



UNIVERSIDAD DE CHILE



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

ESTIMACIÓN DEL GRADO DE MADUREZ ÓSEA EN
EQUINOS FINA SANGRE DE CARRERA.

GHISLAINE DUJOVNE HAZAN

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias Clínicas

PROFESOR GUÍA: DR. JORGE MENDOZA A.

SANTIAGO, CHILE
2004



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



ESTIMACIÓN DEL GRADO DE MADUREZ ÓSEA EN EQUINOS FINA SANGRE DE CARRERA.

GHISLAINE DUJOVNE HAZAN

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias Clínicas

NOTA FINAL:.....

		NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA :	DR. JORGE MENDOZA A.
PROFESOR CONSEJERO:	DR. ENRIQUE PINTO P.
PROFESOR CONSEJERO:	DR. JOSE LUIS ARIAS B.
PROFESOR COLABORADOR:	DR. SERGIO CARVAJAL B.		

SANTIAGO, CHILE
2004

ÍNDICE

	Página
1. Resumen.....	
2. Introducción.....	1
3. Revisión Bibliográfica.....	2
3.1 El Hueso	2
3.2 Tipos de Hueso	4
3.3 Estructura del Hueso	5
3.4 Osificación	7
3.5 Crecimiento Óseo	9
3.6 Mecanismos de Calcificación	12
3.7 Evaluación de la Densidad	14
3.8 Técnicas de densitometría ósea utilizadas en equinos	16
3.9 Madurez Ósea	21
3.10 Enfermedades del desarrollo	23
4. Objetivos.....	28
4.1 Objetivo General	28
4.2 Objetivos Específicos	28
5. Materiales y Métodos.....	29
6. Resultados.....	32
7. Discusión.....	42
8. Conclusiones.....	45
9. Bibliografía.....	46

1. RESUMEN

En este estudio se estima el grado de madurez ósea en equinos fina sangre de carrera, para esto, se tomaron vistas antero posterior y latero medial de la mano izquierda de 20 ejemplares hembras y 20 machos, nacidos entre julio y noviembre del año 2001. A partir de las imágenes radiográficas se determinaron tres parámetros: cierre de cartílago de crecimiento en la fisis distal del radio, densidad radiográfica y grosor cortical del metacarpo.

Como resultado se obtuvo una dependencia estadísticamente significativa del grado de cierre de cartílagos de crecimiento con la época de nacimiento, encontrándose mayormente cerrados y semi-cerrado en los animales nacidos entre julio y primera mitad de septiembre. No se encontraron diferencias en las fisis entre machos y hembras. Los otros parámetros medidos (densidad y grosor cortical) no demostraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos ni entre época de nacimiento.

Como conclusión se establece que para la estimación de madurez ósea en animales nacidos el mismo año, el único parámetro que arroja claros resultados es el grado de cierre de los cartílagos de crecimiento medidos en la fisis distal del radio.

SUMMARY

This study was conducted to estimate the bone maturity in race horses, for that, radiographs were taken in Cranio-Caudal and Latero-Medial views of the left rear leg, on 20 males and 20 females born between July and November of 2001. With those films; physis closure on the distal radius, radiographic density and cortical thickness on metacarpus were determined.

The results indicated a significant dependence of growth plate closure and date of birth, the physis was mostly close and partially close in those animals that were born between July and middle September. There were no gender differences in the growth plate cartilage closure.

In radiographic density and cortical thickness there were no significant differences in between gender and date of birth.

We concluded that for bone maturity assessment in animals that were born in the same year, just the growth plate closure is a valid parameter statistically justified.

2. INTRODUCCIÓN:

El caballo es un mamífero herbívoro de la familia de los équidos que siempre ha sido considerado un animal de importancia dentro de nuestra sociedad, actualmente el hombre lo utiliza para trabajo, deporte y esparcimiento; dentro de las actividades más comunes se destacan rodeo, salto, polo, enduro y carreras.

La raza de los fina sangre de carrera (FSC), se desarrolló en Inglaterra a principios del siglo XVII; en ese tiempo existía gran popularidad por las carreras de caballos y una creciente demanda por caballos más veloces que los existentes, los caballos británicos. En la actualidad la industria equina está muy desarrollada, cada vez con mejores técnicas para lograr un producto óptimo, que en este caso sería un animal capaz de cumplir las exigencias del entrenamiento y la actividad deportiva que realice.

El sistema osteo-muscular del equino FSC es de gran importancia, siendo el motivo de consulta más relevante en nuestro país, tanto por frecuencia, como también por representar la mayor causa de invalidez funcional del animal.

Este estudio busca evaluar el grado de madurez ósea en animales FSC que saldrán a remate. Muchos problemas posteriores pueden evitarse al asegurar un desarrollo adecuado del sistema osteo-muscular antes de someter al animal a altas exigencias. Esto es muy importante en la actualidad, donde muchas veces se priorizan las ganancias económicas por sobre el bienestar o salud del animal, entonces, con el fin de obtener un animal de tamaño adulto más rápido, se somete al animal a una tasa de crecimiento mayor a la que su sistema esquelético está preparado para resistir.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:

3.1 El Hueso

El hueso es una forma especializada de tejido conectivo en donde los componentes extracelulares están calcificados; este hecho confiere al hueso una marcada rigidez a la vez que mantiene cierto grado de elasticidad. Además de sus funciones protectoras y de soporte, el hueso constituye una reserva de calcio movilizable, participando así en el mantenimiento de la homeostasis cálcica en el organismo. Para acomodarse a la variabilidad de las tensiones mecánicas y a las demandas de la homeostasis de calcio, todos los huesos del cuerpo se encuentran en una fase dinámica de crecimiento y reabsorción durante toda la vida (Wheater *et al.*, 1980). Como sucede en todos los tejidos conectivos y de soporte, el hueso también está formado de células, fibras (colágeno) y matriz orgánica extracelular (proteoglicanos, glicosaminoglicanos y fluido intersticial) (Eurell y Van Sickle, 1998). Las sales inorgánicas, predominantemente los cristales cálcicos de hidroxiapatita, forman el componente mineral de la matriz ósea (Wheater *et al.*, 1980).

El hueso o tejido óseo es un tejido rígido que constituye la mayor parte del esqueleto de los vertebrados superiores, protege órganos vitales, aloja la médula ósea donde se forman las células sanguíneas y actúa como reservorio de calcio, fosfato y otros iones. Está formado por una matriz extracelular calcificada o matriz ósea, y cuatro tipos diferentes de células (Cepeda *et al.*, 2002).

Las células que se encuentran en el hueso son: osteoprogenitoras, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos.

Las células osteoprogenitoras son células indiferenciadas que tienen la capacidad de dividirse y dar origen a las células óseas.

Los osteoblastos son las células inmaduras cuya función es la formación de la matriz del hueso. Estas células sintetizan y secretan componentes orgánicos de la matriz (colágeno I, proteoglicanos y glicoproteínas), sustancia conocida como osteoide. Una vez rodeados por la matriz extracelular recién sintetizada, los osteoblastos pasan a llamarse osteocitos.

Los osteocitos son las principales células maduras del hueso y las responsables de la mantención de la matriz. La muerte de los osteocitos es seguida de la resorción de la matriz.

Los osteoclastos son células grandes, multinucleadas cuya función es participar en forma activa en los procesos de reabsorción secretando ácido, collagenasa y otras enzimas proteolíticas que atacan la matriz ósea y destruyen la matriz calcificada, lo que permite un remodelamiento continuo del hueso (Wheater *et al.*, 1980; Eurell y Van Sickle, 1998; Cepeda *et al.*, 2002).

La **Matriz Ósea**, está constituida por matriz orgánica y sales inorgánicas. La materia inorgánica representa el 50% de la matriz ósea, sus principales componentes son calcio y fósforo, pero también contiene bicarbonato, citrato, potasio, magnesio y sodio. El calcio y fósforo se encuentran formando fosfato de calcio en forma de cristales de hidroxapatita y también fosfato de calcio amorfo.

La materia orgánica corresponde en un 95% a colágeno tipo I y a matriz extracelular amorfa que contiene glicosaminoglicanos asociados con proteínas. La sialoproteína y la osteocalcina unen calcio con mucha avidéz y podrían ser responsables de promover la calcificación de la matriz, esto se deduce, ya que otros tejidos de similar composición, pero que no poseen estas glicoproteínas, no se calcifican. Entre los glicosaminoglicanos del hueso se encuentran el condroitín-4-sulfato, condroitín-6-sulfato y queratán sulfato (Cepeda *et al.*, 2002).

El **periostio** es el tejido conectivo que se encuentra recubriendo externamente al hueso. Se le distinguen dos regiones: una externa con predominio de fibras colágenas y fibroblastos; y una región interna, más celular, en la que se encuentran células planas con potencial para dividirse por mitosis y diferenciarse a osteoblastos. La unión del periostio al hueso es muy firme y está dada por bandas de fibras de colágeno conocidas como fibras de Sharpey (Cepeda *et al.*, 2002).

El **endostio** tapiza la cavidad interna del hueso y está compuesto por una capa de células osteoprogenitoras y una pequeña cantidad de tejido conectivo (Cepeda *et al.*, 2002).

La principal función del periostio y el endostio es la nutrición del tejido óseo y la provisión de nuevos osteoblastos para la reparación y crecimiento del hueso (Cepeda *et al.*, 2002).

3.2. Tipos de Hueso

Microscópicamente se distinguen dos tipos de hueso: el hueso compacto, que presenta áreas densas sin cavidades, y el hueso esponjoso, que presenta áreas intercomunicadas por cavidades; sin embargo, ambos huesos tienen la misma estructura histológica básica.

En los huesos largos, las epífisis están constituidas por hueso esponjoso recubierto por una delgada capa de hueso compacto; mientras la diáfisis está formada casi exclusivamente por hueso compacto, con una pequeña capa de hueso esponjoso en la superficie interna, alrededor de la cavidad medular (Cepeda *et al.*, 2002).

3.3 Estructura del hueso

La estructura macroscópica de un hueso largo esta constituida por dos extremos ensanchados llamados epífisis que se encuentran unidos entre sí por un cilindro, la diáfisis; entre la diáfisis y las epífisis se encuentran las metafisis (Figura 1). Los extremos de las epífisis se encuentran recubiertos por una fina lámina de cartilago hialino correspondiente al cartilago articular; la superficie externa del resto del hueso se encuentra recubierta de una membrana vascular fibrosa que corresponde al periostio, lugar donde se insertan los tendones y ligamentos (Figura 2).

