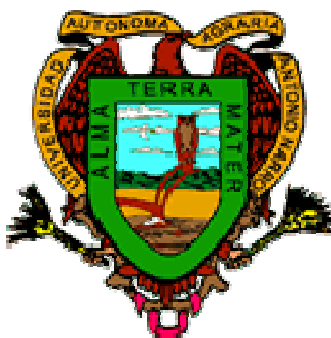


Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Ciencia Animal

Departamento Recursos Naturales Renovables



Características de los caballos en México

POR:

Daniel Roberto Cortés Peña

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Abril de 2011

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Ciencia Animal

Departamento Recursos Naturales Renovables

Características de los caballos en México

POR:

Daniel Roberto Cortés Peña

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador, Como
Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA POR:

Dr. Alvaro F. Rodríguez Rivera

MC. Alejandro Cárdenas Blanco

Ing. Roberto Canales Ruiz

Coordinador de la División de Ciencia Animal
Dr. Ramiro López Trujillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2011

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme el regalo de la vida, y darme las capacidades para comprenderla y poder caminar en ella

A mi familia que ha sido parte fundamental de este esfuerzo, sin ustedes esto no hubiera sido posible.

A el cuerpo académico que me ha formado, todos los profesores de la UAAAN en especial a los profesores de la División de Ciencia Animal

Al Dr. Alvaro F. Rodríguez Rivera, por darme la oportunidad, por la paciencia y el apoyo en la elaboración de este trabajo.

Al MC. Alejandro Cárdenas Blanco, Ing. Roberto Canales Ruiz por ser parte de este esfuerzo.

A la Generación CVI, gracias por hacer mi estancia en esta institución tan amena y por brindarme su amistad.

A todas las personas que conocí en esta etapa de mi vida, que desde que llegue a Saltillo me brindaron su amistad y su apoyo.

A mi “ALMA TERRA MATER” por darme los medios para lograr mis objetivos profesionales.

DEDICATORIA

A mis padres:

Ricardo y E. Maria

Que han confiado siempre en mí, quienes han pasado por muchas limitaciones y sacrificios para brindarme esta oportunidad.

A mis hermanos:

Que ha sido mucho más que un ejemplo para mí, se que cada día me tienen presente en sus pensamientos y que a diario se preocupan por mí.

A mi esposa Claudia Xochitl:

Que me han apoyado en todos los sentidos. Y a mis hijos Demian Daniel y Sebastian, que han sido la motivación de seguir adelante.

A mis amigos y amigas:

Por brindarme su valiosa amistad y tan bellos momentos siempre estarán en mi memoria y en mi corazón.

Índice general

Concepto	Página
Portada	
Firmas	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice general	v
INTRODUCCIÓN	1
Palabras claves	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
La dieta y el hábitat del mamut y los caballos del pleistoceno tardío de El Cedral con base en isótopos estables	3
Estudio en El Cedral San Luís Potosí México	3
Isótopos de C y O	4
Preparación analítica de las muestras Mamut	5
Caballos	5
Eje somatotrópico y a los factores de crecimiento	8
Acciones biológicas IGF-1	9
Acciones biológicas IGF-1 en el cartílago	10
Factores determinantes de las concentraciones de IGF-1 en el caballo	12
Discusión	20
Test en banda de alta velocidad para equinos	27
Necesidades nutritivas	29
Alimentos	29
Formulación	30
Consumo diario	31
Consumo concentrado	31
Energía	32
Proteína	33
Almidón	33
Lisina	34
Coste diario de la ración	35
Evolución	39
Métodos de contención	42
Extracción	45
Factores a determinar para la extracción	45
No quirúrgicos	46
Quirúrgicos	46
MATERIALES Y METODOS	48
CONCLUSIONES	49
LITERATURA CITADA	50

INTRODUCCIÓN

La alimentación del caballo, sobre todo en aquellos destinados a actividades deportivas o de ocio, se ha realizado tradicionalmente de forma bastante cerrada, debido, en gran parte, al desconocimiento de las necesidades de los animales. La creciente afición a este tipo de actividades ha llevado a los profesionales a estudiar este tema.

Los rendimientos de un caballo están condicionados por muchos factores: genéticos, sanitarios, de manejo y nutricionales. La alimentación durante el período de crecimiento es muy importante para obtener el máximo rendimiento del animal. Una buena crianza permite un adecuado desarrollo del potro, evitando deficiencias que luego condicionarán su aptitud a las actividades que se le tengan destinadas. En esta etapa de su vida, tampoco es recomendable una sobrealimentación, pues puede llevar a un sobrepeso del animal que, al no haber terminado su crecimiento, repercute en su esqueleto y resistencia al esfuerzo. Una restricción moderada se supera gracias al crecimiento compensatorio de fases posteriores; sin embargo, si ésta es muy fuerte, ocasiona retrasos en el crecimiento a veces irreversibles.

En el caso de los reproductores, la alimentación también supone un aspecto fundamental. Los caballos son considerados, en general, como animales poco fértiles (se dice que hacen falta dos yeguas para obtener un potro al año). Aunque esta afirmación está, en parte, justificada, mediante una alimentación y un manejo adecuados de los reproductores pueden mejorarse los índices reproductivos, como ocurre con todas las explotaciones zootécnicas. Los problemas más frecuentes suelen deberse a estados carenciales, aunque animales demasiado engrasados también presentan problemas de fertilidad. Parece importante, por tanto, mantener el ganado en buen estado corporal, permitiendo unas variaciones del peso vivo en ciertos momentos de su ciclo productivo, pero evitando que pasen ciertos límites que posteriormente puedan comprometer sus rendimientos productivos.

Los caballos han evolucionado para la vida en pastoreo y ramoneo (Frape, 1992). Los pastos contienen cantidades variables de agua según el grado de madurez, mientras que los principios energéticos de la materia seca son mayoritariamente carbohidratos y cantidades menores de proteínas y lípidos (McDonald y col., 2006). Los carbohidratos son diversos (azúcares libres, fructosanos, hemicelulosas, celulosa, etc.) y pueden clasificarse según su localización celular (parietales –estructurales o fibrosos- o intracelulares –de reserva o no fibrosos-) (Jarridge, 1981), o por su lugar de digestión en el tracto digestivo del caballo (fermentables e hidrolizables) (Hoffman, 2003). A lo largo del año, la proporción de los diferentes tipos de carbohidratos varía

con el estado vegetativo: inicialmente predominan los carbohidratos de reserva pero los carbohidratos parietales van adquiriendo una mayor relevancia al avanzar el ciclo porque las plantas necesitan más cantidad de tejidos fibrosos para mantener la estructura (McDonald y col., 2006). Una característica común de los forrajes de gramíneas y leguminosas es el bajo o nulo contenido en almidón (Jarridge, 1981).

En libertad, los caballos pasan de 12 a 16 horas diarias pastando en períodos de 2 a 3 horas alternados con momentos de descanso e interacción social (Ralston, 1984). Así pues, el aparato digestivo de los caballos se ha adaptado para poder ingerir grandes cantidades de hierba de forma muy repartida a lo largo del día y obtener energía eficientemente de la misma (Hussein y Vogedes, 2007), con independencia de su contenido en fibra (Duncan y col., 1990).

En la parte anterior del aparato digestivo, el proceso de digestión es similar al de los restantes monogástricos: la digestión enzimática del alimento libera glucosa, aminoácidos y ácidos grasos para su absorción; pero además, el elevado desarrollo del intestino grueso le permite obtener energía suplementaria en forma de ácidos grasos volátiles mediante la fermentación microbiana de la fibra y de la fracción del alimento no digerida enzimáticamente, de forma análoga a los rumiantes (Harris, 2007). En el intestino grueso también se absorben aminoácidos microbianos aunque de forma muy limitada (Jarridge y Tisserand, 1984).

REVISIÓN DE LITERATURA

La dieta y el hábitat del mamut y los caballos del Pleistoceno tardío de El Cedral con base en isótopos estables

En México, las localidades con mamíferos fósiles perteneciente al Pleistoceno tardío son abundantes (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2002) y una de ellas es El Cedral, San Luis Potosí. En esta localidad se han identificado diversos grupos de vertebrados fósiles, entre ellos caballos y mamuts. Con base en análisis morfométricos y morfológicos, Alberdi *et al.* (2003) proponen la presencia de tres especies de caballo, a saber: *Equus mexicanus*, *E. conversidens* y *Equus sp.*, siendo la primera de tamaño grande y la última la más pequeña, mientras que *E. conversidens* era de talla intermedia. En lo referente al mamut, dos especies han sido registradas en Norteamérica durante el Pleistoceno tardío, *Mammuthus primigenius* y *Mammuthus columbi*, pero en México actualmente sólo se reconoce la presencia de *Mammuthus columbi* (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2003a, 2003b; A. Lister, comunicación personal, 2004). Diversos estudios realizados en Estados Unidos de América por MacFadden y Cerling (1996) y Koch *et al.* (1998, 2004), utilizando isótopos estables de oxígeno y carbono, han revelado que los équidos y los mamuts eran capaces de incluir en su dieta una baja proporción de hojas de árboles, arbustos y vegetación riparia, sin dejar de consumir pastos, y que habitaban en zonas abiertas, como las praderas. Por ello, el propósito de este estudio es inferir la dieta y el hábitat de *Mammuthus columbi* y las tres especies de *Equus* de la localidad de El Cedral a través de un análisis isotópico del esmalte dental de algunos molares pertenecientes a estos taxa. Los resultados aquí obtenidos se comparan con los valores isotópicos publicados previamente para los mismos géneros que han sido estudiados en Florida, Nuevo México y Texas, EUA, con el propósito de observar cómo variaba la dieta de *Equus* y *Mammuthus* en latitudes diferentes (Koch *et al.*, 1998, 2004).

Estudio En EL Cedral San Luis Potosí México

La localidad Rancho La Amapola se halla a 1.7 km al SE de El Cedral, San Luis Potosí, México, a 23°49' Lat N y 100°43' Long O, a 1,700 msnm En este sitio se ha encontrado evidencia de la presencia de varios manantiales, los que debieron servir como abrevaderos para la megafauna del Pleistoceno final que incluía tapires (*Tapirus*), lobos (*Canis dirus*), leones (*Panthera atrox*), camélidos (*Camelops sp.*), mastodontes (*Mammut americanum*), mamuts (*Mammuthus columbi*), caballos (*Equus mexicanus*, *E. conversidens* y *Equus sp.*), así como micromamíferos y otros vertebrados (Álvarez S. y Polaco, 1982). De 1977 a 1984, dentro del Proyecto "Cuencas Endorreicas" realizado por José Luis Lorenzo y personal del entonces Departamento de

Prehistoria (actualmente Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico), INAH, se efectuaron excavaciones arqueológicas interdisciplinarias en el Rancho La Amapola con el objetivo de adquirir un mejor conocimiento de los asentamientos humanos del Pleistoceno tardío y Holoceno temprano desde una perspectiva ambiental. Se distinguieron tres niveles fosilíferos durante las excavaciones arqueológicas, considerando para ello las temporalidades proporcionadas por los fechamientos con radiocarbono (Lorenzo y Mirambell, 1986), siendo dichos niveles, como sigue (Figura 2): 1) entre 30,000 y 25,000 años AP (antes del presente); 2) 15,000 años AP y 3) entre 10,000 y 8,000 años AP. En el caso del mamut, se desconoce el nivel estratigráfico al que pertenece, mientras que los restos de caballo proceden de los dos primeros. La vegetación actual del área es un matorral xerófilo, distinta de la que debió existir en el pasado, la cual probablemente fue un bosque tropical caducifolio con el desarrollo de zonas de amplias praderas o pastizales, tal como se ha propuesto a partir del estudio de los fósiles de vertebrados, los moluscos y el polen en el área (Sánchez-Martínez y Alvarado, en prensa).

Isótopos de C y O

En las últimas décadas ha habido un crecimiento en el uso de los análisis isotópicos de oxígeno y carbono para los estudios de reconstrucción de las condiciones climáticas y ambientales del pasado. También, estos estudios han mostrado que la proporción de isótopos del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en los huesos y los dientes de los mamíferos fósiles puede ser utilizada para obtener información acerca de la dieta de dichos herbívoros y carnívoros (De Niro y Epstein, 1978; Vogel, 1978; Sullivan y Krueger, 1981; Lee-Thorp *et al.*, 1989, 1994; Koch *et al.*, 1990, 1994; Quade *et al.*, 1992; Cerling *et al.*, 1997; MacFadden, 2000; Kohn *et al.*, 2005). Para el caso de los herbívoros, la proporción de isótopos de carbono varía según el tipo de materia vegetal consumida, la cual depende a su vez del patrón fotosintético utilizado por dichas plantas. Durante la fotosíntesis, las plantas de tipo C3 en los ecosistemas terrestres de altitud y latitud elevadas (árboles, arbustos y plantas herbáceas) muestran valores más altos del isótopo pesado durante la fijación del CO_2 que los presentados por las hierbas y los juncos tropicales (plantas C4). Por ello, tanto las plantas de tipo C3 como las de tipo C4 tienen diferentes valores de composición isotópica ($\delta^{13}\text{C}$). Las plantas de tipo C3 tienen valores de $\delta^{13}\text{C}$ desde -22 por mil (‰) hasta -30‰, con una media de -26‰, mientras que las plantas de tipo C4 tienen valores de $\delta^{13}\text{C}$ que varían entre -10‰ y -14‰, con una media de -12‰ (Smith y Epstein, 1971; Vogel, 1978; Ehleringer *et al.*, 1986; 1991; Cerling *et al.*, 1993). Los animales consumidores de la vegetación incorporan en huesos y dientes el carbono del alimento con un fraccionamiento isotópico adicional de -12‰ a -14‰ aproximadamente. Los mamíferos que se alimentan de plantas tipo C3 tendrán, por lo tanto, valores de $\delta^{13}\text{C}$ comprendidos entre -10‰ y -16‰, mientras que los animales que se alimentan de hierbas tropicales tipo C4

tienen valores de $\delta^{13}\text{C}$ comprendidos entre +2‰ y -2‰. Una alimentación de tipo mixto mostrará a su vez valores intermedios (Lee-Thorp y van der Merwe, 1987; Quade *et al.*, 1992). Por ello, la proporción relativa entre plantas tipo C3 y C4 en la dieta de un animal puede determinarse analizando la composición isotópica del carbono, lo que permite obtener mayores datos acerca del comportamiento ecológico de las especies extintas. Por otra parte, la composición isotópica del oxígeno en el apatito del esmalte dental ($\delta^{18}\text{O}$) depende, en primera instancia, del equilibrio metabólico entre las diferentes reservas de oxígeno, con distintas composiciones isotópicas que interactúan en el cuerpo durante la formación de los fluidos corporales (Longinelli, 1984; Luz *et al.*, 1984). De estas fuentes de oxígeno forman parte el agua ingerida (procedente tanto de la bebida como de la contenida en las plantas), así como el oxígeno molecular procedente de la respiración. El oxígeno, a su vez, es expulsado del cuerpo como agua líquida en la orina, sudoración, azúcares y heces y como CO_2 y H_2O en forma gaseosa durante la respiración. Los factores que intervienen en este balance son tanto internos (relativos a la fisiología del animal), como externos (relacionados con la ecología y el clima). La variación de la composición isotópica del oxígeno en los grandes mamíferos depende fundamentalmente de los factores externos. Dado que la composición isotópica del oxígeno del fosfato en los huesos y los dientes de los mamíferos está relacionada con el agua que ingieren y ésta, a su vez, depende en última instancia del agua de la precipitación, entonces la composición isotópica del oxígeno del apatito puede ser utilizada para realizar inferencias climáticas del pasado (Longinelli y Nuti, 1973; Kolodny *et al.*, 1983; D'Angela y Longinelli, 1990; Bryant *et al.*, 1994; Sánchez-Chillón *et al.*, 1994; Bryant y Froelich, 1995; Delgado *et al.*, 1995; Kohn, 1996; Kohn *et al.*, 1996; Kohn *et al.*, 1998).

Preparación analítica de las muestras

Mamut

Se tomaron 13 muestras de esmalte dental de un solo molar de *Mammuthus columbi*, número de catálogo DP- 3729. Se extrajeron 10 mg en la zona oclusal de las láminas; para la preparación de la muestra se siguió la metodología de MacFadden y Cerling (1996) y Révész y Landwehr (2002), y los análisis se normalizaron de acuerdo con Coplen (1988) y Coplen *et al.* (2006).

Caballos

Para el análisis de 14 individuos de *Equus* (*E. mexicanus*, DP2595, 2678, 2755, 3865, 3874, 3926; *E. conversidens*, DP2318, 2752, 4577; y *Equus* sp., DP2631, 2719, 2744, 4527, 4564) se tomó una muestra en la corona del diente a una distancia de 1–2 cm de la bifurcación de las raíces. El tratamiento químico de las muestras siguió el descrito por Koch *et al.* (1997). Los resultados se expresan como la relación $\delta = ([R_{\text{muestra}}/R_{\text{standard}}]-1$

) $\times 1000$, donde $R = 13C/12C$ o $18O/16O$, y los estándares de referencia son V-PDB para el carbono y V-SMOW para el oxígeno. La precisión analítica de los resultados es de 0.1‰ para $\delta^{13}C$ y 0.2‰ para $\delta^{18}O$. Los resultados fueron comparados con los publicados por Koch *et al.* (1998, 2004) para ejemplares del Pleistoceno de Florida, Nuevo México y Texas. Para realizar estas comparaciones se empleó un Análisis de Varianza (ANOVA) (Hammer y Harper, 2006). En aquellos casos en que el análisis mostró diferencias significativas, se empleó la prueba para comparaciones múltiples de Tukey-Kramer para identificar aquellos subgrupos estadísticamente homogéneos. El nivel de probabilidad usado fue de $p < 0,05$. El software utilizado fue NCSS 2004 y PASS 2002 (Hintze, 2004). Para inferir el hábitat se efectuó una comparación de los valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$ del mamut y los caballos contra especies típicas de zonas cerradas del Pleistoceno tardío de Florida, en este caso jabalí (*Mylohyus fossilis*), mastodonte (*Mammot americanum*), tapir (*Tapirus veroensis*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Las muestras del mamut fueron analizadas en el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México y las de caballo en el Laboratorio de Geoquímica del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) y el Servicio Interdepartamental de Investigación (SIDI) de la Universidad Autónoma de Madrid (España).

En los caballos se encontró un intervalo de valores de carbono ($\delta^{13}C$) que varía desde -6.9‰ a -1.5‰ (Tabla 1). Aunque, en promedio, los équidos de El Cedral entran en la categoría de dieta mixta C4/C3, a nivel específico la distribución de los resultados del carbono es similar a la que presenta la separación por tamaño realizada por Alberdi *et al.* (2003) y Sánchez-Chillón *et al.* (2005) (Figura 3). Así, los valores de *Equus mexicanus* se encuentran más dispersos, sugiriendo una dieta mixta C3/C4, mientras que en *Equus sp.* los valores muestran una tendencia hacia una alimentación mayoritariamente C4. En el caso de *Equus conversidens*, tres de sus valores están agrupados sugiriendo una alimentación exclusivamente C4. La comparación de los resultados de $\delta^{13}C$ con las especies de *Equus* de Florida, Nuevo México y Texas (Tablas 2 y 3) se presentan en la Figura 4. En ella se observa que el intervalo de variación se solapa con la distribución observada para las tres especies de El Cedral. Los análisis de los caballos de un único yacimiento (Quitaque Creek, Texas) parecen mostrar una alimentación casi exclusiva de plantas de tipo C4 similar a lo hallado para las muestras de *Equus conversidens* de El Cedral, mientras que en la mayoría de las especies comparadas la participación en la dieta de plantas C4 es mayor que la de plantas C3, caracterizándolas en su mayoría como de tipo mixto, lo que también ocurre en *Equus mexicanus* y *Equus sp.* Para el mamut, la distribución del intervalo de valores es mucho menor, desde -3.48‰ a -5.19‰ con un promedio de -3.8‰ (Tabla 4). Es claro que los

valores están mucho más cercanos entre sí, dado que se trata de distintas muestras de un mismo molar, observándose claramente una alimentación de tipo mixto C3/C4. La comparación con sus equivalentes en Florida, Texas y Nuevo México (Koch *et al.*, 1998, 2004; Tablas 2 y 3) usando el ANOVA no muestra diferencias significativas ($p < 0.036662$) en cuanto a la dieta. La comparación de los resultados de $\delta^{13}\text{C}$ de los caballos de El Cedral con sus contrapartes norteamericanas (Koch *et al.*, 1998, 2004), muestra que existen diferencias significativas ($p < 0.000040$) en las localidades de Hornsby Springs y Rock Springs; sin embargo la Prueba de Tukey- Kramer muestra que los caballos de El Cedral no presentan diferencias significativas con ninguna de las localidades comparadas. En cuanto a los análisis de composición isotópica del oxígeno, $\delta^{18}\text{O}$, los caballos de El Cedral muestran valores bastante homogéneos (Figura 3), lo que indica un clima más bien templado, con una temperatura media anual de hasta 5 °C menor que el promedio actual.

Los resultados de los análisis isotópicos de carbono en los caballos de El Cedral indican un registro de plantas mixto C3/C4, más evidente en *Equus mexicanus* que en *Equus sp.*, en cuyo registro isotópico se observa la tendencia a la incorporación en la dieta de una cierta proporción de plantas de tipo C4 y, también evidente en el caso de *E. conversidens*, en la que parece ser el tipo de dieta exclusiva, aunque por el tamaño de la muestra resultaría aventurado aseverar que esta última especie tenga una dieta exclusiva de plantas de tipo C4. Es importante constatar la presencia de plantas de tipo C4 en el área durante el Pleistoceno, ya que los trabajos basados en la observación de la dieta de caballos ferales y cebras actuales, señalan que aunque ambas especies poseen una dentición hipsodonta y se alimentan principalmente de pastos, tienen tendencias ramoneadoras, limentándose de hojas de árboles y arbustos (Beaver y Brussard, 2004; Álvarez-Romero y Medellín, 2005). En cambio, los valores de las muestras obtenidas del mamut indican una dieta mixta homogénea en este individuo. Sin embargo, dado que se analiza un solo ejemplar no podemos generalizar que todos los *Mammuthus columbi* de El Cedral, tenían la misma tendencia alimentaria. De acuerdo con la teoría de nicho ecológico de Hutchinson, que señala que dos especies no pueden ocupar un mismo nicho ya que una se extinguiría (Feranec y MacFadden, 2000), se puede asumir que dos taxa con alimentación similar, como son el mamut y el caballo, entrarían en competencia por el alimento. Sin embargo, el que exhiban una dieta mixta, -3.48 a -5.19‰ para el mamut y -6.9 a -1.5‰ para los caballos, pudiera significar que durante el Pleistoceno tardío existiese en El Cedral una gran abundancia de recursos alimentarios (Johnson *et al.*, 2002) que habría prevenido la competencia por el alimento. Otra posibilidad es que hubiera existido una partición de recursos alimentarios (Feranec y MacFadden, 2006), como lo sugieren los valores isotópicos obtenidos durante el análisis, lo que habría prevenido la competencia entre las tres especies de équidos.

Asimismo, nuestros valores son concordantes con los obtenidos por MacFadden y Cerling (1996) y Koch *et al.* (1998; 2004) para *Equus* y *Mammuthus columbi* y MacFadden *et al.* (1999) y Hoppe *et al.* (2004) para *Equus*, lo cual sugiere que ambas taxa se alimentaban mayoritariamente de plantas C4 pero eran capaces de incluir pequeñas proporciones de plantas C3 en su dieta. **Hábitat** En la Figura 5 y Tabla 2 se observa una separación clara entre la fauna del Pleistoceno tardío de Florida (Koch *et al.*, 1998), que caracteriza a zonas cerradas de vegetación de tipo C3, y los caballos y el *Mammuthus* de El Cedral, que representan zonas más abiertas. Diversos estudios palinológicos (Webb, 1977; Metcalfe *et al.*, 2000) señalan la presencia de una pradera que en el Pleistoceno tardío se extendía desde el centro de Canadá hasta el centro de México.

