

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

CARRERA DE MAESTRIA EN MEDICINA DEL EQUINO DEPORTIVO

**“HALLAZGOS RADIOLÓGICOS VINCULADOS A LA FISIS DE
CRECIMIENTO DE DISTAL DEL RADIO EN CABALLOS CRIOLLOS”**

Autor: Vet. Esp. Juan Francisco Sandes

Director: Vet. Esp. MsCV Alberto Garcia Liñeiro

Mendoza, 2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
NOMINA DE ABREVIATURAS	V
LISTA DE TABLAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
I. Generalidades sobre Desarrollo Óseo y Fisis de Crecimiento.....	1
Anatomía de los huesos largos.....	1
Crecimiento óseo.....	2
Influencia del ejercicio y otros factores sobre el crecimiento óseo	5
II. Valoración del desarrollo y crecimiento óseo.....	7
Métodos para la evaluación del crecimiento óseo	7
Radiografía del disco de crecimiento utilizado como parámetro del desarrollo óseo	8
III. Características raciales del Caballo Criollo.....	12
IV. Situación Problemática	14
V. Hipótesis	15
VI. Objetivos.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos	15
MATERIALES Y METODOS.....	16
RESULTADOS.....	19
DISCUSIÓN.....	29

CONCLUSIÓN	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
ANEXO I	37
ANEXO II	38

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a:

A mi madre por su apoyo incondicional en esta larga carrera y en cada proyecto.

Al Med. Vet. Esp. MsC Alberto Garcia Liñeiro por su desinteresada colaboración, brindando sus conocimientos y sus innumerables consejos, sin los cuales este estudio no hubiese sido posible.

Al Lic. Diego Messina por su invaluable auxilio en el análisis estadístico.

A las Cabañas: La Deseada, Arraigado, Los Reyunos y Las Leales, y a los propietarios particulares por brindar generosamente sus caballos para este trabajo.

A todos aquellos que, directa o indirectamente, ayudaron a que este trabajo fuera una realidad

NOMINA DE ABREVIATURAS

ANOVA: Análisis de la Varianza

Bs. As.: Buenos Aires

cm: centímetros

mm: milímetros

S.P.C: Sangre Pura de Carrera

S.R.A: Sociedad Rural Argentina

Sta. Fe: Santa Fe

vs: Versus

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tiempos de cierre del cartílago de crecimiento informados para las diferentes razas equinas.....	10
Tabla 2: Cantidad de machos y hembras por categoría de cartílago del crecimiento.....	21
Tabla 3: Edad media en los diferentes sexos para cada categoría de cartílago de crecimiento.....	22
Tabla 4: Cantidad de animales en los dos diferentes regímenes alimenticios, correspondientes a cada categoría de cartílago de crecimiento.	23
Tabla 5: Caballos de las diferentes categorías de cartílago distribuidos según la región de cría.....	25
Tabla 6: Recuento del numero de equinos de cada categoría de cartílago de crecimiento, según su cronología dentaria	26
Tabla 7: Comparacion por ANOVA de la asociacion entre las medidas biometricas y las diferentes caterogias de cierre del cartilago de crecimiento	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Partes del hueso largo. Corte sagital de la epífisis, metáfisis y diáfisis del radio distal del caballo.....	1
Figura 2: Diagrama de una epífisis en proceso de osificación endocondral. .	3
Figura 3: Caballo Criollo.	13
Figura 4: Placa de crecimiento completamente abierta (C)	19
Figura 5: Placa de crecimiento en proceso de cierre (B)	20
Figura 6: Placa de crecimiento completamente cerrada (A)	20
Figura 7: Asociacion Tau-b de Kendall entre edad en meses y la categoría de cartílago de crecimiento.....	21
Figura 8: Machos y hembras presentes en cada categoría de cartílago de crecimiento.....	22
Figura 9: Edad (en meses) para machos y hembras en cada categoría de cierre del cartílago de crecimiento.	23
Figura 10: Porcentaje de animales criados en pastizal natural vs. pastura implantada	24
Figura 11: Recuento del numero de equinos correspondiente a cada régimen alimenticio ubicados según las diferentes categorías de cartílago de crecimiento	24
Figura 12: Porcentaje de animales evaluados provenientes de cada eco-región.....	25
Figura 13: Recuento del numero de equinos de las diferentes regiones para cada categoría de cartílago de crecimiento.	26
Figura 14: Recuento del numero de equinos de cada categoría de cartílago de crecimiento, según su cronología dentaria	27
Figura 15: Porcentaje para cada categoría de cartílago de crecimiento en animales con todos los dientes definitivos y una edad mayor o igual a 5 años.....	27