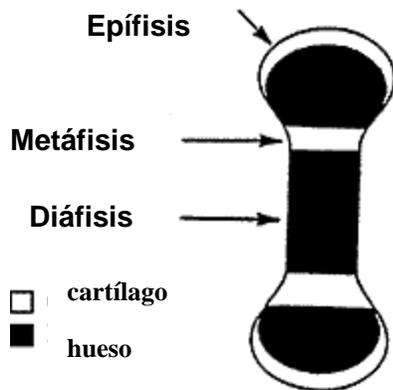


Figura 1 (Anderson, 2003)

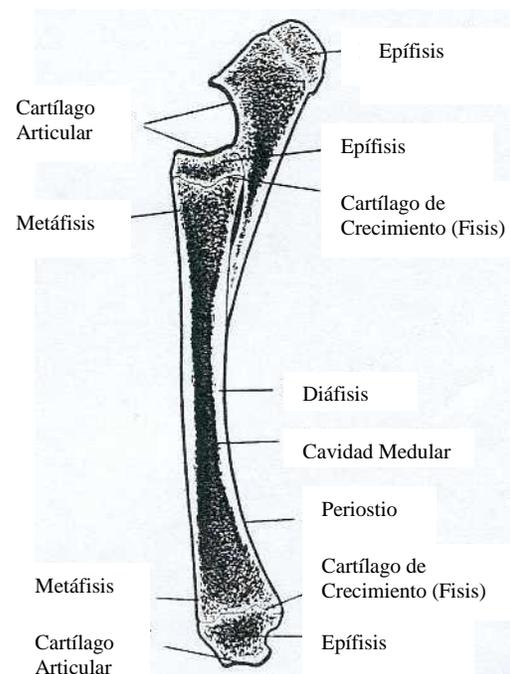


Figura 2 (Turner, 1987)

La microestructura del hueso compacto esta constituida básicamente por columnas paralelas de capas óseas o laminillas dispuestas alrededor de canales que contienen los vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. Los canales vasculares

longitudinales son conocidos por el nombre de *Conductos de Havers* o *conductos haversianos*, y conjuntamente con sus láminas concéntricas forman los llamados *sistemas haversianos* u osteonas; entre estos sistemas existen numerosas formaciones irregulares de laminillas llamados *sistemas intersticiales*. Los paquetes neurovasculares se conectan entre sí, y también con el endostio y el periostio por canales perpendiculares llamados *conductos de Volkmann* (Figura 3) (Wheater *et al.*, 1980; Eurell y Van Sickle, 1998).

El hueso esponjoso, presenta una estructura en base a trabéculas o espículas, que carecen de sistemas de Havers y no tienen vasos sanguíneos en su interior, sino que están rodeadas por espacios medulares vasculares (Cepeda *et al.*, 2002).

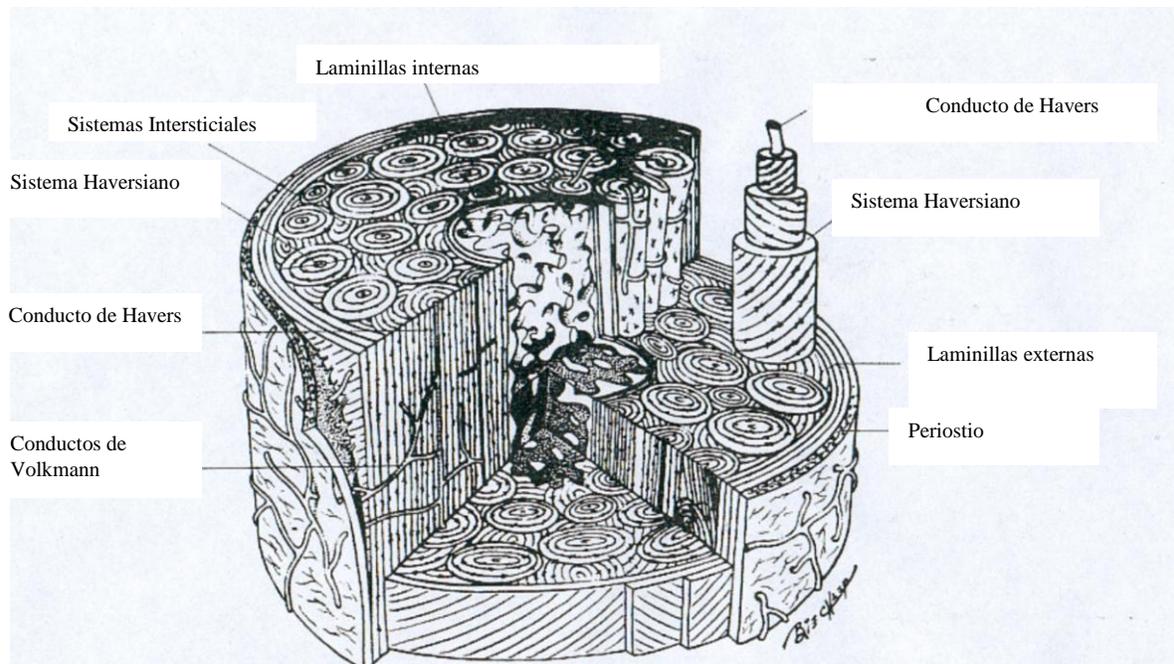


Figura 3 (Eurell y Van Sickle, 1998)

3.4. Osificación

Existen dos diferentes formas de osificación en el feto, la osificación intramembranosa y la endocondral.

La osificación intramembranosa es el proceso por el cual los huesos se forman directamente a partir de tejido mesenquimático, esto ocurre en la formación de huesos planos y en el engrosamiento de los huesos largos (Cepeda *et al.*, 2002).

La osificación endocondral o indirecta, es el proceso donde el hueso se forma a partir de un modelo de cartílago hialino; esta osificación ocurre en los huesos largos y cortos. En el momento del nacimiento del potrillo, prácticamente todo el cartílago original ha sido reemplazado por hueso. Sólo hay dos sitios de cartílago en crecimiento al nacer, la fisis y el cartílago articular. La fisis, forma el límite entre la epífisis y la diáfisis y es la responsable de permitir el crecimiento de los huesos largos posterior al nacimiento (Hopper, 2002).

En los huesos largos, el primer tejido óseo que se forma aparece a través de osificación intramembranosa a partir del pericondrio, formando un manguito óseo alrededor de la diáfisis, el collar óseo (Cepeda *et al.*, 2002). El molde de cartílago hialino que se encuentra por debajo de él, se va reemplazando por hueso durante el desarrollo del embrión; los condrocitos que se encuentran al interior de la diáfisis cartilaginosa, se van diferenciando e hipertrofiando, con esto, la sustancia entre estas células hipertrofiadas se vuelve muy delgada, reabsorbiéndose el cartílago que les rodea hasta dejar delgadas trabéculas perforadas de matriz cartilaginosa que luego se calcifica. La calcificación evita que los condrocitos hipertrofiados reciban los nutrientes necesarios, lo que da como resultado la degeneración y muerte de éstos (Eurell y Van Sickle, 1998).

Durante este período, el pericondrio es invadido por numerosos capilares, cambiando el microambiente alrededor del cartílago, y el pericondrio pasa a ser periostio. Luego, vasos sanguíneos del periostio ingresan a la zona de los condrocitos hipertrofiados en degeneración, aumentando el nivel de oxígeno disponible, y generando luego, el centro de osificación primaria, cuyo rápido crecimiento en longitud, hace que en poco tiempo ocupe toda la diáfisis. Esta expansión del centro de osificación primaria es acompañada por el crecimiento del collar o manguito óseo que se va expandiendo en dirección hacia las epífisis (Eurell y Van Sickle, 1998; Cepeda *et al.*, 2002).

Mientras el centro primario de osificación se está formando, el cartílago a cada lado del modelo óseo continúa proliferando y así aumenta el largo del hueso. Cuando el centro primario no es necesario para el soporte, la mayoría del hueso formado en el centro es reabsorbido por los osteoclastos formando así la cavidad medular (Eurell y Van Sickle, 1998).

En los centros de las epífisis en los huesos largos desarrollan centros adicionales de osificación, llamados centros de osificación secundarios; que a diferencia del primario presentan un crecimiento radial en vez de longitudinal. Esta osificación no reemplaza todo el cartílago epifisiario, se mantiene la cantidad suficiente de cartílago para la existencia de los cartílagos articulares y para mantener el crecimiento longitudinal del hueso posterior al nacimiento; para esto, queda un disco transversal de cartílago entre la diáfisis y cada epífisis: la fisis o cartílago epifisiario, en los animales domésticos éste persiste hasta la pubertad, y luego también será reemplazada por hueso (Eurell y Van Sickle, 1998).

3.5. Crecimiento Óseo

El proceso de crecimiento requiere de la formación de cartílago, lo que generará un aumento en el tamaño en la longitud de los huesos largos (Hopper, 2002).

Este crecimiento es posible gracias a la existencia del cartílago de crecimiento, el cual posee una arquitectura celular característica desde el nacimiento hasta la madurez.

Las células cartilaginosas se disponen en zonas, las cuales varían entre sí según ubicación y función (Figura 4). Desde el extremo epifisario se distinguen 5 zonas:

1. Zona de reserva cartilaginosa o también llamada zona de Ranvier, la que está constituida por cartílago hialino sin cambios morfológicos en sus células.
2. Zona de proliferación, lugar donde la división celular ocurre, las células cartilaginosas sufren mitosis sucesivas hasta formar columnas de condrocitos; las células de esta zona van aumentando su actividad metabólica lo que lleva a una hipertrofia celular y a un cese de la capacidad de división; dando origen a la zona de hipertrofia.
3. Zona de hipertrofia, es un segmento estructuralmente débil, contiene condrocitos que han aumentado su volumen; la matriz extracelular se restringe a delgados tabiques entre los condrocitos.

4. Zona de calcificación, en esta región la matriz intercelular gradualmente se va calcificando y se produce muerte de los condrocitos.
5. Zona de penetración vascular, donde los capilares invaden las columnas de cartílago en calcificación. Estos vasos también proveen de componentes celulares (osteoblastos, condroclastos), ya que es aquí, en las columnas de cartílago en calcificación donde los osteoblastos elaboran la matriz osteoide, la porción orgánica del hueso.