Asimismo, el registro palinológico de la zona (Sánchez-Martínez y Alvarado, en prensa) indica la existencia de una gran cantidad de plantas herbáceas, como poáceas, asteráceas y quenopodiáceas con pocos árboles en la zona, por lo que se infiere que esta área podría ser un pastizal. Los análisis de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ obtenidos, que sugieren que ambas taxa estudiados habitaban en una zona abierta que pudo ser un pastizal, refuerzan el escenario.

Eje somatotrópico y a los factores de crecimiento

El eje somatotrópico responde a la disponibilidad de energía, al permitir la movilización energética y promover el crecimiento físico en periodos de energía adicional. Es un componente esencial en la comunicación química entre procesos metabólicos e ingesta de nutrientes (LeRoith *et al.*, 2001; Yakar *et al.*, 2002). El eje integra numerosas hormonas, como hormonas tiroideas, glucocorticoides, leptina, hormonas esteroideas sexuales y proteasas. No obstante, los integrantes fundamentales del eje son la hormona del crecimiento (GH) o somatotropina (ST), la insulina (INS) y los factores de crecimiento similares a la INS, tipos 1 y 2 (IGF-1 e IGF-2, 'insulin-like growth factors') (Yakar *et al.*, 2002).

La GH es una proteína sintetizada en la hipófisis anterior, secretada de forma pulsátil (Steward *et al.*, 1993; DePew *et al.*, 1994). A nivel sanguíneo, la GH se encuentra unida a una proteína transportadora. Esta proteína tiene una vida plasmática muy corta, unos 20 min (Graaf-Roelfsema *et al.*, 2007). Esta circunstancia, junto con su liberación episódica, hace incorrecta la interpretación de las concentraciones de GH provenientes de una única muestra sanguínea. Uno de los sitios principales de acción de la GH es el hígado, donde induce la síntesis de IGF-1, aunque la mayoría de las células son capaces de producir este factor de crecimiento. El IGF-1 muestra una unión prolongada con sus proteínas transportadoras en el torrente sanguíneo, unas 20 hrs (Graaf-Roelfsema *et al.*, 2007). Por tanto, los efectos somatogénicos de la hormona GH se encuentran mediados por el IGF-1. Por este motivo, el IGF-1 se ha convertido en un marcador diagnóstico de función hipofisaria (Rasat *et al.*, 1996), con numerosas utilidades en medicina

veterinaria. Así, el IGF-1 representa una ayuda para la selección del ganado según su tasa de crecimiento y para la valoración de la eficacia nutricional de diversas dietas (Luxford et al., 1997), es un procedimiento de control del crecimiento y desarrollo en animales de producción (Owens et al., 1999) y en équidos, se puede utilizar para valorar de forma indirecta el uso dopante de la hormona GH (Noble y Sillence, 2000; Riber et al., 2009). La presente revisión se ha estructurado en dos partes. En primer lugar, se describirán las diversas acciones biológicas del IGF-1, independientemente de la especie animal. En segundo lugar, se analizará la influencia de diversos factores que condicionan las concentraciones circulantes de IGF-1 en el caballo.

Acciones biológicas del IGF-1

La GH y su péptido efector, el IGF-1, poseen numerosos efectos sobre una gran variedad de procesos biológicos y un rango amplio de funciones en el embrión, feto y fundamentalmente, en el adulto. Las ratas deficitarias en GH o IGF-1 no aumentan de tamaño ni de peso hasta que se les administra GH o IGF-1 exógenas (Skottner et al., 1989). De igual modo, los ratones con déficit genético de IGF-1 muestran patrones de crecimiento reducido (Powell-Braxton et al., 1993). Por el contrario, concentraciones excesivas de IGF-1 desencadenan una tasa de crecimiento exagerada (Mathews et al., 1988).

Los principales efectos biológicos del IGF-1 se manifiestan en el sistema músculo-esquelético, nervioso, órganos reproductores, a nivel hematopoyético e inmunológico y cardiovascular. La tabla I muestra una recopilación de las principales acciones de este factor de crecimiento. **Acciones biológicas del IGF-1 a nivel óseo** El IGF-1, en colaboración con otros factores de crecimiento, como el factor de crecimiento β de transformación y el factor de crecimiento de los fibroblastos, interviene en la proliferación de las células pre-osteoblásticas y estimula la síntesis de colágeno tipo I, uno de los principales componentes de la matriz ósea (Zofkova, 2003). De hecho, el tejido óseo, inclusive la matriz, es rico en IGF-1 (Delany et al., 1994) y se ha demostrado que los osteoclastos sintetizan IGF-1 (McCarthy et al., 1994). Como consecuencia de estos hechos, la cuantificación de las concentraciones de IGF-1 podría tener una gran importancia en la evaluación del proceso de remodelación ósea, con una relación positiva entre IGF-1 y pronóstico de curación de fracturas. En seres humanos, se ha sugerido que una síntesis inadecuada de IGF-1 podría estar implicada en la etiopatogenia de la osteoporosis (Zofkova, 2003) y otras enfermedades ortopédicas (Van der Eerden et al., 2003).

La intervención del IGF-1, al igual que de otros factores de crecimiento, sobre el hueso, es un efecto directo. Tras su unión a los receptores osteoblásticos, estimula la expresión de procolágeno tipo I y la síntesis de colágeno (Canalis, 1997). El IGF-1, además, reduce la degradación de colágeno al inhibir la actividad de la colagenasa osteoblástica. La osteoformación activada se caracteriza por una producción local incrementada de IGF-1, con la

consiguiente estimulación osteoblástica y aposición aumentada de la matriz ósea (Canalis, 1997; Zofkova, 2003). Adicionalmente, el IGF-1 acidifica el medio entre las células osteogénicas y la matriz ósea, mejorando de este modo, las condiciones para la mineralización ósea (Santhanogopal y Dixon, 1999).

Acciones biológicas del IGF-1 en el cartílago

El IGF-1 es un factor de crecimiento anabólico esencial para la regulación del metabolismo cartilaginoso. Induce la expresión y síntesis del colágeno tipo I y proteoglucanos, componentes esenciales de la matriz del cartílago, al mismo tiempo que favorece la estabilización de los condrocitos (Studer et al., 2000; Goodrich et al., 2007). Por otro lado, el IGF-1 protege a los condrocitos de los efectos negativos de las interleukinas, especialmente de a interleukina 1 y suprime la degradación de los componentes de la matriz del cartílago, limitando la expresión y actividad de las metaloproteinasas 1 y 8 (Dart et al., 2003; Fortier et al., 2005; Goodrich et al., 2007). Debido a estas acciones, las investigaciones sobre el IGF-1 en el metabolismo del cartílago son relativamente abundantes en la bibliografía equina. Se ha demostrado que la adición de IGF-1 incrementa la síntesis de proteoglucanos y colágeno tipo II, al mismo tiempo que limita la degradación de proteoglucanos. En cultivos de explantes de cartílago, la aplicación de IGF-1 al medio de cultivo ayudó al mantenimiento de las propiedades mecánicas y electromecánicas del explante (Fortier et al., 2002). Estos datos han resultado de gran valor en el tratamiento de las patologías articulares equinas. En los últimos años, se ha investigado el uso de la terapia génica del IGF-1 en la reparación de defectos del cartílago en équidos (Goodrich et al., 2007; Morisset et al., 2007). En estos estudios, se han introducido mediante artroscopia condrocitos modificados genéticamente mediante un adenovirus que codificaba IGF-1. La modificación genética de los condrocitos incrementó de modo significativo el IGF-1, la reparación del defecto cartilaginoso e incluso la incorporación del defecto al cartílago subyacente (Goodrich et al., 2007).

Acciones biológicas del IGF-1 en músculo Se ha demostrado en ratones, que un descenso de IGF-1 condiciona atrofia muscular (Powell-Braxton et al., 1993), mientras una expresión incrementada de IGF-1 en ratones transgénicos resulta en hipertrofia muscular (Coleman et al., 1995). Asimismo, tras lesiones isquémicas o tóxicas, se ha detectado IGF-1 en los mioblastos recién replicados, indicando crecimiento y regeneración muscular (Caroni y Schneideer, 1994). En el caballo, los datos sobre estas acciones del IGF-1 son muy limitados. Recientemente, se ha evaluado un modelo in vitro de regeneración muscular a partir de células satélite equinas (Byrne et al., 2000). Sin embargo, en este caso, el IGF-1 no indujo una proliferación significativa de estas células, a pesar de sus reconocidos efectos mitógenos.

Acciones biológicas del IGF-1 en tendón y ligamento Los estudios iniciales del IGF-1 consistieron en el examen del sitio específico y de los efectos,

según la dosis, en tendones equinos normales in vitro (Murphy y Nixon, 1997). Estos autores vieron que el IGF-1 promovía la síntesis de colágeno en un tendón equino sano, en una forma dosis- dependiente. El IGF-1 también afectó de forma positiva la proliferación celular y la síntesis de colágeno en el epitendón y en el endotendón adyacente, así como en los tejidos conectivos perivasculares (Murphy y Nixon, 1997). Todos estos datos son un reflejo de una mejoría substancial en el metabolismo intrínseco del tendón. Por este motivo, el IGF-1 ha sido investigado en el tratamiento de las tendinitis y desmitis equinas, patologías muy comunes y a veces devastadoras del caballo de deporte. Dahlgren et al. (2002; 2006) evaluaron el efecto de la administración intralesional de IGF-1 en un modelo de tendinitis flexora inducido mediante la aplicación intratendinosa de colagenasa. En los miembros tratados, estos autores observaron una menor inflamación local y una reducción más intensa y rápida del tamaño lesional. Asimismo, la proliferación celular y el contenido en colágeno de los miembros tratados fueron superiores a los de los miembros no tratados (Dahlgren et al., 2002; 2006).

Acciones biológicas del IGF-1 en tejido nervioso Se ha identificado al IGF-1 como un potente inductor de crecimiento en células nerviosas como los oligodendrocitos (Barres et al., 1992; Raff et al., 1993). Del mismo modo, el IGF-1 influye la viabilidad de las neuronas y células asociadas y favorece la diferenciación neuronal (Pahlman et al., 1991). Posee efectos importantes en la liberación de acetilcolina, catecolaminas y otros neuropéptidos y ha sido implicado en el proceso de la sinaptogénesis (Humbel, 1990).

Acciones biológicas del IGF-1 en los órganos reproductores Se ha demostrado que el IGF-1 favorece el desarrollo folicular en la hembra (Chun et al., 1994). En yegua, la administración de IGF-1 recombinante humana condicionó un desarrollo folicular mayor y una ovulación más rápida (Ginther et al., 2002). Más recientemente, Spicer et al. (2005) observaron que las concentraciones de IGF-1 en el líquido folicular de los folículos grandes durante la fase folicular, eran significativamente superiores a las encontradas durante la fase luteal y a la de los folículos pequeños y medianos, tanto en fase folicular como luteal. Estos datos sugirieron que el aumento de IGF-1 a nivel intrafolicular se asocia a una potenciación de la esteroidogénesis (Spicer et al., 2005).

Acciones biológicas del IGF-1 sobre los sistemas hematopoyético, inmunológico y cardiovascular

Hace tiempo que se conoce que el IGF-1 es esencial para la supervivencia de los cultivos de células hematopoyéticas (Rodríguez-Tarduchy et al., 1992). La GH y el IGF-1 aumentan la eritropoyesis in vitro (Claustres et al., 1987), en modelos animales (Kurtz et al., 1988) y en niños en crecimiento (Vihervuori et al., 1996). Del mismo modo, Christ et al. (1997) confirmaron que la anemia e hipovolemia detectadas en personas deficitarias en GH desaparecían tras un tratamiento con GH y/o IGF-1. Todos los componentes del eje GH-IGF-1 son expresados en las células inmunes, circunstancia que explica la influencia favorable de este sistema en la inmunidad. El IGF-1

protege a los linfocitos T de la apoptosis y junto con la GH tiene una acción de factor diferenciador local (Yang et al., 1999). Además, la elevación de los niveles circulantes de IGF-1 incrementa el volumen plasmático, la precarga y en definitiva, el rendimiento cardiaco (Gibney et al., 2007). Independientemente de estos efectos, el IGF-1 muestra una acción inotrópica positiva, si bien esta acción no parece condicionar modificaciones ecocardiográficas compatibles con cambios de tamaño (Thuesen et al., 1994). Estos efectos son manifestaciones de la supresión de la apoptosis de los cardiomiocitos por parte del IGF-1.

Factores determinantes de las concentraciones de IGF-1 en el caballo

Las concentraciones de IGF-1 están supeditadas a numerosos factores, como especie, tamaño corporal, raza, edad, sexo, momento de extracción de la muestra, ritmos circadianos, dieta, privación de comida, ejercicio, entrenamiento y ciertos estados patológicos. La influencia de estos factores debe ser conocida antes de una aplicación clínica e investigadora extensa del IGF-1 en el caballo. Tamaño corporal y raza En otras especies animales, como perros y cerdos, se ha visto una correlación positiva entre tamaño corporal e IGF-1. Los perros Pastor Alemán tienen concentraciones de IGF-1 superiores a otras razas más pequeñas (Eigenmann et al., 1984). Igualmente, las concentraciones de IGF-1 son menores en cerdos miniatura en comparación con cerdos de tamaño estándar (Buonomo et al., 1987). El efecto del tamaño corporal sobre el IGF-1 en caballos no está tan claramente definido. Ozawa et al. (1995) analizaron las concentraciones de este péptido en 85 caballos Pura Sangre Inglés (PSI) y en 7 ponies (Shetland y Falabella). Observaron una correlación positiva entre IGF-1 y peso, si bien no se hallaron diferencias entre ambas razas (Ozawa et al., 1995). Por el contrario, Tremblay et al. (1993) describieron que los caballos trotones Standardbred presentaban niveles superiores de IGF-1 a los PSI.

Se han descrito las concentraciones de IGF-1 en caballos de diversas razas, como PSI (Ozawa et al., 1995; Jackson et al., 2003a,b; Fortier et al., 2005; Noble et al., 2007; Staniar et al., 2007), trotones Standardbred (Malinowski et al., 1996; Champion et al., 2002), Cuartos de Milla (Cymbaluk y Laarveld, 1996; Ropp et al., 2003) y Pura Raza Española, PRE (Riber et al., 2009). Edad En general, las concentraciones de IGF-1 experimentan un incremento agudo post-natal, posiblemente debido a un aumento del número de receptores para la GH en varios tejidos, especialmente en hígado (Breier et al., 1994). Malinowski et al. (1996), en caballos trotones Standardbred, encontraron un incremento continuo de IGF-1 desde el nacimiento (concentración media: 285 ng/ml) hasta los 14 días de edad (572 ng/ml). A partir de este momento, no se hallaron diferencias significativas hasta los 9 meses (concentración media: 530 ng/ml). En comparación con los animales más jóvenes, las yeguas geriátricas, con una edad media de 22 años, mostraron IGF-1 notablemente inferiores (concentración media: 295 ng/ml).

Con posterioridad, Champion et al. (2002) analizaron los niveles de IGF-1 en trotones Standardbred en entrenamiento activo, de ambos sexos y con edades comprendidas entre 1 y 10 años. Observaron las concentraciones más altas en los potros de 1 año (concentración media: 299,0 ng/ml). Estos valores fueron significativamente superiores a los de los potros de 3 años (concentración media: 240,8 ng/ml). En caballos PSI, Fortier et al. (2005) vieron que las concentraciones máximas de IGF-1 se detectaban en los potros de 9 días de edad. A continuación se produjo un descenso progresivo hasta los 7,5 meses aproximadamente. En este momento, se encontraron niveles medios similares a los del periodo post-natal, experimentando una segunda reducción hasta los 24 meses de edad. Los valores máximos se hallaron entre los 8,5 y 10 meses de edad. Noble et al. (2007), también en PSI, sobre un total de 1880 muestras, documentaron un descenso de IGF-1 asociado a la edad en yeguas y machos castrados. Esta reducción fue menos evidente en sementales. En conocimiento de los autores, existe una única investigación sobre este tema en caballos PRE (Riber et al., 2009). Estudiamos 132 caballos PRE, con edades comprendidas entre 2 meses y 10 años y de ambos sexos. Encontramos que, las concentraciones de IGF-1 fueron superiores en las potras de 2 y 3 meses que en las de 4 a 6 meses y ambas mostraron valores más altos que los hallados para yeguas con edades comprendidas entre 1 y 10 años de edad. En relación a los machos, apreciamos que las concentraciones de IGF-1 eran estadísticamente similares en los potros de 2 hasta 6 meses de edad. Los valores medios de estos grupos de edad fueron significativamente superiores a los de los machos de 1 a 10 años. La evolución de las concentraciones séricas de IGF-1 en hembras y machos PRE, en función de la edad, se presentan en la figura 1 (Riber et al., 2009). Sexo Se conoce que el perfil de liberación de GH en caballos difiere con el sexo y esta circunstancia podría repercutir en las concentraciones de IGF-1. Los sementales y caballos castrados se caracterizan por un número superior de pulsos de GH que las yeguas. A pesar de este hallazgo, las concentraciones basales de GH no son estadísticamente diferentes entre sexos (Stewart et al., 1993; Thompson et al., 1994). Un resultado interesante es la ausencia de diferencias en el perfil GH entre machos castrados y sementales. Este hallazgo podría indicar que las hormonas testiculares no afectan los niveles de GH y por tanto, de IGF-1. Sin embargo, se sabe que los testículos, durante el desarrollo prenatal e incluso durante los meses iniciales de vida post-natal, podrían causar una diferenciación en el patrón de secreción de GH, persistente incluso, tras la castración (Thompson et al., 1994). Los resultados de los diversos estudios sobre el efecto del sexo en las concentraciones de IGF-1 en caballos son contradictorios. Ozawa et al. (1995) encontraron valores medios de IGF-1 superiores en las yeguas en comparación con los machos. Por el contrario, Champion et al. (2002), en trotones Standardbred, describieron valores superiores en los sementales, sin existir una interacción entre sexo y edad. Asimismo, Noble et al. (2007), en PSI, mostraron concentraciones de IGF-1

significativamente superiores en los sementales. En caballos PRE, Riber et al. (2009) hallaron que los machos con edades comprendidas entre los 3 y 6 años tenían concentraciones séricas de IGF-1 superiores a las de las hembras de la misma edad. Finalmente, Lejeune et al. (2007), no encontraron diferencias significativas entre sexos.

Ritmos circadianos y condiciones ambientales Las concentraciones de IGF-1 en sangre no parecen verse afectadas por el momento del día, según los datos aportados por Noble et al. (2007). Por tanto, una única muestra, obtenida en cualquier momento del día, sería una indicación fiable del estado de IGF-1 en el caballo, circunstancia que contrasta con la secreción pulsátil e irregular de la hormona GH (Thompson et al., 1992; Noble et al., 2007). No obstante, Jackson et al. (2003b), en potras PSI, hallaron una pequeña, pero significativa influencia de los ritmos circadianos en las concentraciones de IGF-1, con un pico en las últimas horas de la tarde (17.30 h). Por otro lado, parece existir una relación estrecha entre las condiciones medioambientales y el eje somatotrópico, vínculo muy importante en la regulación energética y metabólica bajo condiciones climáticas diversas. El incremento del fotoperiodo se ha asociado a un aumento de las concentraciones de IGF-1 en vacuno, originando una producción láctea superior (Dahl et al., 1997). De igual modo, la correlación entre tasa de crecimiento, concentraciones de IGF-1, calidad del pasto, temperatura ambiental y fotoperiodo se ha confirmado en caballos PSI (Cubbit et al., 2004; Staniar et al., 2007).

Alimentación y privación de alimentos En conocimiento de los autores, existen tres investigaciones importantes sobre la acción de la alimentación en los valores de IGF-1 en caballos. Ropp et al. (2003) no encontraron diferencias en IGF-1 en Cuartos de Milla alimentados con una dieta concentrada rica en carbohidratos fermentables en comparación con un suplemento de grasa del 10%. Treiber et al. (2005) determinaron las concentraciones de IGF-1 en potros PSI adaptados a dos tipos de dietas: una rica en carbohidratos fermentables y otra rica en grasa. Las concentraciones de IGF-1 fueron superiores en la primera dieta. Estos resultados coinciden con los publicados por Staniar et al. (2007), también para potros PSI. La influencia de la dieta sobre IGF-1 podría venir dada por la energía de la dieta y/o por su fuente. Los estudios realizados con animales de producción han revelado una asociación positiva entre energía digestible e IGF-1 (Thissen et al., 1994; Renaville et al., 2002). Un segundo factor a considerar es la acción de la dieta sobre el patrón de liberación de GH. Se ha confirmado que un descenso de la glucemia condiciona un incremento de secreción de GH. Por tanto, la fuente energética también afectaría a las concentraciones circulantes de IGF-1 (Treiber et al., 2005). Por otro lado, la privación de comida conlleva un descenso de IGF-1 (Sticker et al., 1995), reducción que revierte tras la alimentación. Sin embargo, Christensen et al. (1997) no encontraron variaciones significativas en IGF-1 en caballos trotones Standardbred con edades comprendidas entre 7 y 21 años, tras 48 horas de

restricción de comida. Ejercicio y entrenamiento El ejercicio físico condiciona un aumento de GH, debido a la acción de estímulos neuronales, provenientes desde músculos aferentes y corteza motora, a mecanismos de retroalimentación tras un incremento en la secreción de IGF-1, por la estimulación directa de acetilcolinas, β -endorfinas, lactato o cambios en el equilibrio ácido-básico (Consitt et al., 2002). Es lógico suponer que, si el ejercicio modifica la liberación de GH, las concentraciones de IGF-1 también variarán. Sin embargo, Popot et al. (2001) no hallaron diferencias significativas tras un ejercicio en comparación con un grupo control, sin ejercitar. Estos autores, no obstante, no especificaron las características de intensidad y duración del esfuerzo llevado a cabo. Jackson et al. (2003a) describieron que, una actividad submáxima prolongada, de unos 40 min, condicionaba una elevación de IGF-1, mientras que un ejercicio intenso daba lugar a un descenso de las concentraciones de IGF-1. El trabajo de Noble et al. (2007) fue más estandarizado. Tras un ejercicio de baja intensidad, realizado a una frecuencia cardiaca inferior a 160 lat/min y con una producción de lactato menor de 2 mmol/l, observaron una tendencia hacia un aumento de las concentraciones de GH tras 25 min de ejercicio, sin modificaciones significativas en IGF-1. Asimismo, un ejercicio máximo, consistente en 2400 m a velocidad máxima, no generó diferencias significativas en IGF-1 (Noble et al., 2007).

La influencia del entrenamiento sobre las concentraciones de IGF-1 en el caballo no ha sido demasiado evaluada. Noble et al. (2007) no evidenciaron diferencias significativas en IGF-1 durante un programa de entrenamiento de 7 semanas de duración e intensidad moderada en caballos PSI.

El ejercicio intenso ha sido reconocido como un factor predisponente que puede alterar significativamente varios mecanismos de la respuesta inmune en los equinos,^{1,2} entre ellos disminuyendo su capacidad funcional de los neutrófilos.³⁻⁶ Estos resultados se han obtenido con caballos de diferentes razas, aunque hasta donde sabemos no se han incluido caballos de raza Criolla. Es probable que el ejercicio realizado por los caballos criollos en entrenamiento produzca una alteración similar de su respuesta inmune, lo que proporcionaría un modelo útil para valorar intervenciones destinadas a modificarla. Hasta el momento ha sido difícil definir una relación entre ejercicio, respuesta inmune, y enfermedad, debido probablemente a numerosos factores, incluyendo la complejidad del sistema inmune y la naturaleza variable de los ejercicios utilizados.¹ Recientemente se han realizado intentos en atletas humanos para disminuir los efectos del ejercicio intenso sobre el sistema inmune con base en la nutrición,^{7,8} aunque todavía las recomendaciones nutricionales para evitar el deterioro post ejercicio del sistema inmune se basan en evidencias que no son concluyentes.⁹ Un componente adicional es que la calidad nutricional de distintos alimentos varía en función de las condiciones de almacenamiento,¹⁰⁻¹² lo cual es una

dificultad importante al momento de ajustar la dieta a los distintos requerimientos.