RESUMEN

El caballo Criollo es un animal rústico, con más de 400 años de selección natural gracias a la vida salvaje en Argentina. En el medio local está muy arraigada la creencia de que este caballo crece hasta los 5 o 6 años de edad y al no estar esto comprobado es posible que se produzcan errores en su manejo que puede generar situaciones perjudiciales tanto para la salud del caballo como para la economía de la producción en general. Con el objetivo de estimar el cierre radiológico del cartílago de crecimiento óseo en el Caballo Criollo, se tomaron placas en proyección anteroposterior de la fisis de radio distal a 50 caballos con edades entre los 18 y 69 meses. Se clasificó a la imagen radiográfica de la epífisis como A (completamente madura), B (en proceso de cierre) y C (completamente abierta). Se observó que los cartílagos se encontraban en la categoría A a los $53\pm 3,22$ meses, en la B a los $44\pm 2,68$ meses y en la C a los $29\pm 2,41$ meses. También se realizó la toma de medida de altura, circunferencia torácica y del tercer metacarpiano. En las medidas biométricas pudo apreciarse una tendencia a ser menores comparadas con lo establecido por el estándar racial. Estos resultados confirman la hipótesis de que el caballo Criollo posee una edad de cierre de cartílago de crecimiento de radio distal más tardío, en comparación al expresado en las razas ya estudiadas.

Palabras Clave: cierre radiológico, rayos X, entrenamiento, caballo criollo

ABSTRACT

The Criollo horse is a strong animal, with over 400 years of natural selection by wildlife in Argentina. Within the local, belief that this horse grows up to 5 or 6 years old is very entrenched, not being checked it is possible that errors in handling situations that may generate harmful in horse health and at economics production. In order to estimate the radiological closure of growth cartilage in the bone of the Criollo horse, radiography of the physis of distal radius from 50 horses aged between 18 and 69 months were taken in anteroposterior projection. We classified the radiographic image of the epiphysis as A (fully closed), B (closing) and C (fully open). It was observed that cartilage were in category A at 53 ± 3.22 months, in the B at 44 ± 2.68 months and the C at 29 ± 2.41 months. Height measurement, thoracic circumference and third metacarpal circumference were also performed. In biometric measures could be seen a tendency to decrease compared with that established by the breed standard. These results confirm the hypothesis that the Criollo horse has a later closure of the growth plate of distal radius compared to the previously studied in other breeds.

Key words: radiological closure, X rays, training, criollo horse

INTRODUCCIÓN

I. Generalidades sobre Desarrollo Óseo y Fisis de Crecimiento

Anatomía de los huesos largos

Los huesos se dividen en cuatro clases según su forma y función: huesos largos, huesos planos, huesos cortos y huesos irregulares. Los huesos largos son elongados, de forma cilíndrica y con sus extremidades ensanchadas. Se ubican en los miembros, donde actúan como columnas de soporte y palanca (Getty, 2005).

Un hueso largo está formado por un sector medio tubular donde se contiene la médula ósea, que se denomina diáfisis. Hacia los extremos vamos a encontrar la metáfisis, que es el sector donde tiene lugar el crecimiento del hueso largo; la fisis, que es el centro de osificación endocondral y la epífisis, que es la parte de hueso que se localiza entre la fisis y la articulación (Baxter et al, 2004).

