



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**EDAD DE OSIFICACIÓN DE LA LÍNEA FISARIA
DISTAL DEL METACARPO III DEL EQUINO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

PAOLA ITZEL LÓPEZ GUTIÉRREZ

ASESOR: M.V.Z. EUGENIO BRAVO QUINTANAR.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
 ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES - CUAUTITLAN

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE



ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
 Jefa del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán.
 EXAMENES PROFESIONALES

Con base en el Art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Edad de osificación de la línea fisaria distal del metacarpo III del equino

Que presenta la pasante Paola Itzel López Gutiérrez

Con número de cuenta: 403074000 para obtener el título de: _____

Médica Veterinaria Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlan Izcalli, Mex. a 25 de Octubre de 2010.

PRESIDENTE MVZ. Felipe de Jesús Cortés Delgadillo

VOCAL Dr. Carlos Gerardo García Tovar

SECRETARIO MVZ. Eugenio Bravo Quintanar

1er SUPLENTE MVZ. Guadalupe Flores Ortiz

2º SUPLENTE MVZ. María del Rosario Martínez Calles

AGRADECIMIENTOS

A mis padres.

Marco Antonio y Rebeca por todo el amor y el apoyo incondicional que me brindan. Por que sin ustedes no hubiera podido alcanzar una de mis metas.
Gracias por estar siempre a mi lado. Los amo con todo el corazón.

M.V.Z Manuel Nieto Avila

A mi maestro y amigo. Gracias amor por dedicarme tu tiempo, por el empeño que me pones para que un día sea una buena profesionista.

A los animales

Porque sin derecho tome su vida con el afán de aprender.

A mi querida facultad

En eterno agradecimiento por mi educación profesional.

A mi asesor y a los miembros del jurado:

MVZ. Eugenio Bravo Quintanar
MVZ. Felipe de Jesús Cortés Delgadillo
Dr. Carlos Gerardo García Tovar
MVZ. Guadalupe Flores Ortiz
MVZ. María del Rosario Martínez Calles

A todos ustedes gracias por sus consejos y observaciones

ÍNDICE

	Página.
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. Clasificación anatómica	2
2.2. Anatomía del hueso largo	3
2.2.1. Huesos metacarpianos	3
2.3. Tipos de tejido óseo	4
2.4. Composición del hueso	5
2.4.1. Matriz Extracelular	5
2.4.2. Células del hueso	6
2.5. Histogénesis del hueso	8
2.5.1. Osificación intramembranosa	8
2.5.2. Osificación endocondral	8
2.5.3. Centros de crecimiento	9
2.6. Cese del crecimiento	12
2.7. Crecimiento postnatal	14
2.8. Clasificación de la osificación	15
2.9. Alzada de la diferentes razas	16
2.10. Técnicas radiográficas	16
2.10.1. Proyecciones del metacarpo	18
2.10.2. Proyección dorsopalmar	18
3. OBJETIVOS	19
4. MATERIAL Y METODOS	20
5. RESULTADOS	22
6. DISCUSIÓN	29
7. CONCLUSIONES	30
8 BIBLIOGRAFÍA	31

1. RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar la edad a la cual ocurre la osificación de la línea fisaria distal del metacarpo III en potrillos de tres razas diferentes. Se consideraron 20 potrillos de los cuales fueron 10 potros cuarto de milla tomando dos lotes, 6 potros pura raza española y 4 potros pura sangre inglés, de ambos sexos entre los 5 a 10 meses de edad, de ranchos de la ciudad de México e Hidalgo que se encuentran en condiciones similares en cuanto a manejo, nutrición y valor estimativo.

Este trabajo consistió en realizar un estudio radiológico con un aparato de rayos X de la marca Toshiba usando una proyección dorso palmar. Para ello se realizó un seguimiento de la población para esperar a que los potrillos estuvieran entre los 5 y 10 meses de edad. Una vez que se tuvo la edad indicada se tomaron las placas radiográficas de la parte distal del metacarpo III. Posteriormente se llevaron a revelar para hacer un reporte de la fase en que se encuentra la osificación.

Se encontró que en todos los potros hasta los 6 meses de edad (180 días) se encuentra sin osificar la fisis distal del metacarpo III y a los 9 meses (270 días) ya esta osificada por lo que el proceso de osificación se da entre los 7 y 8 meses (200 a 260 días) y en el pura raza española ocurre de los 215 a 230 días

Todos los datos se pusieron en un cuadro de resultados para poder llegar a una conclusión y aportar un trabajo que no se ha hecho anteriormente y que puede ser de utilidad para el gremio veterinario y gente que trabaja con equinos.

2. INTRODUCCIÓN

El acondicionamiento y entrenamiento de los caballos implica muchos factores como la modificación del comportamiento, salud cardiovascular, salud muscular y fuerza esquelética. De estos factores el más difícil de evaluar es la fuerza esquelética. A menudo las evaluaciones esqueléticas son hasta que el problema es muy evidente.

Para prevenir lesiones es necesario un mejor entendimiento de cómo el hueso cambia con la edad. Un método utilizado comúnmente para decidir el momento oportuno para comenzar la doma o el entrenamiento en el caballo es la evaluación radiológica del cierre de los cartílagos epifisarios de crecimiento de distintas articulaciones, según la edad del potrillo. El cierre de estos cartílagos es índice de madurez ósea y permite comenzar el trabajo sin riesgos de generar lesiones irreversibles.²⁶

La evaluación del estado de salud del caballo y en particular del sistema músculo esquelético es un parámetro importante para determinar la durabilidad y desempeño del futuro atleta. El estado radiológico del caballo ha ganado considerablemente un impacto sobre el valor económico del animal. En primer lugar por ser un útil pronosticador de la condición y desempeño. Y en segundo lugar puede revelar la necesidad de una intervención quirúrgica.³³

2.1 Clasificación anatómica

Existen cinco tipos diferentes de hueso que son clasificados de acuerdo a su forma en:

*Huesos largos: Son huesos columnares que sirven para dar sostén, se encuentran en los miembros torácicos y pelvianos del caballo. Incluyen húmero, radio, ulna, metacarpos, fémur, tibia, fíbula y metatarsos.

*Huesos cortos. Fuertes y compactos. Se encuentran en la rodilla. Los carpos y tarsos.

*Huesos planos: Huesos protectores con amplias superficies planas, como los huesos del cráneo, escápula y pelvis.

*Huesos irregulares: No entra en ninguna categoría antes mencionada. Por ejemplo, vértebras y falange distal del equino.⁴

2.2. Anatomía del hueso largo.

Los huesos largos constan de un cuerpo y dos extremos. El cuerpo consiste en una estructura tubular con las paredes de hueso denso, compacto, cortical que rodea una médula ósea.¹⁶

El cuerpo largo y compacto se le llama diáfisis y los extremos corresponden a las epífisis. En los animales que están creciendo aún la diáfisis está separada de la epífisis por un cartílago epifisario que forma la fisis.^{12,31} (fig. 1)

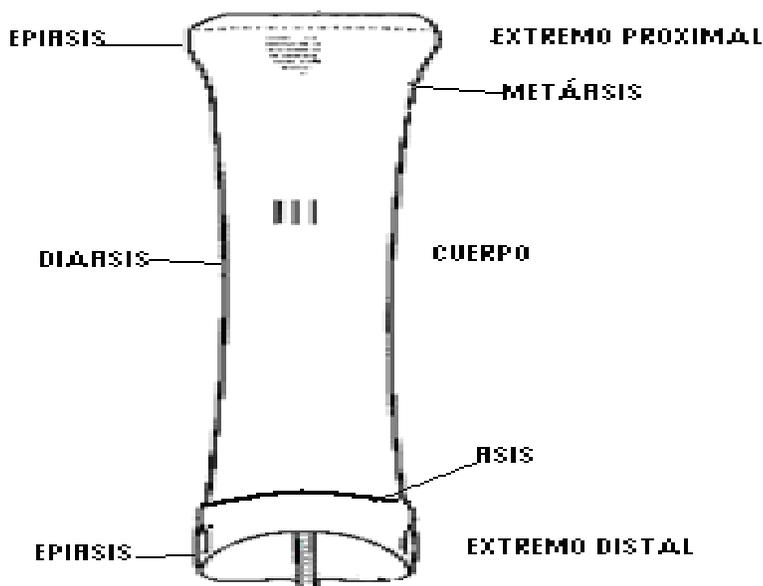


Fig. 1. Anatomía del hueso largo

2.2.1. Huesos metacarpianos

En el equino existen tres metacarpos, II, III, y IV, de los que sólo el metacarpo III está bien desarrollado. Aparece como un cuerpo robusto en cuya cara palmar se hallan articulados, uno a cada lado, los metacarpos II y IV.^{1,11} Tanto el metacarpo I y V están ausentes.^{18,30}