Son numerosos los factores que influyen en la inmuno supresión inducida por el ejercicio, la nutrición juega un papel crítico.¹³ La levadura de cerveza deshidratada presenta a priori una amplia variedad de cualidades para los equinos, que abarcan su valor nutricional y, probablemente, efectos adicionales sobre el sistema inmune. El componente nutricional ha sido relativamente bien estudiado, en especial el contenido proteínico y tenor de aminoácidos esenciales.¹⁴ La mala nutrición energética-proteínica es una de las causas más frecuentes de inmunodeficiencia secundaria.¹⁵ Los mecanismos adicionales son menos claros, probablemente dependen de componentes estructurales de la pared celular de las levaduras: *Saccharomyces cerevisiae* y especies relacionadas estimulan la respuesta inmune.

El ensayo del estallido respiratorio se realizó en un citómetro FACSortNR** adecuando las condiciones de adquisición a la población a estudiar. El citómetro de flujo es un instrumento capaz de analizar las células una tras otra, a medida que pasan en una corriente fluida a través de un rayo láser (light application stimulation excitation radiation). De estas células se pueden determinar hasta cinco parámetros. La detección de dos de ellos se basa en el cambio de las características del láser después de interactuar con las células. Los tres restantes son consecuencia de la estimulación que el láser es capaz de producir (en función de su energía) sobre fluorocromos con diferente espectro de emisión. El tamaño celular permite diferenciar e identificar subpoblaciones celulares a través de la dispersión de la luz hacia adelante (Foward light scatter, FSC). La complejidad del interior celular (es decir, presencia de núcleo, gránulos, etc.) se evalúa mediante la dispersión lateral de la luz (Side light scatter, SSC), que también permite diferenciar morfológicamente subtipos celulares. La activación de hasta tres tipos de longitud de onda, correspondientes a fluorocromos diferentes, permite evaluar antígenos de membrana o intracelulares u otras moléculas, mediante la combinación de los mismos. La detección del estallido respiratorio se realizó aprovechando la oxidación de un fluorocromo (dihidrorodamina 123, DHR-123) por los radicales generados durante el estallido respiratorio, detectada en la banda de fluorescencia verde (FL1). Se empleó el equipo comercial Burstest,* utilizando como estimulante PMA (forbol 12-miristato 13-acetato) y la DHR-123 como sustrato fluorogénico. El análisis con el software apropiado** permitió determinar el porcentaje de células que habían producido radicales derivados del oxígeno, y estimar la magnitud de esta producción mediante el análisis de los picos de fluorescencia en FL1, utilizando el valor de la media obtenida por lectura de diez mil células. Los resultados se expresan en unidades arbitrarias de fluorescencia (UAF).

Un primer aspecto a considerar es el efecto del programa de entrenamiento. Jensen-Waern et al.²⁰ evaluaron los efectos de una carrera de resistencia sobre la función de los neutrófilos en equinos entrenados para tal fin. Aquéllos concluyen que durante la carrera ocurren cambios tanto hormonales como metabólicos, que no sólo “disparan” la activación de los neutrófilos, sino que también reducen su capacidad funcional. Un día después del ejercicio, el índice de quimiotaxis y el pico de quimioluminiscencia disminuyen significativamente, afectando transitoriamente la funcionalidad antimicrobiana de los neutrófilos.⁵ En equinos ejercitados para la preparación del Evento Internacional de los Tres Días, se observó una disminución significativa en la capacidad de los granulocitos sanguíneos para fagocitar y matar levaduras.²¹ También señalaron que no hubo cambios en otros parámetros inmunológicos, tales como la quimioluminiscencia PMA-dependiente de granulocitos y la estimulación mitogénica de linfocitos sanguíneos. Confirmando esta observación, el comportamiento del estallido respiratorio en el grupo testigo fue similar: no tuvo modificación significativa del estallido respiratorio a lo largo del tiempo de seguimiento.

Entre otras posibilidades, es probable que el ejercicio que realizaron los caballos en este estudio no fuera tan intenso como para perjudicar su actividad fagocítica durante todo el periodo de entrenamiento. Raidal et al. (2006) observaron que la magnitud del ejercicio y del entrenamiento puede variar significativamente el efecto sobre la respuesta de los fagocitos conduciendo, en algunos casos con ejercicio moderado, incluso a mejoría de la inmunocompetencia. La variabilidad en los resultados de estallido respiratorio que hemos encontrado también apoya esta interpretación. En contraposición con la falta de modificación en condiciones espontáneas, el suplemento de levadura indujo un aumento del estallido respiratorio, que evaluado al D120 resultó significativo. Esto último probablemente es benéfico para que los caballos mantengan la función oxidativa de los leucocitos, ya que ésta debería contribuir a la inmunocompetencia. Sin embargo, la valoración de su impacto clínico está por documentarse. Este hallazgo preliminar, de confirmarse en estudios independientes, puede ser de importancia práctica. Varios mecanismos pueden estar involucrados en la explicación de este efecto de la levadura. El más obvio podría ser su efecto nutricional: es clara la asociación entre desnutrición, especialmente proteínica, y falta de inmunocompetencia. Si bien no hemos encontrado antecedentes que relacionen de manera directa este aditivo con infecciones ni con las distintas funciones del sistema inmune en los equinos, la levadura de cerveza constituye un suplemento alimentario caracterizado por tener alto contenido en proteínas y aminoácidos esenciales para el caballo.¹⁴ Asimismo, contiene otros aminoácidos o precursores, tal como la glutamina, que sí ha sido involucrada en la regulación funcional del sistema inmune.^{22,23} Para avanzar en esta hipótesis, habría que desarrollar estudios complementarios midiendo el real valor nutricional de los alimentos

administrados a los animales (y no meramente calculados a partir de tablas teóricas) y comparar dietas de igual valor calórico pero diferente contenido proteínico, valorando inmuno competencia. Existen otras explicaciones alternativas especialmente desafiantes, centradas en la capacidad inmuno reguladora de la levadura, no vinculada a su poder nutricional. In vitro diversos tipos de *Saccharomyces*, en parte como consecuencia de su contenido en mananos, son potentes activadores de la inmunidad innata, al menos en parte a través de la activación de receptores de manosa en la superficie de los fagocitos. Dado el rol central de la inmunidad innata, tanto como mecanismo efector o en la regulación de la respuesta inmune, la actividad a este nivel podría tener enormes implicancias clínicas. Tales efectos podrían involucrar la actividad de la levadura dentro del tubo digestivo, su interacción con la flora, su relación con el sistema inmune a nivel de la mucosa, o incluso efectos a distancia, resultantes de la absorción sistémica de la manosa. Si bien ninguna de estas posibilidades puede ser formalmente excluida, algunas parecen poco probables. En primer lugar, el preparado de levadura consiste fundamentalmente en células muertas, como consecuencia de la inactivación por calor. Ninguno de los controles de viabilidad realizados en nuestro laboratorio arrojó desarrollo de colonias, aunque es imposible excluir en forma absoluta la sobrevivencia de alguna levadura. En estos términos, la colonización digestiva por *Saccharomyces uvarum* o su interacción con la flora residente parecen poco probables.

El efecto podría estar asociado a la activación leucocitaria tras la fagocitosis de las levaduras (que, desde el punto de vista estructural, al microscopio se ven completas y son fácilmente fagocitadas in vitro). Sin embargo, el pasaje de levaduras completas a través de la mucosa digestiva no parece probable, de modo que tal activación, de existir, debería ser intraluminal, por contacto con fagocitos que hubieran salido hacia la luz y que fueran capaces de generar alguna repercusión sistémica de su actividad, como para modificar la actividad oxidativa de los leucocitos obtenidos de la yugular. Esta interpretación, siendo posible, parece también poco evidente.

Más probable parece la participación de activación leucocitaria sistémica, con algún grado de primado (priming) como consecuencia de la absorción de manosa u otros componentes inmunorregulatorios del *Saccharomyces*. La absorción de manosa desde el tubo digestivo de los cerdos ha sido demostrada y caracterizada²⁴ y es probablemente extrapolable a otros mamíferos, incluyendo equinos. Estudios complementarios apuntando a correlacionar absorción de manosa con función inmune podrían arrojar alguna luz sobre esta posibilidad.

En resumen, este trabajo confirma que el ejercicio no reduce el estallido respiratorio de los neutrófilos sanguíneo en equinos y documenta, en forma preliminar, el aumento pequeño pero significativo de esta función por el agregado de un suplemento de levadura de cerveza a su ración durante el

entrenamiento. Se requieren estudios complementarios para confirmar esta observación y diseccionar los mecanismos involucrados

El hallazgo de cuerpos extraños dentro del sistema digestivo de los équidos no es nuevo; caballos, burros y mulas tienden, en ocasiones, a ingerir objetos extraños, como cuerdas, clavos, telas o lo que esté a su alcance.¹⁻¹⁰ Esta conducta trae consigo el riesgo del desarrollo de enterolitiasis. La palabra enterolito viene del griego entero, que significa "intestinal"; y lito, sea referente a "piedra"; por tanto, este término se refiere a cálculos, concreciones y bezoars; ⁷ que dicho de otra forma son precipitaciones minerales alrededor de un "alma" o núcleo. En el presente trabajo se describen cinco casos de enterolitiasis remitidos al Hospital para Équidos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), durante 2003. En el ámbito internacional se ha estudiado la enterolitiasis, que aparentemente ha aumentado en sus presentaciones clínicas, quizá por tener mayor incidencia o por alcanzar su diagnóstico con mayor precisión. ^{3-5,11-14} Aún se desconoce la razón por la que los équidos son capaces de formar enterolitos, aunque existen diversas hipótesis notificadas acerca de los factores que podrían favorecer su formación. Se han encontrado desde el estómago hasta el colon menor, a lo largo de todo el tracto digestivo. La distribución geográfica de la enterolitiasis en caballos ha llevado a suponer que depende de los componentes minerales que presentan los diferentes suelos y que confieren sus propiedades, principalmente agua y alfalfa.^{7,9,11,13,14} Se sabe que la formación de enterolitos es común en zonas con altos niveles de fosfatos de magnesio en el suelo, que parece tener gran afinidad por precipitarse en el intestino en presencia de condiciones favorables como pH alcalino, periodos de hipomotilidad dentro del colon, que permiten la agregación de diferentes materiales minerales alrededor de un núcleo o nido (pelos, tierra, entre otros), que es imprescindible para la formación de esas concreciones.^{1,4-6,9,10} Sin embargo, aun con la exposición de estas teorías no se ha podido explicar por qué animales de una misma región geográfica y con la misma dieta no presentan este problema. Debido a la reincidencia de muchos caballos a presentar enterolitos después de haber sido removidos quirúrgicamente y al número de casos descritos en ciertas razas, se sospecha de predisposición genética y racial, entre otros factores.^{13,15,16}

En el estudio de casos en cinco caballos referidos al Hospital para Équidos de la FMVZ-UNAM con síndrome abdominal agudo (SAA) durante 2003, se encontraron enterolitos en diferentes porciones del intestino (cuatro de estos casos provenían de la zona noreste del área conurbada de la ciudad de México).

El fin zootécnico de esos pacientes era para tiro de carretas de basura, presentaban condición corporal indicativa de desnutrición. La importancia de

estos hallazgos recae en que en México no se informa de esas concreciones intestinales con frecuencia, siendo un diagnóstico diferencial de importancia en équidos que presentan SAA con episodios recurrentes o de periodos prolongados. Respecto del quinto caso, sólo se sabe que proviene de España.

El objetivo de este trabajo es documentar la presencia de esta etiología en el valle de México, con algunos casos diagnosticados en el Hospital para Équidos (DMZE de la FMVZ-UNAM), dejando un antecedente de utilidad para los médicos veterinarios dedicados a la clínica de equinos. Para dicho propósito se presentan los casos de enterolitiasis que fueron diagnosticados durante 2003.

Discusión

Existe aún polémica sobre el nombre adecuado para denominar a cada concreción intestinal, Nieberle y Cohrs mencionan que son cuatro los tipos de estas concreciones: 1) concreciones minerales, enterolitos o cálculos intestinales formados por deposición de sales en capas concéntricas alrededor de un nido; 2) fitotricobezoars compuestos por cascarillas de grano, fosfato de magnesio amónico y partículas de alimento; con fibras de plantas encontrados en el colon del perro y cerdo; y 4) conglomerados de cuerpos extraños y alimento no digerido en perros y herbívoros.^{11,17} Se dice que la mayoría de los bezoars contienen cantidades significativas de sales de calcio, mientras la mayoría de las concreciones intestinales en el equino están formadas por precipitaciones de sales de fosfato de magnesio amónico (componentes de la estruvita).^{3,4,6,14,18} Blue define a un enterolito como una concreción intestinal cuya estructura en torno al nido es eminentemente mineral, mientras que los casos donde la composición de las capas en torno al nido involucre cualquier proporción de materia orgánica de origen vegetal (fibra) o animal (pelo) se trata de fitotricobezoar.⁴ Etimológicamente, la palabra enterolito deriva del griego entero, referente a intestinal, y de lito, que significa piedra; por tanto, enterolito es cualquier cálculo o concreción encontrada en el intestino; ⁷ bajo esta definición se refiere como enterolito a las concreciones intestinales que en este trabajo se mencionan, tomando en cuenta que en varios estudios no se hace diferencia notoria entre los distintos tipos de concreciones intestinales y toman como sinónimo bezoar y enterolito.^{2,18} En el equino se ha observado que para la formación de un enterolito se requiere de un nido que el animal ingiera y alrededor del cual se precipiten minerales que formen la concreción intraluminal. Este nido puede ser cualquier cuerpo extraño (clavos, agujas, alambres, monedas, trapos, costales, plásticos, piedras, pelo, dientes, vidrio, madera, cuerdas, deposiciones de alimento no digerido).^{3,4,6,9,10} Además de la estruvita puede existir también deposición de otros minerales, como calcio, potasio, hierro, sodio, silicio, manganeso, titanio y aluminio.^{3,4,6,7,9,16} La textura, tamaño y forma de los enterolitos es variada, principalmente se describen esféricos y tetraédricos, que puede ser indicativo de la presencia de más

piedras intestinales. 2,11,18 Numerosos estudios han concluido que la incidencia de casos de síndrome abdominal agudo (SAA) causados por enterolitos son raros en zonas geográficas como India, Inglaterra y Alemania, mientras es común en California, Estados Unidos de América, donde ha aumentado su diagnóstico.^{7,8,13,14,18,19} En el congreso de la Asociación Mexicana de Médicos Especialistas de Equinos (AMMVEE) de 2003, se presentó un análisis fisicoquímico de enterolitos encontrados en nueve caballos provenientes de los basureros del valle de México, que fueron remitidos al Hospital para Équidos del DMZE-FMVZ-UNAM por la Internacional Donkey Protection Trust-International League for the Protection of Horses, de la Universidad Nacional Autónoma de México (IDPT-ILPH-UNAM).

De estos nueve casos, cinco fueron remitidos en 2002 y cuatro en 2003, siendo estos últimos los que aquí se notifican. Este informe, realizado por Mariano Gil et al. (2003) es el único de esta enfermedad en México. En este análisis no se dan datos epidemiológicos de años anteriores que sirvan como comparativo para, determinar si realmente existe un aumento de caballos que padecen enterolitiasis, o si éstos se empezaron a remitir a partir de 2002 al Hospital de Équidos del DMZE de la FMVZ-UNAM. En un estudio de la evaluación de casos de enterolitiasis en California, Snyder et al. Comentan que probablemente el aumento proporcional de casos de esta enfermedad en ese lugar se deba al descenso de otros tipos de cólico como consecuencia de un mejor manejo,¹³ un incremento en la efectividad en el diagnóstico de esta patología, así como a la exposición de otros factores que contribuyen a su presencia como genética razas Arabe, Cuarto de milla y miniaturas; edad (> 5 años); sexo (algunos estudios informan mayor incidencia en hembras que en machos asociado probablemente a hipotonicidad por ciclos hormonales¹⁵ y pH intestinal más alcalino; ¹³ pero otros notifican que no hay predisposición por sexo); ¹⁶ ingestión de cuerpos extraños o tierra, que funcionen como nido; exceso de magnesio, fósforo y nitrógeno en la dieta; hipomotilidad natural en el colon ventral y dorsal; ^{2,11} suelo y agua con elevado contenido en cationes en ciertas áreas geográficas; ⁷ alteraciones en la absorción de minerales a nivel intestinal; alcalinización en el pH intestinal; ^{1,2,7,11} poco tiempo en pastoreo.¹⁴ En el valle de México se desconoce por qué se presenta esta enfermedad, aunque se asocia a factores de manejo, principalmente dieta y condiciones de trabajo. Hernández-Gil et al. informan en un estudio sobre las características fisicoquímicas de concreciones intestinales recuperadas de équidos de tiro en esta zona, que estos animales están expuestos por la ingesta continua de objetos extraños. En este contexto, 92% de las concreciones de su estudio resultaron tener un cuerpo extraño mezclado con tierra como nido, mientras 55% de las concreciones tenían un nido exclusivamente de tierra. Asimismo, explica esta excesiva presencia de tierra en las concreciones a la ingesta depravada de suelo atribuible a desbalances minerales, como resultado de las largas jornadas de trabajo a que estos animales son sometidos, durante

las cuales la pérdida electrolítica es considerable. 4 Muchos informes asocian el consumo de alfalfa y salvado a la formación de enterolitos debido a su alto contenido en magnesio y proteína de la alfalfa, y magnesio y fósforo del salvado.1,2,4,7,18. Al digerirse la proteína de la alfalfa, se obtiene amonio, que en condiciones normales se incorpora a los aminoácidos por acción bacteriana; sin embargo, cuando se libera amonio en exceso en el colon ascendente durante su digestión, disminuye su capacidad de asimilación por la flora, y el ion amoniaco libre queda disponible para combinarse con magnesio y fósforo, y así cristalizarse como estruvita alrededor de un nido dentro del intestino.11, 13. Esto último se ve favorecido cuando existe poca cantidad de materia seca y pH alto (> 7) en el colon ascendente de los équidos (promovido por una dieta alta en magnesio, como la alfalfa), aunado a la hipomotilidad relativamente natural del colon dorsal derecho. 3,7 El salvado contribuye de igual manera aportando fósforo.13 Se informa también que la alfalfa tiene un efecto hipotónico en el intestino, que facilita la formación de las concreciones. 2,7 La ingesta de otros minerales se asocia a factores de manejo y conductuales; de esta forma ha sido posible encontrar en algunos caballos titanio en enterolitos asociado a la ingesta de pintura de las caballerizas. 6 En el análisis fisicoquímico que realizaron Hernández-Gil et al., en équidos con enterolitiasis de la zona noreste de cuatro de los casos aquí notificados, se encontró que el magnesio es el mineral predominante de las concreciones intestinales.

Se sabe también que los habitantes de la zona tienen la costumbre de alimentar a sus caballos con cinco kilos de salvado y tres de alfalfa al día, que, de acuerdo con Bray, sobrepasa en 300% los requerimientos de fósforo y magnesio. 4,18 Está descrito que el agua de bebida puede ser una vía importante para la ingesta de minerales que favorezcan la formación de enterolitos; en el trabajo de Hernández-Gil et al. también se realizó análisis del agua de estas zonas, se encontró pH con promedio de 7.4 y altas proporciones de magnesio y calcio. Por las largas jornadas de trabajo de estos animales, se sugiere que retienen la ingesta por más tiempo en el tracto gastrointestinal para extraer mayor cantidad de nutrimentos y energía del forraje; sin embargo, estos caballos sólo son alimentados una vez al día, lo cual favorece un estado de estasis intestinal. 4 Todo esto aunado a su marcada tendencia por ingerir cuerpos extraños del sitio en donde habitan (basureros) hace que los caballos de trabajo aquí referidos sean especialmente propensos a padecer enterolitiasis, probablemente por fallas en el manejo; a diferencia de los trabajos de otros casos, donde se asocia también a otros factores predisponentes. Los enterolitos se obtuvieron en estos cuatro casos por enterotomía. Los pacientes ingresaron al hospital tras haber presentado cuadros de cólico obstructivo (dolor persistente o recurrente), anorexia o hiporexia, estreñimiento, sonidos intestinales anormales, distensión abdominal en algunos casos, modificaciones en mucosas orales (de pálidas a congestionadas); a la palpación rectal sólo en

un caso se llegó a sentir una masa y en otro un desplazamiento visceral. Al no responder al tratamiento médico (analgesia e hidratación primordialmente), se decidió realizar laparotomía exploratoria, donde se obtuvieron los enterolitos por enterotomía y se realizó el diagnóstico definitivo. En los cuatro casos que fueron necesarios realizar laparotomía exploratoria y se detectaron las concreciones, se incidió sobre la flexura pélvica para extraerlas. Los enterolitos se encontraron en los sitios anatómicos que la literatura describe como los más frecuentes donde se presenta la obstrucción (la unión del colon dorsal derecho con el colon transverso y en la unión del colon transverso con el colon menor), pues en este sitio se da un estrechamiento del lumen intestinal.^{13,19} Los enterolitos más grandes generalmente se encuentran en el colon dorsal derecho y flexura diafragmática. Cuando se presenta en el colon menor, normalmente obstruye toda la luz intestinal, encontrando distensión abdominal con dolor severo. Cuando el enterolito se aloja en la porción distal del colon dorsal derecho, colon transverso o colon menor en su porción proximal, no es posible exteriorizar completamente la porción afectada, debido a las lo que se recomienda regresar el enterolito haciendo presión hacia el colon dorsal, donde se pueda exteriorizar y realizar la enterotomía.⁷ Los enterolitos que se extrajeron en los casos aquí notificados, en su mayoría tenían forma de coliflor y eran de una a tres concreciones en los cuatro caballos provenientes de los basureros; en el caso 5 se trataba de un paciente de origen español, del cual se obtuvieron 14 enterolitos de forma circular y tetraédrica en la necropsia. Se optó por la eutanasia debido al severo cuadro de dolor que presentaba, así como a la confirmación de ruptura intestinal mediante citología del líquido abdominal por paracétesis. En un estudio sobre rupturas gastrointestinales en 149 casos, Snyder et al. concluyeron que la ruptura del colon secundaria a enterolitiasis ocurrió en 87 de 90 casos; 72.4% en colon menor, 13.8% en colon transverso y 13.8% en colon dorsal derecho.^{12,13} En el caso 3 también se optó por la eutanasia debido a la extensión de la necrosis que se encontró en la mucosa del intestino. El diagnóstico definitivo casi siempre se alcanza mediante la enterotomía, ^{11,14} aunque existen trabajos que mencionan otras herramientas diagnósticas, como rayos X^{5,7,19} y ultrasonido; ^{20,21} sin embargo, el éxito de estas técnicas depende del sitio anatómico donde se encuentre la concreción, de su naturaleza, del tamaño del paciente y de la capacidad del equipo radiográfico, que deberá tener de 500 a 1 000 milliamperes y de 150 a 200 kilovoltios.⁷ Un estudio de la Universidad de Davis, en California, reveló sensibilidad de 76.9% y especificidad de 94.4% para el diagnóstico de enterolitos en el colon dorsal derecho, colon transverso, colon menor y colon ventral mediante radiografías. Los casos de enterolitiasis sólo en colon mayor fueron correctamente diagnosticados en 83.2%, mientras que los del colon menor sólo 41.6% fueron diagnosticados radiográficamente.¹⁹ Por ultrasonido se informa que se puede observar una masa hiperecoica que causa sombra acústica en el lumen intestinal, siempre y cuando la porción afectada esté