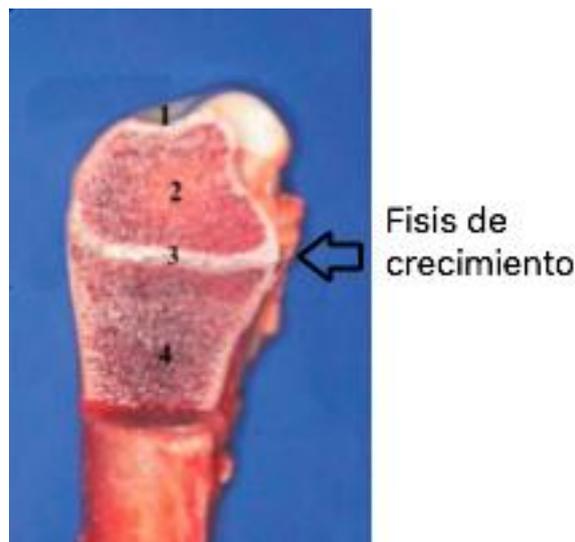


Figura 1: Partes del hueso largo. Corte sagital de la epífisis, metáfisis y diáfisis del radio distal del caballo. 1) Complejo del cartílago articular epifiseal. 2) Centro secundario de osificación de la epífisis. 3) Cartílago de crecimiento metafiseal. 4) Centro primario de osificación de la diáfisis. (Adaptado de: Hernández Vidal, Mora Valdez, Rodríguez Tovar y Ramírez Romero, 2011)

Los huesos de los animales jóvenes son dramáticamente diferentes a los del caballo adulto. En los potrillos son pequeños, de superficie suave y circulares, compuestos de varias partes como resultado de los centros de crecimiento todavía sin fusionar (Farrow, 2006).

El proceso de osificación en el caballo es más eficiente que en otras especies. En el potro, al nacer existe una cantidad considerable de cartílago en la zona de transición llamada fisis o placa de crecimiento, situada entre la diáfisis y epífisis así como en el complejo del cartílago articular epifiseal; estas áreas son las encargadas del crecimiento (Hernández Vidal et al 2011).

El crecimiento longitudinal de los huesos es consecuencia de los acontecimientos que se producen en las fisis, o también llamada placa de crecimiento (Baxter et al 2004).

Crecimiento óseo

En los huesos largos el crecimiento se produce por el modelo de osificación endocondral que se localiza en la fisis y metáfisis, también llamada centro de osificación primario. Éstas contribuyen con el aumento de la longitud y el ancho de los huesos hacia la diáfisis (Farrow, 2006). El proceso de osificación endocondral es muy activo durante la etapa temprana de vida del animal; esta actividad disminuye gradualmente durante el desarrollo y se detiene cuando se osifican las placas fisiarias y termina el crecimiento (Hernández Vidal et al 2011).

La fisis o placa de crecimiento tiene una arquitectura característica determinada por diferentes zonas: zona germinal, zona proliferativa, zona hipertrófica y la zona de osificación. Estas se ubican respectivamente desde la epífisis hacia la diáfisis (Baxter et al 2004). Los vasos sanguíneos no se encuentran presente en el disco de crecimiento normal, solo aparecen inmediatamente antes de la fusión de la fisis (Brown et al, 1976).

En la zona germinal los condrocitos sufren mitosis en dirección longitudinal y luego se aplanan proporcionando alargamiento a las columnas celulares, el colágeno tiene una orientación aleatoria. En la zona proliferativa es donde ocurre la división celular activa de la fisis, aquí el colágeno se dispone longitudinalmente entre las columnas de células en proliferación. En la zona hipertrófica las células sufren un aumento de tamaño por un incremento en su actividad metabólica, ya no se dividen y carecen de sustancia intercelular (Baxter et al, 2004).

Finalmente, en la zona de osificación la matriz intercelular sufre una calcificación gradual, los vasos sanguíneos empiezan a invadir las columnas de cartílago calcificado rompiendo los tabiques que se formaron entre ellas. Estos vasos sanguíneos aportan osteoblastos, que formaran células, y condroclastos que removerán el cartílago remanente (Baxter et al 2004).

