del K en post-ejercicio, como resultado de un ejercicio de alta intensidad y corta duración. Mutis y Pérez (2005) reportaron un aumento en la concentración de K en post-ejercicio, indicando que el ion acompaña al lactato plasmático, que según numerosos estudios, permanece aumentado en este mismo tiempo de muestreo (34.12±10.77 mmol/L), con un valor que duplica el valor de reposo (15.98±9.48 mmol/L). Perrone et al. (1999) también evidenciaron un aumento significativo de K en post-ejercicio. Los resultados obtenidos en nuestro estudio coinciden con la bibliografía consultada.

5. Magnesio (Mg).

Los equinos muestreados presentaron un valor de DIMg mayor a 6%, valor referencial para la especie citado por Chiappe, A (2015). A su vez, dichos equinos evidenciaron valores séricos de Mg por debajo de los rangos de referencia citado por Duncan e Prasse (1982) y Carlson (1994), quienes señalaron valores normales para la especie entre 1,8 - 3 mg/dL y 2,2 - 2,8 mg/dL respectivamente.

La dieta no presentó deficiencia de Mg (0,3%), por lo tanto el déficit del mineral en suero podría deberse a factores que interfieren con la absorción, como son la pérdida de la regulación Na/K, deficiencia de energía, excesivo aporte de Zn en la ración o la edad. En esta experiencia también se registró un aumento de la concentración de Zn plasmático.

Otra causa podría estar asociada con el transporte, y como resultado, el estrés y períodos de ayunas que suelen darse los días que los caballos compiten (Lewis, 1982).

Al analizar la DIMg, no se observan diferencias significativas para T0 y T1. Esto podría deberse a que las pérdidas de Mg por sudor, del orden 4,6 meq/L, son escasas en relación a la reserva en el organismo y a su ingesta por medio de la dieta.

La bibliografía consultada (Matsui et al., 2002; Vervuert et al., 2006; Boffi, 2007) no hace referencia a pérdidas significativas de la concentración de Mg en post-ejercicio como consecuencia del ejercicio de corta duración e intenso. Carlson y Mansmann (1974) y Lucke y Hall (1978) describen un ligero descenso en los niveles plasmáticos de este catión en caballos que realizaron ejercicios de larga duración y baja intensidad, atribuyéndolo a una mayor pérdida de Mg por sudoración. Nuevamente, las pérdidas por sudor en esta experiencia no afectaron las reservas de Mg, aunque las mismas se encuentran disminuidas en el reposo.

6. Calcio (Ca).

El valor de Depuración Instantánea de Calcio (DICA) para los caballos muestreados fue mayor a 1,6%, citado como valor de referencia por Reynal O'Connor, J. (2013) y Chiappe, A. (2015).

El Ca de la pastura (0,22%) está dentro del valor de referencia para una pastura en base a gramíneas, sin embargo la misma no alcanzaría a cubrir los requerimientos del caballo deportivo (0,35-0,45%) (Perrone y Cavilia, 2004). El aumento de la eficiencia de absorción en caso de deficiencias en la dieta (Furtado et al., 2009), la resorción ósea y el pastoreo selectivo explicarían el hecho de que el contenido de Ca de la pastura no coincida con el nivel de Ca en el organismo de los equinos.

La DICA presentó una disminución no significativa a T1. Esto se debería posiblemente al movimiento de iones Ca dentro de las células musculares durante el ejercicio (Grimston y col., 1993; Hodgson, 1993). Por lo tanto, puede ocurrir que los iones Ca entren al sarcoplasma para permitir una eficiente y prolongada función muscular, lo que explicaría la disminución de los niveles plasmáticos de Ca en los caballos de este estudio, además de las pérdidas por el sudor (Rose y col., 1983). La acidosis causada por la elevada concentración de ácido láctico durante el ejercicio es un factor que aumenta la excreción de Ca (Mutis y Pérez, 2005). El ácido láctico no fue medido en nuestra experiencia pero la bibliografía consultada (Mutis y Pérez, 2005; Boffi, 2007) indica que el mismo podría llegar a duplicar su valor durante el ejercicio de alta intensidad en relación a su valor de reposo.

Otra explicación para el descenso no significativo en la concentración de Ca podría ser la unión del catión a la Alb del fluido extracelular. El incremento de Alb plasmática evidenciado en nuestro estudio aumentaría el número de sitios de unión disponibles para el Ca ionizado (Geiser y col., 1995).