El metacarpo III es un hueso largo, par, constituido por 2 extremos (proximal y distal) y un cuerpo. El extremo proximal, denominado base, presenta las caras articulares para los huesos de la fila distal del carpo. El cuerpo tiene forma de un cilindro aplanado dorsopalmarmente en donde se distinguen 2 caras (dorsal y palmar) y 2 bordes (medial y lateral). En la cara dorsal, hacia la parte proximal, se localiza la tuberosidad del metacarpo III.^{1,11} (fig. 2)

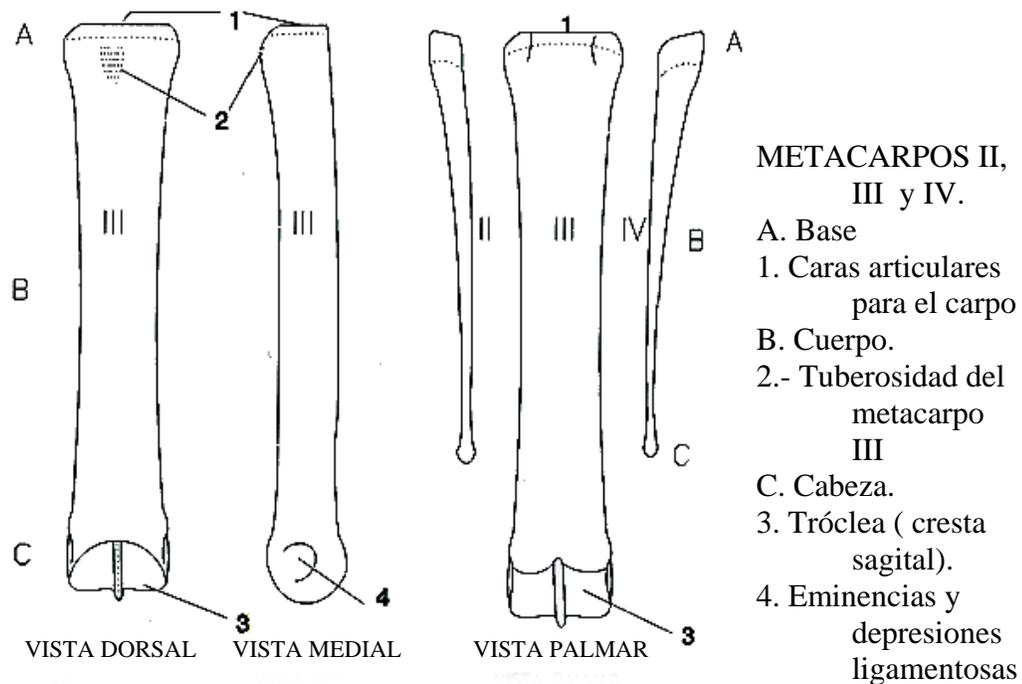


Fig. 2 Porciones de los metacarpos II, III y IV. (Tomado del García et al, 2007)

Los metacarpos II y IV están constituidos por una base (extremo proximal), un cuerpo y una cabeza (extremo distal) misma que aparece como un pequeño nódulo situado a nivel del tercio distal del metacarpo III. Debido a que el metacarpo III por su forma y tamaño es el principal soporte de la mano, los pequeños metacarpos II y IV han sido subestimados en su función de soporte pero actualmente se sabe que dan soporte al carpo y refuerzan al metacarpo III, ya que este hueso presenta la corteza de la superficie palmar marcadamente más delgada en su porción proximal en donde los metacarpos II y IV adicionan apoyo.^{1,11}

2.3. Tipos de tejido óseo.

Existen dos tipos de tejido óseo: el compacto y esponjoso.

Hueso compacto. Es más duro que el hueso esponjoso y se encuentra en el eje de los huesos largos.

Hueso esponjoso. Tiene la apariencia trabecular. Se encuentra en los extremos de los huesos largos incluso en los planos, irregulares y sesamoideos.⁴

En los huesos largos, las extremidades o epífisis están formadas por hueso esponjoso constituido por espículas delicadas de hueso denominadas trabéculas. La diáfisis está constituida totalmente por hueso compacto con una pequeña cantidad de hueso esponjoso en su zona más profunda, que delimita el canal medular.^{21,31} Sobre todo en los huesos largos, el hueso compacto también se denomina hueso cortical.¹⁸ (fig. 3)

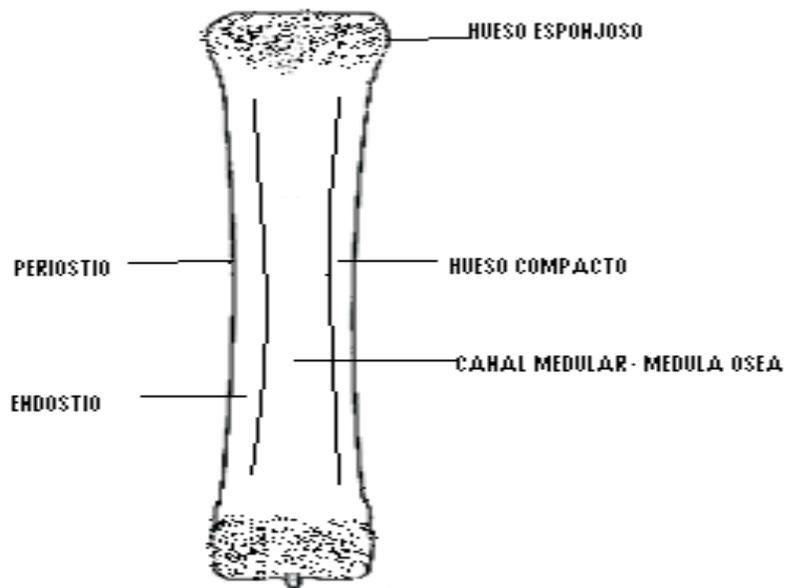


Fig. 3. Corte longitudinal del metacarpo III del equino

2.4. Composición del hueso.

El tejido óseo es un tejido conjuntivo con células y matriz extracelular.^{4, 20, 23,}

2.4.1 Matriz extracelular.

Esta formado por materia orgánica y por una materia inorgánica.^{17, 27, 31}

La materia orgánica tiene dos partes:

Estroma fibroso: En el estroma fibroso hay fibras de colágeno de tipo I muy juntas entre si.²⁷

El colágeno es una proteína fibrosa sintetizada por los fibroblastos y células relacionadas, tales como los osteoblastos del hueso y condroblastos de los cartílagos y se encuentran en todos los tejidos del organismo.³¹

La sustancia fundamental amorfa es una estructura sin ningún tipo de organización. Está formada por proteínas conjugadas, proteoglicanos y pequeñas cantidades de lípidos. Las proteínas conjugadas son: glicoproteínas, fosfoproteínas, sialoproteínas como la osteopontina y la osteocalcina.

Se caracterizan, sobre todo los dos últimos tipos, porque son capaces de fijar sales de calcio.^{9, 12}

La materia inorgánica. Esta compuesta principalmente por calcio y fósforo, junto con otros componentes como bicarbonato, citrato, magnesio, sodio, y potasio^{4, 9, 12} Calcio y fósforo existen en forma de cristales de hidroxiapatita, pero también hay fosfato de calcio en la forma amorfa¹²

2.4.2. Células del hueso.

Existen tres tipos de células asociadas con aspectos funcionales específicos del tejido óseo: los osteoblastos, osteoclastos y osteocitos. Cada tipo celular está interrelacionado y se deriva de un antecesor común. Las transformaciones de un tipo celular a otro se producen directa o indirectamente en el hueso en desarrollo.³¹

Células osteogénicas.

Son las únicas con capacidad de división. Tienen su origen en células mesenquimatosas algo diferenciadas. Están presentes en el estado embrionario y también en el animal adulto, en las superficies libres del hueso (donde no existe matriz ósea).

Osteoblastos.

Los osteoblastos generalmente derivan de las células osteogénicas.⁹ Participan en el proceso de osificación, se observan fácilmente cuando se está formando hueso nuevo.^{29, 31}

Son las células que sintetizan la parte orgánica (colágeno tipo I, proteoglicanos y glucoproteínas) de la matriz ósea. Pueden concentrar el fosfato cálcico, participando así en la mineralización de la matriz.^{9, 20, 21}

Una vez que quedan rodeados por la matriz recién sintetizada, los osteoblastos pasan a ser denominados osteocitos.²¹ Los osteoblastos se dividen con facilidad, pero sólo una porción

de las células nuevas puede secretar sustancia osteoide y formar hueso; el resto se mantiene en reserva como estrato osteógeno del periostio y del endosito en el interior de las osteonas.^{9,21} Estas células en reserva entran en actividad (se dividen y forman mas osteoblastos) siempre que se necesita nueva formación de hueso, como en el caso de consolidación de fracturas o simplemente para aumentar el tamaño del hueso normal. El hueso sólo puede crecer por la superficie, debido a que la sustancia fundamental es inflexible y porque los osteocitos probablemente perdieron la capacidad de dividirse.⁹

Osteocitos.