adyacente a la pared ventral; sin embargo, los enterolitos no siempre se localizan en zonas detectables mediante ultrasonido. 20 Los signos clínicos de un cólico obstructivo pueden ser suficientes para realizar laparotomía exploratoria; se menciona que los parámetros generalmente empeoran mientras el enterolito avanza más distalmente en tracto gastrointestinal; se observa taquicardia, anorexia o hiporexia, dolor severo, alteraciones de líquido peritoneal, nula a severa distensión abdominal, anormalidades a la auscultación abdominal, cambios en pruebas de hematología sugerentes de compromiso cardiovascular (hiperfibrinogenemia; hematócrito de normal a alto según el grado de hidratación; normo o hipoproteinemia, según el grado de inflamación, o hiperproteinemia en caso de deshidratación e hiperbilirrubinemia). 8,13,22. Tanto la evaluación del paciente como la historia clínica constituyen las herramientas más valiosas para llevar el caso a quirófano; no existe un signo patognomónico para emitir un diagnóstico definitivo antes de la cirugía. Con la suma de signos y el establecimiento del diagnóstico orientado a problemas, se puede decidir a tiempo realizar una laparotomía exploratoria. La probabilidad de éxito quirúrgico depende, en gran parte, de una buena toma de decisiones y de no contaminar la cavidad durante la cirugía; de ser así, el pronóstico será favorable para el paciente. Blue informó éxito de 47%; Fisher lo estimó mayor a 85%, al igual que Cohen et al. 8,13,15,16. Las complicaciones que se pueden encontrar son diarrea, infección de la incisión, evisceración, laminitis, impactaciones en el sitio de la enterotomía con subsecuente dehiscencia, ruptura gastrointestinal o degeneración de la mucosa intestinal (isquemia a necrosis) con cuadro endotoxémico y choque; o peritonitis con pronóstico desfavorable. 2,7,8,13,14. El tratamiento posquirúrgico incluye antibioterapia de amplio espectro [penicilina-gentamicina o metronidazol contra G(-)]; antiinflamatorio antiendotóxico (flunixin meglumine); terapia de líquidos (solución Hartman con calcio y potasio para promover la motilidad intestinal e intercambio electrolítico); bloqueador H₂ (ranitidina) y proquinéticos (cisaprida). El paciente del caso 4 presentó complicaciones de SAA nuevamente por formación de adherencias posquirúrgicas y reducción del lumen intestinal en; volvió a intervenir quirúrgicamente para remover dichas adherencias, que se realizó sin posteriores complicaciones. A pesar de la incipiente cantidad de casos remitidos de la zona de los basureros, no se puede decir que la enterolitiasis sea una enfermedad de incidencia geográfica como numerosos estudios en el extranjero lo informan. Se asocia más a fallas nutricionales y de manejo que resultan en la tendencia de los caballos a ingerir objetos extraños y a su posterior mineralización dentro del intestino. Dado que no hay datos sobre la frecuencia de casos con enterolitiasis en el valle de México, no es posible decir que haya aumentado en 2003; sin embargo, debido a la colaboración de la IDPT-ILPH-UNAM se ha realizado un diagnóstico más preciso, así como por la preocupación de los propietarios en atender a sus animales. Para la prevención de las concreciones intestinales, se sugiere hacer un correcto manejo de dieta de

acuerdo con el propósito zootécnico y con los requerimientos de cada animal; se informa la posibilidad de reducir el pH intestinal con la adición de vinagre de manzana en la dieta a razón de una taza (250 mL) dos veces al día con el grano. 4,13,16,23. En la zona de los basureros se está trabajando sobre corrección de dietas y se instrumentó el uso de bozales para evitar que los animales ingieran cuerpos extraños. Como ya se mencionó, la hipomotilidad provocada por la poca frecuencia con que son alimentados estos caballos puede favorecer la formación de enterolitos, por lo que se puede instrumentar también el uso de barcinas de manera que los animales puedan comer mientras esperan que se carguen sus carretas con basura. Contrario a lo que se pensaba con anterioridad, sí existen casos de enterolitiasis en México; cada vez son más comunes, por lo que el MVZ dedicado a equinos debería incluir ese problema en su lista de diagnósticos diferenciales ante cuadros de cólico obstructivos; podría pensarse que sólo en el área de los basureros y por las causas de manejo que ya se mencionaron se está dando esa enfermedad. En el transcurso de 2004 existe evidencia sobre la remisión y diagnóstico de más casos de enterolitiasis, que no provenían de la zona de los basureros, por lo que convendría hacer mayor investigación sobre el tema, pues el incremento en su diagnóstico es evidente.

A través del tiempo el caballo ha desempeñado un papel importante en las diferentes actividades pecuarias del hombre, quien ha condicionado a estos animales a sus necesidades, dentro de las que se encuentra la alta competencia, que exige un manejo zootécnico y la práctica de algunas cirugías que van orientadas a realzar la elegancia de los animales. La exposición equina es una de las actividades que no solo trae la satisfacción personal de exponer hermosos ejemplares, sino también el valor comercial, constituyéndose en renglón económico en este medio. Una de las cirugías estéticas que se practica en los caballos es el picaje de cola, que es realizada por personas sin conocimientos quirúrgicos y que no tienen en cuenta las normas de asepsia, el plano anatómico ni el manejo del dolor intra y postoperatorio. Según Berge y Westhues (2001), esta técnica solo emplea la sección de los músculos, los que en algunos casos se presenta fibrosis trayendo como resultado la desviación de la cola y por ende de una cirugía correctiva. El objetivo del presente trabajo es el de describir una técnica quirúrgica que minimiza las posibilidades de fibrosis y que consiste en realizar una miectomía parcial, del músculo sacrococcigeo ventral.

La cola en el caballo cumple una función muy importante como mecanismo de defensa contra los ectoparásitos. Otra de las funciones es la de servir de equilibrio durante el desplazamiento del animal. Desde el punto de vista zootécnico, la cola representa la vistosidad y elegancia del animal al andar. De acuerdo con Sisson y Grossman (2005); Agüera (2006) y Fradsony (2007). La cola del equino está constituida por los siguientes planos y

estructuras anatómicas: externamente por la piel e internamente la fascia coccígea, los músculos. sacrococcigeo dorsal, sacrococcigeo lateral, intertransversos, sacro coccigeo ventral, y rectococcigeo. Estos se encuentran en este orden al hacer un corte longitudinal y siguiendo la dirección de las manecillas del reloj (5 - 7). La irrigación e inervación están dadas por los vasos y nervios coccígeos laterales, la arteria y vena coccígea media (5 - 7). Los músculos coccígeos son los encargados de fijar la cola o direccionarla dorsal, lateral o centralmente dependiendo del músculo o grupo de músculos que actúen en el momento (5 - 7). Tradicionalmente, los criadores de caballo vienen moldeando a los animales de acuerdo a sus gustos y preferencias. El picaje de colas una práctica común en este medio y es practicada. por técnicos o personas que no tienen en cuenta las normas de asepsia, planos anatómicos posibles complicaciones intra y post-operatorias Berge y Westhues (2001), describen la técnica como una miotomía subcutánea de la cola. En ella se realiza una disección transversal del músculo. En algunos casos con el paso del tiempo el músculo seccionado se puede adquirir cierta funcionalidad por oposición de tejido fibroso, perdiendo el animal la estética al andar (2, 7). Con la miectomía sacrococcigea ventral se consiguió el objetivo propuesto y una completa cicatrización entre la tercera y cuarta semana No se observó complicación clínica en los 20 animales estudiados. Esta cirugía está indicada por su buena implantación de la base de la cola y para que el animal la eleve durante su desplazamiento

En el entrenamiento de equinos en las diferentes disciplinas ecuestres se necesita de una óptima calidad psíquica y física del animal, permitiendo de esta manera obtener un equino atleta de alto rendimiento (Santos, et al; 2001). El ejercicio físico produce cambios en los diferentes procesos metabólicos en el músculo, hígado y tejido adiposo, liberando energía para el trabajo muscular, aumenta el consumo de oxígeno, la actividad cardiaca y respiratoria y una correcta función hemodinámica. El sistema neuroendocrino está directamente relacionado en el metabolismo y en el control funcional de los diferentes sistemas durante el ejercicio, presentando una compleja función en las adaptaciones del entrenamiento y la actividad durante la competencia (Hodgson & Rose, 1994). Se buscó ampliar el conocimiento de los parámetros clínicos para que ayuden en el desarrollo y monitoreo de un programa de entrenamiento para equinos de enduro, estudiando el aumento de la resistencia física con el condicionamiento de los animales y evaluarlos en la banda de alto desempeño para equinos en diferentes etapas del entrenamiento y los respectivos cambios metabólicos en cada fase.

Grupo I: Los animales de este grupo realizaron tres sesiones semanales de ejercicio, con duración de 45 minutos, a una velocidad media del 60% del vLA4 es tablecido en la curva velocidad-lactato realizada al inicio del

entrenamiento

Grupo II: los animales realizaron tres sesiones semanacon duración de 45 minutos a una velocidad media del 60% del vLA4, además, cada dos semanas fue adicionada una sesión con cuatro horas de duración, alternando durante este recorrido entre paso y trote, con predominio del paso El entrenamiento fue realizado totalmente a campo montando los equinos en las instalaciones de la Facultad de de Ciencias Agrarias y Veterinarias de la Universidad Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, estado de São Paulo, Brazil. Antes de cada sesión de entrenamiento los animales realizaban un calentamiento de 10 minutos y posteriormente del entrenamiento un periodo de enfriamiento de 10 minutos al paso. Una vez determinada la velocidad media del entrenamiento, fueron establecidos los recorridos con la distancia y un tiempo de 45 minutos, monitoreando de esta manera el tiempo durante el ejercicio.

Test en banda de alta velocidad para equinos

Los animales realizaron tres Ejercicios Test (ET) en la banda de alta velocidad: no entrenados (basal), a los 45 días de entrenamiento y a los 90 días de entrenamiento. Antes de cada realización de los (ET) los equinos eran cateterizados en la vena yugular externa, utilizando catéter 14G y extensor de 60 cm, para permitir la obtención de la sangre con el animal en movimiento de la banda. Los ejercicios Test realizados en la banda de alta velocidad para caballos "treadmill" fueron así: T0 (basal) antes de entrar a la banda; cinco minutos a una velocidad de 1,7 m/s, al paso; T1 cinco minutos a 3,5m/s, estos dos tiempos fueron realizados sin inclinación. Después de estos tiempos de calentamiento la banda fue elevada a una inclinación de 6 %. A partir de este tiempo la velocidad se fue aumentando cada tres minutos en 0.5 m/s hasta que el caballo mostraba señales de fatiga extrema. T2 tres minutos a una velocidad de 6.0 m/s; T3 tres minutos a una velocidad de 8 m/s; T4 tres minutos a una velocidad de 8 m/s que fue la máxima velocidad en la que los caballos llegaron. Posteriormente se le quitó la inclinación a

la banda y el animal permaneció 15 minutos a una velocidad de 1.7 m/s en fase de enfriamiento al paso siendo este el T4; el caballo fue retirado de la banda realizando dos tomas de muestras más, una hora después T5 y seis horas después T6 de terminado el ejercicio.

Los valores obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico por el programa computacional SAS (Statistical Analysis System), posteriormente fue realizada en los grupos experimentales fueron realizadas por el test de Tukey al nivel del 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$)

Con relación al comportamiento de las variables bioquímicas a lo largo del entrenamiento en los grupos estudiados en cada ET se encontró diferencia

significativa para cada grupo y entre los grupos solamente para la glucosa e insulina como lo muestra la tabla 1. Los valores de glucosa aumentaron gradualmente durante el ET y posteriormente retornaron a los valores basales seis horas después del término del ejercicio para los dos grupos, presentando diferencia estadística entre estos mostrando valores mayores en el pico de la velocidad máxima del ET (T3) y al final del enfriamiento (T4). Esto generalmente ocurre debido a la estimulación de la glicogenólisis en el músculo y en el hígado proporcionando energía al cuerpo, aumentando la glicemia durante la mayor exigencia física (Hargreaves & Proietto, 1994). Estudios realizados sobre las respuestas metabólicas de los equinos atletas han sido hechos en varias razas de caballos en el mundo, también como en las diferentes modalidades deportivas evaluando la capacidad máxima para el desempeño físico, concluyendo que el caballo y el hombre como atletas dependen de lípidos y carbohidratos para mantener un excelente metabolismo energético durante el ejercicio (Lucke & Hall, 1978). Recientemente, se ha aumentado la interpretación de los exámenes bioquímicos en equinos que realizan ejercicios de larga duración y corta intensidad (enduro) para evitar y detectar la presencia de signos clínicos de fatiga durante el entrenamiento y competencias. Los ácidos grasos proporcionan más del 90% del total del requerimiento energético durante el ejercicio, una alta concentración plasmática de ácidos grasos ha sido reportada en equinos que realizan ejercicios de larga duración y corta intensidad. En este estudio se observó un aumento gradual de los triglicéridos durante el aumento del esfuerzo físico en los dos grupos presencia de manifestaciones subclínicas y clínicas antes, durante y después de los entrenamientos o competencias de enduro.

En España, el elevado número de caballos alojados en establos particulares y en centros deportivos periurbanos donde el espacio es limitado y no hay acceso a pastos crea la necesidad de diseñar raciones para estos animales de fácil reparto en los pesebres, capaces de satisfacer económicamente las necesidades nutritivas diarias y lo suficientemente seguras para prevenir la ocurrencia de trastornos digestivos. La práctica habitual es el reparto dos veces al día de una ración constituida por un forraje y un concentrado en cantidad variable dependiendo del estado fisiológico. Para diseñar el tipo de raciones mencionadas, el nutricionista debe construir o disponer de una matriz de formulación que contenga los valores de composición química de las materias primas disponibles (preferiblemente datos propios obtenidos por análisis químico o con tecnología NIR o, si ello no es posible, derivados de alguna de las tablas publicadas de composición de alimentos como las de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2003). Si dispone de valores analíticos propios de las materias primas, el nutricionista podrá estimar de forma más precisa su valor nutritivo según

alguna de las ecuaciones de predicción publicadas para alimentos de caballos. Por último, con la matriz construida y teniendo en cuenta los precios de las materias primas, diseñará raciones que, en base a un criterio de economía, cubran las necesidades nutritivas diarias de los caballos en función de su estado fisiológico y de su capacidad de consumo. Las necesidades nutritivas de los caballos serán estimadas a su vez según alguno de los diferentes sistemas de alimentación desarrollados por organismos de investigación (National Research Council –NRC-, Institut National de la Recherche Agronomique –INRA-, etc.). El coste final de la fórmula diseñada debería depender no sólo de los precios de las materias primas sino también de la elección del sistema de valoración nutricional de los alimentos y de cálculo de las necesidades nutritivas de los animales. Por ello, el objetivo del presente estudio fue comparar el coste y la composición de las raciones para caballos en diferentes estados fisiológicos según los dos sistemas de valoración de alimentos y de cálculo de necesidades comúnmente empleados en España basados en las publicaciones de NRC de 1989 *Nutrient Requirements of Horses* (NRC89) y en la de INRA de 1990 *L'Alimentation des Chevaux* (INRA90).

Necesidades nutritivas

Las necesidades nutritivas fueron tomadas de las tablas correspondientes de las publicaciones de NRC89 e INRA90, previa comprobación de que las descripciones de los estados de los animales eran equivalentes (Martin-Rosset, 2001). En cuanto a la energía y la proteína, brevemente, NRC89 expone las necesidades en energía digestible (ED) y proteína bruta (PB) en tanto que INRA90 utiliza la energía neta (EN), en relación a la cebada de referencia (*Unidades Forrajeras para Caballos-UFC*), y la proteína digestible corregida por su aporte de aminoácidos (*Materias Nitrogenadas Digestibles para Caballos -MNDC*). Ninguno de ambos sistemas especifica necesidades de fibra bruta y almidón. NRC89 indica unas necesidades mínimas de lisina para cada estado fisiológico pero INRA90 únicamente precisa requerimientos de lisina para los potros. Para simplificar los cálculos, las necesidades de minerales se igualaron en ambos sistemas y, tras contrastar diversas fuentes (Wolter, 1977; NRC, 1989; INRA, 1990; McCutcheon, 2001; Coenen, 2001), los valores de necesidades minerales indicados en la publicación de Wolter (Wolter, 1977) se consideraron coherentes para los dos sistemas, salvo en el caso de los potros en que se utilizó la media de los valores propuestos por NRC89 e INRA90. La relación calcio/fósforo se consideró aceptable entre 1,2/1 y 3/1 en los potros y entre 1,2/1 y 6/1 en los adultos (Wolter, 1977; NRC, 1989; INRA, 1990; Lewis, 1991).

Alimentos

Para calcular la concentración energética de la ración se supuso un consumo de materia seca total coherente con los valores propuestos por NRC89 e INRA90 comprendido entre el 1,5 y el 2% PV en las yeguas gestantes y los caballos y del 2 al 2,5% PV en las yeguas lactantes y los potros. La separación de los cuatro estados fisiológicos en dos grupos de consumo se justificó por la similitud de sus requerimientos de energía expresados en función del peso vivo metabólico (PV_{0,75}). La ración se consideró compuesta por forraje y un concentrado granulado en el que estarían incluidos el resto de materias primas, los minerales y la premezcla de vitaminas y oligoelementos. Los forrajes -heno de alfalfa, paja de cereales y una combinación de ambos al 50%- se eligieron por su disponibilidad y uso común en nuestra área geográfica (Rivera, comunicación personal). Las materias primas escogidas para la formulación del concentrado son habitualmente empleadas en España para la fabricación de piensos complementarios granulados para caballos. Para garantizar la seguridad digestiva de las raciones se fijó un aporte mínimo de forraje igual a 1kg por cada 100 kg PV (Tisserand, 1979; Meyer, 1987; NRC, 1989; Lewis, 1991; Coenen, 2001). Por el mismo motivo, se supuso que la ración se repartiría en dos veces por día (Lewis, 1991) siendo aportado el forraje antes que el concentrado (Zeyner *et al.*, 2004). La composición química de referencia de las materias primas utilizadas en la formulación (**tabla I**) se tomó de las tablas de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2003). Para estimar el valor nutricional de los alimentos (**tabla I**) se utilizaron las ecuaciones apropiadas del conjunto de ellas utilizadas en los sistemas americano (Fonnesbeck, 1981; NRC, 1989) y francés (Martin-Rosset *et al.*, 1984; Martin-Rosset *et al.*, 1994; Vermorel y Martin-Rosset, 1997; Martin-Rosset, 2001; INRA, 2002; Martin-Rosset *et al.*, 2006).

Formulación

Las restricciones aplicadas a las materias primas no forrajeras derivaron de la experiencia personal y de la literatura y tuvieron en cuenta limitaciones tanto fisiológicas como tecnológicas (Revuelta, 1963; Piccioni, 1970; Leroy, 1974; Wolter, 1977; INRA, 1990; Lewis, 1991; Payne *et al.*, 1994; Pérez, 1995). Las restricciones se expresaron como el ratio entre el límite de inclusión de cada materia prima en el concentrado y el porcentaje total de concentrado que podría entrar a formar parte de la ración. En el caso de los forrajes, el límite inferior calculado de acuerdo con lo señalado en el apartado *Alimentos* se expresó como la cantidad mínima de nutriente *forraje* que debería ser aportado por unidad de energía de la ración. Respecto a las restricciones aplicadas a los nutrientes (**tabla II**), en el caso de la proteína se tuvo en cuenta que los aportes pueden ser muy superiores a las necesidades sin ocasionar trastornos aparentes en los caballos siempre que no padezcan disfunciones hepáticas o renales (Lewis, 1991) o estén sometidos a ejercicio muy intenso (Meyer, 1987; Miller-Grabber *et al.*, 1991), por ello, el límite superior se consideró un 50% mayor que el límite inferior (INRA, 1990).

Consumo diario

El consumo diario calculado de materia seca que proporcionó la solución más económica para cada estado fisiológico, tipo de forraje y sistema se muestra en la **tabla III**. Dicho consumo expresado en relación al PV0,75 (datos no mostrados) fue diferente entre los cuatro estados fisiológicos ($p < 0,05$), alcanzando el valor máximo en las yeguas lactantes (11,2 kg/100 kg PV0,75/d) y el mínimo en las yeguas gestantes (7,9 kg/ 100 kg PV0,75/d). También se encontraron diferencias entre forrajes ($p < 0,05$) con el mayor consumo en las raciones con la mezcla paja-heno de alfalfa (9,8 kg/100 kg PV0,75/ d) y el menor en las raciones con heno de alfalfa (9,0 kg/100 kg PV0,75/d). Las raciones de INRA90 tuvieron más consumo ($p < 0,05$) que las de NRC89 (9,6 vs. 9,4 kg/100 kg PV0,75/d). La interacción estado*sistema fue significativa ($p < 0,05$) con una diferencia mínima entre sistemas en los potros (0,13 kg/100 kg PV0,75/d) y máxima en las yeguas lactantes y los caballos donde los consumos calculados para las raciones de INRA90 fueron, respectivamente, un 7,4% (1,07 kg/ 100 kg PV0,75/d) y un 4,9% (0,4 kg/100 kg PV0,75/d) superiores a las de NRC89. En las triciciones para la fibra bruta y el almidón fueron únicamente límites superiores y los valores se tomaron de las recomendaciones bibliográficas (Wolter, 1977; Tisserand, 1979; Cuddeford, 2001). Los límites para el calcio y el fósforo se establecieron de acuerdo a las necesidades y a la relación entre ellos tal y como se ha señalado en el apartado *Necesidades nutritivas*. El límite superior absoluto para el calcio se fijó en un valor 5 veces mayor que las necesidades (Jordan *et al.*, 1975). Al sodio se le aplicó de forma tentativa un límite superior equivalente a 1,15 veces el límite inferior calculado de acuerdo a las necesidades. El aporte de vitaminas y oligoelementos se supuso cubierto por la inclusión en el concentrado de una premezcla comercial al 1%. Los límites mínimo y máximo de la energía se especificaron como unidades por kg de materia seca y corresponderían a la concentración necesaria para satisfacer las necesidades cuando el consumo de materia seca fuera máximo y mínimo respectivamente. El límite superior para la fibra bruta se expresó como porcentaje de la ración. La necesidad mínima de lisina para potros según INRA90 es un valor porcentual de la ración y como tal se aplicó. Para el resto de los nutrientes, los límites mínimos y máximos de inclusión se expresaron en función de la concentración energética de la ración, esto es, en g por unidad de energía. Los precios aplicados a las materias primas para la optimización correspondieron a la media de los precios reales de dos fábricas de pienso españolas de diferente ubicación geográfica en el período noviembre 2005 a octubre 2006. Para la optimización de las raciones a coste mínimo se utilizó el programa WinFeed 2.8 (WinFeed, 2006).

Consumo de concentrado

El mayor consumo calculado de concentrado correspondió a las yeguas lactantes (6,2 kg/d) y el menor a las yeguas gestantes (2,8 kg/d). El consumo expresado en relación al PV_{0,75} (datos no mostrados) difirió entre estados, forrajes y sistemas ($p < 0,05$), existiendo además una interacción estado*sistema ($p < 0,05$). Así, el consumo fue mínimo en las raciones de yeguas gestantes y de caballos (2,7 y 2,9 kg/100 kg PV_{0,75}/d) y máximo en las de yeguas lactantes y potros (5,9 y 5,6 kg/100 kg PV_{0,75}/d). Las raciones con paja de cereales aportaron más concentrado (4,8 kg/100 kg PV_{0,75}/d) en comparación con las de heno de alfalfa (4,5 kg/ 100 kg PV_{0,75}/d) y, sobre todo, con las de la mezcla paja-heno de alfalfa (3,7 kg/100 kg PV_{0,75}/d). En conjunto, las raciones de INRA90 supusieron un consumo de concentrado superior en 0,3 kg/100 kg PV_{0,75}/d, ya que, aunque hubo similitudes en las raciones de las yeguas gestantes, los potros y los caballos (diferencia de 0,14; 0,10 y 0,08 kg/100 kg PV_{0,75}/d), las raciones para las yeguas lactantes superaron en 1,6 kg/ 100 kg PV_{0,75}/d a las de NRC89. Wolter *et al.* (1971) concluyeron que la alimentación de caballos de ejercicio con concentrados granulados en cantidades comprendidas entre 8 y 12,5 kg/d (1,5% a 2,4% PV) en función del contenido en fibra bruta (de 2,9 a 13,7%) y con acceso exclusivamente a paja de cereales de la cama es satisfactoria desde el punto de vista metabólico y fisiológico. Con las raciones del presente trabajo, el consumo de concentrado osciló de 0,95 a 1,5% PV con valores de fibra bruta comprendidos entre 6 y 10,9% (datos no mostrados).