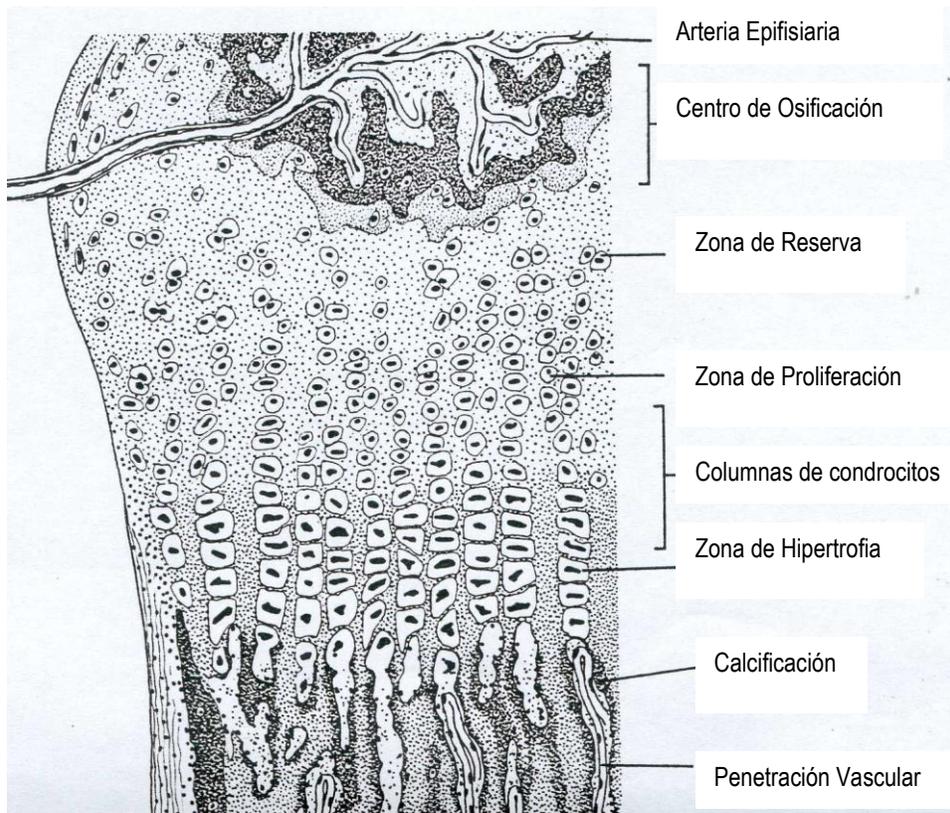


Figura 4(Eurell y Van Sickle, 1998)

El aporte sanguíneo hacia el cartílago de crecimiento proviene desde la circulación epifisiaria, metafisiaria y pericondral (Turner, 1987; Cepeda *et al.*, 2002).

Cuando el crecimiento cesa, la fisis se va haciendo cada vez más delgada y finalmente la epífisis y la metáfisis se fusionan. La edad de cierre del cartílago de crecimiento y por lo tanto, de calcificación completa depende del hueso e incluso del miembro. Así lo confirma un estudio donde el tercer metacarpiano izquierdo, presentó una mayor madurez ósea, estimada por medio de la densidad radiográfica, que el metacarpo derecho en potrillos (Warren. *et al.*, 1997). La mayor parte de los datos existentes sobre el cierre de los cartílagos epifisarios están basados en interpretaciones radiográficas, pero es bien sabido que el cierre funcional del cartílago de crecimiento ocurre antes que las radiografías lo muestren (Turner, 1987).

La tabla N° 1, indica una estimación de la edad del cierre de los cartílagos de crecimiento en los diferentes huesos del equino:

Tabla 1. Edad de Cierre de Cartílagos de Crecimiento en el Equino

Hueso	Cierre del cartílago de crecimiento
Ileon, Isquion, Pubis Centros secundarios de cresta, tuberosidad coxal, tuberosidad isquiática y parte acetabular del pubis	10-12 meses 4,5-5 años
Fémur Proximal Distal	36-42 meses 22-42 meses
Tibia Proximal Distal	36-42 meses 17-24 meses

Hueso	Cierre del cartílago de crecimiento
Peroné(fibula) Proximal Distal(maleolo lateral de la tibia)	3,5 años 3-24 meses
Calcáneo	19-36 meses
Escápula Proximal(centro de osificación) Distal	36 meses 9-18 meses
Húmero Proximal Distal	26-42 meses 11-34 meses
Radio Proximal Distal	11-25 meses 22-42 meses
Cúbito(ulna) Proximal Distal	27-42 meses 2-12 meses hasta 4 años
Metacarpo/Metatarso (III MC-III MT) Proximal Distal	In-útero 6-18 meses
Primera Falange Proximal Distal	6-15 meses in-útero hasta 1 mes de edad
Segunda Falange Proximal Distal	6-15 meses In-útero hasta 1 semana de vida
Tercera Falange	In-útero

(Stashak, 1987).

3.6. Mecanismos de Calcificación

Aún no está claro el mecanismo por el cual ocurre el depósito de sales de fosfato de calcio. En un principio se propuso que la actividad de la enzima fosfatasa alcalina, presente preferentemente en los osteoblastos, podría producir un aumento local de la concentración de iones fosfato en los centros de calcificación, lo que llevaría a la precipitación del fosfato de calcio.

Recientemente, se han aislado glicoproteínas del hueso que presentan alta afinidad por calcio, como son la osteocalcina o BGP (bone gla-protein), osteopontina y BMP (proteína morfogenética del hueso), que actuarían en el depósito del mineral. La osteocalcina, es una proteína secretada por los osteoblastos, que ha sido utilizada por muchos como un indicador de formación del hueso, y aunque su función exacta aún es desconocida, se asume que la osteocalcina juega un rol directo en el proceso de mineralización (Hiney *et al.*, 2000; Siciliano *et al.*, 2000; Cepeda *et al.*, 2002).

Otra posibilidad se encuentra en las vesículas de matriz que se han visto en el cartílago en calcificación, osteoide y predentina. Éstas son vesículas delimitadas por membrana, que se supone son expulsadas por los osteoblastos. Ellas pueden acumular fosfato de calcio por un mecanismo de transporte activo y contienen, además fosfatasa alcalina. Posteriormente, se produciría la ruptura de estas vesículas, y su contenido actuaría como sitio de nucleación para la adición de fosfato de calcio y otros iones formándose, de esta manera los cristales de hidroxiapatita (Cepeda *et al.*, 2002).

La elasticidad del hueso y su resistencia a las fracturas esta relacionado con su grado de mineralización. El contenido mineral en el hueso normalmente aumenta en forma de una curva asintótica con la edad, hasta que es removido por los osteoclastos; por lo tanto se puede afirmar que con la edad la densidad ósea debiera aumentar (Loveridge, 1999). Esto lo confirma un estudio de estimación del contenido mineral del tercer metacarpiano en forma indirecta a partir de radiografías; este estudio arrojó como resultado que a mayor edad hay una mayor densidad ósea y además esta densidad fue mayor en machos que en hembras (Meakim *et al.*, 1981).

3.7. Evaluación de la Densidad

Una de las formas más comúnmente utilizadas para evaluar el tejido óseo son las radiografías. El grado de ennegrecimiento de la imagen radiográfica dice directa relación con la cantidad de radiación que capta la película. Esta imagen se visualiza posterior al revelado de la placa, donde las áreas que los rayos no pasan por el animal o aquellas que atraviesan por completo al paciente se visualizan negras; y las áreas donde los rayos no traspasaron al animal, es decir, donde el paciente absorbió los rayos, se visualiza transparente o blanco; entre estos dos extremos se presentan las tonalidades grises.

La *Densidad Radiográfica*, es el grado de absorción de luz por parte de la película radiográfica. El término *Radiodensidad* es usado para describir el grado de absorción de los rayos X por parte del paciente u objeto, el concepto de densidad se complica aún más al incorporar la definición de *Densidad Física* (gr/cm^3) del paciente u objeto considerado; así mientras la densidad física de un objeto es alta, la densidad radiográfica es baja y su radiodensidad es alta. Esta gran confusión puede ser evitada si los cambios radiográficos son descritos con los términos radiopacidad y radioluminiscencia, para los tonos blancos y negros en la placa, respectivamente (Thrall, 1994).

La medición de la densidad radiográfica puede usarse como método indirecto de estimación del contenido mineral de los huesos y posiblemente de la madurez ósea. Como por ejemplo un estudio realizado para evaluar la densidad en potrillos como efecto del destete a diferentes edades, la densidad en esta investigación fue estimada en forma indirecta a partir de radiografías comparando densidades con un trozo de aluminio (Warren *et al.*, 1997).

Otro estudio, utiliza la medición de la densidad para evaluar el efecto del suministro de somatotrofina exógena, en este caso la medición de la densidad de las radiografías se realizó escaneando las placas con un video densitométrico Bio-Rad modelo 620 (Thomson *et al.*, 2000).

Se realizó un estudio en seres humanos para determinar el valor predictor del grosor cortical sobre la densidad mineral ósea, en cuyo resultado se confirmó la existencia de una correlación positiva significativa entre la densidad mineral ósea y el grosor cortical, no habiendo correlación entre el tamaño óseo y su densidad, tampoco se encontraron diferencias significativas entre sexos. Con este estudio se confirma, que al realizar mediciones del grosor cortical a través de una placa radiográfica, se puede estimar en forma certera la densidad ósea y así, predecir la calidad del hueso, considerando un hueso de mala calidad a aquel que posee mayor riesgo de fracturas al poseer una densidad mineral menor .

Los hallazgos de este estudio proporcionan a los clínicos un método simple, como son las radiografías, para la estimación de la densidad ósea (Tingart *et al.*, 2003).

La relación entre el contenido mineral y la fuerza o resistencia del hueso ha sido bastante estudiada a lo largo del tiempo, y se ha confirmado que al aumentar la densidad mineral del hueso, aumenta también la capacidad de éste para absorber la energía de los impactos, aunque esta correlación no es lineal. Por esto, sería de gran utilidad la estimación de la densidad ósea para detectar alguna posible predisposición a lesiones en equinos que realizan ejercicio (Loveridge, 1999).

3.8. Técnicas de densitometría ósea utilizadas en equinos

Inicialmente, en medicina de seres humanos, las técnicas utilizadas para la estimación de la densidad ósea eran radiografías simples, medición de cortical ósea y densitometría de la placa radiológica. Estas dos últimas técnicas en la actualidad no se usan en seres humanos (Lillo, 1996).