El hueso desarrollado consta de osteocitos, rodeados de una sustancia fundamental extracelular compuesta por materia osteoide calcificada. Los osteocitos se encuentran en pequeñas cavidades del hueso llamadas lagunas.^{9, 21, 27} Cada laguna tiene únicamente un osteocito.²¹ Hay un sistema de pequeños conductos llamados canalículos, los cuales conectan las lagunas entre sí,^{9, 21} por los cuales establecen contactos a través de uniones comunicantes por las que pueden pasar moléculas pequeñas de iones de un osteocito a otro.²¹ Aunque el hueso es un órgano perfectamente vascular, con capilares de red apretada, por los canalículos circula líquido tisular, esencial para conservar la vida de los osteocitos.

Las lagunas y los canalículos se forman por el hecho de que los osteoblastos (células formadoras de hueso) están comunicados por prolongaciones citoplásmicas en el momento en que se deposita el material osteoide. De esto resulta que las células y sus prolongaciones funcionan como un molde hasta que el tejido osteoide sea depositado y probablemente mineralizado. El citoplasma se elimina en parte, y deja las células, conocidas como osteocitos en las lagunas, conectadas mutuamente por los canalículos, que contienen extensiones citoplasmáticas.^{9,21}

Osteoclastos.

Los osteoclastos se encuentran fundamentalmente en los lugares donde se está efectuando absorción ósea (disolución y eliminación de la matriz mineral e intercelular).^{29, 31} La resorción del hueso es posible en circunstancias normales y anormales; en estos casos suelen encontrarse en el lugar grandes células multinucleadas llamadas osteoclastos, a las cuales se atribuye una función activa en la destrucción del hueso.⁹

La actividad de los osteoclastos está coordinada por citocinas (proteínas pequeñas de señal que actúan localmente) y por hormonas como la calcitonina (producida por la glándula tiroides) y la paratohormona (secretada por la glándula paratiroides).²¹

2.5. Histogénesis del hueso

La osificación implica formación de tejido óseo y siempre tiene lugar por síntesis y secreción de matriz ósea orgánica por los osteoblastos, que al poco tiempo sufre mineralización.¹³

Independientemente del lugar en donde se forma tejido óseo, lo hace por un proceso de transformación de un tejido conjuntivo existente.

Existen dos formas de osificación: cuando el tejido óseo se forma directamente del mesénquima se llama osificación intramembranosa y el proceso de formación del tejido óseo en modelos de cartílago preexistente se denomina osificación endocondral.⁵

La composición química del hueso cambia con el desarrollo embrionario, el crecimiento y maduración posfetal.³¹ La naturaleza consigue así dotar al feto de esa elasticidad tan imprescindible en el proceso del parto.²⁷

2.5.1. Osificación intramembranosa.

Los huesos del cráneo se desarrollan por osificación intramembranosa. Las células en las que tiene lugar este desarrollo son ocupadas por células mesenquimáticas indiferenciadas, fibroblastos y algunas fibras colágenas. De manera gradual, los grupos de células mesenquimáticas se diferencian en osteoblastos.⁵

2.5.2. Osificación endocondral.

Cuando el potro nace la calcificación es completa en casi todos los huesos.^{4, 28}

Los precursores cartilaginosos se osifican, pero para poder crecer en largo, ciertas porciones se mantienen cartilaginosas.^{9, 21, 31, 34}

Muchos huesos largos evolucionan según este procedimiento, el cual consiste en que el cartílago se mineraliza y luego es sustituido poco a poco por tejido óseo. Los huesos largos pueden seguir creciendo en longitud en tanto persiste y sigue creciendo el cartílago intercalar, entre la diáfisis y las epífisis, llamado cartílago epifisario. Una vez que ese

cartílago ha sido cambiado totalmente por hueso, el crecimiento en longitud ya no es posible.^{9, 32} Los huesos largos aumentan de diámetro al formarse nuevas capas de hueso a partir del periostio que rodea la corteza ósea al tiempo que se forma el hueso nuevo por fuera, las proporciones más internas se eliminan, con un aumento de tamaño de la cavidad medular.⁹

El crecimiento longitudinal del hueso es resultado de una serie de eventos ocurridos en regiones altamente especializadas en uno o dos extremos del hueso. Esto continúa en varios centros de crecimiento de los huesos hasta que el caballo alcanza la madurez de su esqueleto, usualmente alrededor de los 4 o 5 años de edad.^{8, 19}

2.5.3. Centros de crecimiento.

Hay dos importantes centros de crecimiento en ambos extremos de los huesos largos. La fisis y la epífisis. La fisis o placa de crecimiento es una banda de cartílago de crecimiento localizada cerca de cada extremo de los huesos largos. La fisis es la principal responsable del crecimiento longitudinal del hueso. La epífisis es otro centro de crecimiento de los huesos largos. Es la porción del hueso que está más allá de la fisis, entre la fisis y la superficie articular. Hay una epífisis en cada extremo del hueso largo. Inicialmente la epífisis está compuesta por cartílago de crecimiento que gradualmente se osifica.^{8, 19, 24, 32}

Las placas de crecimiento o fisis tienen una arquitectura celular característica desde el nacimiento hasta que el animal madura. Las células cartilaginosas de la placa de crecimiento pueden dividirse en un número de zonas, que varían en tamaño, número de células y también con respecto a la apariencia histológica y función celular. Se acomodan más o menos en columnas longitudinales, en donde la división celular ocurre en el lado epifisario del cartílago, mientras que la osificación progresa de la diáfisis a la epífisis.

Algunos huesos tienen placas de crecimiento en cada extremo, mientras otros, tal como el metacarpo III, el metatarso III y la falange proximal y media tienen solo una.³⁰

Las zonas de proliferación y osificación endocondral están altamente organizadas y pueden dividirse en cuatro zonas generales.

1. Zona germinal.
2. Zona de proliferación.
3. Zona hipertrófica.
4. Zona de osificación.^{6, 9, 21, 24, 31, 34}

Zona Germinal.

Es la zona más cercana a la epífisis.³⁰ Los condrocitos inician el proceso de la división mitótica³⁴ en una dirección principalmente longitudinal. Estas células aparecen pronto como pequeños condrocitos aplanados, proporcionando alargamiento a las columnas celulares. Los vasos epifisarios están muy relacionados con procesos celulares precoces y pueden suministrar células indiferenciadas que pueden colaborar con un grupo de condrocitos que más tarde se dividirán. Los condrocitos de la zona germinal también se producen en la zona periférica, formando un anillo cartilaginoso. Esta región especializada del pericondrio se denomina “zona de Ranvier”. Este anillo permanece en contacto con la placa de crecimiento metafisaria. No sólo continúa creciendo sobre el lado epifisario sino que también se reabsorbe sobre el lado diafisario. Este es uno de los puntos de referencia de los huesos en crecimiento y depende en gran parte de la resorción así como también de la formación.³⁰

Zona de proliferación.

Las células se dividen para producir condrocitos pequeños y achatados, lo que resulta en la elongación de las columnas en las cuales se ordenan las células. Dichas células están activamente involucradas en la producción del material intercelular del cartílago.

Zona hipertrófica.

Que en ocasiones se subdivide en dos subzonas, la de maduración y la hipertrófica, es donde las células proliferantes cesan de dividirse³⁴ y finalmente se hipertrofian como resultado de un incremento de la actividad metabólica.³⁰ La matriz extracelular comienza a sufrir calcificación y los condrocitos, privados así de nutrición, mueren.³⁴

Zona de osificación.

Es la región en la que la matriz localizada entre las células sufre una calcificación gradual, comenzando con la formación de vesículas.

La siguiente zona histológicamente diferenciable es el área de penetración vascular. Los vasos sanguíneos también aportan componentes celulares como los osteoblastos que formarán hueso y condroclastos.³⁰ Las lagunas de condrocitos muertos coalescen y son invadidas por capilares y por grandes células multinucleadas denominadas condroclastos; estos fagocitan parte de la matriz calcificada dejando solo un almacén óseo longitudinal.