ENERGÍA

Como era de esperar hubo diferencias ($p < 0,05$) en el consumo calculado de ED y UFC entre los distintos estados. También fueron significativas ($p < 0,05$) las diferencias entre forrajes y sistemas y las interacciones estado*sistema y forraje*sistema. El consumo calculado de ED y de UFC (**tabla III**) fue mayor en las raciones de INRA90 frente a las raciones de NRC89 (1,07 Mcal/ d y 0,38 UFC/d). Las raciones para las yeguas lactantes de INRA90 tuvieron de media un 15,9% más de ED y un 21,9% más de UFC que las de NRC89. En el resto de estados, las diferencias entre ambos sistemas fueron inferiores al 3,8% tanto para la ED como para las UFC. La diferencia en el consumo de energía entre los dos sistemas en función del tipo de forraje fue máxima en las raciones con paja (1,62 Mcal/d y 0,6 UFC/d) y mínima en las raciones con la mezcla paja-heno de alfalfa (0,23 Mcal/d y 0,05 UFC/d). Estos resultados indican una estimación muy distinta del contenido energético de la paja y una diferente valoración de las necesidades energéticas, especialmente en las yeguas lactantes, entre los sistemas aunque es difícil apuntar cual de los dos es más acertado. Hansson (1934) en base a pruebas con más de 100 raciones expresó las necesidades nutritivas de los caballos como energía neta -Unidades Alimenticias (UA), donde 1 UA= 2100 Kcal EN de lactación-, siendo las necesidades de mantenimiento de 0,9 UA/100 kg PV y el valor energético de la leche de yegua de 0,24 UA/kg (Leroy, 1974), por tanto, las necesidades totales de las

yeguas lactantes del presente estudio serían de 8,1 UA o 7,5 UFC (1 UA= 0,93 UFC). Según esto, la EN necesaria para yeguas lactantes calculada según Hansson es un 15,7% inferior a las recomendaciones de INRA90 (7,5 vs. 8,9 UFC/d). Por otro lado, las necesidades de ED para las yeguas lactantes de NRC89 y del sistema alemán (Coenen, 2001) solamente se diferencian en un 4,6% (28,3 vs. 29,6 Mcal/d).

Proteína

Los consumos calculados de PB y MNDC fueron diferentes ($p < 0,05$) por efecto del estado, forraje y sistema de alimentación. El consumo fue mayor en las yeguas lactantes y los potros (1425 y 998 y 1073 y 742 g/d), en las raciones con heno de alfalfa (1280 y 880 g/d vs. 1089 y 681 y 984 y 659 g/d en las raciones con paja-heno de alfalfa y con paja de cereales) aunque con diferencias entre estados (estado*forraje $p < 0,05$), y en las raciones de NRC (7% más de PB y 4% más de MNDC). En cuanto al exceso de aporte de proteína sobre las necesidades mínimas establecidas, no hubo diferencias ($p = 0,295$) entre los sistemas. Sin embargo, sí fue significativo ($p < 0,05$) el efecto del estado, del forraje y la interacción estado*forraje. El consumo calculado de proteína en las raciones con heno de alfalfa fue de media un 17% superior a los requerimientos mínimos establecidos incluso en los estados fisiológicos de mayor demanda nutricional como son la lactación o el crecimiento. Según estos resultados, la inclusión de heno de alfalfa como único forraje en las raciones de caballos, independientemente de su estado fisiológico, dificulta la aproximación de los aportes nitrogenados a las necesidades diarias. La excreción renal de la urea resultante del metabolismo hepático del exceso de proteína provoca un mayor consumo de agua y la acumulación de amoníaco en el ambiente del establo (Pagan, 1998). No obstante, en ponis se ha comprobado que puede existir un reciclaje diario de nitrógeno ureico en intestino grueso de hasta 574 mg/kg PV0,75/d (Prior *et al.*, 1974). Si las circunstancias son similares en caballos, el consumo diario de proteína en exceso que podría ser reciclado en el intestino de un caballo de 500 kg equivaldría a unos 380 g de proteína bruta. Dentro de las raciones optimizadas en el presente trabajo, esa cantidad solamente se superó (410 g/d) en la ración con heno de alfalfa para caballos de NRC89 y quedó muy próxima en la ración con heno de alfalfa para yeguas gestantes basada en dicho sistema (345 g/d).

Almidón

El consumo calculado de almidón fue mayor ($p < 0,05$) en los estados de mayores necesidades energéticas (2024 y 1563 g/d en yeguas lactantes y potros vs. 991 y 1234 g/d en yeguas gestantes y caballos) y tendió a ser mayor ($p = 0,09$) en las raciones con paja de cereales (3,7% y 10,2% más que en las raciones con paja-heno de alfalfa y con heno de alfalfa). De media, las raciones de INRA90 contuvieron un 16% más de almidón (216 g/d) que las de NRC89 ($p < 0,05$). Las interacciones estado*sistema y

forraje*sistema fueron significativas ($p < 0,05$) de forma que, respecto a NRC89, el consumo de almidón en las raciones de INRA90 fue un 43,4% y un 30,9% superior en las yeguas lactantes y en las raciones con paja de cereales respectivamente. Las diferencias observadas podrían justificarse por la menor valoración energética de la paja de cereales en INRA90, lo que implica una mayor inclusión de materias primas ricas en energía (básicamente cereales) en la ración para poder cubrir las necesidades energéticas especialmente en los grupos con mayores requerimientos. Medina *et al.* (2002) observaron que en raciones donde el aporte de almidón es próximo a la máxima capacidad digestiva en intestino delgado (4 g/kg PV/comida), la inclusión de suficiente fibra neutro detergente (FND) para alcanzar una relación FND/almidón= 1 fue capaz de reducir las modificaciones de la flora microbiana, el pH y la concentración de ácido láctico en el intestino grueso normalmente observadas en semejantes circunstancias (Julliard *et al.*, 2001). En este sentido, la relación FND/almidón en las raciones del presente trabajo osciló de 2,2 a 4,9 (datos no mostrados). Además el cereal incluido en el concentrado estaría procesado doblemente (molido fino y calentado con vapor de agua) para conseguir un gránulo de elevada durabilidad, lo que repercutiría favorablemente en la digestibilidad del almidón (Meyer *et al.*, 1995).

Lisina

El consumo calculado de lisina se muestra en las diferencias por estado, tipo de forraje y sistema, y la interacción forraje*sistema y estado*forraje fueron significativas ($p < 0,05$). El mayor consumo correspondió a las yeguas lactantes (59 vs. 42, 38 y 36 g/d en los potros, yeguas gestantes y caballos), a las raciones con heno de alfalfa (56 vs. 40 y 36 g/d en las de paja-heno de alfalfa y paja de cereales) y a las raciones de NRC89 (2,6 g/d más que las de INRA90). La diferencia entre el heno de alfalfa y la paja de cereales fue mayor en los caballos y las yeguas gestantes (26,8 y 21,5 g/d) y menor en los potros y las yeguas lactantes (14,5 y 13,5 g/d). La diferencia entre sistemas fue más apreciable en las raciones con paja donde el consumo de lisina de las raciones de NRC89 fue 7,8 g/d superior a las de INRA90. Lo más destacable de estos resultados es que, de acuerdo a los mínimos establecidos en la formulación, las raciones de NRC89 aportarían cantidades de lisina iguales o superiores a las necesidades establecidas de acuerdo a las recomendaciones de dicho sistema. Por el contrario, las raciones de INRA90 para yeguas gestantes y caballos con paja de cereales, que no incluyeron mínimos en la formulación, fueron deficientes en lisina (-4 y -11 g/d) según las recomendaciones de NRC89 y, aunque se estableció un porcentaje mínimo de lisina en las raciones de los potros según las recomendaciones de INRA90, el consumo diario fue también inferior a las recomendaciones de NRC89 para dichos animales en las raciones con paja-heno de alfalfa y con paja de cereales (-5 y -7 g/d). En el presente trabajo no

se estimó el contenido de otros aminoácidos distintos a la lisina en las raciones obtenidas. En potros se ha comprobado (Graham *et al.*, 1994; Staniar *et al.*, 2001) que la complementación de la ración con treonina una vez cubiertas las necesidades de lisina (relación treonina/lisina de 0,7/1 a 0,8/1) resulta en un mayor crecimiento.

Coste diario de la ración

Hubo diferencias significativas en el coste ($p < 0,05$) debidas al estado fisiológico, al forraje y al sistema. Entre estados, las raciones más caras fueron las de yeguas lactantes (1,590 euros/d) y las más baratas las de yeguas gestantes (1,061 euros/d). Las raciones con paja de cereales fueron más económicas, con una diferencia media de 0,327 (31,2%) y 0,181 (17,3%) euros/d respecto a las raciones con heno de alfalfa y la mezcla paja-heno de alfalfa, respectivamente, aunque este efecto se relacionó con el estado (interacción estado*forraje: $p = 0,073$). Las raciones de INRA90 fueron más caras que las de NRC89 (0,039 euros/d). La interacción estado*sistema fue significativa ($p < 0,05$) observándose que las raciones para las yeguas gestantes y los potros fueron más económicas cuando se calcularon en base a INRA90 (1,046 y 1,075 vs. 1,077 y 1,100 euros/d). Por el contrario, las raciones para las yeguas lactantes y los caballos fueron más baratas en NRC89 (1,503 y 1,106 vs. 1,676 y 1,147 euros/d). El menor coste de las raciones con paja de cereales indica que, en las condiciones del presente estudio, este forraje es una alternativa válida a otros de mayor calidad nutricional como el heno de alfalfa. Por otro lado, la diferencia de 0,173 euros/d (11,5%) entre NRC89 e INRA90 en el coste de las raciones de yeguas lactantes estuvo en línea con las diferencias en la inclusión de forraje y de concentrado y en el contenido de energía y almidón de las raciones de ambos sistemas para este grupo de animales.

Durante las dos últimas décadas se han incrementado notablemente los conocimientos sobre fisiología y medicina deportivas, como consecuencia del gran auge experimentado tanto en el terreno de lo estrictamente deportivo como en el de la medicina en general. Las investigaciones realizadas han permitido evaluar las modificaciones funcionales (respuestas y/o adaptaciones) que el organismo pone en juego frente a la actividad muscular, en aras de mejorar la condición física y el entrenamiento de los atletas para lograr un rendimiento óptimo. Los factores fundamentales a tener en consideración a la hora de programar y realizar el entrenamiento son: el conocimiento de la fisiología del ejercicio efectuado por el deportista y el perfil de su performance con el fin de valorar su respuesta y permitir la detección temprana de posibles anomalías (ART y cols., 1990; ASTRAND y RODAHL, 1992). El deportista en general, y especialmente el de alto rendimiento, precisa de un seguimiento constante de su estado de salud y condición física. Aunque el rendimiento deportivo es multifactorial, el objetivo

prioritario es la valoración del metabolismo energético del que depende en gran medida la realización de un esfuerzo (ESTRUCH y cols., 1989). La estimación directa del consumo de oxígeno es la prueba más fiable para la evaluación del grado de entrenamiento; sin embargo, este test requiere un material disponible únicamente en centros de investigación especializados. La respuesta de la frecuencia cardíaca y la determinación de lactato sanguíneo durante la realización de pruebas estandarizadas y repetidas en el tiempo son consideradas, en la actualidad, un test de campo adecuado para la valoración de la condición física y para apreciar la evolución del deportista en el transcurso del entrenamiento (ART y LEKEUX, 1990; ASTRAND y RODAHL, 1992; BURGER y STRAB, 1989; VALETTE y cols., 1989). Como ESTRUCH y cols., (1989), opinamos que es necesario realizar la valoración funcional lo más ajustada a las situaciones en que habitualmente se encuentra el deportista, siendo el trabajo lo más específico posible por deportes y actividad; por otra parte, más vale un test sencillo repetido a intervalos adecuados que uno aislado por sofisticado que sea. Teniendo en cuenta estas consideraciones preliminares, hemos realizado en el presente trabajo un estudio experimental en caballos de salto sobre la relación entre frecuencia cardíaca y lactato sanguíneo durante el periodo de recuperación, después de la realización de pruebas de esfuerzo estandarizadas. Aunque son cuantiosos los trabajos publicados sobre fisiología del ejercicio en el caballo, llama la atención la carencia casi absoluta de bibliografía en el caso concreto del caballo de salto. GILL y cols., (1987) determinaron diferentes parámetros hematológicos durante un cierto periodo de tiempo, con el objeto de valorar el estado de entrenamiento. AUVINET y cols., (1989) y CERRETELLI y cols., (1989) postulan que el salto es un ejercicio anaeróbico aláctico, debido a la rapidez de la acción y a la intensidad del gesto. Para ART y cols., (1990) en el salto, aunque la velocidad es lenta y la longitud y la duración de cada competición es corta, el ejercicio realizado es severo, contribuyendo decisivamente el metabolismo anaerobio en la producción de energía. Con objeto de definir el tipo de ejercicio y realizar una valoración funcional de los caballos, diseñamos dos pruebas de esfuerzo: una en pista y otra en círculo. Tanto en la prueba en pista como en la de en círculo hemos estudiado la posible existencia de otro tipo de relación entre la frecuencia cardíaca y el lactato sanguíneo después del esfuerzo, siendo los resultados los siguientes: * Cuando consideramos todos los animales en conjunto, la disminución de la frecuencia cardíaca y del lactato sanguíneo puede ajustarse a una curva de tipo exponencial y recíproca en el caso de la prueba en pista y a una hipérbola en el caso de la prueba en círculo, pero en todos los casos R es inferior al obtenido en una relación lineal. * En los animales que pertenecen al grupo 3, la disminución de la frecuencia cardíaca y del lactato sanguíneo se ajusta mejor a curvas de tipo exponencial (R = 0.86), logarítmica (R = 0.87), potencial (R = 0.93) o racional (R = 0.91) que a la relación lineal (R = 0.84) en la prueba en pista, mientras que en la prueba en círculo puede ajustarse a una curva de tipo exponencial aunque el coeficiente

R es inferior al obtenido en la relación lineal.

Con el fin de determinar el máximo de lactato sanguíneo se tomaron muestras a ciertos intervalos durante los primeros 10 minutos (0, 5 y 10) del periodo de recuperación (ASTRAND y RODAHL, 1992). Los resultados obtenidos en este estudio muestran que, para el conjunto de los individuos, la media de la frecuencia cardíaca en el momento de finalizar el ejercicio fue más elevada en la prueba en pista, mientras que la correspondiente al lactato sanguíneo era muy parecida en ambas pruebas, algo más elevada en círculo (Tabla I). A los 25 minutos del periodo de recuperación, la frecuencia cardíaca media es significativamente diferente a la de reposo; por el contrario, los niveles de lactato sanguíneo no presentan diferencias significativas (Tabla II). Los niveles de lactato sanguíneo durante la recuperación se encontraron, prácticamente en todos los casos, por debajo de 36.08 mg/dl en ambas pruebas. Sólomente en un caballo se encontraron niveles superiores, posiblemente como consecuencia de presentar un peso excesivo (SNOW, 1987). La baja concentración de lactato sanguíneo indica que la glicolisis anaerobia no fue el proveedor más importante de energía (ASTRAND y RODAHL, 1992). El caballo, comparado con el hombre, está caracterizado por un mayor potencial aerobio junto con un menor consumo de energía por unidad de distancia; tiene gran capacidad de transporte de oxígeno y una eficiente extracción de oxígeno por los músculos en actividad (CERRETELLI y cols., 1989). Cuando una persona trabaja durante cortos periodos de tiempo a un nivel de producción energética sumamente elevado, no existe un aumento continuo en la concentración de lactato sanguíneo (ASTRAND y RODAHL, 1992). Durante el salto, el caballo se desplaza normalmente a galope medio, con una explosión de potencia en cada despegue. Por otra parte, si el margen entre la potencia motriz aerobia máxima de los caballos y el coste del ejercicio a efectuar es amplio, disminuye el riesgo de aparición de "puntas" anaeróbicas durante el transcurso de la prueba (BARBANY, 1989). Los factores que determinan el tipo de carburante metabólico que el músculo va a utilizar son la intensidad y duración del ejercicio, factores nutricionales y el estado de entrenamiento (PUJOL, 1989). Además, la producción de ATP por el mecanismo aerobio está influenciada también por el hecho de haber existido o no un precalentamiento previo, ya que la aceleración del metabolismo aerobio es un proceso relativamente lento (JONES, 1989). En el caballo, el sistema respiratorio responde inmediatamente a las demandas de los grandes aumentos de la respiración tisular cuando el caballo galopa, mientras que la función cardiovascular responde más lentamente (LITTLEJOHN y cols., 1983). ART y cols. (1990) obtuvieron niveles de lactato sanguíneo superiores después del ejercicio. Dicho estudio fue realizado durante las competiciones oficiales siendo la longitud de la prueba de 460 a 500 metros, con saltos de una altura de 1.30 y 1.40 metros. Las velocidades alcanzadas fueron muy similares a las desarrolladas por los animales de nuestro estudio, por lo que

la diferencia fundamental fue la altura de los saltos (superior en el estudio de ART y cols.), si bien pueden influir otros factores tales como la alimentación, el nivel de entrenamiento, el precalentamiento y las condiciones ambientales. Pensamos, que la prueba realizada era de mayor intensidad (mayor altura) por lo que, según WILSON y cols. (1983), los niveles de lactato sanguíneo aumentan exponencialmente con el incremento de la carga de trabajo. Existe una relación lineal positiva entre la frecuencia cardíaca y los niveles de lactato sanguíneo después del ejercicio (Tabla III). En el conjunto de los individuos la relación entre estas variables es mayor en la prueba en círculo ($R = 0.85$) que en la prueba en pista ($R = 0.68$); esto es debido a que hay menos dispersión de datos en los niveles de lactato sanguíneo en la prueba en círculo. Cuando estudiamos esta relación lineal en cada uno de los tres grupos establecidos los resultados mejoran en general. En los caballos pertenecientes al grupo 1 los coeficientes de correlación y de determinación son altos en la prueba en pista (0.93 y 0.51 respectivamente). En los caballos de los grupos 2 y 3, tanto el coeficiente de correlación como el de terminación son más elevados en la prueba en círculo. Al igual que ART y cols. (1990), no hemos obtenido ninguna relación entre la frecuencia cardíaca y el lactato sanguíneo con la categoría del animal ni con el tiempo invertido en realizar las pruebas. Es importante la relación lineal existente a los 5 minutos en la prueba en pista ($R = 0.72$) y a los 0 minutos en la prueba en círculo ($R = 0.77$). Esta diferencia entre estos coeficientes de correlación y los totales es explicada por la restricción de la variabilidad en ambas variables. Tanto en la prueba en círculo como en la de pista el trabajo realizado es similar y específico de la actividad desarrollada por estos animales. La prueba en círculo es más sencilla de instalar, requiere menos espacio y tiene la ventaja de poder establecer niveles de trabajo; además, presenta en general unos coeficientes de correlación y determinación más elevados. En ambas pruebas la clasificación de los caballos según los niveles de incremento de lactato sanguíneo (grupos 1, 2 y 3) fue muy semejante.

Hoy en día el caballo ha sido domesticado e interviene en múltiples actividades en las cuales la mayoría de ellas exige excelencia en la rienda, ya que las costumbres y hábitos del caballo han sido modificadas drásticamente tomando en cuenta los hábitos y costumbres del caballo en libertad.

La presente investigación es una alternativa a un problema que durante años ha sido causa de un mal comportamiento aunado a un pobre rendimiento en el caballo de rienda. Debido a la gran demanda de caballo de rienda y a la exigencia de que estén bien arrendados nace la inquietud de realizar la presente investigación "Efecto del comportamiento del caballo de rienda a la extracción de diente de diente de lobo" Ya que es una de las principales causas que interfieren en el buen arrendamiento de un caballo. En México

existe una gran diversidad de actividades y deportes ecuestres como son cabalgatas, desfiles, rodeo, salto, carreras, charrería entre otras. Siendo otra de las causas de esta investigación la limitada investigación científica en equinos en nuestro país y a su poca difusión.

El origen de “Diente de lobo” (DDL) Por nombrar al primer premolar coloquialmente ya que no se conoce con exactitud pero existe un relato que tal vez pueda explicarlo: Un prominente general europeo del siglo XVI se encariño de un joven semental tordillo. Este caballo comprobó su firmeza, valentía en muchos ejercicios en la escuela militar, y el general sintió bastante confianza montando su lomo. En una de las primeras situaciones reales, al tocarle su turno al caballo se hizo para atrás, avergonzando al general. Después de la batalla, convocó a sus mejores jinetes para encontrarle una explicación para este desgane para ir hacia adelante en la batalla. Uno de los examinadores abrió la boca del caballo e inmediatamente observó un pequeño y aberrante colmillo superior en el lugar de contacto con el bocado (Easley, 2004).

El sacó un cuchillo sin filo y fácilmente extrajo el colmillo de la mandíbula y rápidamente lo colocó en su bolsillo y fuera de su vista. El caballo desde ese momento en adelante nunca falló para mostrar su valentía en la batalla y llegó a ser el favorito y el máspreciado del general. Se dedujo por la mayor parte de los jinetes que este bravo semental había recibido el DDL de algún enemigo, el bocado era puesto en otro lugar moderando así una carga prematura mientras el caballo veía los lobos. No era temor de la batalla era más bien su instinto protector para el general lo que causó respingar al caballo al percibir la manada de lobos (Easley, 2004).

Este relato puede o no ser verdad, pero explicaría el origen común del nombre al primer premolar superior en los caballos DDL. Esto puede también explicar algunos mitos del siglo XVII y XVIII reportados en la literatura de veterinaria sobre estos dientes destacando problemas oftálmicos destacando ceguera y se pensaría que tales desordenes visuales serían causados por el mismo (Easley, 2004).

Evolución

El precursor del caballo moderno *Equus caballus* era más pequeño, del tamaño de un conejo llamado *Hyracotherium* o también llamado *Eohippus* que vivía en América hace alrededor de 20 millones de años (Dixon, 2003).

El antepasado del caballo en el eoceno era un poco más de 61 cm. de altura y el equino moderno tiene el triple de altura y requieren de 27 veces más alimento (Scoggins, 2001) Este animal vivía de plantas suculentas que causaron poco crecimiento dental lo que resultó en un diente con corona corta (braquidontio), lo cual fue similar en humanos y dientes caninos. Subsecuentemente el mayor cambio climático afectó el hábitat llegando a

ser cubiertos por gruesos pastizales (Scoggins, 2001). Algunos de los descendientes evolucionaron para poder sobrevivir con la dieta de hierba gruesa mediante el desarrollo del saco ciego y colonizándolo, para poder llevar a cabo la digestión de la celulosa que contienen los productos alimenticios, sin embargo la ingestión de grandes cantidades de alimentos groseros que contienen silicato (El cual es mas duro que el esmalte) durante largos periodos de tiempo (aproximadamente 20 horas al día) exigía mucha demanda de los dientes primitivos (Dixon, 2003). En compensación un cambio paralelo a la evolución fue el desarrollo de el diente hypsodonto (Corona larga) con una gran reserva y corona incrustada en la profundidad del alveolo del premaxilar, maxilar y mandíbula (Dixon, 2003)

El diente equino hypsodonto, erupciona lentamente a lo largo de la vida de la mayoría de los caballos crece de 2-3mm por año. Esta tasa de erupción es similar a la tasa de desgaste de la superficie oclusal del diente, cuando existen condiciones de que el caballo se alimente de pasto natural o de algún alimento fibroso en lugar de ser alimentados con altos niveles de concentrado (Dixon, 2003).

La eficiencia en la masticación por evolución de los premolares que asemejan a los molares. Consecuentemente premolares y molares fueron llamados “Dientes de la mejilla”. En el hyracotherium tenia 4 premolares y tres molares en cada quijada. El primer premolar llega a ser muy pequeño y en el caballo moderno, si llega a presentarse no es funcional (Dixon, 2003).

Nuevas adaptaciones de caballos en pastoreo es la presencia de movimiento rostro caudal limitado y restringida la apertura de la articulación temporomandibular (lo que hace muy difícil la examinación de los dientes de la mejilla). El desarrollo de 6 poderosos músculos mandibulares (Dixon, 2003).