- *Densitometría de la Placa radiológica*: RA (radiographic absorptiometry) (Lepage *et al.*, 2001 ; Carstanjen *et al.*, 2002)

Esta técnica compara la densidad óptica de una radiografía con una placa estandarizada. Para poder evaluar las radiografías, éstas son escaneadas y las mediciones se expresan por ejemplo en equivalente óseo al aluminio (RBAE: radiographic bone aluminium equivalent). Su uso en equinos se describe al menos desde el año 1981 (Meakim *et al.*, 1981; Lepage *et al.*, 2001).

Una variación de esta técnica para la evaluación densitométrica de las placas radiográficas es la densitometría radiográfica, donde la densidad se calcula en función de la cantidad de luz que incide en la placa y la cantidad de luz que se transmite a través de ella. Esto se expresa en una ecuación: $D = \log I_0 / I_t$

Donde: D: densidad

I_0 : luz que incide en la placa

I_t : luz que se transmite a través de la placa

El densitómetro (Figura 5a y 5b) es el instrumento que mide esta relación y expresa sus resultados directamente como densidad. Si existe un 100% de transmisión de luz a través de la placa, significa que no hay densidad o que la densidad es 0; 50% de transmisión de la luz indica una densidad de 0,3 (usualmente la densidad mínima de una placa radiográfica es igual o mayor a 0,25); 10% de transmisión de luz indica densidad de 1,0 (tono gris medio); 1% de

transmisión de luz es una densidad de 2,0; y 0,1% de transmisión indica una densidad de 3,0 (negro) (Bloom *et al.*, 1972).



Figura 5a



Figura 5b

- *Densitometría monofotónica radiológica*: SXA (Single-energy X-ray absorptiometry) (Lepage *et al.*, 2001 ; Carstanjen *et al.*, 2002)

Esta técnica se basa en el principio que el hueso absorbe el fotón generado por un equipo de rayos X en proporción a la densidad mineral del mismo (Lepage *et al.*, 2001).

- *Densitometría Ósea con doble haz de rayos X; Densitometría Bifotónica Radiológica*, X: DXA (Dual-energy X-ray absorptiometry) (Lepage *et al.*, 2001 ; Carstanjen *et al.*, 2002)

En la actualidad DXA es la técnica más utilizada en el mundo para estudios de densitometría ósea, utiliza como fuente de emisión un tubo de rayos X. Esta técnica ha significado un gran adelanto dado que es rápida (7-10 minutos por examen), emite una muy baja radiación y tiene alta precisión; además otorga la posibilidad de evaluar la densidad ósea de cuerpo entero, lo que se considera una gran ventaja de esta técnica (Arteaga, 1993; Lillo, 1996).

La técnica consiste en hacer incidir haces de rayos X de dos distintas energías sobre la región anatómica a estudiar. Los haces de baja energía traspasan sólo los tejidos blandos y los de mayor energía pueden traspasar el tejido óseo.

Parte de la energía es absorbida por los tejidos (hueso y partes blandas) y la energía restante es transmitida, pudiendo ser captada por un detector. Posteriormente, a través de un proceso de sustracción de ambos haces de energía, se puede conocer la atenuación que es propia del componente óseo. Esta atenuación de la señal se compara con un patrón estándar y se procesa en un computador, obteniéndose finalmente la densidad ósea expresada en gramos/cm². El análisis computacional permite comparar el valor de la densidad ósea con datos de referencia de poblaciones normales, siendo válido para todas las localizaciones estudiadas (Arteaga, 1993; Lillo, 1996).

La utilidad clínica de este método ha sido establecida para humanos en la Clínica Mayo, donde se estableció una correlación inversa entre la densidad ósea y el riesgo de fractura, describiendo además un umbral de densidad ósea, bajo el cual el riesgo de fractura aumenta en forma sustantiva. Este umbral es diferente para los distintos huesos y difiere según el equipo utilizado (Arteaga, 1993). Se

calcula que la densidad ósea es determinante del 75% de la fortaleza o resistencia del tejido óseo a las fracturas; por lo tanto, la densidad ósea de un individuo puede ser usada como un indicador del riesgo de fractura. La principal indicación médica del estudio densitométrico se encuentra las patologías que alteran el contenido mineral del hueso, la más relevante en seres humanos es la osteoporosis (Arteaga, 1993; Lillo, 1996).

- *Tomografía Computarizada Cuantitativa*: QCT (quantitative computed tomography) (Lepage *et al.*, 2001 ; Carstanjen *et al.*, 2002)

La Tomografía Computarizada (TC) es una modalidad radiológica que emplea una fuente de rayos X, unos detectores y un sistema de proceso de datos computarizado. Los componentes fundamentales de un sistema de TC son un túnel circular de escáner (que alberga el tubo de rayos X y los sensores de imagen), la mesa para el paciente, un generador de rayos X y una unidad de proceso de datos computarizada. El paciente se ubica en la mesa y se coloca dentro del túnel. El tubo de rayos X rota 360° alrededor del paciente mientras un computador recibe los datos y produce un corte. Cada corte transversal representa un grosor de entre 0.3 cm. y 1.5cm de tejido corporal (Greenspan, 2000).

Los tejidos absorben el haz de rayos X en distinto grado, según su número atómico y la densidad del tejido específico. El haz restante, no absorbido pasa a través de los tejidos y se detecta por el ordenador (Greenspan, 2000).

La TC tiene un papel fundamental en el análisis mineral del hueso. La capacidad de la TC para medir los coeficientes de atenuación de cada punto de la imagen (píxel), proporciona la posibilidad de realizar una cuantificación precisa de los análisis minerales del hueso. La valoración de las medidas de masa ósea

proporciona una visión importante para mejorar el estudio y tratamiento de enfermedades que cursan con osteopenia (Greenspan, 2000).

A pesar de su ventaja de poder medir la densidad ósea real (en gr./cm^3), el contenido óseo en diferentes localizaciones corporales, y evaluar mejor el componente trabecular, incluso en pequeñas áreas de interés muy precisas, posee la limitación de tener que dedicar mucho tiempo al uso del tomógrafo a esta medición y a su estandarización. Ello hace que sea un examen de alto costo, incluso para medicina humana (Lillo, 1996).

- *Ultrasonido Cuantitativo*: QUS (quantitative ultrasonography) (Lepage *et al.*, 2001 ; Carstanjen *et al.*, 2002)

Es un procedimiento no invasivo, que se basa en la interacción de ondas sonoras propagadas con las interfaces de los tejidos corporales. Siempre que el pulso directo de las ondas sonoras encuentre una interfaz entre tejidos de distinta impedancia acústica, tiene lugar una reflexión o una refracción. Las ondas sonoras reflejadas en el transductor de ultrasonidos se registran y se convierten en imágenes. Esta técnica tiene varias ventajas inherentes: es relativamente barata, permite las comparaciones con la zona contralateral sana, utiliza ondas de ultrasonido en vez de radiaciones ionizantes, y puede realizarse prácticamente en cualquier lugar (Greenspan, 2000).

En la práctica clínica del equino existen dos tipos de mediciones con ultrasonido cuantitativo, la primera se sitúa en un punto utilizando transmisión transversal (across axis) y el otro método es con múltiples sitios de medición usando medición axial (multi-site along axis). Los valores entregados por el ecógrafo son precisos, sin embargo, es necesario realizar una estimación adecuada del efecto de los tejidos blandos en el paso de la onda de ultrasonido (Lepage *et al.*, 2001).

En Estados Unidos se utiliza en la práctica de equinos por considerarse una técnica libre de radiación y bien tolerada por el equino para medir propiedades óseas como la densidad (Lepage *et al.*, 2001).

3.9. Madurez Ósea

Dentro del concepto de Madurez Ósea, se puede considerar a un animal esqueléticamente maduro cuando todos sus cartílagos de crecimiento han cerrado junto con una completa mineralización de los huesos, esto es, en el caso de los equinos, alrededor de los 6 años de edad; sin embargo, en la práctica un caballo es montado y entrenado cuando la fisis distal del radio ha desaparecido (Bennett, 2002).

Considerando las grandes cantidades de dinero que están en juego para carreras de potrillos y potrancas de 2 años de edad, es muy común que los animales se sometan a training antes de los dos años; sin embargo, el contenido mineral máximo u óptimo en el tercer metacarpiano, no se alcanza sino hasta los 6 años de edad. Por esto, el riesgo de una lesión esquelética en animales jóvenes sometidos a estas condiciones es enorme; se ha comprobado en Estados Unidos, que el 58% de los caballos de carrera de 2 años han experimentado alguna lesión (Hiney *et al.*, 2000). Según especialistas en bienestar animal, se considera anti ético correr a caballos jóvenes, antes que éstos estén biológicamente preparados o físicamente maduros para hacerlo; y aunque el público esté de acuerdo, no se debieran aceptar carreras a edades donde la inmadurez pudiera ser un factor predisponente a lesiones (Mundy, 2000; Rollin, 2000).

Con el estrés físico al que están sometidos los caballos de carrera, que muchas veces inician su entrenamiento antes de alcanzar su madurez física, es necesario realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa de su crecimiento y

desarrollo. Un área a ser examinada para la evaluación cuantitativa es la formación de los huesos, esta evaluación se efectúa midiendo la mineralización o densidad de los huesos compactos. La evaluación de la formación de los huesos es especialmente indicada en los caballos, ya que éstos sufren gran estrés al ser exigidos durante el desarrollo de su sistema esquelético que aún se encuentra inmaduro; esto ocurre particularmente en los huesos de las extremidades durante el training para equinos de carrera u otra actividad competitiva. Para evaluar la mineralización y densidad como progreso del desarrollo óseo, es imprescindible utilizar una técnica *in vivo*. La densitometría radiográfica o densitometría de la placa radiológica es una técnica adecuada tanto por cumplir los requerimientos para un experimento con caballos como por ser una técnica económicamente accesible (Meakim *et al.*, 1981).

En la industria equina, se seleccionan a los animales que comenzarán el entrenamiento según la evaluación de la madurez esquelética. Ésta se realiza por medio de radiografías de la parte distal del radio izquierdo, en la vista antero-posterior.

Meomartino *et al.* (2003) indica muchos autores concuerdan en clasificar los resultados en tres categorías:

A: fisis completamente cerrada.

B: fisis parcialmente cerrada.

C: fisis completamente abierta.

Actualmente se discute la posibilidad de aumentar la clasificación a cinco categorías, incluyendo dos niveles intermedios adicionales:

B-: evidencia inicial de cierre en el centro de la fisis.

B+: cierre completo de la zona central de la fisis.