Sobre de este se congregan los osteoblastos, originados por diferenciación de las células mesenquimáticas primitivas y que llegan por las estrechas arterias de las metáfisis. Estas depositan una capa delgada de matriz osteoide,³⁴ la parte orgánica del hueso, sobre las columnas de cartílago calcificado. Esto configura espículas óseas con orientación longitudinal (en el interior hay un corazón cartilaginoso) en la región denominada “la esponjosa primaria”. Al final el hueso de la esponjosa primaria es sustituido por esponjosa secundaria, que carece de corazón cartilaginoso. A medida que el hueso se alarga, el extremo diafisario es erosionado por los osteoclastos a la misma velocidad que se forma hueso nuevo sobre el lado epifisario de la metáfisis.^{30, 34} (fig.4)

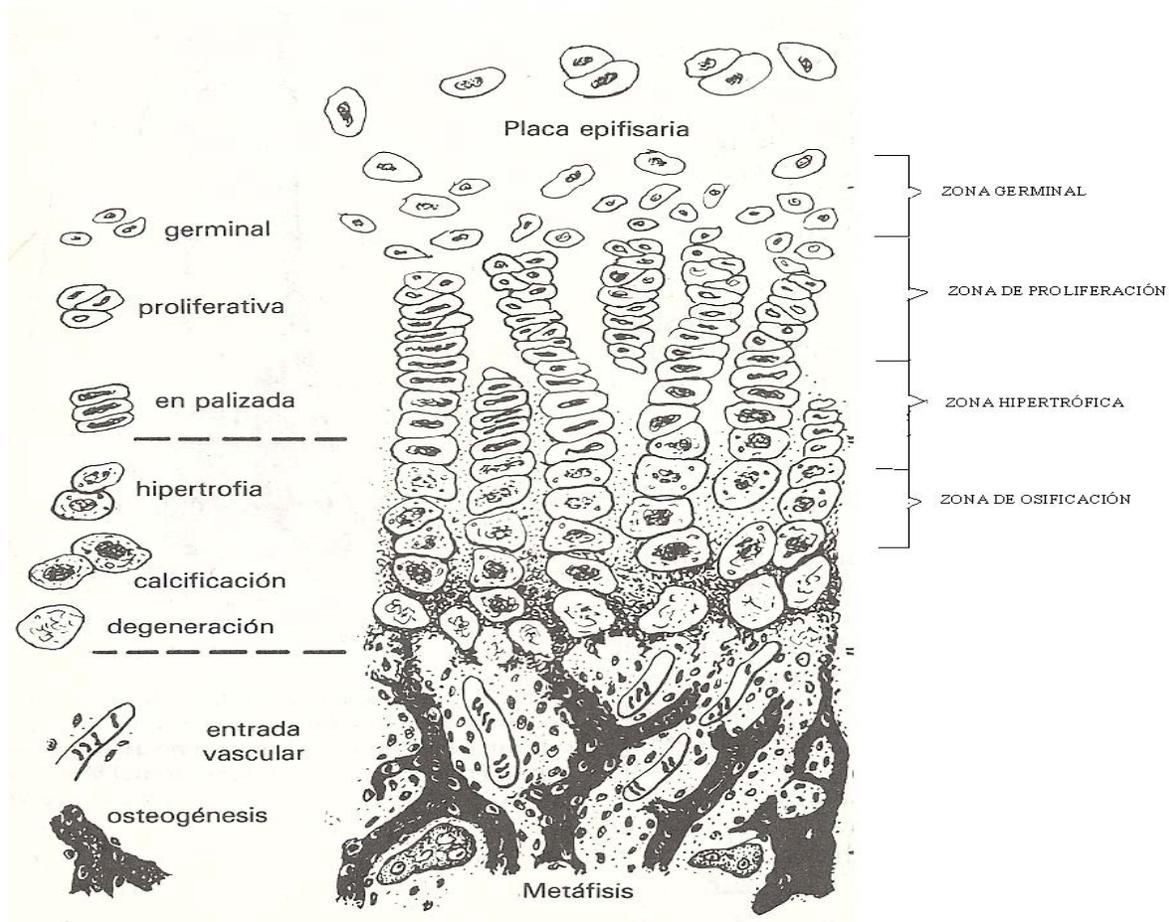


Fig. 4. Representación diagramática del mecanismo de formación endocondral de un hueso largo. (tomado de Frandson, 1988)

2.6. Cese de crecimiento

En la medida que cesa el crecimiento del hueso, la fisis se vuelve progresivamente más delgada y por último, la epífisis y la metáfisis se fusionan.^{30, 31} El momento del cierre fisario depende del hueso específico; algunos huesos tienen su cierre fisario en etapas tempranas de la vida y otros permanecen abiertos durante varios años. La mayoría de los datos sobre el cierre fisario se basan en un estudio e interpretación radiográfica.³⁰

Las hormonas juegan un papel relevante siendo de particular importancia *la hormona del crecimiento (STH)*. La hormona de crecimiento es producida en la parte anterior de la

hipófisis. Esta hormona influye en el crecimiento esquelético al regular la tasa de mitosis de los condrocitos en proliferación.

Las *hormonas tiroideas* también afectan el crecimiento a través de la producción de tiroxina. Favorece la formación ósea ya que tiene efecto estimulante sobre el reclutamiento y la actividad de los osteoclastos.

Hormonas sexuales.

Tanto la testosterona como los estrógenos, tienen un efecto estimulante sobre la formación de hueso (los osteoblastos tienen casi la misma cantidad de receptores de testosterona que para estrógenos), por lo que son de gran importancia para alcanzar y mantener la masa ósea.

La acción e influencia de las hormonas sexuales aumenta con el desarrollo sexual en los animales.

Las potrancas y potros crecen en una forma similar hasta que alcanzan la pubertad. Los estrógenos inhiben el crecimiento lineal, lo cual favorece el cerrado de las placas de crecimiento. Esto incluye una aceleración del reemplazo óseo metafisal e inhibición de los condrocitos en proliferación. La testosterona ejerce un efecto similar al de los estrógenos. La maduración esquelética depende de esta hormona, porque favorece la formación de hueso. Es importante para el cierre normal de la placa²⁸

Las hembras maduran antes que los machos, pero la diferencia del tamaño del cuerpo depende de la región. Al año de edad la anchura de pecho y altura de los miembros pelvianos así como la longitud de tronco son más altos en hembras que en machos. Al contrario de los miembros torácicos es más temprano en machos que en hembras.²⁰

Los *factores nutricionales* tienen un rol muy importante en el crecimiento. Las deficiencias absolutas en el aporte proteico o calórico provocan detención del crecimiento, debido a su efecto inhibitorio sobre la pituitaria y la tiroides: una dieta con marcada alteración del balance Ca/P combinada con una deficiencia absoluta de vitamina D, provocará un severo y complejo trastorno del crecimiento.³⁴

La vitamina D actúa como hormona en la regulación del calcio, debido a que la vitamina D captada en el intestino o formada en la piel por irradiación ultravioleta es transformada en la forma con actividad biológica, el 1,25-dihidroxicolecalciferol por el cual favorece la absorción de calcio en el intestino y desempeña un papel importante en el depósito y resorción óseas. Estimula la calcificación del tejido óseo, en parte por aumento de las concentraciones de calcio y fósforo en el líquido extracelular.⁵

Las placas cierran en diferentes tiempos:

Carpos: 30 meses

Extremo distal del metacarpo III: 9 – 12 meses.^{4, 28} aunque Butler menciona que la fisis distal se cierra de los 3 a los 6 meses de edad. La fisis proximal del metacarpo es cerrada al nacimiento.²

2.7. Crecimiento postnatal.

Las diferencias físicas entre las razas de caballos son en gran parte genéticas. Algunas razas maduran más lento que otras. La nutrición mejorada así como la selección en la cría puede contribuir hacia el desarrollo de caballos más grandes o de características deseables y poco a poco pueden ser cambiadas²²

Las diferencias interraciales en alcanzar el peso adulto son mayores que las diferencias en alcanzar la alzada adulta. Como norma general, los potros alcanzan el 60 por ciento del peso adulto, 90 por ciento de la alzada adulta y el 95 por ciento del crecimiento óseo posible, hacia los 18 meses de edad (tabla 1).

El ritmo de crecimiento general desciende desde el nacimiento significa que la alzada definitiva queda fijada muy al comienzo de la vida, que el crecimiento inicial requiere raciones ricas en los minerales formadores de los huesos y proteínas que, al aumentar la edad, es necesaria una cantidad creciente de carbohidratos en la ración. El rápido alargamiento inicial de los huesos largos de las extremidades, muy pronunciado en las razas de gran alzada, los hace verse sometidos a deformaciones por mal nutrición durante las primeras fases.¹⁰

Tabla 1. Porcentaje del peso adulto y alzada a la cruz a distintas edades de los caballos de varias razas. (Tomado de Frape, 1998).