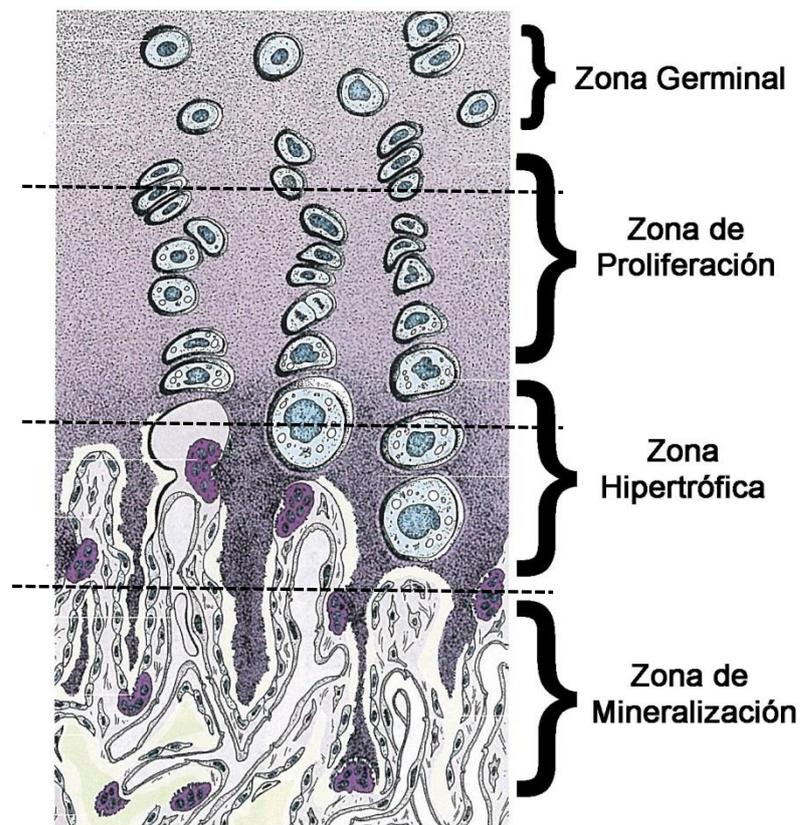


Figura 2: Diagrama de una epífisis en proceso de osificación endocondral (Adaptada de: König y Liebich, 2004).

A medida que cesa el crecimiento del hueso la fisis se vuelve progresivamente más delgada, y finalmente, la epífisis y la metáfisis se

fusionan mediante la sustitución de la placa de crecimiento cartilaginosa por hueso trabecular (Baxter et al 2004).

En las epífisis óseas se desarrolla un centro de osificación secundario a partir de un modelo de osificación cartilaginosa, en el cual las células osteoprogenitoras forman el hueso subcondral, el cartílago articular y la superficie para la articulación con el hueso adyacente. Este colabora con el aumento del largo y ancho del extremo del hueso. El desarrollo normal de las epífisis óseas depende de diferentes factores, pero el más importante es la relación con la superficie articular opuesta. Una epífisis debe comprimirse de forma regular e intermitente, asegurando así una adecuada perfusión sinovial del cartílago articular (Farrow, 2006).

También se encuentran células osteoprogenitoras en el estrato interno del periostio y del endostio. Estas células permiten el crecimiento y remodelación de la corteza del hueso y permanecen activas más allá del periodo de crecimiento del animal y son la fuente primaria de osteogénesis durante la reparación de fracturas (Farrow, 2006).

Raub (2010) afirma que a los 6 meses de edad el caballo debe obtener el 83% de su altura y el 43% del peso adulto, a los 12 meses el 90% y 67% y a los 18 meses el 95% y 80% respectivamente.

La fisis es considerada un importante punto de referencia radiográfico, debido a que se observa como una línea transparente que se diferencia claramente del osteoide mineralizado de la epífisis y la metáfisis. Esta se ve especialmente pronunciada durante los primeros meses de desarrollo esquelético del potrillo, pero a medida que la fisis cierra, la hendidura radiolúcida entre la metáfisis y la epífisis se estrecha y se vuelve inexistente. En un primer momento se genera una línea radiopaca llamada cicatriz fisiaria, que a medida que el animal envejece esta cicatriz sufre remodelación y desaparece. En promedio, la fisis de los huesos largos cierra entre los 24 y 48 meses en los caballos (Ferrel et al 2009).

Influencia del ejercicio y otros factores sobre el crecimiento óseo

La tasa de crecimiento óseo es mayor en animales más jóvenes que en los de más edad, también en machos que en hembras. Sin embargo, no se establece ninguna correlación estadística significativa entre la ganancia de peso y la tasa de crecimiento (Goyal et al 1981). Además se ha documentado que el miembro posterior tiene un crecimiento más acelerado que el miembro anterior (Raub, 2010 y Goyal et al 1981).