Los resultados obtenidos coinciden con la bibliografía consultada. Rose y col. (1977), Lucke y Hall (1978), Deldar y col. (1982), Meyer (1987) y Glade (1989) plantean que a pesar de que se ha demostrado que existe pérdida de Ca a través del sudor durante el ejercicio, las variaciones en sus niveles generalmente fluctúan dentro de rangos estrechos como consecuencia de su baja concentración en sudor. Caviglia y col. (2000) indican que la disminución no significativa de Ca sérico que obtuvieron podría deberse a pérdidas sudorales o a un intercambio intracelular con Mg. Pérez y col. (1997) plantean que otra de las causas por la cual han

evidenciado una disminución no significativa en la concentración de Ca, es el tipo de ejercicio realizado por los caballos, duración e intensidad del mismo.

7. Fósforo (P).

Los equinos analizados mostraron un valor de DIP menor a 2,5 %, citado por Reynal O'Connor, J. (2013) y Chiappe, A. (2015) como valor normal para la especie.

La DIP disminuyó significativamente en T1. Esta disminución podría explicarse por la deficiencia de P de la pastura (0,13%) y la ausencia de granos en la dieta, por lo que no serían cubiertos los requerimientos de P para un caballo deportivo adulto (0,25-0,35% de la ración) (Perrone y Caviglia, 2004).

Los resultados obtenidos en nuestra experiencia no son concordantes con la bibliografía. Snow et al. (1982), Rose et al. (1983) y Santos (2001) evidencian un aumento post-ejercicio en la concentración de P en sus estudios, el cual podría estar relacionado con la liberación de fosfato después de la hidrólisis de ATP. El esfuerzo muscular de alta intensidad y corta duración que un caballo realiza durante una competencia, se caracteriza por tener una gran actividad anaeróbica y en ella sus músculos consumen ATP y fosfato de creatina como fuente de energía (De Luca, 2000). Inoue et al. (2002) también detectaron un incremento de P en post-ejercicio, asociándolo a la hemoconcentración.

Las diferencias en los resultados entre nuestra experiencia y la bibliografía consultada probablemente se puede atribuir a la deficiencia en la dieta, el tipo de ejercicio y las condiciones climáticas de la experiencia.

- ***Relación Calcio- Fósforo.***

Wolter (1977) y Lewis (1991) consideran aceptable una relación Ca-P en la dieta entre 1,2/1 y 6/1 para equinos adultos. Van Doorn (2004) indica que posiblemente la relación sea más estrecha (máximo 2,5/1). Boffi (2007) expone que la relación ideal de Ca-P en la ración debe establecerse entre 1:1 y 1,5:1, aunque hay una buena tolerancia hasta 3:1.

En todos los casos, la relación Ca-P suministrada por la pastura (1,7/1) en este estudio es correcta, sin embargo los valores absolutos de Ca (0,22%) y P (0,13%) de la dieta evidencian deficiencias de acuerdo a los requerimientos de un caballo deportivo adulto.

El Ca y el P son los minerales de mayor importancia en el mantenimiento de la estructura ósea, representando un 90% y 80% de dicha estructura respectivamente. Deficiencias en el suministro de estos minerales en la ración, como los descritos en nuestra experiencia, podrían tener un efecto perjudicial sobre la integridad del esqueleto. Los signos de deficiencias, tanto de Ca como de P, pueden incluir anomalías óseas, disminución de la densidad ósea, rigidez, claudicaciones, pérdida de peso, pobre desarrollo dentario, fragilidad y fisuras, entre otras.

La deficiencia de Ca y P resulta en la movilización de los mismos desde el hueso, siendo extraídos de la matriz ósea e introducidos en el torrente sanguíneo. De esta manera, las funciones del organismo en las que el Ca y P son esenciales se mantienen, mientras que la estructura ósea se debilita (Ossa, S., 2011).

Las deficiencias de Ca y P se corregirían consociando la pastura con una leguminosa y completando la dieta con concentrados (granos) en las cantidades adecuadas según el requerimiento de energía.

En caso de no lograrlo, se recomienda la utilización de suplementos minerales (Tabla 8).

Tabla 8.*

SUPLEMENTO	% CALCIO	% FÓSFORO
Ceniza de huesos	30,7	12,9
Carbonato de calcio	39,4	0,04
Piedra caliza	34	0,02
Conchilla	38	0,07
Fosfato bicálcico	22	19
Fosfato defluorinado	32	18
Fosfato monosódico	0	22,5

*Boffi, 2007.