Edad	6 meses		12 meses		18 meses	
	Peso	Alzada	Peso	Alzada	Peso	Alzada
Ponie Shetland	52%	86%	73%	94%	83%	97%
Cuarto de Milla	44%	84%	66%	91%	80%	95%
Árabe	46%	84%	66%	91%	80%	95%
Pura Sangre Ingles	46%	84%	66%	90%	80%	95%

Los pesos y alzadas inicial y final son distintos para machos y hembras. Las diferencias son pequeñas.

La alzada a la cruz refleja, fundamentalmente, el crecimiento lineal de los huesos largos de las extremidades anteriores.¹⁰

2.8. Clasificación de la osificación.

Tipo A “Desarrollo integrado” cuando todas las ondas desaparecen y se observa sólo una franja blanquecina que poco a poco se va modificando.

Tipo B. “Desarrollo en proceso” Las ondas desaparecen en el centro del hueso y se observa una mancha blanquecina (osteogénesis en actividad)

Tipo C “Desarrollo negativo” en el lugar donde se está osificando se pueden ver unas ondas que van de afuera hacia adentro del hueso continuando hasta la otra orilla.

Se presentan estados intermedios, o sea de C a B o de B a A.¹⁵

2.9. Alzada de las diferentes razas de caballos

Cuarto de milla: 1.40 - 1.70 m

Pura Raza Española. 1.52 – 1.60 m

Pura Sangre inglés 1.45- 1.75 m.²³

2.10. Técnicas radiográficas.

Se debe conocer la anatomía radiográfica normal y las posibles variantes anatómicas o los cambios relacionados con la edad que se pueden presentar.¹⁴

Las radiografías pueden ser usadas para visualizar alguna reacción directa del esqueleto en desarrollo. Cambios en la arquitectura y densidad radiológica de los huesos pueden usarse para monitorear su estado y aplicarse en el régimen de entrenamiento y acondicionamiento.¹⁷

Dos conceptos que acompañan la revisión de varios apartados anatómicos y que forman la base de la interpretación radiográfica son: la apariencia y la densidad radiográfica.¹¹

La densidad es el grado de ennegrecimiento de la radiografía, puede aumentarse, incrementando el miliamperaje (mA), el tiempo de exposición o ambos.

La densidad del paciente es la capacidad de los diferentes tejidos para absorber los rayos X. Debido a las diferencias en la absorción de los rayos X se tiene objetos que absorben gran cantidad, llamados radiopacos, por lo que los fotones no pueden atravesarlos, produciendo un área clara que al ver la radiografía aparece blanca o gris clara; así mismo los objetos que permiten el paso de gran cantidad de radiación se denominan radiolúcidos y producen imágenes negras o gris oscuro.^{7, 14, 25} (fig.5)

La radiopacidad de los tejidos presenta cinco grados perceptibles:

- Aire: Absorbe una pequeña cantidad de radiación y produce una imagen negra intensa.
- Grasa: Su absorción de radiación es pequeña y ofrece imágenes gris oscuro.
- Tejido blando: Músculo, sangre y órganos parenquimatosos que están compuestos de agua, absorben igual cantidad de radiación por lo que de lugar a sombras radiográficas con variados tonos de grises.

- Hueso: Debido a su gran contenido de calcio, fósforo y otros minerales, tiene una densidad elevada, produciendo una imagen casi blanca.
- Metal: Tiene la más alta densidad radiográfica, por su elevado número atómico, absorbe la totalidad de la radiación generando una imagen blanca.^{3,14}

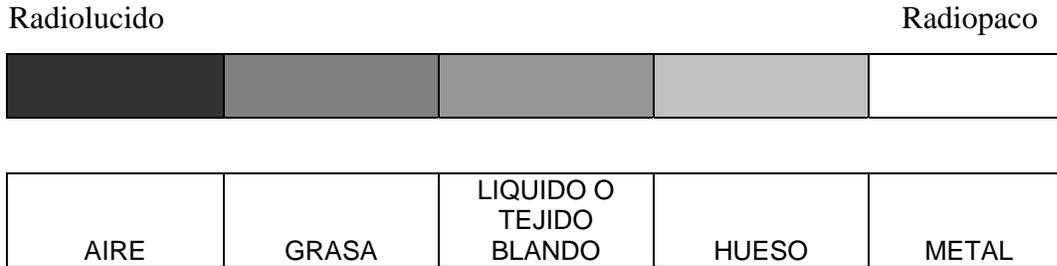


Figura 5. Densidades radiográficas.¹⁴

Términos de dirección

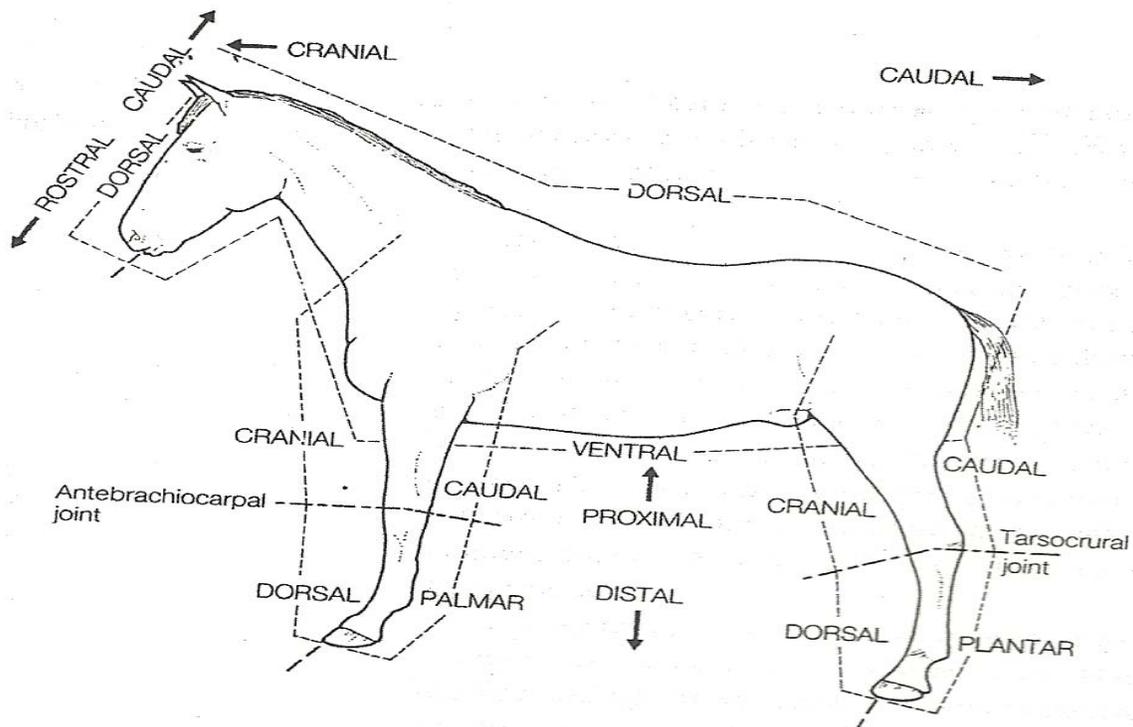


Fig. 6. Nomenclatura correcta que describe la dirección de entrada y salida de los rayos X (tomado de Butler, 2008)

2.10.1. Proyecciones del metacarpo.

Se debe colocar al caballo sobre sus cuatro extremidades alineadas de tal forma que su peso se distribuya de forma equitativa por las cuatro patas. El miembro de interés debe de quedar perpendicular al suelo.³

Un examen estándar radiográfico de metacarpo comprende proyecciones lateromedial, dorsopalmar, dorsolateral-palmaromedial oblicua, y dorsomedial-palmarolateral oblicua.

El metacarpo puede ser tomado usando un aparato de rayos X portátil.

Todas las tomas estándar son obtenidas idealmente con el caballo de pie. El metacarpo II y IV son evaluados mejor con una proyección dorsomedial-palmarolateral oblicua y dorsolateral-palmaromedial oblicua respectivamente.

El rayo se centra en el área de interés.²

2.10.2. Proyección dorsopalmar.

Se sitúa el chasis contra la cara palmar del metacarpo, manteniéndolo paralelo al miembro. Se enfoca el haz primario paralelo al suelo y centrarlo a medio camino entre la articulación del carpo y metacarpofalangiana.³ (fig. 7)

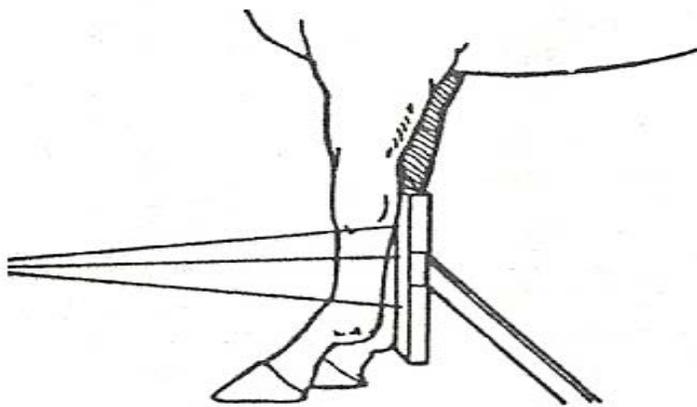


Fig. 7. Posicionamiento para la proyección dorsopalmar del metacarpo (tomado de Connie, 2000)

3. OBJETIVO

1. Determinar la edad en que se osifica la línea fisaria distal del metacarpo III por medio de un estudio radiográfico.

4. MATERIAL Y MÉTODO.

A) Material biológico.