Baxter y Turner (2002) aseveran que la tensión y compresión de la fisis, dentro de un rango biológico, es esencial para el desarrollo y crecimiento del hueso. Dentro de este rango, el aumento de estos parámetros incrementará el crecimiento, mientras que una disminución lo reducirá. Este fenómeno se conoce como Ley de Heuter-Volkman del crecimiento fisiario.

En niños humanos esta estudiado que el entrenamiento rutinario de baja intensidad estimula el crecimiento en longitud del hueso; pero si los entrenamientos son de alta intensidad pueden, incluso, llegar a inhibirlo (García de la Rubia et al 1998).

El ejercicio y entrenamiento exigente y altamente concusivo puede dañar potencialmente los discos de crecimiento primario, o más específicamente su circulación. Es por esto que muchos entrenadores evitan cierto tipo de ejercicios hasta que los discos de crecimiento centinela, como el presente en el radio distal, están totalmente cerrados (Farrow, 2006).

El ejercicio también ejerce influencia sobre el cartílago articular. La característica de heterogeneidad topográfica de la matriz extracelular del cartílago articular, se ve estimulada por las cargas biomecánicas del ejercicio que el potro realiza en un período temprano (Van Weeren, 2012).

Muchos de los problemas que se desarrollan en los caballos que comienzan a trabajar a temprana edad se pueden atribuir a inmadurez, exceso de trabajo, conformación defectuosa o una combinación de estos factores (Mason et al 1973).

Muchas veces en los potros S.P.C los criadores y entrenadores realizan un “pre-condicionamiento” para las carreras porque afirman que fortalece y madura los huesos. Sin embargo, está demostrado que este manejo no influye en la madurez ósea y no sirve para acelerar el esquema de fusión de los discos de crecimiento (Bennett, 2008).

Takeuchi (2000) asevera que el stress mecánico es un factor que acelera el crecimiento circunferencial del hueso largo, pero no tiene mucha influencia sobre el largo total. Además, sugiere que la presión física en dirección longitudinal inhibe el crecimiento en largo del hueso, mientras que el stress mecánico es importante para una correcta morfología y función de estos.

En los machos, la castración temprana puede retrasar el cierre de las fisis de crecimiento (Cable, 2001).

Una nutrición inadecuada o desbalanceada puede producir múltiples consecuencias en el crecimiento. La falta de vitamina D genera un retardo en el cierre epifisiario junto con engrosamiento, irregularidad y falta de definición de los discos (El Shorafa et al 1979).

Por otra parte, en un estudio donde se suplementaron potrancas Cuarto de Milla con cultivos vivos de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que estimula la población microbiana del intestino posterior, mejorando así la digestibilidad de los nutrientes, se observó una tendencia a reducir los tiempos de cierre de los cartílagos de crecimiento (Cortada, 2012).

II. Valoración del desarrollo y crecimiento óseo

Métodos para la evaluación del crecimiento óseo

Existen muchos métodos, más o menos accesibles, para valorar el desarrollo y la morfología ósea en caballos jóvenes. Entre éstos se puede mencionar: medición directa, marcadores óseos, biopsia, radiología y radiogrametría, absorciometría radiográfica, ultrasonido cuantitativo, absorciometría fotónica, absorciometría dual de rayos x, imagen por resonancia magnética y tomografía computarizada cuantitativa periférica (Firth, 2001-2003).

Jeffcott y otros (1988) afirman que mediante las técnicas de velocidad ultrasónica y absorciometría fotónica se pueden realizar mediciones no invasivas del hueso, al igual que con la radiología tradicional. La absorciometría fotónica brinda información sobre el contenido mineral y la velocidad ultrasónica informa sobre la elasticidad del hueso, ambos pueden ser usados como indicadores de madurez esquelética. Además podrían utilizarse para medir los cambios que la inmovilización, el ejercicio y la nutrición pueden producir en el hueso.

La caracterización por centellografía de la fisis de crecimiento muestra que cuando hay cartílago inmaduro la misma tiene una apariencia gruesa, lineal o ligeramente arqueada y cerca del momento de cierre sólo se observa un área delgada y difusa. La captación fisiaria del disco de crecimiento disminuye un 50% al momento de cierre, observado entre los 24 y 32 meses en S.P.C (Uhlhorn et al 2000).