8. Zinc (Zn).

Reynal O'Connor, J. (2013) y Chiappe, A. (2015) han reportado valores de referencia situados entre 90 mg/dl como límite mínimo y 200 mg/dl como máximo, demostrando que la concentración de Zn sérico de los equinos analizados en este estudio se encuentra elevada para T0 y T1.

El exceso en la concentración de Zn sérico observado en los equinos muestreados podría ser el resultado de la contaminación del ambiente debido a la actividad industrial. Dicho exceso no sería causado por el contenido de Zn en la pastura, ya que la misma arrojó bajos niveles en dicho mineral (5 ppm). Ungerfeld (1998) indica que la posibilidad de intoxicación animal debido al contenido de Zn en una pastura es prácticamente inexistente. La mayoría de las dietas en equinos necesitan de suplementación para alcanzar los requerimientos mínimos recomendados por NRC, de 40 mg/kg de Zn (Boffi, 2007).

La mayoría del Zinc es adicionado durante actividades industriales, como la combustión de carbón y residuos, el procesado del acero o la utilización de caños galvanizados. Las plantas a menudo absorben Zn debido a la acumulación del mismo en el suelo contaminado, mientras que el agua también puede verse contaminada.

En zonas aledañas al campo se encuentran establecimientos donde

combustionan carbón, también una empresa dedicada a la producción y venta de materiales para la construcción (entre ellos, tubos de acero galvanizado) y una importante cementera. Estos establecimientos podrían ser la causa de la contaminación ambiental de Zn de la zona.

La concentración sérica de Zn no evidenció cambios significativos para T0 y T1. Esto se debería a la baja concentración de Zn en sudor ($10,3 \pm 2,4$ mg/l), por lo que las pérdidas durante el ejercicio son escasas.

Los datos de nuestra experiencia coinciden con la bibliografía consultada. Aruoma et al. (1988) plantean que el ejercicio incrementó temporalmente la concentración de Zn en plasma en algunos individuos, mientras que en otros individuos decreció, no observando diferencias significativas en su concentración en el grupo analizado. Schmidt (1984) y Meyer (1987) no obtuvieron cambios significativos en la concentración de Zn en post-ejercicio, planteando como principal causa de lo observado su baja concentración en sudor.

9. Cobre (Cu).

El balance de Cu se determina mediante los análisis de los compartimientos de reserva mediata, a través del contenido de Cu hepático, y de reserva inmediata, estimados por la concentración sanguínea de Cu y de ceruloplasmina (Cp). El hígado constituye el órgano principal de almacenamiento de Cu en la especie, por lo que es el primer órgano en que se logran detectar cuadros carenciales de este mineral, proporcionando un índice útil de su reserva y del grado de deficiencias en el organismo (Suttle, 2010). En este estudio se hizo únicamente el análisis de la concentración de Cu sérico.

La concentración de Cu sérico de los equinos analizados se encuentra dentro de las referencias bibliográficas para T0. Los intervalos de referencia de Cu sérico son amplios y diversos, variando desde 63 mg/dL hasta 196,3 mg/dL en animales cuya alimentación es pastoril (Radostits y Gay; 2002). Chiappe, A. (2015) da un valor de referencia más estrecho, de 150 ± 33 mg/dL.

La pastura es deficiente en Cu (4 ppm) respecto a las necesidades que tienen los equinos deportivos (10 a 25 ppm). Boffi (2007) indica que la mayoría de las dietas en equinos requieren suplementación para alcanzar dichos requerimientos.

Como se indicó anteriormente, puede que el caballo tenga deficiencia de Cu en el organismo y ésta no se evidencie si analizamos su concentración sérica únicamente. Las reservas hepáticas se agotan cuando en el hígado hay una depleción del 75% de su capacidad de almacenamiento, y solo posterior a ello comienza a disminuir su concentración sérica (Suttle, 2010). El Cu es absorbido más eficientemente en situaciones de deficiencia del mineral en la dieta (Underwood, 1981), pero el factor fundamental que incide sobre la absorción de Cu son los contenidos de S y Mo del forraje. De Alba, (1971), Grace (1983) y Ammerman y Henry (1987) plantean que el contenido de Cu de una pastura sin analizar los contenidos de S y Mo carece de validez. Otro factor que podría incidir

en la cantidad de Cu ingerido por los equinos es la contaminación del alimento con Cu, procedente posiblemente, de las mismas fuentes que contaminan con Zn el ambiente.