Se evaluaron 20 caballos en crecimiento hasta los 10 meses de edad de ambos sexos y diferentes razas.

-10 Potros cuarto de milla del Rancho Papaloapan. Nopala, Hidalgo.

-6 Potros pura sangre inglés del Rancho El Mecate. Melchor Ocampo, Estado de México.

-4 Potros pura raza española del Rancho La Esperanza. Texcoco, Estado de México.

B) Material de campo.

-Almartigón.

-Ronzal.

-Cuerdas.

-Aparato de Rayos X portátil de la marca Toshiba.

-10 chasises.

-Película para rayos X.

-Extensión.

-Proceso de revelado (revelador, fijador, bastidores)

MÉTODO

Se realizó un estudio radiológico de la parte distal del metacarpo III a 20 potros en crecimiento entre 5 y 10 meses de edad. Se sacaron radiografías a los grupos de potros en crecimiento para evaluar la edad en que se osifica la línea fisaria distal del metacarpo III. Fue una toma dorso-palmar de la parte distal de la caña utilizando un equipo de rayos X portátil.

Rancho Papaloapan

Se tomaron dos lotes. El primero fue tomado el 17 de Enero del 2009. Se usaron 5 potros cuarto de milla de ambos sexos. Estos potros se encontraban sueltos junto con sus madres. Hubo que meter tanto potros como yeguas a un corral y con la ayuda de un registro elegir a los potros que tenían la edad adecuada para el examen radiográfico. Los potros se metían en un cajón de manejo para poder tomar las placas.

El segundo lote se tomo el 28 de Noviembre del 2009. Se usaron 5 potros y se realizó el mismo procedimiento.

En ambos lotes se utilizó como identificación el nombre de las madres.

Rancho La Esperanza

Se utilizaron 6 potros. Solo se usaron machos ya que las potrancas no tienen manejo y estas solo son usadas para la cría. Aquí los potros se encuentran con su madre en una caballeriza. Por medio de un registro de nacimiento se escogieron los potros adecuados. Se llevaron a un cuarto que se utiliza para la revisión médica. Solo se llevó al potro. Aquí se sujetó al potro con almartigón y ronzal y se tomaron las placas.

Aquí se identifican con el nombre del potro.

Rancho El Mecate.

Se usaron 4 potros de ambos sexos. Aquí los potros estaban en caballerizas con sus madres. Las placas se tomaron dentro de sus caballerizas. Se sujetó a la yegua y al potro se le colocó el almartigón y se tomó la placa.

Su identificación es por el nombre de la yegua madre.

5. RESULTADOS

Cuadro I. Tiempo promedio radiográfico del cierre de la fisis distal del metacarpo III en potros cuarto de milla. Rancho El Papaloapan

Primer lote

Nombre	Raza	Sexo	Fecha de Nacimiento	Fecha de toma de Rayos X	Edad		Clasificación
					Meses	Días	
Calceta	Cuarto de milla	H	15-May-08	17-Ene-09	8	247	B-A
225	Cuarto de milla	M	28-May-08	17-Ene-09	8	234	B
Estrella	Cuarto de milla	M	8-Ago-08	17-Ene-09	5	162	C
Coronita	Cuarto de milla	H	11-Abr-08	17-Ene-09	9	281	A
Coca	Cuarto de milla	M	25-May-08	17-Ene-09	8	237	B

Cuadro II. Tiempo promedio radiográfico del cierre de la fisis distal del metacarpo III en potros cuarto de milla. Rancho El Papaloapan

Segundo lote

Nombre	Raza	Sexo	Fecha de Nacimiento	Fecha de toma de Rayos X	Edad		Clasificación
					Meses	Días	
Baya 225	Cuarto de milla	H	05-May-09	28-Nov-09	6	207	B
Coca	Cuarto de milla	M	08-May-09	28-Nov-09	6	204	B
Continental	Cuarto de milla	H	18-May-09	28-Nov-09	6	194	C
Corona	Cuarto de milla	M	28-May-09	28-Nov-09	6	184	C
Calceta	Cuarto de milla	M	01-Jul-09	28-Nov-09	4	150	C

A. Desarrollo integrado

B. Desarrollo en proceso.

C Desarrollo negativo

En los potros cuarto de milla encontramos que la línea fisaria distal del metacarpo III empieza a osificar a los 204 días y a los 281 días ya está completamente cerrado. Aquí no se ve que afecte el sexo ya que se puede observar en el cuadro I que a los 204 días ya está osificando una potranca y a los 207 días se puede ver el inicio de la osificación en un potro.

Cuadro III. Tiempo promedio radiográfico del cierre de la fisis distal del metacarpo III en potros españoles. Rancho la Esperanza

Nombre	Raza	Sexo	Fecha de Nacimiento	Fecha de toma de Rayos X	Edad		Clasificación
					Meses	Días	
Nordico	Español	M	08-Mar-09	16-Nov-09	8	253	A
Neron	Español	M	25-Mar-09	16-Nov-09	7	236	A
Nicanor	Español	M	18-Feb-09	16-Nov-09	9	271	A
Novillero	Español	M	02-Ene-09	16-Nov-09	10	318	A
Nilo	Español	M	17-Feb-09	16-Nov-09	9	272	A
Noble	Español	M	20-Abr-09	16-Nov-09	7	210	C

A. Desarrollo integrado

B. Desarrollo en proceso.

C Desarrollo negativo

En los potros pura raza española el periodo en que se osifica completamente es muy corto. En la cuadro III se muestra que a los 210 días aun no osifica pero a los 236 días ya está osificado completamente. Por lo que podemos ver que inician su osificación a principios del séptimo mes y terminan a finales de este. En estos potros no se puede comparar con las potrancas porque estas no tienen manejo a esta edad ya que estas son destinadas a la recría.

Cuadro IV. Tiempo promedio radiográfico del cierre de la fisis distal del metacarpo III en potros pura sangre inglés. Rancho El Mecate

Nombre	Raza	Sexo	Fecha de Nacimiento	Fecha de toma de Rayos X	Edad		Clasificación
					Meses	Días	
Yungu	Pura Sangre Inglés	H	09-May-09	21-Nov-09	6	196	C
Charlina	Pura Sangre Inglés	H	26-Abr-09	21-Nov-09	7	209	B
Sweep Night	Pura Sangre Inglés	H	16-Abr-09	21-Nov-09	7	219	B-A
Viridiana	Pura Sangre Inglés	M	06-Feb-09	21-Nov-09	9	288	A

A. Desarrollo integrado

B. Desarrollo en proceso.

C Desarrollo negativo

En los potros pura sangre inglés encontramos que a los 209 días está en proceso de osificación y a los 288 días ya esta cerrado. Aquí el periodo de osificación es mas lento transcurriendo 79 días. En estos no hay mucha diferencia con los cuarto de milla con un lapso de 77 días