- a) 2 maseteros
- b) 2 mandibulares
- c) 2 pterigodeos

Son capaces de prolongar necesariamente y cerrar vigorosamente de lado a lado los movimientos de trituración de la quijada (Dixon, 2003). La evolución también diseño la cabeza del caballo para acomodar grandes cantidades de forraje alto en fibra, alargamiento de la cabeza y cuello para permitir el pastoreo continuo, aumento de la altura y la forma compleja del diente. Los incisivos con la función de esquilar el forraje, los dientes de la mejilla con su superficie ancha, plana, ranurada facilitan la trituración del alimento antes de tragarla (Scoggins, 2001).

Anatomía.- El tamaño, forma y localización varía frecuentemente y el tamaño y forma de la corona no siempre indica el tamaño y forma de la raíz. Doble DDL también puede ocurrir (Scrutchfield, 2006). Se agrupa junto con el canino por que son los únicos que se diferencian de los demás dientes hypsodontos de el caballo y este braquidontio a menudo no mide mas de 2cm de longitud (Easley, 2004). DDL's son muy variables en tamaño, corona, raíz y forma así como una posición relativa (Fig. 2) (Esley, 2004).

Localización.- Se localiza en frente del segundo premolar y no tiene raíces largas por lo que no están unidas a firmemente al hueso de la mandíbula (Scoggins, 2001). El DDL junto con el canino normalmente no presenta oclusión con el diente de la arcada opuesta durante el proceso o ciclo masticatorio. Usualmente se encuentra situado en frente de el primer diente hipsodonto y son pequeños vestigios (Easley, 2004). Se encuentra justo anterior en los bordes antero medial del segundo premolar. Ocasionalmente se puede encontrar en la mandíbula inferior justo anteriormente al segundo premolar. Algunas veces pueden crecer por debajo del tejido de la encía de la quijada superior en frente del primer premolar y el diente canino (Linkous, 2006)

DDL oculto.- Algunos DDL se encuentran en un ángulo rostral y pueden estar bajo la mucosa alrededor de 3cm rostral al primer diente de la mejilla, este diente sin erupcionar se denomina "Diente de lobo oculto" (Easley, 2004). El DDL oculto esta usualmente 1-2cm rostral/ventral bajo la mucosa. Esta posición lo hace susceptible al contacto con el bocado (Scrutchfield, 2006). Algunos caballos tienen pequeñas protuberancias en las áreas del DDL oculto, pero no lo tienen, si esta es la cuestión la presencia de el diente se toman radiografías para acertar en la existencia o posición de un diente antes de intentar la extracción (Linkous,2006). DDL impactado u oculto es comúnmente no diagnosticado por que no es visible posicionado mas rostralmente que lo normal y algunas veces es solamente encontrado por palpación cuidadosa o examinación radiográfica (Johnson, 2006). Algunos dientes no brotan de una manera normal y pueden estar en la mucosa de la encía, para determinar si están presentes o no requiere la palpación y observación de la encía en la zona anterior al segundo premolar. Puede no erupcionar normalmente, pero permanece en la submucosa resultando en lo que es llamado "ciego" u "oculto" (Scrutchfield et al., 2004).

Identificación.- El Sistema triadan para identificación dental individual es crecientemente mas utilizada en dentición equina y tiene muchas ventajas. Para adultos los cuadrantes son numerados del uno al cuatro en dirección de las manecillas del reloj iniciando en el maxilar derecho. Sin embargo para dientes deciduos el mismo cuadrante es numerado del 5 al 8 (Dixon, 2002).

Los mamíferos adultos tienen 4 tipos de dientes

- A) Incisivos
- B) Caninos
- C) Premolares
- D) Molares

Y estos son numerados en dirección rostro-caudal con números del 1 al 11 y se coloca después del numero de cuadrante (Dixon, 2002).

Erupción.- Hay cierta cuestión que si estos dientes son clasificados en el conjunto de deciduos o permanentes. Algunos dientes de lobos permanecen indefinidamente y por eso han sido clasificados como dientes permanentes en la más reciente literatura dental equina. Y han sido clasificados por algunos como supernumerarios. Estos dientes pueden hacer erupción entre

los 6 y 18 meses de edad y ocurre en forma simultánea con los dientes de leche o las capas del segundo premolar deciduo (Easley, 2004). Para Scrutchfield, Easley y Linkous el DDL no tiene un precursor deciduo y erupciona cuando el caballo tiene de 6-9 meses de edad, es usualmente el primer diente permanente en erupcionar. 2.6.- Incidencia.- Caballos pueden tener ninguno o cuatro DDL; pero muchos caballos muestran uno o ambos dientes de lobos maxilares siendo menos frecuente los mandibulares (Scrutchfield, 2004). La incidencia del primer premolar superior es del 80-90 % y la del primer premolar inferior es mucho menor (estimado de 1-5 %), en algunos caballos solamente puede erupcionar unilateralmente (Easley, 2004). El primer premolar o DDL puede ausentarse naturalmente en una o más arcadas (Gieche, 2007). Los caballos pueden tener de cero a cuatro DDL, la mayoría de los caballos presenta uno o dos dientes superiores pero también los inferiores pueden presentarse (Scrutchfield, 2006). Uno o ambos primeros premolares es poco común y los primeros premolares puede presentarse muy pequeño como un vestigio del DDL con reporte de incidencia entre el 13 y 32 % por diferentes autores. Este es un factor subestimado por que muchos caballos jóvenes pierden el primer premolar cuando muda el primer diente de la mejilla deciduo (506, 606) (Dixon, 2003). Tomando en cuenta la opinión de distintos autores el caballo puede presentar de 0 a 4 DDL, pero con mayor incidencia en la parte superior.

2.7.- Función.- Los primeros premolares (05's) no son una parte activa de los dientes de la mejilla (06's-11's) las cuales trituran y mastican el alimento. La función del DDL es desconocida en el caballo doméstico (Toots, 2005).

Metodos de contención

3.1.1- Sedación La sedación es un prerrequisito para la extracción dental junto con la analgesia (Tremaine, 2004) El caballo requiere una combinación de tranquilizantes de corta y larga acción y la adición de un narcótico para analgesia (Carmalt, 2003). Para proveer una sedación/analgesia efectiva se utilizan un agonista alfa-2 como la romifidina, detomidina o xilacina en combinación con analgésicos opioides como morfina o butorfanol (Tremaine, 2004). A pesar de una buena sedación algunos caballos puede reaccionar violentamente a una simple presión en la encía (Carmalt, 2003). La selección del protocolo de droga depende el medio ambiente, temperamento del animal y preferencia individual (Tremaine, 2004).

3.1.1.1.- Xilacina.- Su nombre químico es clorhidrato de 5, 6-dihidro-2-(2,6-xilidino)-(dimetil-fenilamina)4H-1,3-tiacina. Es un cristal incoloro, con sabor agrio, soluble en agua y estable en solución. Tiene un pH de 5.5 (Sumano, 2006).

La xilacina estimula los receptores periféricos Alfa-2 presinápticos, con lo que induce la liberación de noradrenalina. Después de administrarse IM se absorbe rápidamente pero su biodisponibilidad es incompleta (40-48 %), se biotransforma en gran medida convirtiéndose hasta en 20 metabolitos y tiene

una vida media de 50 minutos (Sumano,2006) Produce relajación muscular, ataxia, analgesia cuando se da vía oral, intramuscular, intravenosa en caballos. La presión de la sangre arterial es inicialmente incrementada 20 durante la inducción de la droga debido a la resistencia vascular periférica. La hipertensión arterial puede durar 20-60 minutos, disminuye la frecuencia cardiaca, producen descensos significativos en el gasto cardiaco. La frecuencia respiratoria disminuye pero incrementa el volumen, relajación de los músculos de las vías aéreas

superiores. La administración de un alfa-2 agonista disminuye la salivación, la secreción gástrica, motilidad intestinal, y aumenta el volumen de orina (Hubbel et al.,2006).

No es posible que el caballo trague por lo tanto es mas difícil el paso de tubos naso gástricos; otros efectos incidentales es el aumento de presión intrauterina, hiperglucemia e hiperinsulinemia (Hubbel et al, 2006). A los caballos a los que han recibido un alfa 2 agonista asumen la cabeza hacia abajo, cambian su peso de un lado a otro. Se piensa que la xilaxina es útil para los procedimientos en la cabeza, cuello, partes delanteras. (Hubbel et al, 2006) Los caballos presentan somnolencia, debe evitarse estresar al animal durante la etapa de inducción debido a que en tal caso no se produce una sedación optima. Cuando un animal se estresa puede parecer sedado y, sin embargo escapar del operador en forma intempestiva. Un animal ligeramente sedado puede usar sus defensas eficazmente si es dañado o molestado (Hubbel et al, 2006). Los alfa-2 agonista pueden administrarse vía IV, IM, o VO. (Sumano, 2006) (Hubbel, et al 2006) Vía intramuscular se logra fácilmente pero la aparición de los efectos de las drogas es mas lenta que por la vía IV (menor que 5 minutos vía IV y de 10-15 minutos vía IM). La intensidad de los efectos cardiorrespiratorios después de la inyección IM se reduce presumiblemente a la menor concentración plasmática (Sumano, 2006). La administración vía IV produce un rápido inicio de acción, aumento de la intensidad del efecto. La administración oral no es aconsejable debido a efectos inconsistentes (Hubbel et al, 2006).

Lidocaina.- Anestésicos locales son bases orgánicas, con un rango de Ph entre 7.6-8.1 con una alta afinidad por proteínas tisulares, esta característica es buena por que tiene baja toxicidad sistémica. El mecanismo de acción de los anestésicos locales es interrumpir la conducción nerviosa por ocupación del receptor específico localizado en los canales de sodio, esto restringe el paso de este ion a través del canal.Usualmente el efecto es restringido al lugar de aplicación y la acción de estos agentes es rápidamente revertida durante un corto tiempo y subsecuentemente disminuye la concentración (Cuadro 2). Muchos nervios pueden ser bloqueados con .5ml-1ml de lidocaina al 2 %. (Otero, 2006) La lidocaina es un anestésico con enlace amida. Su nombre químico es clorhidrato-acetamida, 2-(dietilamino)-N-(2,6-dimetilfenil)-monoclorhidrato, monohidrato. Es un polvo blanco cristalino y sin olor. La unión a proteínas plasmáticas en el caballo es del 65 %, se metaboliza en el hígado (Sumano, 2006). En este trabajo se escogió la

lidocaina debido a que tiene un tiempo de acción rápida y la duración es la apropiada para la intervención quirúrgica a realizar.

Bloqueos.- Hay un gran número de condiciones por el cual puede ser usado el bloqueo de nervios dentales. La indicación obvia es la desensibilización y analgesia post operativo; También provee excelente analgesia para muchos procedimientos en la cavidad oral y cabeza (Otero, 2006) Los bloqueos de nervios dentales se dividen en 4:

- A) Bloqueo de nervio infraorbital
- B) Bloqueo de nervio alveolar mandibular
- C) Bloqueo del nervio infraorbital caudal y maxilar.
- D) Bloqueo del nervio mental.

La mayor inervación sensorial de la cabeza es el nervio trigémino el cual tiene tres ramas principales: Oftálmico, maxilar y mandibular. El nervio maxilar entra en el foramen maxilar y se continúa como nervio infraorbital; Las ramas alveolares son distribuidas en los dientes de la mejilla superiores con este canal. El nervio mandibular entra al foramen mandibular como nervio alveolar inferior, suplementa ramas a la arcada de dientes de la mejilla inferior y estas emergen por el foramen mental como nervio mental (Gerard, 2007).

El caballo debe ser sedado antes de llevar los bloqueos y una restricción adecuada (ejemplo sacudidas) puede ser necesaria para algunos caballos. Es típico que el caballo sacuda su cabeza en un grado variado si el nervio es directamente estimulado por la penetración de la aguja (Gerard, 2007).

3.1.2.1.-Bloqueo foramen infraorbital.- El foramen infraorbital se encuentra en medio de la cresta facial y la comisura del hueso nasal. (Fig. 5) El foramen es palpado, una aguja es colocada en el foramen y es inyectada 10 ml de lidocaina durante este procedimiento a través del foramen, el nervio infraorbitario se anestesia cuando se desea anestesiarse los dientes de la mejilla caudales. Se necesita una aguja calibre 22 de 3.5 pulgadas, lidocaina al 2 % y una jeringa (Fletcher, 2004).

El labio caudal de el foramen y la existencia del nervio puede sentirse cuando aplicamos presión digital firme después de desplazar dorsalmente el músculo "elevador del músculo superior" Se usa una aguja de 1.5 pulgadas calibre 22, 5-10 ml de anestésico local son depositados en el foramen para reducir efectivamente la sensibilidad de la estructura dental y tejidos blandos rostral a este punto (Gerard, 2007).

Inserción de una aguja larga dentro del canal infraorbital puede efectuarse y depositar anestésico local que provee analgesia de dientes de la mejilla además de los caudales. Deben permitirse alrededor de 15 min. Para que este bloqueo tenga efecto total. Bloqueando el nervio infraorbital (uno o ambos) permite realizar técnicas para corregir incisivos maxilares y llevarse a

cabo en pacientes de pie. También pueden realizarse procedimientos de restauración en incisivos o dientes caninos (Gerard, 2007).

Bloqueo de foramen mandibular.- El foramen mandibular se encuentra dibujando una línea imaginaria a lo largo del borde bucal de la arcada superior, que es palpada fácilmente y se amplía esta línea a la parte posterior. El foramen se encuentra en promedio 3.5 pulgadas del borde de la superficie de la mandíbula a lo largo de la línea. Para ayudar a la inserción extender la cabeza para tener acceso a la parte posterior de la mandíbula. Se utiliza una aguja calibre 22, se dirige cranealmente de la superficie posterior de la mandíbula por el área predeterminada de la localización del foramen mandibular. El lado medial de la superficie cóncava, y esto es importante mantener la dirección de la aguja cerca de la superficie medial de la mandíbula. El área ideal para el bloqueo es justo antes de que el nervio alveolar entre al foramen mandibular. El bloqueo de este nervio es bien tolerado por el caballo; 20 ml de lidocaina es inyectado dentro de esta área, requiere de 15-30 minutos para el comienzo con la precisión del bloqueo (Fletcher, 2004)

Extracción

La extracción dental ha sido practicada en caballos concientes desde el siglo pasado con poca modificación en las técnicas disponibles (Tremaine, 2004). El espacio interdental de caballos de rendimiento debe de ser examinado para ver si existe presencia de dolor. La causa de dolor puede ser un canino sin erupcionar o DDL (incluyendo DDL oculto) que casi siempre causan problemas con el bocado. Si la historia indica que el caballo tiene problemas con el bocado entonces deben extraerse (Scruttchfield et al., 2006). Como el DDL no tiene mucho valor recuperable y algunas veces causa problemas con el bocado, la solución obvia es extraerlo. La raíz del DDL está más anclada por eso la posibilidad de quebrarse al sacar la raíz es menor y se extrae más fácilmente (Linkous, 2006). Tradición y presión del entrenador dictan que deben ser removidos de los caballos que utilizan un bocado (Easley, 2004).

Factores a determinar para la extracción

El primer factor para determinar la extracción es la salud del tejido periodontal que rodea al DDL y el segundo es el uso u ocupación del caballo (Toots, 2005). Si el primer premolar es sólido y el tejido que lo rodea está sano entonces es tomando en cuenta el uso del caballo. Si el caballo se está formando en rienda entonces debe ser removido. Esto es fácil poco después de su erupción, por que seguramente la unión del hueso alveolar y la raíz aun no ocurre (Toots, 2005) Los dientes de lobo varían mucho en tamaño y localización por lo que debe adaptarse la técnica para cada diente (Scruttchfield, 2006). En todos los caballos, un DDL suelto, astillado, fragmentado debe ser removido para prevenir un trauma secundario, periodontitis o pulpitis. Un fragmento de diente que permanece en la mucosa por previo intento de extraerlo debe ser removido (Toots, 2005) La necesidad

de remover el DDL es controversial. Si yo encuentro un DDL en un caballo que se desempeña con éxito, sin embargo yo muestro el DDL al propietario registrando en la grafica dental del caballo y decir al propietario que causa problema ya que debe extraerse. Si el profesionista insiste en extraerlo de un caballo ganador y el caballo arrienda mal en la siguiente competición el profesionista, no el jinete, no el caballo se lleva el crédito del pobre desempeño (Scrutchfield, 2006) La extracción incluye procedimientos:

No quirúrgicos

Es llevada a cabo por suave tracción en el lugar del diente afectado con pinzas dentales o soportes dentales, el alveolo es suavemente debridado removiendo tejido fibroso, una vez limpiado el alveolo puede ser llenado con material osteoinductivo impregnado con resina. Después el alveolo es cerrado usando material 4-0 o 5-0 absorbible (Colmery, 2001).

Quirúrgico

Es llevada a cabo en dientes no móviles con unión normal o cerca de lo normal la técnica consiste en:

- A) Filme intraoral preoperativo
- B) Aislamiento de las raíces
- C) Elevación de las raíces
- D) Filme dental post-operación
- E) Cierre

(Colmery, 2001) Uno de los pasos claves es seccionar las multiraizes, extraerlo como una unidad es prácticamente imposible (Colmery, 2001). DDL normal puede ser extraído con cuidado elevando el tejido de alrededor del diente con un pequeño elevador cuidando no lacerar la arteria palatina y la superficie medial del diente. Entonces se aplica presión para debilitar el alveolo y luego se aplica un elevador pesado con pequeños movimientos meciéndolo. Los movimientos deben ser lentos aplicándolos durante 10 a 15 segundos repetidamente de una manera controlada para romper las uniones periodontales de abajo y evitar perder el diente en la cavidad después de la extracción. Si no esto se pierde, puede ser usado fórceps DDL, es muy importante seleccionar los fórceps adecuados; los fórceps deben ser cerrados firmemente pero no aplicar fuerza excesiva lo que puede destrozarlo; No importa que tanta experiencia y cuidado tenga en ocasiones se llega a romper. Si la ruptura esta al final de la superficie al final de la superficie e improbablemente que este evento ocurra si se eleva cuidadosamente a menos de que haya sido quebrado previamente por un bocado. Si se quiebra alrededor de la línea de la encía es mejor la punta de la raíz se extraerá después cuando crezca (Linkous, 2006). La clave para la extracción sin romper o quebrar al sacar la raíz es elevar los ligamentos periodontales de las raíces y entonces elevarlo mas. Un DDL que se encuentre en frente del 06 debe ser elevado en su circunferencia excepto cuando este en contacto con el 06 entonces se eleva en medio de este y el DDL; esto provee lugar para el movimiento de la raíz sin quebrarse esto es 2mm o más. La elevación es facilitado con el uso de un pequeño pero fuerte

elevador canino para separar el ligamento periodontal, entonces es usado un elevador mas grande y resistente haciendo palanca en una dirección y aplicando presión por 15 segundos o mas antes de hacer presión en otra dirección, esto es mas efectivo que movimientos rápidos con el elevador hacia delante y atrás. Si es difícil elevarlo un elevador grande y resistente es acomodado en medio del DDL y el 06 y golpeado firmemente con un mazo. En caso de que se rompa la raíz no causa problemas, solamente las protusiones de la raíz alrededor del alveolo, si es retenido un fragmento de la raíz en algunos casos esto puede causar mucho dolor necesitando removerlo. En muchos casos, una raíz quebrada puede ser perdida sin causar problema sin embargo la raíz puede eventualmente trabajar con superficie donde esta puede ser extraída. Gran cuidado debe ser practicado y con mucho esfuerzo de no quebrar la raíz (Scrutchfield et al.,2006).

Extracción de DDL oculto.- Después de la sedación, anestésico local es aplicado alrededor del DDL ciego u oculto. El uso de instrumentos tipo burguess para incidir la encía alrededor de la corona (Fig. 8 elevador "Burgués") y entonces extraer el diente con un elevador. Algunos profesionistas utilizan una cuchilla, escalpelo o gancho, un osteocinzel y un mazo. Dientes ocultos es frecuentemente encontrado en caballos maduros, la raíz es firmemente integrado al hueso, en estos casos es común necesitar un mazo para extraerlo (Scrutchfield, 2006).

LITERATURA CITADA

- Agüera E, Sandoval J. Anatomía aplicada del caballo. 1ª ed. Hacourt Brace de España S.A. 1999; p.102-103.
- Aires, Argentina: Inter-Médica SAICI, 1991.
- Alberdi, M. T., Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O.J., 2003, ¿Cuántas especies de caballo hubo en una sola localidad del pleistoceno Mexicano?: Revista Española de Paleontología, 18(2), 205-212.
- Álvarez S, T., Polaco, O. J., 1982 (1983), Restos pleistocénicos de dos especies de *Microtus* (Rodentia: Muridae), del norte de San Luís Potosí, México: México, Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, 26, 47-53.
- Álvarez-Romero, J., Medellín, R.A., 2005, *Equus burchellii*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología, Bases de datos SNIB-CONABIO, Proyecto U020, 7.
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O.J., Aguilar-Arellano, F.J., 2003a, Remains of *Mammuthus* housed in the collections of the Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, *en* Reumer, J.W.F., De Vos, J., Mol, D. (eds.), Advances in Mammoth Research, Proceedings of the Second International Mammoth Conference Rotterdam: Holanda, Deinsea, 9, 17-25.
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O.J., Alvarez, T., Johnson, E., 1996, New records of fossil tapir from Northeastern Mexico: Current Research in the Pleistocene, 13, 93-95.
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O.J., Johnson, E., Guzmán, A.F., 2003b, The distribution of the genus *Mammuthus* in Mexico, *en* Reumer, J.W.F., De Vos, J., Mol, D. (eds.), Advances in Mammoth Research, Proceedings of the Second International Mammoth Conference Rotterdam: Holanda, Deinsea, 9, 27-39.
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O.J., Johnson, E., 2002, La mastofauna del cuaternario tardío de México, *en* Montellano-Ballesteros, M., Arroyo-Cabrales, J. (compiladores), Avances en los Estudios Paleomastozoológicos: México, D. F., Instituto Nacional de Antropología e Historia, 103-123.
- Art t y Lekeux p (1990). La médecine sportive: une partie integrante de lamédecine veterinaire. Ann Med Vet, 134: 13-23.
- Art t, Desmecht D, Amory H, Delogne O, Buchet M, Leroy P y Lekeux p (1990). A field study of post-exercise values of blood biochemical constituents in jumping horses: relationship with score, individual and event. J Vet Med A, 37:231-239.
- Astrand P-O y Rodahl K (1992). Fisiología del trabajo físico: Bases fisiológicas del ejercicio. 3ª ed. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana.
- Auvinet B, Galloux P, Lepage O, Michaux JM, Ansaloni A y Goupil X (1989). Adaptation a l'effort du cheval de concours complet d'equitation (évolution de la fréquence et de la lactatémie en compétition). VII Congres des Pays

Francophones: 408-431.

Barbany JR (1989). Adaptaciones fisiológicas inducidas por el entrenamiento físico. *Jano*, 3: 11-17.

Barres, B.A., Hart, I.K., Coles, H.S.R., Burne, J.F., Voyvodic, J.T., Richardson, W.D., Raff, M.C. Cell death and control of cell survival in the oligodendrocyte lineage. *Cell* 1992; 70: 32-46.

Baxter M. Manejo de las heridas. En Colan, P; Ian, M; Merrit, A. *Medicina y cirugía equina*. 4 a ed. Vol. II, intermedica editores. 1998; p.1459-1471.

Beaver, E.A., Brussard, P.F., 2004, Community-and landscape-level responses of reptiles and small mammals to feral-horse grazing in the Great Basin: *Journal of Arid Environments*, 59, 271-297.

Berge E, Westhues M. *Técnica operatoria veterinaria*. 28ª ed. Editorial labor S.A. 1978; p.295-296.

Bishop NC, Blannim AK, Walsh NP, Robson PJ, Gleeson M. Nutritional aspects of immunosuppression in athletes. *Sport Med* 1999;28:151-176.

Blue MG, Wittkopp RW. Clinical and structural features of equine enteroliths. *J Am Vet Med Assoc* 1981;179:79-82.

Blue MG. Enteroliths in horses. A retrospective study of 30 cases. *Equine Vet J* 1979;11:76-84.