Encontramos un aumento no significativo de Cu sérico a T1, debido probablemente a la hemoconcentración. El Cu sérico suele asociarse directamente a la concentración de Hemoglobina (Hb) en sangre durante el ejercicio, ya que el mismo actúa como coenzima en la síntesis de Hb. El volumen plasmático decrece durante el ejercicio debido a su perfusión hacia los tejidos, resultando en un aumento de la concentración de Hb en sangre, y por ende de la concentración de Cu (Kohn et. al, 1978). Al interpretar la variación de la concentración de Hb durante el ejercicio, hay que tener en cuenta un número de factores que podrían influir tales como edad, raza, tono simpático, condición física, nutrición e intensidad de ejercicio. En nuestra experiencia no hemos analizado la concentración de Hb, pero podemos suponer en base a la bibliografía consultada (Boffi, 2007), que habría un aumento de dicho parámetro en post ejercicio.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio coinciden con la bibliografía consultada. Inoue, Y. (2002) y Stephen Jackson (1998) han realizado estudios donde evidencian un aumento de la concentración de Cu en post-ejercicio, relacionándolo directamente con el aumento de la concentración de Hb.

10. Manganeso (Mn).

La concentración de Mn sérico en el grupo de equinos muestreados estuvo dentro del rango de referencia para la especie de $0,12 \pm 0,06$ mg/dL citado por Chiappe, A. (2015).

El Mn no sufrió diferencias significativas para T0 y T1. Esto podría deberse a que las pérdidas de Mn durante el ejercicio suelen ser mínimas debido a que la concentración del micromineral en sudor es muy baja ($< 0,2$ mg/l) (Schmidt, 1984).

Stephen Jackson (1998) y Meyer (1987) coinciden con los resultados obtenidos en sus experiencias acerca de la concentración de Mn en post-ejercicio, planteando que la causa de la estabilidad del micromineral es atribuible a su escasa pérdida por sudor durante el ejercicio. Los resultados obtenidos en nuestra experiencia concuerdan con la bibliografía consultada.

11. Hierro (Fe).

El Hierro (Fe) se mantuvo dentro de parámetros normales para la especie. Rose y Hodson (1999) mencionan un valor normal de 78-235 mg/dl, mientras que 97 ± 29 mg/dl es el valor de referencia para Underwood y Suttle (1999).. Debe considerarse que los valores referenciales evidencian variaciones considerables respecto a diferentes regiones y autores.

Meyer (1986) y Harris y Snow (1989) coinciden en que la dieta suele cubrir los requerimientos de Fe de caballos deportivos, y que las deficiencias suelen

darse a raíz de algún estado patológico. Santos (1997), luego del análisis del contenido mineral de varios forrajes y su relación con las necesidades en equinos deportivos, concluye que no se debe incluir Fe en suplementos para equinos cuya alimentación es pastoril exclusivamente.

Los resultados en el presente estudio indican que el Fe no mostró cambios significativos para T0 y T1. Esto podría deberse a que, a pesar de que aumenta la destrucción del hematocrito durante ejercicios de alta intensidad y corta duración, no aumentarían las exigencias de Fe, dado que éste es reutilizado con alta eficiencia en la producción de nuevos eritrocitos (Lewis, 2000). La eritropoyesis ocurre continuamente en la médula ósea y las células salen al torrente sanguíneo con una rapidez que compensa la destrucción de eritrocitos. Por consiguiente, el número total en la sangre de glóbulos rojos no fluctúa de manera considerable. En equinos, durante ejercicios intensos, no se observó presencia de Fe libre (Mills et al., 1996).

Los resultados obtenidos en nuestra experiencia coinciden con los resultados observados en la bibliografía. Inoue et al. (2005), quien evaluó las pérdidas de Fe por sudor y orina en equinos sometidos a ejercicios de diferente intensidad, obtuvo resultados que evidencian estabilidad y no observó variaciones significativas en la concentración en reposo y post ejercicio. Smith et al. (1986) y Lewis (2000) tampoco observaron cambios significativos en la concentración de Fe, planteando que la especie equina tiene ciertas particularidades para conservar Fe, tales como la elevada concentración del mismo en reservas corporales en hígado, bazo y médula ósea, por lo que rara vez presentan deficiencia.