Rancho la Esperanza

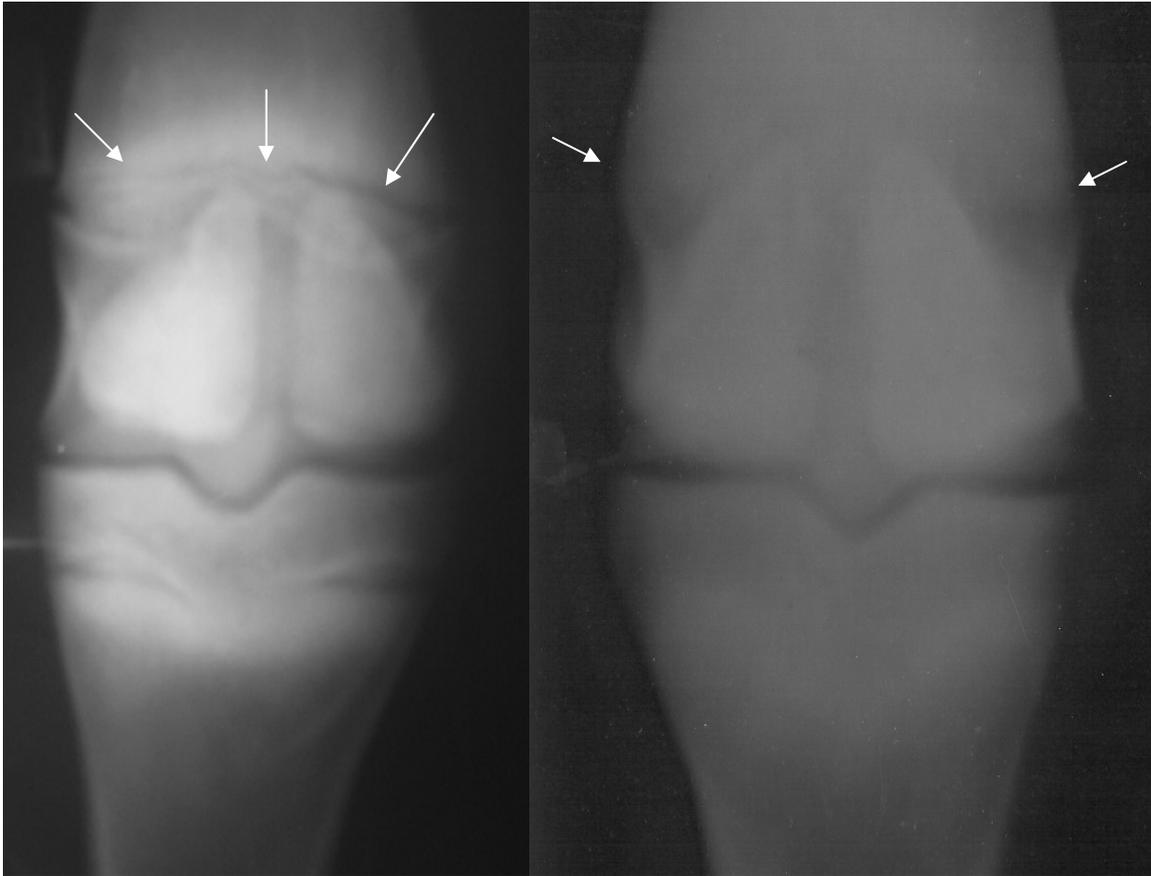


Fig. 8. Potro con 210 días de edad “C” Fig. 9. Potro con 236 días de edad. “A”

En la figura 8 se puede observar la línea fisaria en crecimiento que se ve como una línea radiolúcida que atraviesa todo el hueso al contrario de la figura 9 que ya no se aprecia y se observa uniforme esto quiere decir que esta osificada y sin crecimiento..

Rancho El Papaloapan.

Primer lote tomado el 17 de Enero 2009

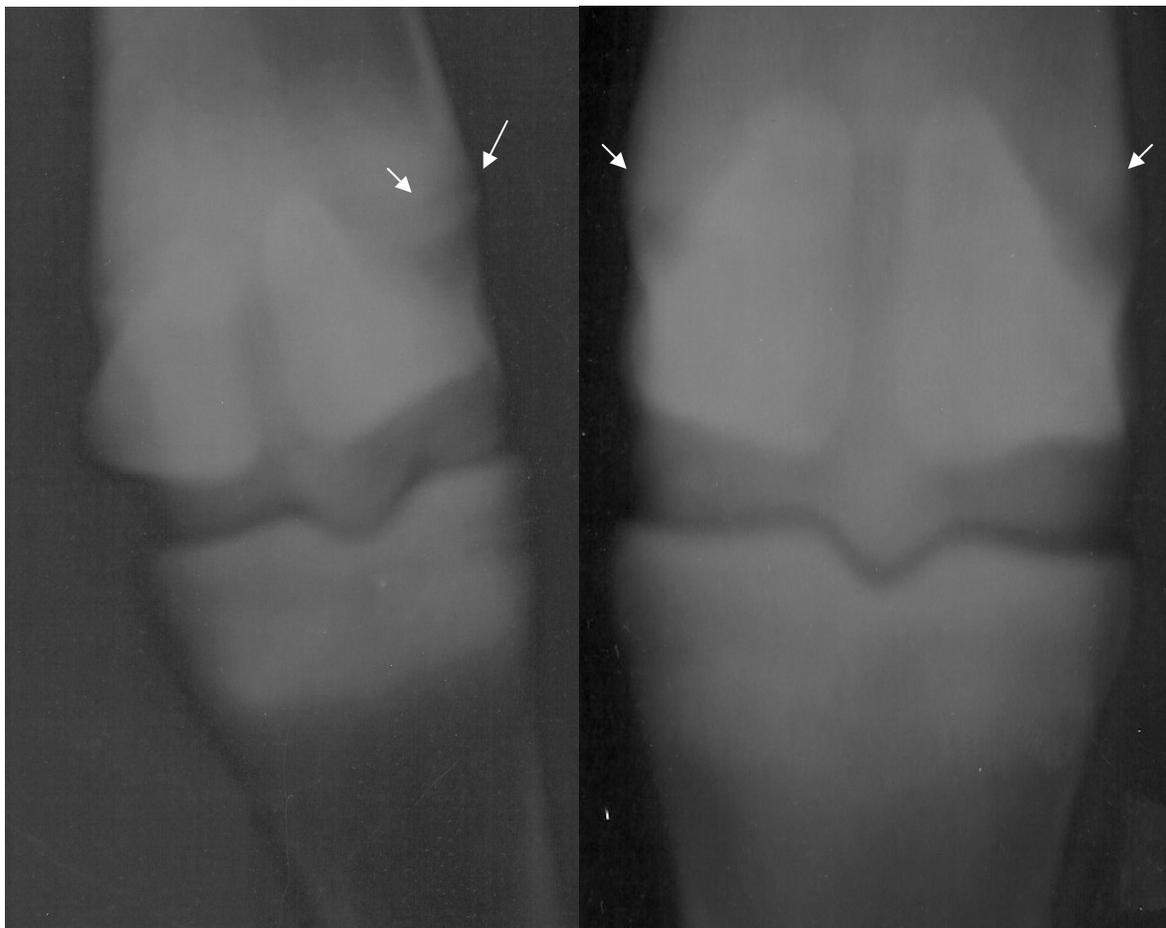


Fig. 10. Potro con 234 días de edad “B” Fig. 11. Potro con 281 días de edad “A”

En la figura 10 se ve más uniforme la parte de en medio y a las orillas se alcanza a ver una pequeña línea radiolúcida, esto quiere decir que todavía esta en proceso de osificación. En la figura 11 ya no se ve la línea radiolúcida (clasificación “A”), se observa muy uniforme, esto indica que esta cerrada y sin crecimiento.

Rancho El Mecate.

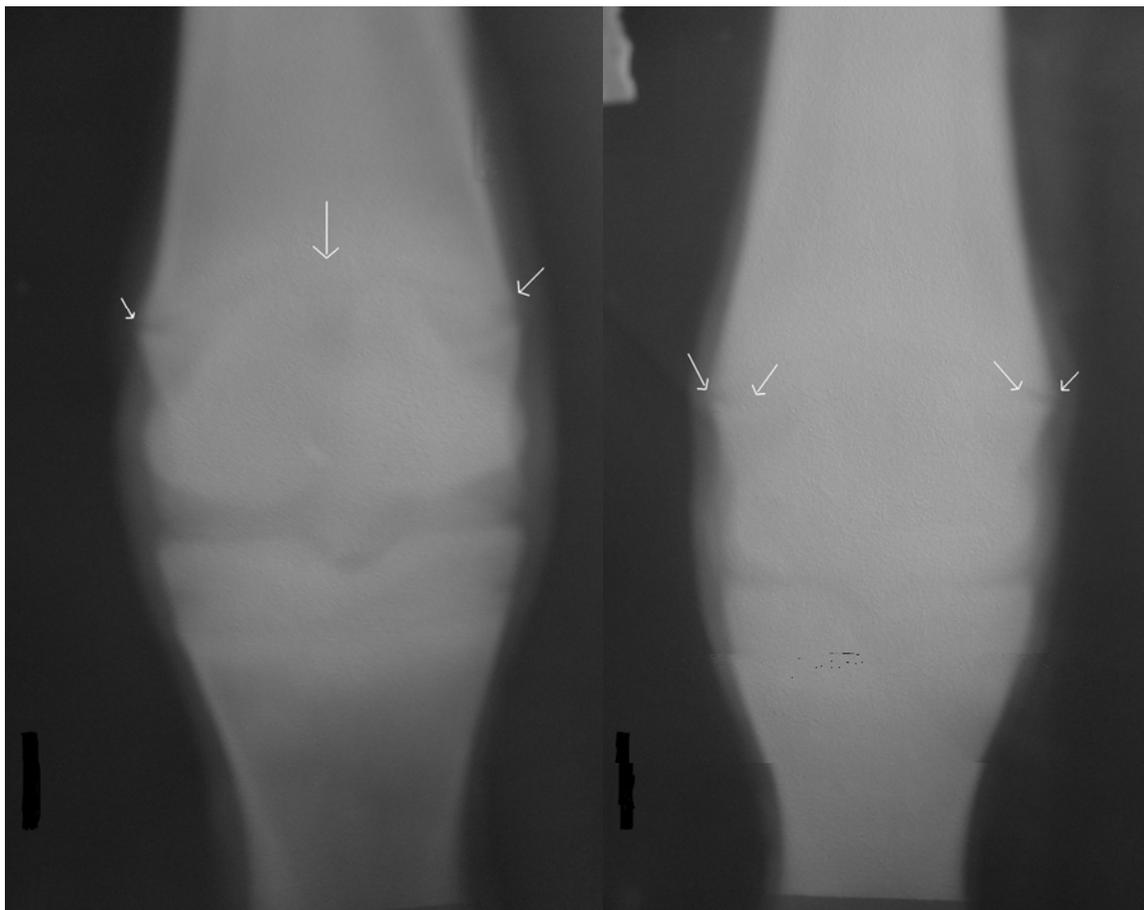


Fig 12. Potro con 196 días de edad “C”