Bray RE. Enteroliths: feeding and management recommendations. *J Equine Vet Sci* 1995;15:474.

Breier, B.H., Ambler, G.R., Sauerwein, H., Surus, A., Gluckman, P.D. The induction of hepatic somatotropic receptors after birth in sheep is dependent on parturition-associated mechanisms. *J. Endocrinol.* 1994; 141: 101-108.

Bryant, J.D., Froelich, P.N., 1995, A model of oxygen isotope fractionation in body water of large mammals: *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 59, 4523-4537.

Bryant, J.D., Luz, B., Froelich, P.N., 1994, Oxygen composition of fossil horse tooth phosphate as a record of continental paleoclimate: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107, 303-316.

Buonomo, F.C., Lauterio, T.J., Baile, C.A., Champion, D.R. Determination of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and IGF-binding protein levels in swine. *Domest. Anim. Endocrinol.* 1987; 4: 23-31.

Burger D y Strab N (1989). Contrôle de l'entraînement par le test de Canconi. *Le cheval sur le tapis roulant*. VII Congres des Pays Francophones: 273-297.

Buschmann H, Baumann M. Alterations of cellular immunoresponse during intensive training of event horses. *Zentralbl Veterinärmed [B]* 1991;38:90-94.

Byrne, K.M., Vierck, J., Dogson, M.V. In vitro model of equine muscle regeneration. *Equine Vet. J.* 2000; 32: 401-405.

Canalis, E. Insulin-like growth factors and osteoporosis. *Bone* 1997; 21: 215-216.

Carmalt James. *Equine Dentistry – Moving into the 21st Century*. Large Animal VETERINARY, 2003; vol 3

Caroni, P., Schneider, C. Signaling by insulin-like growth factor in paralyzed skeletal muscle: rapid induction of IGF-1 expression in muscle fibers and

- prevention of interstitial cell proliferation by IGF-BP5 and IGF- BP4. *J. Neurosci.* 1994; 14: 3378-3388.
- Castell LM, Newsholme EA. Glutamine and effects of exhaustive exercise upon the immune response. *Can J Physiol Pharmacol* 1998;76:524-532.
- Castell LM, Newsholme EA. The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged, exhaustive exercise. *Nutrition* 1997;13:738-742.
- Cerling, T.E., Harris, J.M., MacFadden, B.J., Leakey, M.G., Quade, J., Eisenmann, V., Ehleringer, J.R., 1997, Global vegetation change through the Miocene/Pliocene boundary: *Nature*, 389, 153-158.
- Cerling, T.E., Wang, Y., Quade, J., 1993, Expansion of C4 global ecological change in the Late Miocene: *Nature*, 361, 344-345.
- Cerretelli P, Cortili g y Saibene F (1989). Energy sources for exercise in trained animals: a comparative approach. VII Congres des Pays Francophones:273-297.
- Champion, Z.J., Breier, B.H., Ewen, W.E., Tobin, T.T., Casey, P.J. Blood plasma concentrations of insulin-like growth factor (IGF-1) in resting Standardbred horses. *Vet. J.* 2002; 163: 45-50.
- Christ, E.R., Cummings, M.H., Westwood, N.B., Sawyer, B.M., Pearson, T.C., Sönksen, P.H., Russell-Jones, D.L. The importance of growth hormone in the regulation of erythropoiesis, red cell mass, and plasma volume in adults with growth hormone deficiency. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1997; 82: 2985-2990.
- Christensen, R.A., Malinowski, K., Massenzio, A.M., Hafs, H.D., Scanes, C.G. Acute effects of short-term feed deprivation and refeeding on circulating concentrations of metabolites, insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, somatotropine, and thyroid hormones in adult geldings. *J. Anim. Sci.* 1997; 75: 1351-1358.
- Chun, S.Y., Billig, H., Tilly, J.L., Furuta, I., Tsafiriri, A., Hsueh, A.J.V. Gonadotropin suppression of apoptosis in cultured preovulatory follicles: mediatory role of endogenous insulin-like growth factor I. *Endocrinology* 1994; 135: 1845-1853.
- Claustres, M., Chatelain, P., Sultan, C. Growth hormones: species- specific stimulation of erythropoiesis in vitro. *Science* 1987; 196: 1112- 1113.
- Coenen, M. 2001. German feedings standards. In: *Advances in equine nutrition II* (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 365-378.
- Cohen ND, Vontur CA, Rakestraw PC. Risk factors for enterolithiasis among horses in Texas. *J Am Vet Med*
- Coleman, M.E., Demayo, F., Yin, K.C., Lee, H.M., Geske, C., Montgomery, C., Schwartz, R.J. Myogenic vector expression of insulin- like growth factor I stimulates muscle cell differentiation and myofiber hypertrophy in transgenic mice. *J. Biol. Chem.* 1995; 270: 12109- 12116.
- Colgan SA, Wight JD, Gaven P. Multiple colonic enteroliths in an Arabian gelding with cronic intermittent colic. *Aust Vet J* 1997;75:100-102.
- Colmery B. H. Oral Surgery: Dental Extractions. *Recent Advances in Small Anima*

- Consitt, L.A., Copeland, J.L., Tremblay, M.S. Endogenous anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women. *Sports Med.* 2002; 32: 1-22.
- Coplen, T., 1988, Normalization of oxygen and hydrogen isotope data: *Chemical Geology, (Isotope Geoscience Section)*, 72, 293-297.
- Coplen, T., Brand, W.A., Gehre, M., Gröning, M., Meijer Harro, A.J., Toman, B., Verkouteren, R.M., 2006, New Guidelines for $\delta^{13}\text{C}$ Measurements: *Analytical Chemistry*, 78, 2439-2441.
- Cubitt, T.A., Staniar, W.B., Kronfeld, D.S. Environmental factors and nutrient composition of pasture in northern Virginia. *J. Anim. Sci.* 2004; 82: 96.
- Cuddeford, D. 2001. Starch digestion in the horse. In: *Advances in equine nutrition II* (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 95-103.
- Cymbaluk, N.F., Laarveld, B. The ontogeny of serum insulin-like factor I concentration in foals: effects of dam parity, diets, and age at weaning. *Domest. Anim. Endocrinol.* 1996; 13: 197-209.
- D'Angela, D., Longinelli, A, 1990, Oxygen isotopes in living mammal's bone phosphate: further results: *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 86, 75-82.
- Dahl, G.E., Elsasser, T.H., Capucco, A.V., Erdman, R.A., Peters, R.R. Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor I. *J. Dairy Sci.* 1997; 80: 2784-2789.
- Dahlgren, L.A., Mohammed, H.O., Nixon, A.J. Expression of insulin-like growth factor binding proteins in healing tendon lesions. *J. Orthop. Res.* 2006; 24: 183-192.
- Dahlgren, L.A., Van der Meulen, M.C., Bertram, J.E., Starrak, G.S., Nixon, A.J. Insulin-like growth factor I improves cellular and molecular aspects of healing in a collagenase-induced model of flexor tendinitis. *J. Orthop. Res.* 2002; 20: 910-919.
- Dart AJ, Snyder JR, Pascoe JR, Farver TB, Galuppo LD. Abnormal conditions of the equine descending (small) colon: 102 cases (1979-1989). *J Am Vet Med Assoc* 1992;200:971-978.
- Dart, A.J., Little, C.B., Hugues, C.E., Chu, O., Dowling, B.A., Hodgson, D.R., Rose, R.J., Johnson, K.A. Recombinant equine growth hormone administration: effects of synovial fluid biomarkers and cartilage metabolism in horses. *Equine Vet. J.* 2003; 35: 302-307.
- De Niro, M.J., Epstein, S., 1978, Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals: *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 42, 495-506.
- Delany, A.M., Pash, J.M., Canalis, E. Cellular and clinical perspectives on skeletal insulin-like growth factor. *J. Cell. Biochem.* 1994; 55: 328-333.
- Delgado, H.A., Iacumin, P., Stenni, B., Sánchez-Chillón, B., Longinelli, A., 1995, Oxygen isotope variations of phosphate in mammalian bone and tooth enamel: *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 59, 4299-4305.
- Dentistry. Publisher: International Veterinary Information Service 2001.

www.ivis.org

DePew, C.L., Thompson, D.L. Jr., Fernández, J.M., Sticker, L.S., Burleigh, D.W. Changes in concentrations of hormones, metabolites, and aminoacids in plasma of adult horses relative to overnight feed deprivation followed by a pellet-hay meal fed at noon. *J. Anim. Sci.* 1994; 72: 1530-1539.

Dixon P. M. The Aetiology, Diagnosis and Current Therapy of Developmental and Acquired Equine Dental Disorders. 8th congress on equine and surgery, 2003.

Dixon P. M. The Gross, Histological, and Ultrastructural Anatomy of Equine Teeth and Their Relationship to Disease. American Association of Equine Practitioners Proceedings-AAEP - 2002; Vol. 48 pag: 420-437

Dulphy, J.P., W. Martin-Rosset, H. Dubroeuq and M. Jailler. 1997b. Evaluation of voluntary intake of forage through -fed to light horses. Comparison with sheep. actors of variation and prediction. *Liv. Prod. Sci.*, 52: 97-104.

Dulphy, J.P., W. Martin-Rosset, H. Dubroeuq, J.M. Ballet, A. Detour and M. Jailler. 1997a. Compared feeding patterns in *ad libitum* intake of dry forages by horses and sheep. Factors of variation and prediction. *Liv. Prod. Sci.*, 52: 49- 56.

Dyson Sue. Lameness and Poor Performance in the Sports Horse: Dressage, Show Jumping and Horse Trials (Eventing). Proceedings of the Annual Convention of the AAEP 2000, vol. 46 308-315.

Easley K. J. 50th Equine Canine and First Premolar (Wolf) Teeth. Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 2004.

Ehleringer, J.R., Field, C.B., Liz, Z.F., Kuo, C.Y., 1986, Leaf carbon isotope ratio and mineral composition in subtropical plants along an irradiance cline: *Oecologia*, 70, 520-526.

Ehleringer, J.R., Sage, R.F., Flanagan, L.B., Pearcy, R.W., 1991, Climate change evolution of C4 photosynthesis: Trends in Ecology and Evolution, 6, 95-99.

Eigenmann, J.E., Patterson, D.F., Zape, J., Froesch, E.R. Insulin-like growth factor I in the dog: a study in different dog breeds and in dogs with growth hormone elevation. *Acta Endocrinol.* 1984; 105: 294-301.

Estruch A, Rodas G y Ventura JL (1989). Valoración funcional del deportista en el laboratorio. *Jano*, 3: 27-32.

FEDNA. 2003. Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 2ª edición. (ed. C. De Blas. G.G. Mateos y P.Gª. Rebollar). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.

Feranec, R.S., MacFadden, B.J., 2000, Evolution of the grazing niche in Pleistocene mammals from Florida: evidence from stable isotopes: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162, 155-169.

- Feranec, R.S., MacFadden, B.J., 2006, Isotopic discrimination of resource partitioning among ungulates in C3-dominated communities from the Miocene of Florida and California: *Paleobiology*, 32(2), 191-205.
- Fletcher B. W. How to Perform Effective Equine Dental Nerve Blocks. 50th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners-AAEP, 2004.
- Fonnesbeck, P.V. 1981. Estimating digestible energy and TDN for horses with chemical analysis of feeds. *J. Anim. Sci.*, 53: 241-242. Gill, A.M. and L.M.
- Fortier, L.A., Kornatowski, M.A., Mohammed, H.O., Jordan, M.T., O'Cain, L.C., Stevens, W.B. Age-related changes in serum insulin-like growth factor-1, insulin-like growth factor-1 binding protein-3 and articular structure in thoroughbred horses. *Equine Vet. J.* 2005; 37: 37-42.
- Fortier, L.A., Mohammed, H.O., Lust, G., Nixon, A.J. Insulin-like growth factor I enhances cell-based repair of articular cartilage. *J. Bone Joint Surg.* 2002; 84: 276-288.
- Fr ad s o n r , S u p e r g e o n t. A n a t o m í a y fisiología de los animales domésticos. 5 a ed. Editorial Interamericana. McGraw Hill 1996; 305-325.
- Gerard M. P. Regional Anesthesia Techniques for the Equine Head. North American Veterinary Conference, 2007.
- Gibney, J., Healy, M.L., Sönksen, P.H. The growth hormone/insulin-like growth factor I axis in exercise and sport. *Endocr. Rev.* 2007; 28: 603- 624.
- Gieche J. M. How to Assess Equine Oral Health. 53rd Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners - AAEP, 2007
- Gill J, Jablonska EM, Ziolkswka SM y Szykula R (1987). Influence of differential training on some haematological and metabolic indices in sport horses before and after exercise trials. *J Vet Med A*, 34: 609-616.
- Ginther, O.J., Meira, C., Beg, M.A., Bergfelt, D.R. Follicle and endocrine dynamics during experimental follicle deviation in mares. *Biol. Reprod.* 2002; 6: 862-867.
- Goodrich, L.R., Hidaka, C., Robbins, P.D., Evans, C.H., Nixon, A.J. Genetic modifications of chondrocytes with insulin-like growth factor 1 enhances cartilage healing in an equine model. *J. Bone Joint Surg.* 2007; 89: 672-685.
- Graaf-Roelfsema, E., Keizer, H.A., Van Breda, E., Wijnberg, I.D., Van der Kolk, J.H. Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining. A review with emphasis on the horse. *Vet. Q* 2007; 29: 82- 101.
- Graham, P.M., E.A. Ott, J.H. Brendemuhl and S.H. TenBroeck. 1994. The effect of supplemental lysine and threonine on growth and development of yearling horses. *J. Anim. Sci.*, 72: 380-386.
- Halaihel N, Gerbaud D, Vasseur M, Alvarado F. Heterogeneity of pig intestinal D-glucose transport systems. *Am J Physiol* 1999;277:C1130-C1141.
- Hammer, Ø., Harper. D., 2006, Paleontological data analysis: USA, Blackwell Publishing, 351 p.
- Hansson, N. 1934. Alimentación de los animales domésticos. Imp. Juan Pueyo. Madrid.

- Hargreaves, M. & Proietto 5. 1994. Glucose kinetics during exercise in training. *Acta Physiologica*. V 150. p. 221-225
- Hassel DM, Langer DL, Snyder JR, Drake CM, Goodell ML, Wyle A. Evaluation of enterolithiasis in equids: 900 cases (1973-1996). *J Am Vet Med Assoc* 1999;214:233-237.
- Hazle DM, Schiffman PS, Snyder JR. Petrographic and geochemic evaluation of equine enteroliths. *Am J Vet Res* 2001;62:350-358.
- Hernández-Gil M, Oseguera MD, Rosiles MR, Calderón VR. Características físico-químicas de concreciones intestinales recuperadas de équidos de tiro. *Memorias del XXV Congreso Anual de la AMMVEE*; 2003 octubre 8-11; México (DF) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Equinos, AC, 2003: 132-140.
- Hillyer MH, Mair TS. Recurrent colic in the mature horse: A retrospective review of 58 cases. *Equine Vet J* 1997;29:421-424.
- Hines MT, Schott HC, Bayly WM, Leroux AJ. Exercise and immunity: a review with emphasis on the horse. *J Vet Intern Med* 1996;10:280-289.
- Hintze, J., 2004, NCSS and PASS: Number cruncher statistical system: Kaysville, Utah, www.ncss.com.
- Hodgson, D.R; Rose, R.J. 1994. The athletic horse: principles and practice of equine sport medicine. Philadelphia: W.B. Saunders,. p. 63-78.
- Hoppe, K.A., Amundson, R., Vavra, M., McClaran, M.P., Anderson, D.L., 2004, Isotopic analysis of tooth enamel carbonate from modern North American feral horses: implications for paleoenvironmental reconstructions: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 203, 299-311.
- Horohov DW, Keadle TL, Pourciau SS, Littlefield-Chabaud MA, Kamerling SG, Keowen ML, et al. Mechanism of exercise-induced augmentation of lymphokine active killer (LAK) cell activity in the horse. *Vet Immunol Immunopathol* 1996;53:221-233
- Hubbel M. Tony Basile, Wilson D, Sarah M. Scheuch C. Removal of Maxillary Tooth Fragments and oot Remnants in Standing Horses. American Association of Equine Practitioners - AAEP - Focus Meeting, 2006
- Humbel, R.E. Insulin-like growth factors I and II. *Eur. J. Biochem.* 1990; 190: 445-462.
- INRA. 1990. *L'Alimentation des chevaux* (ed. W. Martin-Rosset). Editorial INRA. Paris.
- INRA. 2002. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage* (ed. D. Sauvant, J.M. Perez et G. Tran). Editorial INRA. Paris.
- Jackson, B.F., Goodship, A.E., Eastell, R., Price, A.S. Evaluation of serum concentrations of biochemical markers of bone metabolism and insulin-like growth factor I associated with treadmill exercise in young horses. *Am. J. Vet. Res.* 2003a; 64: 1549-1556.
- Jackson, B.F., Lumshohn, A., Goodship, A.E., Wilson, A.M., Price, J.S. Circadian variation in biochemical markers of bone cell activity and insulin-like growth factor-I in two-year-old horses. *J. Anim. Sci.* 2003b; 81: 2804-2810.

- Jensen-Waern M, Lindberg A, Johannisson A, Grondahl G, Lindgren JA, Essen-Gustavsson B. The effects of endurance ride on metabolism and neutrophil function. *Equine Vet J* 1999;30:605-609.
- Johannisson A, Grondahl G, Demmers S, Jensen-Waern M. Flow-cytometric studies of the phagocytic capacities of equine neutrophils. *Acta Vet Scand* 1995;36:553-562.
- Johnson Thomas J. Dental Conditions Affecting the Mature Performance Horse (5-15 Years) American Association of Equine Practitioners - AAEP - Focus Meeting, 2006.
- Johnson, E., Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O.J., 2002, El clima, el ambiente y los recursos de las praderas mexicanas del Pleistoceno Tardío (resumen), en Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, Puerto Vallarta, Jal.: GEOS, 22,135.
- Johnstone LB, Crane S. Hemostatic abnormalities in equine colic. *Am J Vet Res* 1986;47:356-359.
- Jones WE (1983). *Equine sports medicine*. Philadelphia. Lea and Febiger.
- Jordan, R.M., V.S. Meyers, B. Yoho and F.A. Spurrell. 1975. Effect of calcium and phosphorus levels on growth, reproduction, and bone development of ponies. *J. Anim. Sci.*, 40: 78-85.
- Julliard, V., A. De Fombelle, C. Drogoul and E. Jacotot. 2001. Feeding and microbial disorders in horses: 1-Effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. *J. Equine Vet. Sci.*, 21: 543-546.
- Kellam LL, Johnson PJ, Kramer J, Keegan KG. Gastric impaction and obstruction of the small intestine associated with persimmon phytobezoar in a horse. *J Am Vet Med Assoc.* 2000;216:1279-1282
- Knapp D. Tratamiento de las heridas abiertas. En Sherdin, B. Manual clínico de procedimiento en pequeñas especies Vol. I. 2ª ed. McGraw Hill. Interamericana. 2002; p.475.
- Koch, P.L., Behrensmeyer, A.K., Tuross, N., Fogel, M.L., 1990, The fidelity of isotopic preservation during bone weathering and burial: Annual Report of the Director Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington 1989-1990, 105-110.
- Koch, P.L., Diffenbaugh, N.S., Hoppe, K.A., 2004, The effects of late Quaternary climate and PCO_2 change on C4 plant abundance in the south-central United States: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 207, 331-357.
- Koch, P.L., Fogel, M.L., Tuross, N., 1994, Tracing the diets of fossil animals using stable isotopes, en Lajtha, K., Michener, R.H., (eds.), *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*: Blackwell Scientific Publications, Series Methods in Ecology, 63-92.
- Koch, P.L., Hoppe, K.A., Webb, S.D., 1998, The isotopic ecology of late Pleistocene mammals in North America. Part 1. Florida: *Chemical Geology*, 152, 119-138.

- Koch, P.L., Tuross, N., Fogel, M.L., 1997, The effects of sample treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbon in biogenic hydroxylapatite: *Journal of Archaeological Science*, 24, 417-429.
- Kohn, M.J., 1996, Predicting animal $\delta^{18}\text{O}$: accounting for diet and physiological adaptation: *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 60, 4811-4829.
- Kohn, M.J., McKay, M.P., Knight, J.L., 2005, Dinning in the Pleistocene-Who's on the menu?: *Geology*, 33, 649-652.
- Kohn, M.J., Schoeninger, M.J., Valley, J.W., 1996, Herbivore tooth oxygen isotope compositions: effects of diet and physiology: *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 60, 3889-3896.
- Kohn, M.J., Schoeninger, M.J., Valley, J.W., 1998, Variability in oxygen isotope compositions of herbivore teeth: reflections of seasonality or developmental physiology?: *Chemical Geology*, 152, 97-112.
- Kolodny, Y., Luz, B., Navon, O., 1983, Oxygen isotope variation in phosphate of biogenic apatites, I. Fish bone apatite-rechecking the rules of the game: *Earth Planetary Science Letter*, 64, 398-404.
- Kraemer, R.R; Aboudehen, K.S; Carruth, A.K. 2003. Adeniponectin reponses to continuous and progressively intense intermittent exercise. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. v. 35, p 1320-1325.
- Kurtz, A., Zapf, J., Echardt, K.U., Clemmons, G., Froesch, E.R., Bauer, C. Insulin-like growth factor I stimulates erythropoiesis in hypophysectomized rats. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1988; 85: 7825-7829.
- Lawrence. 1998. Effect of feeding frequency on digestion in ponies. In: *Advances in equine nutrition* (ed. Joe D. Pagan). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 85- 87.
- Lee-Thorp, J.A., Van Der Merwe, N.J., 1987, Carbon isotope analysis of fossil bone apatite: *South African Journal Science*, 83, 712-715.
- Lee-Thorp, J.A., Van Der Merwe, N.J., Brain, C.K., 1989, Isotopic evidence for dietary differences between two extinct baboon species from Swartkrans: *Journal of Human Evolution*, 18, 183-190.
- Lee-Thorp, J.A., Van Der Merwe, N.J., Brain, C.K., 1994, Diet of *Australopithecus robustus* at Swartkrans from stable carbon isotopic analysis: *Journal of Human Evolution*, 27, 361-372.
- Lejeune, J.P.H., Franck, T., Gangl, M., Schneider, N., Michaux, C., Deby-Dupont, G., Serteyn, D. Plasma concentration of insulin-like growth factor I (IGF-1) in growing Ardenner horses suffering from juvenile digital degenerative osteoarthropathy. *Vet. Res. Commun.* 2007; 31: 185-195.
- LeRoith, D., Bondy, C., Yakar, S., Liu, J.L., Butler, A. The somatomedin hypothesis: 2001. *Endocrine Rev.* 2001; 22: 53-74.
- Leroy, A.M. 1974. *Cría racional del ganado*. Ediciones Gea. Barcelona.
- Lewis LD. *Alimentación y cuidado del caballo*. Buenos
- Lewis, D.L. 1991. *Alimentación y cuidado del caballo*. Editorial Intermédica. Buenos Aires.
- Linkous Maury B., *Dental Conditions Affecting the Juvenile Performance*