CONCLUSIÓN

En esta experiencia, debido posiblemente al deporte analizado, los perfiles minerales basales de los equinos, con excepción del P y el K, no se modificaron significativamente post ejercicio. La Alb se modificó significativamente a T1. Estas observaciones coinciden con las referencias bibliográficas para este tipo de ejercicio donde las pérdidas por sudor no son manifiestas.

El estudio de la pastura muestra deficiencias en el Na, Ca, P, Zn y Cu. Coincidentemente, los perfiles minerales de basales de los caballos muestran deficiencias en Na y P. El Ca y el Cu no presentan alteraciones, probablemente porque el organismo de los animales estaría recurriendo a sus reservas óseas y hepáticas.

El Zn y Mg se encuentran inversamente relacionados por la probable contaminación ambiental, hallazgo accidental realizado durante este trabajo. Es probable que si se evitara esta contaminación, los caballos mismos deberían evidenciar deficiencia de Zn en su organismo.

La mezcla de partes iguales de sal de mesa y sal “light” (20 g por toma de alimento) o las “piedras” de sal son las formas más efectivas y económicas para

dosificar Cl, Na y K. Existen preparados comerciales que incluyen otros electrolitos como el Mg. El suministro de sales nunca debe obviarse en el caballo de deporte.

Las fuentes apropiadas de oligoelementos como Zn y Cu pueden ser cubiertos por sales inorgánicas o proteínatos de mejor absorción.

BIBLIOGRAFIA

1. Ammerman, C.B.; Henry, P.R. 1987. Métodos para determinar los requerimientos minerales de los bovinos. Reunión sobre determinación de carencias y suplementación mineral de bovinos. Campo Grande (Brasil). Ed. J.P. Puignau. IICA-Procisur, Diálogo XXX. Págs 91-96.
2. Andrews, F.M.; Geiser, D. R.; White, S. L.; Williamson, L. H.; Maykuth, P. L.; Green E. M.. 1995. Haematological and biochemical changes in horses competing in a 3 Star Horse Trial and 3-day event. *Equine Vet. J.* Vol 20, págs. 57-63.
3. Aruoma, O. I.; Reilly T.; D. Maclaren and B. Halliwell. 1988. Iron, copper and zinc concentration in human sweat and plasma; the effect of exercise. *Clin. Chim. Acta* 177: págs. 81-88.
4. Boffi, Federico. Fisiología del Ejercicio en Equinos. 2. ed. Inter-Médica; 2007.
5. Carlson, G. P., Mansmann, R. A. Serum Electrolyte and Plasma Protein Alterations in Horses used in Endurance Ride. *J. Am. Vet. Ass.* 165: 262-264.
6. Carlson, G. P.. En: Snow DH, Persson SGB, Rose RJ. (Ed.). 1983. Thermoregulation and fluid balance in the exercising horse. *Equine exercise physiology.* Cambridge, Granta. Pág. 291.
7. Carlson, G. P. Testes de química clínica. En: Smith, B. (Ed.). 1994. Tratado de medicina interna de grandes animales. San Pablo (Brasil). Vol. 1, págs. 395-423.
8. Caviglia, J.; Perrone, G.; Chiappe, A.; Taffarel, C.; González, G.. 2000. Evaluación de Parámetros hematológicos y bioquímicos post ejercicio en caballos de Pato. *Rev. Med. Vet.*, Vol 81, 1, págs. 75-78.
9. Chiappe Barbará, A.. 2008. Importancia fisiológica de los microminerales en el metabolismo óseo. *Red. Med. Vet.*, Vol 9, 10, págs. 1-17.
10. Chiappe Barbará, A.. Valores de referencia en equinos. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias (Laboratorio Diagnóstico de Metabolismo Óseo y Mineral); 2015.
11. De Alba, J.. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. Ed. 2. México. Pág. 475.
12. Deldar, A.; Fregin, F. G.; Bloom, S. C.; Davinapour, Z.. 1982. Changes in selected biochemical constituents of blood collected from horses participating in a 50-mile endurance. *Am. J. Vet. Res.* 43: págs. 2239-2243.
13. De Luca, L.J.. 2000. Fisiología del Ejercicio. Disponible en