Un estudio realizado en Nápoles, concluyó que el uso del sistema de tres categorías para la evaluación de la madurez ósea es satisfactorio, y además reduce el sesgo de interpretación radiológica entre individuos que evalúan al mismo animal (Meomartino *et al.*, 2003).

3.10. Enfermedades del Desarrollo

Muchas anomalías esqueléticas se encuentran relacionadas con el proceso de desarrollo. Estos problemas en el crecimiento se conocen como DOD (Developmental Orthopedic Disease). Las enfermedades del desarrollo son causadas por muchos factores entre los cuales se destacan desbalances nutricionales, predisposición genética, crecimiento acelerado, ejercicio y traumas (Hopper, 2002). Aunque estas alteraciones óseas ocurren durante el crecimiento, el animal no presenta cojeras hasta que es sometido al estrés del training a los 2 a 3 años de edad (Hopper, 2002; Anderson, 2003).

La intervención del hombre al acelerar el desarrollo, puede dar como resultado un caballo de tamaño exagerado con sus extremidades de talla normal. Como el cierre de cartílagos de crecimiento y por tanto la madurez esquelética es dependiente del tiempo, el acelerar el crecimiento del cuerpo puede sobrecargar las fisis y los cartílagos. Con eso, la actividad normal se transforma en traumática para el animal en crecimiento. El daño sobre el hueso en crecimiento puede producir dolor y daño estructural (Hopper, 2002).

Las enfermedades del desarrollo de caballos jóvenes, en crecimiento, incluyen cualquier alteración durante la transformación de precursores cartilagosos del esqueleto en hueso funcional.

Entre las enfermedades del desarrollo se pueden destacar:

1. Osteocondrosis (OC):

La osteocondrosis se presenta en equinos, humanos y en la mayoría de los animales domésticos. Es una falla en la diferenciación normal de cartílago a hueso (Easter y Watkins, 1999).

Como resultado de la exigencia en la calidad de los caballos de remate y la importancia de los eventos competitivos para caballos de 2 años, la industria equina está aplicando una fuerte selección para obtener productos físicamente maduros a edades relativamente jóvenes. Como consecuencia, los animales son seleccionados para obtener un crecimiento rápido. Muchos de estos potrillos y potrancas luego son alimentados con exceso de grano, dejando de lado la entrega de nutrientes balanceados. Además, si a esto se le suma un régimen de ejercicio intenso, es probable que se desencadene alguna manifestación clínica de la osteocondrosis; por esto, generalmente los signos clínicos no aparecen hasta que el caballo comienza el training alrededor de los 2 años de edad (Easter y Watkins, 1999). La incidencia de la OC es mayor en hembras que en machos; y varía de un 10% a un 25% (Hopper 2002; Anderson, 2003).

La osteocondrosis se caracteriza histológicamente por la acumulación focal de condrocitos donde no ocurre la penetración vascular y la subsecuente osteogénesis. El resultado de esta lesión es un área de retención de cartílago (Easter y Watkins, 1999).

La osteocondritis disecante ocurre cuando parte del cartílago epifisiario se desprende de la superficie articular (Figura 6).

Esta enfermedad generalmente es bilateral y puede afectar más de una articulación. Su diagnóstico se realiza en base a la historia del animal, examen clínico y radiografías (Hopper 2002; Anderson, 2003)

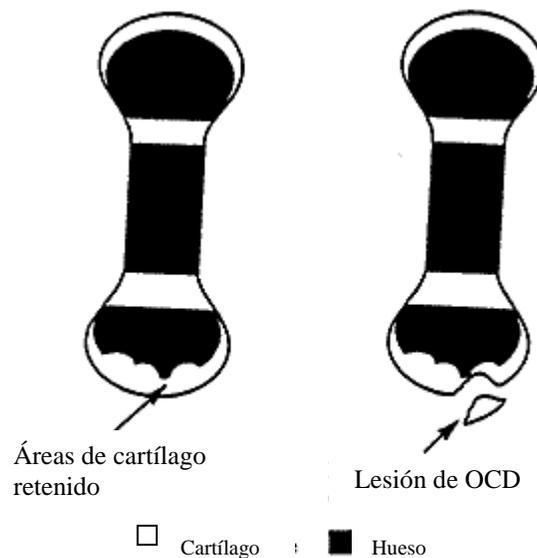


Figura 6: Esquema Osteocondritis Disecante (Anderson, 2003).

2. Quistes en el hueso subcondral:

Se presentan por fallas en la osificación endocondral (Anderson, 2003). Estos quistes pueden representar una manifestación de la osteocondrosis. Cuando existe falla en la osificación en la parte central de una articulación se puede producir una invaginación del cartílago anormal, dando como resultado un quiste subcondral. Otros autores postulan diferentes patogénesis, incluso algunos afirman que los quistes se formarían como resultado de microfracturas (Easter and Watkins, 1999).

3. Fisitis o Epifisitis:

Es una inflamación en el cartílago de crecimiento que ocurre cuando el hueso se encuentra débil (Anderson, 2003). También se considera parte del complejo osteocondrosis. Ocurre cuando la osificación endocondral del cartílago de crecimiento fisiario se altera. Esta lesión usualmente remite y en muchos casos no se considera predisponente a producir signos clínicos. Sin embargo, en las áreas de la fisis donde la osificación no es correcta se puede esperar que sean más susceptibles a traumas. Los animales afectados en su mayoría son potrillos de entre 4 a 8 meses de edad (Easter and Watkins, 1999).

4. Deformidades angulares de los miembros (ALD, angular limb deformities):

Son el resultado de una formación de un hueso débil y un desbalance de la línea de fuerza de las extremidades (Anderson, 2003). El término deformidad angular de los miembros, describe una desviación del eje frontal normal de una extremidad. En la literatura se describe dos tipos de deformidades angulares, valgus y varus. En una deformidad valgus, la porción distal a la deformación se encuentra desviada lateralmente; en cambio, en una deformidad varus, el miembro distal a la deformación se encuentra desviado hacia medial. En la mayor parte de los casos, también existe un componente de rotación. En el caso de un valgus el pie rota lateralmente, mientras que con varus el pie rota hacia medial. La mayoría de los potrillos nace con un pequeño grado de deformidad que se corrige espontáneamente durante las primeras semanas de vida, en otros casos la deformidad se hace más pronunciada en ese mismo período; e incluso existen casos donde los potrillos desarrollan deformidades en sus miembros durante los primeros 6 meses de vida (Auer, 1999).

5.Periostitis:

Es la inflamación del tejido fibroso que recubre al hueso, el periostio, muchas veces se encuentra acompañada de neoformaciones óseas, las que son más propensas a microfracturas (Gantz, 2002).

Generalmente ocurre en la corteza dorsal del metacarpo y muy rara vez se presenta en metatarso. La patogénesis de esta lesión no se conoce con exactitud. Influyen en su presentación, aspectos biológicos de la modelación y remodelación ósea que en combinación con aspectos mecánicos de los huesos y el inicio del training para realizar trabajo de alta velocidad pueden desencadenar la presentación de la periostitis. Según la estadística los equinos fina sangre de carrera son aquellos que presentan el mayor riesgo de periostitis, presentando una incidencia del 70% (Welch, 1999).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

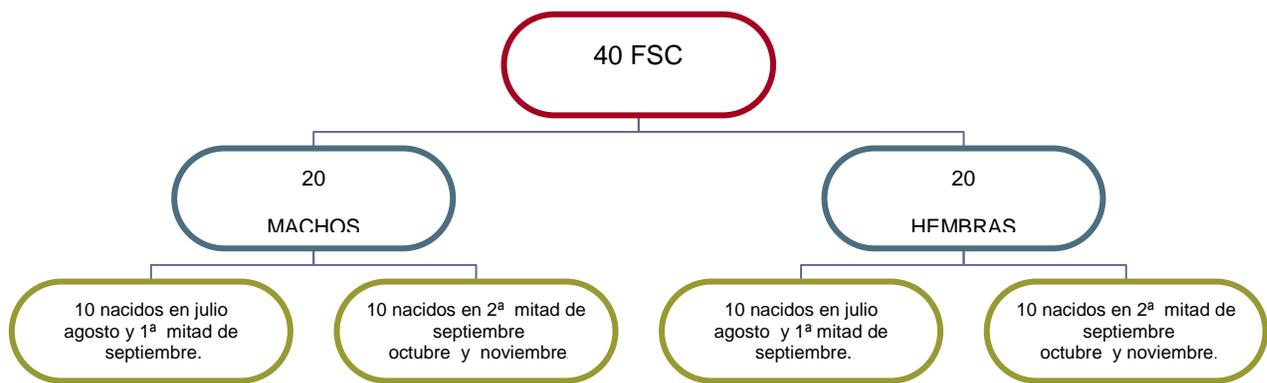
- Estimar el grado de madurez ósea en equinos fina sangre de carrera (FSC).

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la madurez ósea a través de la técnica de densitometría ósea indirecta.
- Relacionar el cierre de cartílago de crecimiento con la densidad ósea y el grosor cortical, como indicadores de madurez.
- Estimar el efecto del sexo y la edad sobre la madurez ósea.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

- 40 equinos FSC en edad de remate.
 - Equipo Radiológico marca Kramer, modelo PX-ZOV-LBC, KVP 50 a 80 y mA de 10 a 20; tiempo de exposición en rango de 0.04 a 10 segundos.
 - Protecciones radiológicas: guantes y delantales plomados.
 - Películas radiográficas marca Fuji, 18 x 24 cm., sensibles al verde.
 - Chasis radiográfico con pantalla reforzadora, emisor verde de tipo regular, marca Agfa.
 - Densitómetro X-Rite 331.
 - Máquina reveladora Gevomatic 60, marca AGFA-Gevaert.
 - Pie de metro.
-
- Este estudio utilizará un tamaño de muestra de 40 FSC de un haras de la Región Metropolitana, los cuales se dividieron en dos grupos, 20 machos enteros y 20 hembras. A su vez cada grupo se subdividió en dos grupos de 10 animales cada uno según edad o mes de nacimiento, así el primer subgrupo comprendió los nacidos en julio, agosto y primera mitad de septiembre (hasta el día 15), y el segundo, los nacidos en la segunda mitad de septiembre (desde el día 16), octubre y noviembre.