Fig. 13. Potro con 209 días de edad “B”

En la figura 12 podemos ver una línea radiolúcida que atraviesa el hueso de lado a lado indicando que la fisis esta abierta. En la figura 13 se puede observar que en la parte central esta radiopaco y solo en los extremos se ve una pequeña línea radiolúcida, esto significa que el proceso de osificación está casi por terminar



Fig. 14. Potro con 288 días “A”

En la figura 14 se puede observar que ya no se ve la línea radiolúcida, indicando que la fisis está cerrada y que el crecimiento terminó.

6. DISCUSIÓN

En este trabajo se hizo una evaluación morfológica sin tomar medidas del tamaño de la fisis a diferentes edades, junto con el hecho de no haberse podido trabajar con un mayor número de animales no nos permitió realizar un análisis estadístico

Pero cabe mencionar que al ser estos caballos de alto valor económico las condiciones de estos animales son muy buenas tanto de manejo como de nutrición por lo que estos factores muy importantes para el crecimiento del animal no fueron una limitante y los resultados obtenidos fueron por pura expresión genética.

En estudios previos sobre el cierre de cartílagos epifisarios en potrillos se reportan edades variables. Se menciona que entre los 3 y 6 meses de edad se cierra la línea fisaria distal del metacarpo III (Butler, 2008) y por otro lado se dice que cierra entre los 9 y 12 meses (Davies, 2005; Pilliner, 2004), aunque no mencionan razas, manejo, ni ubicación geográfica.

El estudio realizado nos dice que la línea fisaria cierra entre los 7 y 9 meses por lo que habrá de considerarse los datos y la gran diferencia al momento de emitir cualquier opinión.

7. CONCLUSIONES

1. En potros cuarto de milla la osificación inicia a finales del sexto mes (204 días) y termina al noveno mes (281 días). Ocurre en un lapso de 77 días
2. En potros de la raza pura sangre inglés la osificación inicia en el séptimo mes (209 días) y termina en el noveno mes (288 días). En un periodo de 79 días.
3. En potros pura raza española la línea fisaria inicia su osificación a principios del séptimo mes y termina a finales de este mismo mes. Sucediendo en un periodo más corto (30 días aproximadamente).
4. El metacarpo III concluye su crecimiento total a los 9 meses de edad en los potros y el desarrollo restante lo continúan otros huesos que osificaran en edad posterior.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Bernal ZH, García RJ. Manual sobre la anatomía de la parte distal de los miembros torácico (mano) y pelviano (pie) del equino. (Tesis de licenciatura). México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 1995
2. Butler JA, Colles CM, Dyson SJ, Kold SE. Clinical radiology of the horses. 2nd ed. Blackwell Science. 2008
3. Connie MH, Cheryl DH, Diagnóstico práctico por imagen para técnicos veterinarios. Editorial Acribia. 2000
4. Davies Z. Introduction to horse biology. Blackwell publishing. 2005.
5. Dellmann HD, Brown EM. Histología veterinaria. Editorial Acribia 1976.
6. Denny HR. Tratamiento de las fracturas de los équidos. Editorial Acribia Zaragoza, España. 1992.
7. Douglas SW, Williamson HD. Diagnostico Radiológico veterinario. Editorial Acribia. 1975.
8. Floyd AE, Mansmann RA. Equine Podiatry. Saunders Elsevier. 2007
9. Frandson RD. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. 4^a edición. McGraw-Hill. México, D.F. 1988.
10. Frape D. Equine nutrition & feeding. 3th ed. Blackwell. 1998.

11. García T.C.G., Hernández H.R. y Ortiz B.T. (coordinadores y editores). Bernal Z.H., Carmona O.A., Carrillo M.F., Flores O.G., García T.C.G., González L.C.J., Hernández H.R., Nieto B.J.L., Oliver G.M.R., Ortiz B.T., Pichardo M.M.R., Reyes S.A., Soto Z.C.I. y Waldo T.S. Apuntes y Manual de Prácticas de Anatomía Topográfica (240 páginas). FES-Cuautitlán UNAM. 2007.
12. Gartner LP. Histología. Texto y Atlas. McGraw-Hill- Interamericana. 1997
13. Geneser F. Histología. 3ª ed. Editorial Médica Panamericana. 1999.
14. Gomez SI. Técnicas y procedimientos de interpretaciones radiográficas. (Tesis de licenciatura). México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 2009.
15. Guzmán CC. Temas generales de veterinaria practica del caballo. 3a ed. 2006.
16. Hayes HM. Veterinary notes for horse owners. 17th edition. Prentice Hall Press Equestrian. books. 1987
17. Hinchaliff KW, Kaneps AJ, Geor RJ, Bayly W. Equine sports medicine and surgery. Saunders Elsevier. 2004.
18. Horst EK, Hans GL. Anatomía de los animales domésticos. Texto y atlas a color. Tomo I. Aparato locomotor. 2ª ed. Editorial Mexica Panamericana.
19. Johannessen MK , Skretting G, Ytrehus B, Røed KH. Neonatal growth cartilage: Equine tissue specific gene expresión. Biochemical and Biophysical Research Communications 2007;354: 975–980
20. Juliand V, Martin-Rosset W. The growing horse: nutrition and prevention of growth disorders. Wagening Academic Publishers. 2005

21. Junqueira LC, Carneiro J. Histología Básica. Texto y atlas. 6ª ed. Elsevier. 2006.
22. Lynch M, Walsh B. Genetic and analysis of quantitative traits. Inc. publishes. Sunderland, Massachusetts. 1998.
23. McBane S. Caballos del mundo. Segunda parte. Razas de caballos. Editorial Hispano Europea. Barcelona (España) .1991
24. McIlwraith CW. Developmental Orthopedic Disease: Problems of Limbs in Young Horses. Journal of Equine Veterinary Science November 2004;24: 475-479
25. Meschan I. Posiciones y correlación anatómica. 2ª ed. Editorial Medica Panamericana. 1982.
26. Nielsen BD, Potter G.D, Morris EL, Odom TW. Senor DM, Reynolds JA, Smith WB, Martin MT. Changes in the third metacarpal bone and frequency of bone injuries in young quarter horses during race training - observations and theoretical considerations. Journal of Equine Veterinary Science 1997; 17: 541- 549.
27. Nussbag W. Compendio de anatomía y fisiología de los animales domésticos. Editorial Acribia Zaragoza, España. 1967.
28. Pilliner S, Davies Z. Equine Science. 2nd ed. Blackwell. 2004.
29. Reed SM, Bayly WM, Sellon DC. Medicina interna equina. 2ª ed. Intermedica. 2005.
30. Stashak TS. Adam´s Lameness in horses. 4th ed. Lea & Febiger. Philadelphia. 1987.
31. Swenson MJ, Dukes HH. Fisiología de los animales domésticos. Tomo I. Funciones vegetativas. Editorial Aguilar. 1981.

32. van de Lest CHA., Brama PAJ, van El B. DeGroot J, van Weeren PR. Extracellular matrix changes in early osteochondrotic defects in foals: a key role for collagen? *Biochimica et Biophysica Acta* 2004: 54– 62
33. Verwilghen D, Busoni V, Gangl M, Franck T, Lejeune JP, Vanderheyden L, Detilleux J, Grulke S, Deberg M, Henrotin Y, Serteyn D. Relationship between biochemical markers and radiographic scores in the evaluation of the osteoarticular status of Warmblood stallions. *Research in Veterinary Science*. 2009; 87: 319–328
34. Wyn-Jones G. *Enfermedades ortopédicas de los equinos*. Hemisferio Sur. 1992