- www.engormix.com/s_articles_view.asp?AREA=CAB&art=365.
14. Duncan, J. R.; Prasse, K. W.. 1982. Patología clínica veterinaria. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. Pág. 217.
 15. Duncan, J. R.; Prasses, K. W.. 2005. Patología clínica veterinaria. Ed. 4. Multimédica ediciones veterinarias, Barcelona, España.
 16. Duren, S.E. Feeding the endurance horse. In: Pagan, J.D.. 2000. Advances in equine nutrition, Nottingham: University Press, págs. 351-363.
 17. Flaminio and Rush. 1998. Fluid and electrolyte balance in endurance horses. Veterinary clinics of North America: Practice. Vol. 14: págs. 147-158.
 18. Frape, D. Equine nutrition and feeding. Blackwell pub. Ed. 3. 2004.
 19. Furtado, E.. 2009. Disponibilidade biológica e exigências de cálcio em equinos em crescimento recebendo dietas com diferentes níveis de cálcio. R. Bras. Zootec. (No. 3): Vol. 38.
 20. Geiser, D. R. y col.. Blood Ionized Calcium Concentrations in Horses before and after the Cross-Country Phase of the Three-Day Event Competition. American Journal of Veterinary Research 56 (11). (1995): 1502-1505.
 21. Glade, M.J. 1989. Nutrition for the equine athlete. En: Jone, W.E.. Equine Sport Medicine. Lea & Febiger, Philadelphia. 19-33 pp..
 22. González, Guillermo. Bases de la nutrición del equino en entrenamiento. [consultado 2015 Agosto 24]. Disponible en: www.acvequimel.com.ar.
 23. González, Guillermo. 2007. Nutrición y alimentación del caballo atleta. En Boffi, F., Fisiología del ejercicio en equinos. Buenos Aires: Inter-Médica. Págs. 205-220.
 24. Grace, N.D.. 1983. Copper (Cu). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication. Págs. 56-66.
 25. Grimston, S. K. et al.. The Calcitropic Hormone Response to Changes in Serum Calcium During Exercise in Female Long Distance Runners. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism 76 (4). (1993): 867-872.
 26. Harris, P.; Snow, D. H.. 1988. The effects of high intensity exercise on the plasma concentration of lactate, potassium and other electrolytes. Equine Vet. J. 20 (2), págs. 109-113.
 27. Hodgson, D. R. Exercise-Associated Myopathy: Is Calcium The Culprit. Equine Veterinary Journal 25 (1). (1993): 1-3.
 28. Inoue, Y. et al.. 2002. Changes of serum mineral concentrations in horses during exercise. Asian-australasian Journal of Animal Science. Vol.15, (No.4): págs. 531-536.
 29. Inoue, Y. et al. 2005. Effect of exercise on iron metabolism in horses. Biological Trace Element Research, Vol.107. Págs. 33-42.
 30. Islas, A. et ál. 2006. Determinación de sodio, potasio, calcio y cloro en equinos entrenados para participar en prueba de resistencia. Avances en Ciencias Veterinarias 21 (1-2): pág. 5 pp.
 31. Juel, C. 1988. The effect of B₂-adrenoceptor activation on ion-shifts and fatigue in mouse soleus muscles stimulated in vitro. Acta Physiol. Scand. 134: págs. 209- 216.