- Todos los ejemplares fueron radiografiados en la mano izquierda, a nivel de radio-carpo-metacarpo tomando vistas antero-posterior y medio-lateral, a una distancia foco-película de 60cm. con 70KV, 15 mA y 0.10 segundos de exposición.
- Se realizó revelado automático, bajo condiciones similares en todas las películas, para uniformar la técnica y calidad de la imagen.
- Para validar la uniformidad de la técnica, en cada placa se realizaron mediciones densitométricas en la zona de mayor y menor densidad.
- Obtenidas las imágenes, en metacarpo, se realizó un estudio densitométrico con un densitómetro óptico, y medición del grosor cortical con un pie de metro, a 5-7cms, contado a partir del borde articular proximal.
- Se clasificó el grado de cierre del cartílago de crecimiento en radio distal, para lo cual se asignaron tres categorías; A: fisis cerrada, B: fisis parcialmente cerrada y C: fisis abierta.

- El revelado de todas las placas se realizó en un mismo día; al igual que las evaluaciones radiográficas.
- Los datos obtenidos se tabularon, para luego evaluarlos por medio de Análisis de Varianza de un experimento factorial y chi cuadrado, a través del programa computacional S.A.S: Statistical Analysis System (Proprietary Software Release 6.12 TS020 Licensed to Universidad de Chile, Site 0003329002).

6. RESULTADOS

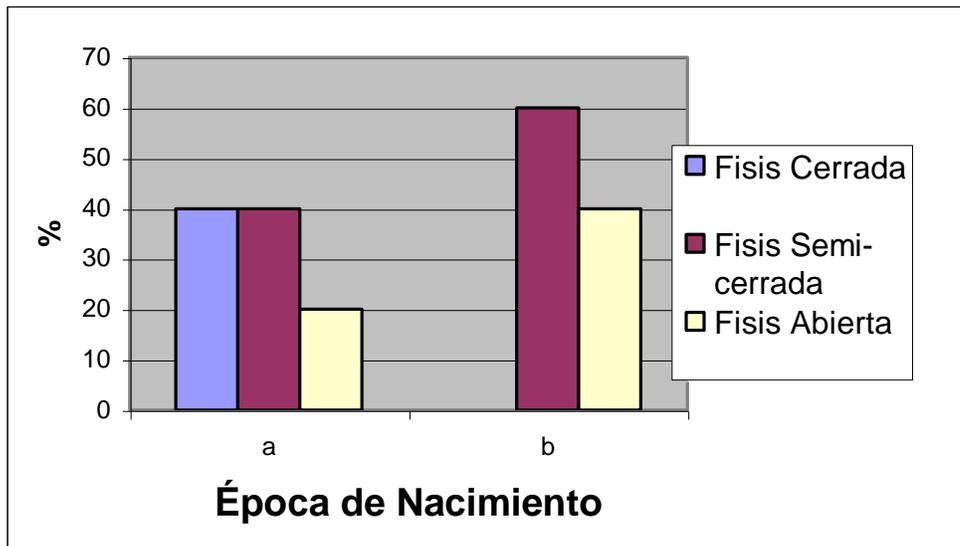
Tabla 2. Grado de Cierre de Fisis distal del radio, según época de Nacimiento

NACIMIENTO	FISIS
15-07-01	A
16-07-01	A
18-07-01	B
28-07-01	A
30-07-01	B
02-08-01	A
03-08-01	C
05-08-01	C
20-08-01	A
21-08-01	C
26-08-01	A
26-08-01	B
27-08-01	B
27-08-01	B
28-08-01	A
04-09-01	C
10-09-01	B
12-09-01	B
15-09-01	B
15-09-01	A

NACIMIENTO	FISIS
22-09-01	C
24-09-01	C
25-09-01	B
04-10-01	B
08-10-01	B
09-10-01	C
14-10-01	B
16-10-01	B
17-10-01	B
17-10-01	B
19-10-01	C
24-10-01	B
25-10-01	B
28-10-01	C
28-10-01	C
29-10-01	B
01-11-01	B
07-11-01	B
13-11-01	C
30-11-01	C

Fisis Cerrada:	A
Fisis Semi-cerrada:	B
Fisis abierta:	C

Gráfico 1. Grado de cierre de la fisis distal del radio según época de nacimiento (Época a: nacidos entre julio y la mitad de septiembre; Época b: nacidos desde la mitad de septiembre hasta noviembre)



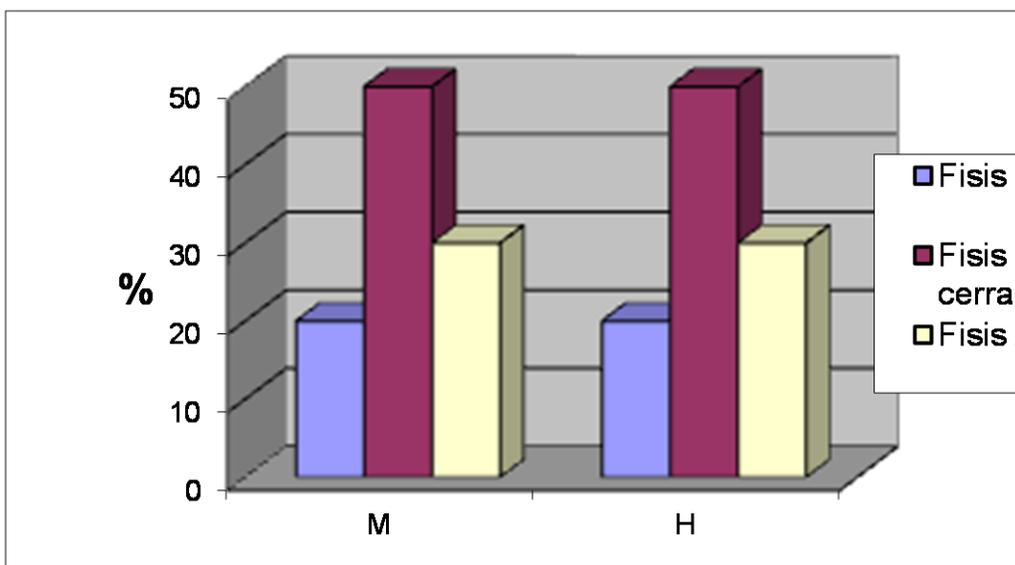
El cierre de cartílagos de crecimiento está relacionado con la época de nacimiento, existiendo una diferencia estadística significativa entre edad (en meses) y grado de cierre ($p = 0,006$), de tal forma que todos los cartílagos que se encontraron cerrados, corresponden a animales nacidos en fecha más temprana (julio, agosto y primera mitad de septiembre).

Tabla 3. Grado de cierre de fisis distal del radio según sexo

SEXO	FISIS
H	A
H	B
H	A
H	B
H	C
H	A
H	C
H	A
H	B
H	B
H	B
H	C
H	B
H	B
H	B
H	C
H	C
H	C
H	C
H	B
H	B

SEXO	FISIS
M	A
M	A
M	C
M	B
M	B
M	A
M	A
M	C
M	B
M	B
M	A
M	C
M	C
M	B
M	B
M	B
M	B
M	B
M	B
M	B
M	C
M	C

Gráfico 2. Grado de cierre de la fisis distal del radio según sexo



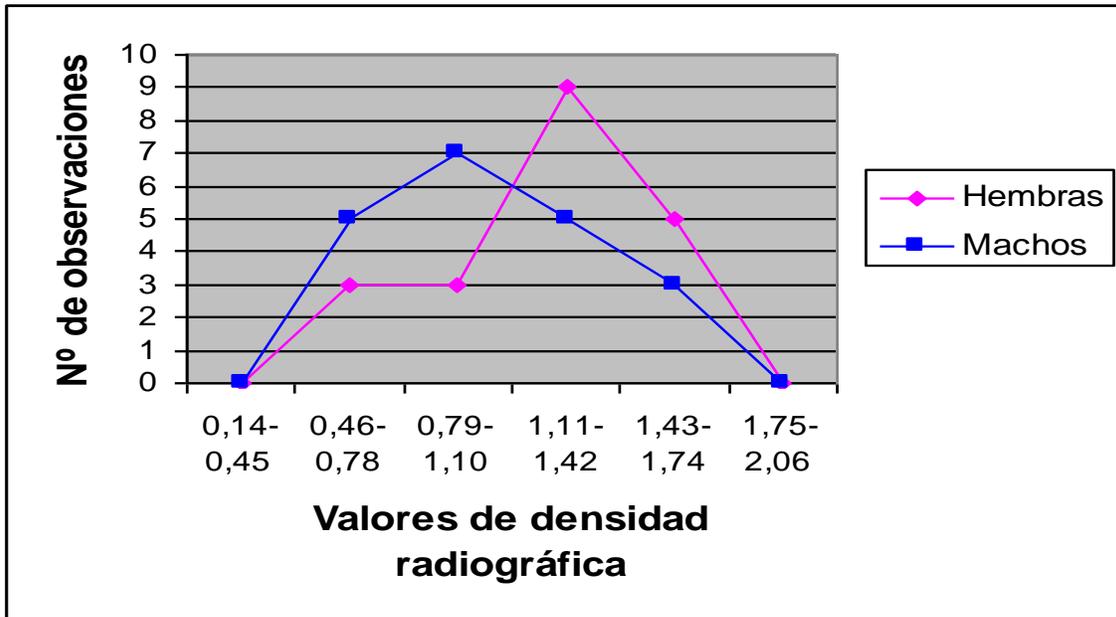
En cuanto al sexo, el cierre de los cartílagos de crecimiento resultó ser independiente del sexo del animal, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras. Esto se visualiza gráfico N° 2 donde existe la misma frecuencia para cada grado de cierre.