El estado madurativo del esqueleto es un valor de referencia bastante preciso para medir la edad biológica del individuo, siendo la medición de los centros epifisarios o edad ósea el aspecto más fácilmente mensurable (García de la Rubia et al 1998).

En niños la técnica más confiable y precisa para determinar la edad ósea es la radiografía de mano y muñeca. Se ha teorizado sobre otras formas no invasivas y libres de radiación para realizar estas mediciones, pero llegaron a la conclusión de que necesitan más estudio y comparación entre los diferentes métodos para hallar el más aplicable en la población (Mughal et al 2014).

Radiografía del disco de crecimiento utilizado como parámetro del desarrollo óseo

Las medidas para determinar la maduración ósea, y en consecuencia el tipo de actividad que puede realizar el potro, son los discos de crecimiento presentes en distal del radio y la tibia. Éstos usualmente se cierran, como se indica por desaparición radiográfica, entre los 24 y 30 meses de edad dependiendo de la raza, y en menor medida del género (Farrow, 2006).

Otros autores mencionan que el cierre fisiario de radio y ulna culmina entre los 20 y 36 meses (Butler et al 2000).

Según un estudio realizado en Brasil sobre caballos Criollos, el cierre del cartílago de crecimiento de radio distal se produce a los 25 meses de edad, y por lo tanto no poseen un cierre tardío de la placa epifisiaria. Además no se pudo demostrar influencia del régimen alimentario sobre el disco de crecimiento; pero si se expuso la influencia del sexo, donde los machos cierran más tarde que las hembras (Colares Luiz, et al 2007).

Los tiempos de cierre informados para el Pura Sangre de Carrera fueron de entre 664 a 803 días (22 a 27 meses), siendo más precoz en las hembras que en machos (Vulcano et al 1997). Mason y Bourke (1973) afirman, en esta misma raza, que el cierre es más tardío, produciéndose a los 28 meses de edad. Otra publicación muestra que la interrupción del crecimiento se produce entre 26 y 33 meses (Pasolini et al 2003). Para Uhlhorn y otros (2000) el cierre radiológico se observa entre los 24 y 32

meses. Semeco Soto y otros (1994) observaron en el Hipódromo Nacional de Santa Rita (Venezuela) que los caballos S.P.C tienen una maduración ósea posterior a los 28 meses de edad .

Por otro lado, en un estudio donde se realizaron radiografías a caballos Pura Sangre de Carrera que estuvieron bajo entrenamiento entre 2000 y 2007, desde los 18 meses hasta su osificación, expone que ésta se encuentra influenciada por el año y estación de nacimiento, padrillo y criador del animal. Los datos más notorios de este trabajo indican que los animales nacidos en primavera poseen un tiempo de osificación más corto que los nacidos en invierno; no se halló diferencia estadística entre los diferentes sexos y que los caballos nacidos en 2000 y 2005 fueron los más precoces, pero no explican a qué se puede deber este fenómeno (Łuszczynski et al 2011). Mientras que para Gabel, Spencer y Pipers (1977) el tiempo de cierre de la fisis distal del radio abarca un rango de los 26 a los 35 meses, pero no encuentra diferencia estadística entre lo observado en los diferentes sexos.

En la raza Brasileira de Hipismo se reportó un cierre más tardío en macho que en hembras, entre un rango de 24,25 y 29,56 meses. Los investigadores plantean que al tener un cierre más retardado que otras razas se logran animales más altos, ideales para la disciplina que practican (Godoy et al 2004).

En potrancas de raza Manga Larga se ha observado un cierre de cartílago de crecimiento de radio distal de $25 \pm 1,2$ meses. A partir de esta edad el animal puede ser sometido a entrenamiento intenso (Mamprim et al 1992). En caballos Árabes se reporta el cierre a los 24 meses para los machos y 23,5 meses en las hembras (Myers et al 1966).

Los caballos Islándeses son una raza de porte pequeño, muy antigua y con un proceso de selección mínimo, presentan tiempos de cierre de la epífisis de radio distal que varía desde los 27,4 a los 32 meses. Esto muestra que tiene un cierre radiológico similar al de las razas contemporáneas (Strand, Braathen et al 2007).