- Horse (2-5 Years) American Association of Equine Practitioners - AAEP - Focus Meeting, 2006 –
- LITTLEJOHN A, BOWLES F y ASCHENBORN G (1983). Cardiorespiratory adaptations to exercise in riding horses with chronic lung disease. En Snow DH (ed.): Equine Exercise Physiology. Cambridge, Burlington Press.
- Lloyd K, Hintz HF, Wheat JD, Schryver HF. Enteroliths in horses. *Cornel Vet* 1987;77:172-186.
- Longinelli, A., 1984, Oxygen isotopes in mammalian bone phosphate: a new tool for paleohydrological and paleoclimatological research?: *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 48, 385-390.
- Longinelli, A., Nuti, S., 1973, Revised phosphate-water isotopic temperature scale: *Earth Planetary Science Letter*, 19, 373-376.
- Lorenzo, J.L., Mirambell, L., 1986, Preliminary report on archeological and paleoenvironmental studies in the area of El Cedral, San Luis Potosí, México, en Bryan. A.L. (ed.), *New Evidence for the Pleistocene Peopling of the Americas: Orono, Maine, Center for the Study of the Early Man, University of Maine, Peopling of the Americas, Symposia Series*, 107-113.
- Lucke, J.N. & Hall, G.M. 1978. Biochemical changes in horses during a 50-mile endurance ride. *Veterinary record*. v.102, p.356-358.
- Luxford, B.G., Owens, P.C., Campbell, R.G. User of insulin-like growth factor-I and insulin-like growth factor-binding protein-3 as indirect selection criteria for average daily gain. En: *Manipulating pig production* (Cranwell PE, Ed). Australasian Pig Science Association, Australia, pp. 167.
- Luz, B., Kolodny, Y., Horowitz, M., 1984, Fractionation of oxygen isotopes between mammalian bone-phosphate and environmental drinking water: *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 48, 1689-1693.
- MacFadden, B.J., 2000, Cenozoic mammalian herbivores from the Americas: reconstructing ancient diets and terrestrial communities: *Annual Review Ecology and Systematic*, 31, 33-59.
- MacFadden, B.J., Cerling, T.E., 1996, Mammalian herbivore communities, ancient feeding ecology, and carbon isotopes: a 10 million-year sequence from the Neogene of Florida: *Journal of Vertebrate Palaeontology*, 16, 103-115.
- MacFadden, B.J., Cerling, T.E., Harris. J.M., Prado, J., 1999, Ancient latitudinal gradients of C3/C4 grasses interpreted from stable isotopes of New World Pleistocene horse (*Equus*) teeth: *Global Ecology and Biogeography*, 8, 137-149.
- Malinowski, K., Christensen, R.A., Hafs, H.D., Scanes, C.G. Age and breed differences in thyroid hormones, insulin-like growth factor (IGF-1) and IGF binding proteins in female horses. *J. Anim. Sci.* 1996; 74: 1936-1942.
- Malinowski, K; Betros, C.L; Flora, L. 2002. Effect of training on age-related changes in plasma insulin and glucose. *Equine Veterinary Journal Supplement*. v. 34, p. 147-153

- Martin-Rosset, W. 2001. Feeding standards for energy and protein for horses in France. In: *Advances in equine nutrition II* (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 245-303.
- Martin-Rosset, W., J. Andrieu, M. Vermorel and M. Jestin. 2006. Routine methods for predicting the net energy and protein values of concentrates for horses in the UFC and MADC systems. *Liv. Prod. Sci.*, 100: 53-69.
- Martin-Rosset, W., J. Andrieu, M. Vermorel et J.P. Dulphy. 1984. Valeur nutritive des aliments pour le cheval. Dans: *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation* (ed. R. Jarrige et W. Martin-Rosset). Editorial INRA. Paris. p. 209-238.
- Martin-Rosset, W., M. Vermorel, M. Doreau, J.L.Tisserand and J. Andrieu. 1994. The French horse feed evaluation systems and recommended allowances for energy and protein. *Liv. Prod. Sci.*, 40: 37-56.
- Mathews, L.S., Hammer, H.E., Brinster, R.L., Palmiter, R.D. Expression of insulin-like growth factor I in transgenic mice with elevated levels of growth hormone is correlated with growth. *Endocrinology* 1988; 123: 433-437.
- McCarthy, T.L, Casinghino, S., Centrella, M., Canalis, E. Complex pattern of insulin-like growth factor binding protein expression in primary rat osteoblast enriched cultures: regulation by prostaglandin E2, growth hormone, and the insulin-like growth factors. *J. Cell. Physiol.* 1994; 160: 163-175.
- McCutcheon, L.J. 2001. Macrominerals - sodium, potassium and chloride. In: *Advances in equine nutrition II* (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 339- 351.
- McKeever, K.H. 2002. The endocrine system and the and the challenge of exercise. *Veterinary Clinics of North American Equine Practice*. v.18, p.321-353.
- Medina, B., I.D. Girard, E. Jacotot and V. Julliand. 2002. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *J. Anim. Sci.*, 80: 2600-2609.
- Metcalfe, S.E., O'Hara, S.L., Caballero, M., Davies, S.J., 2000, Records of Late Pleistocene-Holocene climatic change in Mexico-a review: *Quaternary Science Reviews*, 19, 699-721.
- Meyer, H. 1987. Nutrition of the equine athlete.http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep2/_1129110000_001.pdf. Consultado: 08/ 05/07.
- Meyer, H., S. Radicke, E. Kienzle, S. Wilke, D. Kleffken and M. Illenseer. 1995. Investigations on preileal digestion of starch from grain, potato and manioc in horses. *J. Vet. Med. A.*, 42: 371- 381.
- Miller-Grabber, P., L. Lawrence, J. Foreman, K. Bump, M. Fisher and E. Kurcz. 1991. Effect of dietary protein level on nitrogen metabolites in exercised quarter horses. http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep3/_1130110442_001.pdf. Consultado: 08/05/07.
- Morisset, S., Frisbie, D.D., Robbins, P.D., Nixon, A.J., McIlwraith, C.W. IL-1ra/IGF-1 gene therapy modulates repair of microfractured chondral defects. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2007; 462: 221-228.

- Murphy MR, Masters JM, Moore DM, Glass HD, Hughes RE, Crissey SD. Tapir (Tapirus) enteroliths. *Zoo Biol* 1997;16:427-433.
- Murphy, D.J., Nixon, A.J. Biochemical and site-specific effects of insulin-like growth factor I on intrinsic tenocyte activity in equine flexor tendons. *Am. J. Vet. Res.* 1997; 58: 103-109.
- Murray RC, Green EM, Constantinescu GM. Equine enterolithiasis. *Compend Cont Educ Pract Vet* 1992;14:1104-1112.
- National Research Council. Nutrient requirements of horses. 5th ed. Washington (DC): National Academy Press, 1989.
- Navarro-Beltrán E. Diccionario terminológico de Ciencias Médicas. Barcelona, España: Salvat, 1984.
- Nieman DC. Exercise and immune function. *Rec Dev Sport Med* 1999;27:73-80.
- Nieman DC. Exercise and resistance to infection. *Can J Physiol Pharmacol* 1998;76:573-580
- Noble, G.K., Houghton, E., Roberts, C.J., Faustino-Kemp, J., De Kock, S.S., Swanepoel, B.C., Sillence, M.N. Effect of exercise, training, circadian rhythm, age, and sex on insulin-like growth factor-I in the horse. *J. Anim. Sci.* 2007; 85: 163-171.
- Noble, G.K., Sillence, M.N. The potential of mediator hormones as markers of growth hormone abuse in racehorses. En: *Proc. 13th Int. Conf. Racing Analysts and Vet.* 2000, Cambridge, UK, pp. 89-90.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of horses (Fifth Revised Edition). National Academy Press. Washington DC.
- Otero Pablo. Local anesthetic and analgesic techniques. *World congress 2006 World Congress WSAVA/FECAVA/CSAVA.* Pag 207-208.
- Owens, P.C., Gattford, K.L., Walton, P.E., Morley, W., Campbell, R.G. The relationship between endogenous insulin-like growth factors and growth in pigs. *J. Anim. Sci.* 1999; 77:2098-2103.
- Ozawa, A., Inokuma, H., Johke, T. The relationship between plasma insulin-like growth factor I (IGF-1) level and body weight in the horse. *J. Vet. Med. Sci.* 1995; 57: 1105-1107.
- Ozkan H, Olgun N, Sasmaz E, Abacioglu H, Okuyan M, Cevik N. Nutrition, immunity and infections: T lymphocyte subpopulations in protein-energy malnutrition. *J Trop Pediatr* 1993;39:257-260.
- Pagan, J.D. 1998. Protein requirements and digestibility: a review. In: *Advances in equine nutrition* (ed. Joe D. Pagan). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 43-56.
- Pahlman, S., Meyerson, G., Lindgren, E., Schalling, M., Johansson, K. Insulin-like growth factor I shifts from promoting cell division to potentiating maturation during neonatal differentiation. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1991; 88: 9994-9998.
- Payne, J.D., W. Rattink, T. Smith and T. Winowiski. 1994. *The pelleting handbook. A guide for production staff in the compound feed industry.* Borregaard Lignotech. Sarpsborg.

- Paz S, Fornari MC, Pellegrini AG, Diez RA. Respiratory burst of peripheral blood neutrophils of healthy and infected horses and foals. Sixth International Veterinary Symposium; 15-20 July 2001; Uppsala, Sweden. Uppsala, Sweden: International Union of Immunological Societies, 2001:171.
- Pedersen BK, Bruunsgaard H, Jensen M, Krzywkowski, K, Ostrowski K. Exercise and immune function: effect of ageing and nutrition. *Proc Nutr Soc* 1999;58:733-742.
- Peloso JG, Coatney RW, Caron JP, Steficek BA. Obstructive enterolith in an 11-month-old miniature horse. *J Am Vet Med Assoc* 1992;201:1745-1746.
- Pérez, L.M. 1995. Límites superiores e inferiores (restricciones) de ingredientes para caballos. En: *Nutrición y alimentación de equinos*. Pub. Master de Equinotecnia. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.
- Piccioni, M. 1970. *Diccionario de alimentación animal*. Editorial Acribia. Zaragoza.
- Popot, M.A., Bobin, S., Bonnaire, Y., Delahaut, P.H., Closset, J. IGF-1 plasma concentrations in non-treated horses and horses administered with methionyl equine somatotropina. *Res. Vet. Sci.* 2001; 71: 167-173.
- Powell DG, Jackson SG. *El caballo, salud y cuidados*. Zaragoza, España: Acribia, 1994.
- Powell-Braxton, L., Hollingshead, P., Warburton, C., Dowd, M., Pitts- Meek, S., Dalton, D., Gillett, N., Stewart, T.A. IGF-1 is required for normal embryonic growth in mice. *Genes Dev.* 1993; 7: 2609-2617.
- Pratt SM, Hassel DM, Drake C, Snyder JR. Clinical characteristics of horses with gastrointestinal ruptures revealed during initial diagnostic evaluation: 149 cases (1990-2002). 49th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners; 2003 November 21-25; New Orleans (Louisiana) United States of America. USA: American Association of Equine Practitioners, 2003: 366-370
- Prior, R.L., H.F. Hintz, J.E. Lowe and W.J. Viser. 1974. Urea recycling and metabolism of ponies. *J. Anim. Sci.*, 38: 565-571.
- Pujol P (1989). *Nutrición en el deporte*. *Jano*, 3:63-66.
- Pyne DB. Regulation of neutrophil function during exercise. *Sport Med* 1994;17:245-258.
- Quade, J., Cerling, T.E., Barry, J.C., Morgan, M.E., Pilbeam, D.R., Chivas, A.R., Lee-Thorp, J.A., Van Der Merwe, N.J., 1992, A 16-Ma record of paleodiet using carbon and oxygen isotopes in fossil teeth from Pakistan: *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 94, 183-192.
- Raff, M.C., Barres, B.A., Burne, J.F., Coles, H.S., Ishizaki, Y., Jacobson, M.D. Programmed cell death and the control of cell survival: lessons from the nervous system. *Science Wash DC* 1993; 262: 695-700.
- Raidal SL, Love DN, Bailey GD, Rose RJ. Effects of single bouts of moderate and high intensity exercise and training on equine peripheral blood neutrophil functions. *Res Vet Sci* 2000;68:141-146.
- Rasat, R., Livesey, J.L., Espiner, E.A., Abbott, G.D., Donald, R.A. IGF-1 and IGFBP-3 screening for disorders of growth hormone secretion. *N. Z. Med. J.*

1996; 109: 156-159.

Reef VB. Recent advances in abdominal ultrasonography of the adult horse. International Veterinary Information Service 2003 Dec; document No P0712.1203: [7 screens]. Available from:URL: <http://www.ivis.org/proceedings/Geneva/2003/Reef1/> Assoc 2000;216:1787-1794. chapter_frm.asp? LA=1

Renaville, R., Hammadi, M., Portetelle, D. Role of the somatotrophic axis in the mammalian metabolism. *Domest. Anim. Endocrinol.* 2002; 23: 351-360.

Révész, K.M., Landwehr, J.M., 2002, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopic composition of CaCO_3 measured by continuous flow isotope ratio mass spectrometry: statistical evaluation and verification by application to Devils Hole core DH – 11 calcite: *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 16, 2012–2114.

Revuelta, L. 1963. *Bromatología zootécnica y alimentación Animal*. 2ª edición. Editorial Salvat. Barcelona. SPSS. 2006. SPSS Base 15.0 User's Guide. SPSS Inc., Chicago.

Riber, C., Muñoz, A., Satué, K., Trigo, P., Castejón, F.M. Age and gender should be considered when interpreting serum concentrations of IGF-1 in Spanish foals. *Vet. Clin. Pathol.* 2009; 38, E39.

Rodríguez-Tarduchy, G., Collins, M.K.L., García, I., López-Rivas, A. Insulin-like growth factor I inhibits apoptosis in IL-3-dependent hematopoietic cells. *J. Immunol.* 1992; 149: 535-540.

Ropp, J.K., Raub, R.H., Minton, J.E. The effect of dietary energy source on serum concentration of insulin-like growth factor-I, growth hormone, insulin, glucose, and fat metabolites in weanling horses. *J. Anim. Sci.* 2003; 81: 1581-1589.

Rose, R.J. 1986. Endurance exercise in the horse- A review. Part I. *Brazilian Veterinary Journal*. v. 142. p. 532-550.

Sánchez-Chillón, B., Alberdi, M.T., Arroyo-Cabrales, J., 2005, Consideraciones ambientales del género *Equus* en el yacimiento del Pleistoceno superior de El Cedral (San Luis Potosí, México)(resúmen), en XXI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Sevilla, Libro de resúmenes, 133-134.

Sánchez-Chillón, B., Alberdi, M.T., Leone, G., Bonadonna, F.P., Stenni, B., Longinelli, A., 1994, Oxygen isotopic composition of fossil equid tooth and bone phosphate: an archive of difficult interpretation: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107, 317-328.

Sánchez-Martínez, F., Alvarado, J.L., en prensa, Análisis polínico del sitio de El Cedral, San Luis Potosí, México: México, D.F., Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica, 10 p.

Santhanogopal, A., Dixon, S.J. Insulin-like growth factor I rapidly enhances acid efflux from osteoblastic cells. *Am. J. Physiol.* 1999; 277: E423-E432.

Santos, S. A. 2001. Serum electrolyte and biochemical alteration of pantaneiros horse during long distance exercise. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária en Zootecnia*. v. 53. p. 351-357.

Scoggins Dean R. Bits, Biting, and Dentistry. American Association of Equine

- Practitioners Proceedings 2001, Vol. 47 138-141
- Scoggins Dean, Easley Jack, Scrutchfield Leon W., Equine Dental Care Is More Than Just Floating. American Association of Equine Practitioners Proceedings-AAEP
- Scrutchfield Leon W, Johnson T.J.. Corrective Procedures for Cheek Teeth. Proceeding of the NAVC North American Veterinary Conference 2006. Vol 20 pag 222-225
- Scrutchfield Leon W. Expanding Equine Dental Practice And The Dental Examination. The North American Veterinary Conference — 2006 Vol 20 pag 218-219
- Scrutchfield Leon W. Wolf Teeth: How to Safely and Effectively Extract and Is It Necessary. American Association of Equine Practitioners - AAEP - Focus Meeting, 2006
- Singh GR, Gupta OP, Celly CS. Enterolith in a horse: a case report. Indian Vet J 1990;67:660-662.
- Siss on S, Grossman JD. Anatomía de los animales domésticos. 4 a ed. Editorial Salvat Editores, S.A. 1963; p.264.
- Skottner, A., Clark, R.G., Fryklund, L., Robinson, C.A.F. Growthresponses in a mutant dwarf rat to human growth hormone and recombinant human insulin-like growth factor I. Endocrinology 1989; 124: 2519-2526.
- Smith BP, editor. Large Animal Internal Medicine. 2nd ed. Missouri: Mosby, 1996.
- Smith, B.N., Epstein, S., 1971, Two categories of 13C/12C ratios for higher plants: Plant Physiology, 47, 380-384. Sullivan, C.H., Krueger, H.W., 1981, Carbon isotope analysis of separate chemical phases in modern and fossil bone: Nature, 301, 177-178.
- Snow DH (1987). Assessment of fitness in the horse. In Practice: 26-30.
- Spicer, L.J., Santiago, C.A., Davidson, T.R., Bridges, T.S., Chamberlain,C.S. Follicular fluid concentrations of free insulin-like growth factor (IGF-1) during follicular development in mares. Domest. Anim. Endocrinol. 2005; 29: 573-581.
- St. Lawrence, A., R.J. Coleman and L.M. Lawrence. 2001. Relationship between NDF and hay intake in horses: a review of published studies. In: Advances in equine nutrition II (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 117.
- Staniar, W.B., D.S. Kronfeld, J.A. Wilson, L.A. Lawrence, W.L. Cooper and P.A. Harris. 2001. Growth of thoroughbreds fed a low-protein supplement fortified with lysine and threonine. *J. Anim. Sci.*, 79: 2143-2151.
- Staniar, W.B., Kronfeld, D.S., Akers, R.M., Harris, P.A. Insulin-like growth factor I in growing thoroughbreds. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutrit.* 2007; 91: 390-399.
- Stewart, F., Goode, J.A., Allen, W.R. Growth hormone secretion in thehorse: unusual pattern at birth and pulsatile secretion through tomaturity. *J. Endocrinol.* 1993; 138: 81-89.
- Sticker, L.S., Thompson, D.L., Fernández, J.M., Bunting, L.D., DePew, C.L.

- Dietary protein and (or) energy restriction in mares, plasma growth hormone, IGF-1, prolactin, cortisol, and thyroid hormone responses to feeding, glucose, and epinephrine. *J. Anim. Sci.* 1995; 1995; 73: 1424- 1432.
- Studer, R.K., Levicoff, E., Georgescu, H., Miller, L., Jaffuers, D., Evans, C.H. Nitric oxide inhibits chondrocyte response to IGF-1: inhibition of IGF-IR tyrosine phosphorylation. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 2000; 279: 961-969.
- Sumano H, Ocampo L. *Farmacología Veterinaria*. 1ª ed. McGraw Hill. 1988; p.447-461.
- Sumano H. Ocampo L. *Farmacología veterinaria* Editorial Mc Graw Hill 2006
- Tate LP, Donawick WJ. Recurrent abdominal distress caused by enteroliths in a horse. *J Am Vet Med Assoc.* 1978; 172:830-832.
- Thissen, J., Keterslegers, J., Underwood, L. Nutritional regulation of the insulin-like growth factors. *Endocr. Rev.* 1995; 15: 80-101.
- Thompson, D.L., Jr., DePew, C.L., Ortiz, Sticker, L.S., Rahmanian, M.S. Growth hormone and prolactin concentrations in plasma of horses: sex differences and the effects of acute exercise and administration of growth-hormone releasing hormone. *J. Anim. Sci.* 1994; 72: 2911- 2918.
- Thompson, D.R. Jr., Rahmanian, M.S., DePew, C.L., Burleigh, D.W., DeSouza, C.J., Colborn, D.R. Growth hormone in mares and stallions: pulsatile secretion, response to growth hormone-releasing hormone, and effects of exercise, sexual stimulation, and pharmacological agents. *J. Anim. Sci.* 1992; 70: 1201-1207.
- Thuesen, L., Jorgensen, J.O.L., Müller, J.R., Kristensen, B.O., Skakkebaek, N.E., Vahl, N., Christiansen, J.S. Short- and long-term cardiovascular effects of growth hormone therapy in growth hormone deficient adults. *Clin. Endocrinol. (Oxf)* 1994; 41: 615-620.
- Tisserand JL. *Alimentación práctica del caballo*. Zaragoza, España: Acribia, 1981.
- Tisserand, J.L. 1979. *L'Alimentation pratique du cheval*. Editorial A. Leson. Paris.
- Tizard I. *Inmunología veterinaria*. 4a ed. México (DF): Interamericana-McGraw-Hill, 1994.
- Toots A. Banner, Wolf teeth – good or bad? *Proceeding of the NAVC North American Veterinary Conference*. 2005, pag 93.
- Treiber, K.H., Kronfeld, D.S., Staniar, W.B., Boston, R.C., Harris, P.A. Growth hormone and IGF-1 in thoroughbred weanlings are affected by diet. En: *Meeting on milk-fed farm and companion animals: basic aspects and practice for the future*. Bern, Switzerland, 2005, pp. 10-12.
- Tremaine W. H. Oral extractions of equine cheek teeth. *Equine veterinary education*, 2004. Vol 16 pag 151-158
- Tremblay, I.S., Burton, J.H., Zhao, Z., Summers, M. Insulin-like growth factor I concentrations in growing horses. En: *Proc. 13th Equine Nutrition and Physiology Symposium*, pp. 82. 1993.
- Valette JP, Barrey E y Wolter R (1989). *Critères expérimentaux d'appréciation de l'aptitude sportive du cheval*. VII Congrès des Pays Francophones: 340-

349.

Van der Eerden, B.C., Karperien, M., Wit, J.M. Systemic and local regulation of the growth plate. *Endocr. Rev.* 2003; 24: 782-801.

Van Eeden SF, Klut ME, Walker BAM, Hogg JC. The use of flow cytometry to measure neutrophil function. *J Immunol Methods* 1999;232:23-43.

Vermorel, M. and W. Martin-Rosset. 1997. Concepts, scientific bases, structure and validation of the French horse net energy system (UFC). *Liv. Prod. Sci.*, 47: 261-275.

Vihervuori, E., Virtanen, M., Koistinen, H., Koistinen, R., Seppala, M., Siimes, M.A. Hemoglobin level is linked to growth hormone-dependent proteins in short children. *Blood* 1996; 87: 2075-2081.

Vogel, J.C., 1978, Isotopic assessment of the dietary habitats of ungulates: *South African Journal of Science*, 74, 298-301.

Webb, D.S., 1977, A history of savanna vertebrates in the new world. Part I. North America: *Annual Review Ecology Systematic*, 8, 355-380.

Wilson RG, Isler RB y Thornton JR (1983). Heart rate, lactic acid production and speed during a standardized exercise test in standardbred horses. En Snow DH (ed.): *Equine Exercise Physiology*. Cambridge, Burlington Press
WinFeed. 2006. WinFeed 2.8 Help Documentation. WinFeed (UK) Limited. Cambridge.

Wolter, R. 1977. Alimentación del caballo. Editorial Acribia. Zaragoza.

Wolter, R., R. Moraillon et B. Toulat. 1971. Aliments complets pour chevaux: nouveaux essais. *Rec. Méd. Vét.*, 147: 565-570.

Wong CW, Smith SE, Thong YH, Opdebeeck JP, Thornton JR. Effects of exercise stress on various immune functions in horses. *Am J Vet Res* 1992;53:1414-1417.

Yakar, S., Rosen, C.J., Beamer, W.G., Ackert-Bicknell, C.L., Wu, Y., Liu, J.L., Ooi, G.T., Setser, J., Frystyk, J., Boiskair, Y.R., LeRoith, D. Circulating levels of IGF-1 directly regulate bone growth and density. *J. Clin. Invest.* 2002; 110: 771-774.

Yang, Y., Goy, L., Ma, L., Liu, X. Expression of growth hormone and insulin-like growth factor in the immune system of children. *Horm. Metab. Res.* 1999; 31: 380-384.

Yarbrough TB, Langer DL, Snyder JR, Gardner IA, O'Brien TR. Abdominal radiography for diagnosis of enterolithiasis in horses: 141 cases (1990-1992). *J Am Vet Med Assoc* 1994;205:592-595.

Zeyner, A., C. Geibler and A. Dittrich. 2004. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. *J. Anim. Physiol. An. N.*, 88: 7-19.

Zielinska M, Fenrych W. The application of a flow cytometric assay for evaluation of phagocytosis of neutrophils. *Acta Biochimica Polonica* 1997;44:121-125.

Zofkova, I. Pathophysiological and clinical importance of insulin-like growth

factor I with respect to bone metabolism. *Physiol. Rev.* 2003; 657-579.