Tabla 4. Densidad radiográfica según sexo

SEXO	D
H	0,57
H	0,75
H	0,78
H	0,87
H	1,02
H	1,03
H	1,14
H	1,25
H	1,32
H	1,33
H	1,34
H	1,35
H	1,37
H	1,38
H	1,39
H	1,54
H	1,61
H	1,64
H	1,73
H	1,73

SEXO	D
M	0,46
M	0,53
M	0,66
M	0,75
M	0,76
M	0,82
M	0,82
M	0,90
M	0,97
M	0,98
M	1,00
M	1,01
M	1,13
M	1,17
M	1,22
M	1,29
M	1,35
M	1,71
M	1,72
M	1,74

Gráfico 3. Densidad radiográfica según sexo



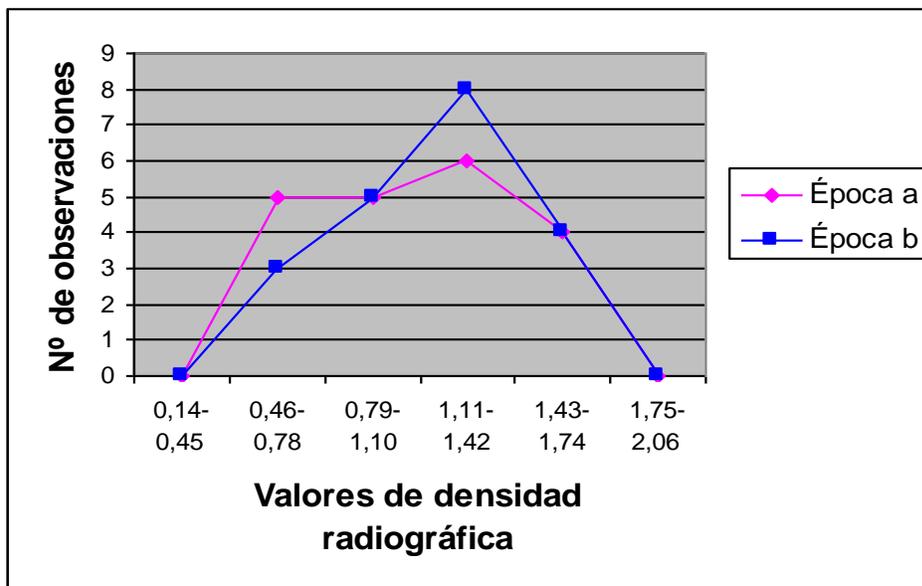
La densidad radiográfica no demostró estar relacionada con el sexo del animal ($p > 0,05$), distribuyéndose como se ve en el gráfico N° 3.

Tabla 5. Densidad radiográfica según época de nacimiento

NACIMIENTO	D
15-07-01	1,22
16-07-01	0,57
18-07-01	1,38
28-07-01	1,73
30-07-01	1,14
02-08-01	0,53
03-08-01	1,00
05-08-01	1,25
20-08-01	1,73
21-08-01	1,61
26-08-01	0,78
26-08-01	1,13
27-08-01	0,87
27-08-01	1,17
28-08-01	0,97
04-09-01	1,01
10-09-01	0,76
12-09-01	0,90
15-09-01	1,54
15-09-01	0,75

NACIMIENTO	D
22-09-01	1,74
24-09-01	1,29
25-09-01	0,82
04-10-01	0,98
08-10-01	1,39
09-10-01	1,34
14-10-01	0,66
16-10-01	1,64
17-10-01	1,32
17-10-01	1,35
19-10-01	1,37
24-10-01	0,82
25-10-01	0,46
28-10-01	0,75
28-10-01	1,03
29-10-01	1,02
01-11-01	1,35
07-11-01	1,33
13-11-01	1,71
30-11-01	1,72

Gráfico 4. Densidad radiográfica según época de nacimiento



Si bien no existen diferencias estadísticamente significativas de la densidad radiográfica según la época de nacimiento ($p > 0,05$), en el gráfico N° 4 se visualiza que los animales nacidos en julio, agosto y primera quincena de septiembre (época a) presentan con mayor frecuencia densidades radiográficas bajas (lo que indica una densidad ósea mayor) al grupo nacido en la segunda quincena de septiembre, octubre y noviembre (época b).

Tabla 6. Grosor cortical según sexo

SEXO	CORTICAL (mm)
H	11
H	13
H	14
H	15
H	15,5
H	16

SEXO	CORTICAL (mm)
M	12
M	13
M	14
M	14,5
M	15
M	16
M	16

Gráfico 5. Grosor cortical según sexo

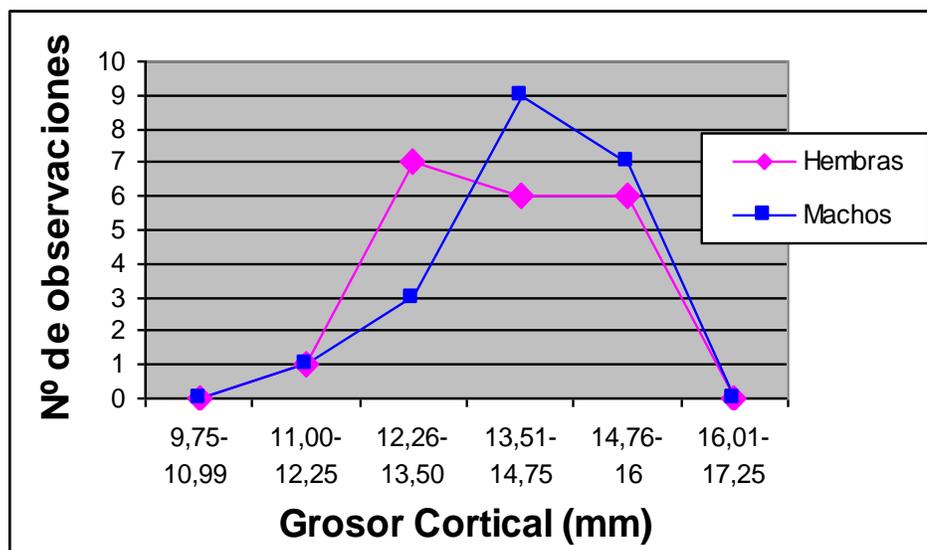
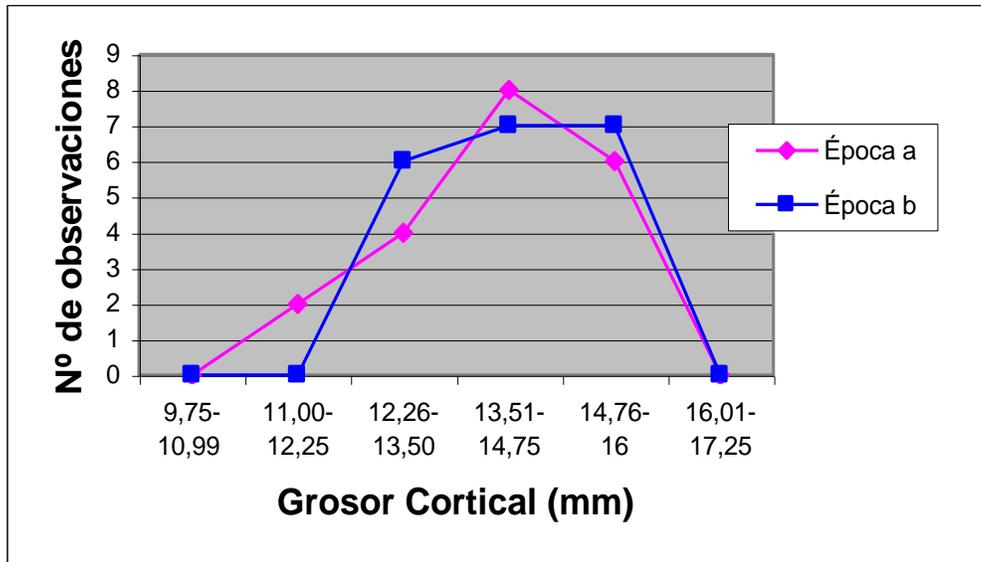


Tabla 7. Grosor cortical según época de nacimiento

NACIMIENTO	CORTICAL (mm)
15-07-01	14
16-07-01	14
18-07-01	15,5
28-07-01	13
30-07-01	14
02-08-01	14,5
03-08-01	12
05-08-01	14
20-08-01	14
21-08-01	13
26-08-01	15
26-08-01	14
27-08-01	15
27-08-01	13
28-08-01	15
04-09-01	13
10-09-01	15
12-09-01	16
15-09-01	11
15-09-01	14

NACIMIENTO	CORTICAL (mm)
22-09-01	16
24-09-01	15
25-09-01	15
04-10-01	14
08-10-01	13
09-10-01	15
14-10-01	14
16-10-01	14
17-10-01	13
17-10-01	13
19-10-01	13
24-10-01	15
25-10-01	14
28-10-01	15
28-10-01	16
29-10-01	14
01-11-01	13
07-11-01	13
13-11-01	14
30-11-01	14

Gráfico 6. Grosor cortical según época de nacimiento



El grosor cortical, según los estudios estadísticos resultó ser independiente del sexo del animal y de la época de nacimiento ($p > 0,05$)

Se realizó un estudio de correlación entre los parámetros densidad radiográfica, fisis y grosor cortical, donde se confirmó que existe total independencia entre los parámetros ($r < 0.3$).

Tabla 8. Promedio por grupos de los rangos mayor y menor de densidad radiográfica

GRUPOS	RANGO MENOR	RANGO MAYOR
Hembras nacidas entre julio y 1 ^a ½ de sept.	1.68	3.05
Hembras nacidas entre 2 ^a ½ de sept. y noviembre	2.02	3.09
Machos nacidos entre julio y 1 ^a ½ de sept	1.99	3.14
Machos nacidos entre 2 ^a ½ de sept. y noviembre	2.08	3.03

Estadísticamente no se encontró ninguna diferencia en la técnica radiológica entre las placas, lo que entrega total seguridad sobre la uniformidad de técnica utilizada para la comparación de los datos obtenidos a partir de esas imágenes.

7. DISCUSIÓN:

El estudio realizado por Meakim *et al.* (1981) indica que a mayor edad la densidad ósea es mayor, lo que se demuestra por una menor densidad radiográfica en las imágenes, estimada por densitometría radiográfica. También Loveridge (1999), afirma que la densidad ósea aumenta con la edad. Esto concuerda con lo que se muestra en la tabla de datos N° 5 y en el gráfico N° 4, donde se visualiza una densidad radiográfica menor en los animales nacidos entre julio y la primera mitad de septiembre (animales de mayor edad), en comparación con los nacidos desde la segunda quincena de septiembre en adelante; sin embargo, con los datos obtenidos en este estudio, las diferencias en densidad radiográfica del metacarpo de los animales nacidos en diferentes épocas del año, no resultaron ser estadísticamente significativas. Esto podría explicarse por que el rango de edades tomado para el estudio fue muy cercano entre grupos, y si se tomaran edades más extremas, la diferencia visualizada podría ser significativa; como en el caso del estudio realizado por Meakim *et al.* (1981), donde la diferencia entre rango de edades fue de al menos 120 días y los resultados finales resultaron ser significativos; por lo tanto, para obtener resultados significativos tendríamos que tomar rangos de edades más distanciados.