32. Kaneko, J.. 1989. Clinical biochemistry of domestic animals. Ed. 4. San Diego: Academic Press. Pág. 932.
33. Kohler, H. 1987. Fluid metabolism in exercise. *Kidney Int.* 32 (Suppl. 21): 93-96.
34. Laboratorio de Fisiología y Fisiopatología del Equino de Deporte. Síndrome del Caballo Exhausto. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias; 2014.
35. Lewis, L.D.. 1982. Feeding and care of the horse. Editado por Lea & Febiger, Philadelphia, US.
36. Lewis, L. D.. 1991. Alimentación y cuidado del caballo. Buenos Aires (Argentina): Editorial Intermédica. ISBN 950-705-012.
37. Lewis, L.D.. 2000. Minerais para os equinos. En Lewis, L.D.. *Nutrição clínica equina - alimentação e cuidados.* São Paulo: Roca. 2: págs. 29-73.
38. Lindinger, M. I. Ecker, G. L. 1995. Ion and water losses from body fluids during a 163 km ride. *Equine Vet. J. Suppl.* 18: págs. 314-322.
39. Lucke, J. N., Hall, G. M.. 1978. Biochemical changes in horses during a 50-mile endurance ride. *Vet. Rec.* 102: págs. 356-358.
40. Martínez, R.; Scaglione, M. C.; Luneburg. C.; Hernández, E.; Araneda, O.; González, M.; Estrada, M.; White, A.. 2001. Cambios sanguíneos y sudorales en equinos sometidos a carreras de resistencia. *Av. Cien. Vet.* 16(1-2): págs. 58-67.
41. Masri, M.; Freestone, J.f.; Wolsheimer, K.J.; Shoemaker, K.. 1990. Alterations in plasma volume, plasma constituents, renin activity and aldosterone induced by maximal exercise in the horse. *Equine Vet. J.* 9, págs. 72-77.
42. Matsui, A.; Osawa, T.; Fujikawa, H.; Asai, Y.; Matsui, T.; Yano, H.. 2002. Estimation of total sweating rate and mineral loss through sweat during exercise in 2-years old horses at cool ambient temperature. *Journal of Equine Science, Vol.13. (No.4):* págs.. 109-112.
43. McMiken, D. F.. 1983. An energetic basis of equine performance. *Equine Vet. J.* 15(2): págs.. 123-133.
44. Messer, N. T.. 1995. The use of laboratory tests in equine practice. *Veterinary Clinics North America: equine practice, Philadelphia.* Vol. 11. (No.3): págs. 345-350.
45. Messer, N.T.; Johnson, P.J.; Refsal, K.R. et al.. 1995. Effect of food deprivation on baseline iodothyronine and cortisol concentrations in healthy, adult horses. *Am J Vet Res.* 56 (1): págs.116-21.
46. Meyer, H.. 1987. Nutrition of the equine athlete. In *Equine exercise Physiology 2.* ICEEP Publications, Davis, CA. Pág. 644.
47. Mills, P.C. et al. 1996. Effects of exercise intensity and environmental stress on indices of oxidative stress and iron homeostasis during exercise in the horse. *European Journal of Applied Physiology.* Vol.74, págs. 60-66.
48. Montanba. Cofactores. [internet].[Consultado 2015 sept 2]. Disponible en: <http://www.montanba.com.ar/informacion-tecnica/59602/Cofactores>
49. Mutis, C.; Pérez, T.. Determinación y análisis de valores de nitrógeno uréico en sangre (BUN), glucosa, creatinquinasa (CK) y ácido láctico pre y post ejercicio en una población de atletas equinos de salto en Bogotá, D.

- C. Revista electrónica de veterinaria. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>.
50. Nazar Anchorena, J. B.. (2013). Alimentos y Alimentación. Apuntes de Cátedra.
 51. Nazar Anchorena, J. B.. (2012). Nutrición Animal. Apuntes de Cátedra.
 52. NRC. 2007. Nutrient Requirements of Horses. 6th revised edition. Washington, D. C. National Academy Press.
 53. Ossa, Sergio. Minerales en equinos [internet]. [Consultado 2015 Agosto 17]. Disponible en: http://www.caballoyrodeo.cl/portal_rodeo/site/artic/20110622
 54. Penteado, C.; Vaz, B. B. D.; Lacerda Neto, J. C.; Santana, A. E.; Summa, R. P.. 1999. Perfil de alguns constituintes bioquímicos do sangue de éguas gestantes da raça Árabe. Veterinária Notícias, Uberlândia. Vol. 5, págs. 83-88.
 55. Perrone G, Caviglia J. Producción y Manejo del Caballo. Agro-Vet; 2004.
 56. Perrone, G. M., Caviglia, J., Chiappe, A., Barbero, E., Bel C., González, G.. Modificación de los parámetros fisiológicos post ejercicio en el equino de Salto II. Hematología y Bioquímica sanguínea. 1999. Red. Med. Vet., Vol 80, 3: 243-247.
 57. Queiroz de Almeida, F.. 2006. Universidade Federal de Vicosa. Sistema de análisis estadístico genético. Viçosa, MG. Pág. 141.
 58. Radostits, O.; Gay, C.. 2002. Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino. Ed. 9. Madrid: Mc GraHill.
 59. Reynal O'Connor, J. Valores de referencia en equinos [internet]. [Consultado 2015 Junio18]. Disponible en: www.laboratorioequino.com.ar
 60. Rose, R.J.; Purdue, R. A.; Hensley, W.. 1977. Plasma biochemistry alterations in horses during endurance Ride. Equine Vet. J. 9: págs. 122-126.
 61. Rose, R.J.. 1986. Endurance exercise in the horse. A review. Parte 1 y 2, Br. Vet. J. 142: págs. 532-552.
 62. Rose, R.J.. 1990. Electrolytes: Clinical applications. Vet. Clin. North America Equine Practice. 6: pág. 281.
 63. Rose, R.J.; Hodson, D.R.. 1999. Manual Clínico de Equinos. Ed. Interamericana, México. Pág. 586.
 64. Rothschild, M. et al.. 1988. Serum albumin. Hepatology. Vol. 8, págs. 385-401.
 65. Rudolph, W.; Couble, R.; Miranda, J.; Correa, J.; Donoso, F.. 1986 . Actividad plasmática de las enzimas AST, CK, LDH. y ALP en equinos F.S.C. sometidos a entrenamiento. Arch. Med. Vet. 18 , págs. 37-42.
 66. Salgado Farías, J. Determinación de hematocrito, proteínas plasmáticas totales y albúmina en caballos de salto antes y después de cada entrenamiento. Bogotá: Universidad de La Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias ;2009.
 67. Santos, S.A. 1997. Recomendações sobre manejo nutricional para equinos criados em pastagens nativas no Pantanal. Corumbá: EMBRAPA - CPAP. Pág. 63.