En cuanto a las diferencias en densidad ósea entre machos y hembras, Meakim *et al.* (1981) afirma la existencia de una mayor densidad ósea en machos, lo que no se visualiza en la tabla N° 4 ni en el gráfico N° 3 del estudio, donde estadísticamente las variables densidad y sexo resultaron ser totalmente independientes.

Lo expuesto por Stashak (1987); Turner (1987) y Bennett (2002), concuerda totalmente con lo que se aprecia en la tabla N° 2 y gráfico N° 1, que confirma que a mayor edad, los cartílagos de crecimiento se encuentran más

cerrados hasta alcanzar la madurez. La relación del cierre de cartílago con la época de nacimiento fue notoria, todas las fisis que se encontraron cerradas en las imágenes, correspondieron a animales nacidos en la primera época (julio, agosto y primera quincena de septiembre), y no existe por esto, ninguna fisis cerrada en la segunda época de nacimiento (segunda quincena de septiembre, octubre y noviembre).

Esta diferencia es estadísticamente significativa entre edades; sin embargo, no existe ninguna diferencia entre sexos en el cierre de cartílagos de crecimiento, esto se demuestra en la tabla N° 3 y gráfico N° 2, donde se visualiza una distribución de frecuencias idéntica para cada grado de cierre de cartílagos de crecimiento en machos y hembras.

En cuanto al grosor cortical, no se encontraron diferencias entre grupos en el grosor de la corteza medida en la imagen radiográfica de metacarpo. Esto se visualiza en la tabla N° 6 y gráfico N° 5 donde no se observa ninguna relación con el sexo de los animales; lo que concuerda con un estudio realizado en seres humanos por Tingart *et al.* (2003) donde no existieron diferencias estadísticamente significativas en el grosor cortical del húmero entre hombres y mujeres.

En la tabla N° 7 y gráfico N° 6, no se visualizan diferencias en el grosor cortical entre edades; en el estudio realizado por Tingart *et al.* (2003) en humanos, se obtuvo diferencias significativas en el grosor cortical, pero sólo en personas mayores a 70 años, por lo que no es comparable al estudio.

Los parámetros obtenidos: Grosor cortical, Densidad y Cierre de Cartílagos de Crecimiento no se encuentran relacionados; a diferencia de lo indicado por Tingart *et al.* (2003), quien afirma que existe una correlación positiva significativa entre la densidad ósea y el grosor cortical.

Según lo que indica Hopper (2002), la actividad normal de un animal en crecimiento se transforma en traumática cuando éste no se encuentra esqueléticamente maduro; pudiéndose producir dolor o daño estructural de sus huesos. Por ésto, sería de gran utilidad realizar un seguimiento a los animales que utilizados en este estudio, y así, confirmar una posible relación entre animales con baja densidad ósea y/o cartílagos de crecimiento abiertos, con lesiones al iniciar el training como por ejemplo periostitis u osteocondrosis. Así, se podría determinar si realmente existe predisposición a ciertas enfermedades en animales esqueléticamente inmaduros al iniciar el training.

8. CONCLUSIONES:

1. El único indicador de la madurez ósea para rangos de diferencia de edad pequeños (como es el caso de las épocas de nacimiento utilizadas en este estudio) es el cierre de cartílagos de crecimiento.
2. No se encontró asociación entre densidad radiográfica ósea y el sexo del animal, pero sí existe una tendencia que a mayor edad en meses, disminuye la densidad radiográfica; aunque ésta no resultó ser estadísticamente significativa.
3. No existe relación entre los parámetros Densidad radiográfica, Grosor Cortical y Cierre de Cartílagos de Crecimiento.
4. El grosor cortical es independiente del sexo y de la época de nacimiento en animales nacidos el mismo año
5. Los signos radiográficos obtenidos en este estudio, confirman que el cierre de cartílago de crecimiento es dependiente de la edad del ejemplar, encontrándose los cartílagos de crecimiento más cerrados a mayor edad; sin embargo, el cierre de cartílagos de crecimiento resultó ser totalmente independiente del sexo del animal.

9. BIBLIOGRAFÍA:

- ANDERSON, K.** 2003. Managing to prevent equine developmental orthopedic diseases. [en línea]
< <http://ianrpubs.unl.edu/animaldisease/g1239.htm> >
[consulta 25-07-03]
- ARTEAGA, E.** 1993. Densitometría Ósea. ¿Es un aporte real a la clínica? Rev. Méd. Chile. 121(11): 1313-1315.
- AUER, J. A.** 1999. Multifactorial Diseases. **In:** Colahan, P.T.; Mayhew, I.G.; Merritt, A.M.; Moore, J.N. Equine Medicine and Surgery. 5th ed. Mosby. St. Louis, USA. pp. 1461-1475.
- BENNETT, D.** 2002. The Maturing Horse. [en línea]
<www.animalfare.net/horses-care.html> [consulta: 04-08-03]
- BLOOM, W.L.; HOLLENBACH, J.L.; MORGAN, J.A.** 1972. Photographic Properties of the Radiograph. **In:** Medical Radiographic Technic. 3rd ed. Charles C. Thomas. Illinois, USA. pp. 56-92.
- CARSTANJEN, B.; LEPAGE, O.M.; DETILLEUX, J.; DUBOEUF, F.; AMORY, H.** 2002. Use of multisite quantitative ultrasonography for noninvasive assessment of bone in horses. Am. J. Vet. Res. 63(10): 1464-1469.

- CEPEDA, R.; FERNANDEZ, S.; OROSTEGUI, C.** 2002. Lecciones de Histología Veterinaria. 5ª ed. Santiago, Chile. U.Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias, Depto de Cs. Biológicas Animales. 111p.
- EASTER, J. L.; WATKINS, J.P.** 1999. Osteochondrosis and Physitis. **In:** Colahan, P.T.; Mayhew, I.G.; Merritt, A.M.; Moore, J.N. Equine Medicine and Surgery. 5th ed. Mosby. St. Louis, USA. pp. 1475-1483.
- EURELL, J.A.; VAN SICKLE, D.** 1998. Connective and Supportive Tissues **In:** Dieter Dellmann, H.; Eurell, J.A. Veterinary Histology. Williams & Wilkins. Pennsylvania, USA. pp. 32-61.
- GANTZ, T.** 2002. Bucked Shins. [en línea]
<<http://toconline.com/pages/EquineHealth.htm#Bucked%20Shins>>
[consulta: 07-01-2004]
- GREENSPAN, M.D.** 2000. Técnicas de Imagen en la Ortopedia. **In:** Radiología en Ortopedia. 2ª ed. Marban. Philadelphia, USA. pp. 31-41.
- HINEY, K.M.; POTTER, G.D.; GIBBS, P.G.; BLOOMFIELD, S.M.** 2000. Response of serum biochemical markers of bone metabolism to training in the juvenile racehorse. J. Equine Vet. Sci. 20(12):851-857.
- HOPPER, S.** 2002. Normal and Abnormal Bone Responses to Nutrition and Exercise in the Young Horse. [en línea]
< www.kemi.org/stuff/bone.htm > [consulta: 30-01-2003]

- LEPAGE, O.M.; CARSTAJEN, B.; UEBELHART, D.** 2001. Non-Invasive Assessment of Equine Bone: An Update. *Vet. J.* 161: 10-23.
- LILLO, R.** 1996. Densitometría Ósea. *Rev. Méd. Chile.* 124(8): 47-53.
- LOVERIDGE, N.** 1999. Bone: More than a stick. *J. Anim. Sci.* 77:190-196.
- MEAKIM, D.M.; OTT, E.A.; ASQUITH, R.L.; FEASTER, J.P.** 1981. Estimation of mineral content of the equine third metacarpal by radiographic photometry. *J. Anim. Sci.* 53(4):1019-1026
- MEOMARTINO, L.; PASOLINI, M.; LARRATA, I.; BRUNETTI, A.** 2003. Radiographic Assessment of Skeletal Maturity in the Racehorse. Centro di Radiologia Veterinaria- Dipartimento di Scienze Cliniche Veterinarie- Università degli Studi "Federico II" Napoli [en línea] < www.vet.gla.ac.uk/EVDI/PARIS01/Meomartino.pdf > [consulta: 4-08-2003]
- MUNDY, G.D.** 2000. Animal Welfare Forum: Equine Welfare, Racing. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216(8):1243-1246
- ROLLIN, B.E.** 2000. Equine Welfare and emerging social ethics. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216(8):1234-1237.
- SICILIANO, P.D.; WARREN, L.K.; LAWRENCE, L.M.** 2000. Changes in Vitamin K status of growing horses. *J. Equine Vet. Sci.* 20(11):726-729.

- STASHAK, T.** 1987. Adams Lameness in Horses. 4th ed. Lea & Febiger. Philadelphia, USA. pp. 37-38.
- THOMSON, K.L.; POTTER, G.D.; TERRELL, K.J.; MORRIS, E.L.; MATHIASON, K.J.** 2000. Density in the juvenile racehorse treated with exogenous somatotropin. J Equine Vet Sci. 20(8): 511-515.
- THRALL, D.E.** 1994. Introduction to Radiographic Interpretation. In: Veterinary Diagnostic Radiology. 2nd ed. W.B.Saunders Company. Philadelphia, USA. pp. 1-14.
- TINGART, M.J.; APRELEVA, M.; VON STECHOW, D.; ZURAKOWSKY, D.; WARNER, J.J.** 2003. The cortical thickness of the proximal humeral diaphysis predicts bone mineral density of the proximal humerus. J. Bone Joint Surg. 85(4): 611-618.
- TURNER, S.** 1987. Diseases of Bones and Related Structures. In: Stashak, T. Adams Lameness in Horses. 4th ed. Lea & Febiger. Philadelphia, USA. pp. 293-299.
- WARREN, L.K.; LAWRENCE, L.M.; PARKER, A.L.; BARNES, T.; GRIFFIN, A.S.** 1997. The effect of weaning age on foal growth and radiographic bone density. [en línea]
<<http://www.ker.com/library/archive/proceedings/sc97/07/>>
[consulta: 25-01-2003]

- WELCH, R. D.** 1999. Diseases of the Metacarpus and Metatarsus **In**: Colahan, P.T.; Mayhew, I.G.; Merritt, A.M.; Moore, J.N. Equine Medicine and Surgery. 5th ed. Mosby. St. Louis, USA. pp 1587- 1626.
- WHEATER, P.R.; BURKITT, H.G.; DANIELS, V.G.** 1980. Los Tejidos Esqueléticos. **In**: Histología Funcional. Editorial JIMS. Barcelona, España. pp. 128-141.