68. Santos, S.A. 2001. Serum electrolyte and biochemical alteration of panteneiros horse during long distance exercise. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria e Zootecnia*. Vol. 53. Págs. 551-357.
69. Schalm et al.. 1981. *Hematología Veterinaria*. 1ra ed. Ed. Hemisferio sur. S. A. Buenos Aires. Pág. 858.
70. Smith, J.E et al.. 1986. Iron deficiency and iron deficiency in hospitalized horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, Schaumburg. Vol.188, págs. 285-287.
71. Snow, D.H. et al.. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse, *Vet. Rec.* 110: 377-384.
72. Snow, D. H. 1991. Haemathological, biochemical and physiological changes in horses and ponies during the cross country stage of driving trial competitions, *Vet. Rec.* 126: 233-239.
73. Sommer, H.. 1984. Blood profile testing in race- horses. En: Schalm, O. W.. Ed. 1. *Equine haematology*. Veterinary Practice Publishing Company. California, USA.
74. Stephen Jackson. Trace minerals for the exercise horse: known biochemical roles and estimates of requirements. [Consultado 2015 Sept 5]. Disponible en:
http://www.researchgate.net/publication/237561873_TRACE_MINERAL_S_FOR_THE_PERFORMANCE_HORSE.
75. Suttle, N.F.. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4th ed. UK: CAB International; 2010.
76. Thornton, J.R.. 1985. Hormonal response to exercise and training. *Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.* 1: págs. 477-496.
77. Underwood, E.J.. *The Mineral Nutrition of Livestock*. Ed. 2. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, Inglaterra, 1981. Pág. 180.
78. Underwood, E. J.; Suttle, M. F. *The Mineral Nutrition of Livestock*. Ed. 3. CABI Publishing, Inglaterra, 1999. Págs. 376-396.
79. Ungerfeld, E.. 1998. Factores que afectan el contenido de minerales en pasturas naturales y el estado nutricional de vacunos y ovinos en Uruguay. Tacuarembó (Uruguay). Sitio Argentino de Producción Animal.
80. Van Doorn, D.A.; Van der Spek, M.E.; Everts, H.; Wouterse, H.; Beynen, A.C.. 2004. The influence of calcium intake on phosphorus digestibility in mature ponies. *J. Anim. Physiol.* Vol. 88, págs. 412-418.
81. Van Heerden, J.; Dauth, J.; Dreyer, M. J.; Nichas, E.; Marshall, C.; Wall, D. T.. 1990. Selected laboratory parameters of thoroughbreds. *Journal of the South African Veterinary Association*, Pretoria. Vol. No. 4, págs. 155-158.
82. Vervuert et al.. En: Saastamoinen, M.T.; Martin Rosset, W. (eds). *Nutrition of the exercise horse*. Paises Bajos. Editorial Wageningen. (2008) Págs. 211-212.
83. Wolter, R. *Alimentación del caballo*. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 1977. ISBN 84-200-0290-9.