En los caballos Cuarto de Milla se evidencia una precocidad de cierre no observada en razas deportivas de crianza intensiva (biotipos de Salto, Sangre Pura de Carrera y Sangre Pura de Carrera por Cuarto de Milla). Ellos relatan que el cierre completo o parcial del cartílago del Mtc III se produce entre los 6 y 8 meses de edad (Perrone et al 2009) y en la epífisis radial observaron que a los 24 meses de edad cerca del 50% de las potrancas estudiadas tenían las placas de crecimiento articulares cerradas o próximas al cierre (Cortada, 2012). Según Bennet (2008) los caballos Cuarto de Millas han sido criados y seleccionados para aparentar madurez física mucho antes de que su esqueleto este realmente maduro.

Raza	Autor y Año	Cierre
Caballo Criollo	Colares Luiz, Desessards De La Corte & Brass (2007). Colares Luiz (2005)	25 meses
S.P.C	Vulcano, Mamprim, Muniz, Moreira & Luna (1997) Mason & Bourke (1973) Pasolini, Meomartino, Fatone, Brunetti & Laratta (2003) Gabel, Spencer & Pipers (1977) Uhlhorn, Eksell y Carlsten (2000) Semeco Soto, Alvarado Morillo, Rodriguez Vargas, Fernandez Padrón y Rincón Rall (1994)	22-27 meses 28 meses 26-33 meses 26-35 meses 24-32 meses ≥28 meses
Brasileira de Hipismo	Godoy, Vulcano, Marques Santos, & Mendes Soares (2004)	24,25 - 29,56 meses
Manga larga	Mamprim, Vulcano, & Muniz (1992)	25±1,2 meses
Árabe	Myers & Emmerson (1966)	23,5-24 meses
Caballo Islándico	Strand, Braathen, Hellsten, Huse-Olsen & Bjornsdottir (2007)	27,4-32 meses
Cuarto de Milla	Cortada (2012)	≥24 meses

Tabla 1: Tiempo de cierre del cartílago de crecimiento informado para las diferentes razas equinas.

Por último, existe quienes afirman que no hay razas de madurez lenta, si no que ningún caballo cierra todas las fisis de crecimiento antes de los 6 años (las últimas en cerrar son las de los cuerpos vertebrales), aunque los disco cartilaginosos de radio distal cierran entre los 3 y 3,5 años (Bennett, 2008).

III. Características raciales del Caballo Criollo

El caballo Criollo es descendiente del caballo Español, que fue introducido por los conquistadores durante la colonización de América. La vida salvaje por 400 años produjo en él una fuerte selección natural y una interacción genotipo-ambiente, que junto con su facilidad para adaptarse a diferentes circunstancias, dio como resultado su rusticidad y capacidad de supervivencia (Paz et al 2009).

En un territorio dedicado principalmente a las actividades agropecuarias y ligado a la producción ganadera, ha sido considerado como una herramienta insustituible para el desempeño de las tareas del campo. A lo largo del siglo XX el sector agroganadero se ve altamente favorecido de procesos de mecanización y mejoramiento tecnológico, esto derivó en la reducción del número total de caballos dedicados a las tareas de campo. No obstante, permitió un crecimiento cualitativo de la Raza Criolla que expandió su horizonte funcional a algunas actividades como competencias deportivas especiales, la recreación y el turismo. Este resurgimiento de la raza demuestra la evolución observada en las inscripciones de registro genealógico de la Sociedad Rural Argentina (S.R.A.) en los últimos 30 años, que posee un sentido ascendente con una tasa promedio de crecimiento anual del 2,2 % (Paz et al 2009).

El equino de raza Criolla se caracteriza por ser un animal eumétrico y mesoformo, su tipo se corresponde con el de un caballo de silla, equilibrado y armónico. Debe ser bien musculado y de fuerte constitución, con su centro de gravedad bajo (Asociación Criadores Caballos Criollos, 2011).

La talla (altura) ideal es de 144cm, no pudiendo ser menor de 138cm ni mayor de 150cm. La circunferencia torácica estándar es de 178cm, más dos centímetros en las hembras, y el perímetro de la caña (metacarpiano) 18cm en hembras y 19cm en machos (Asociación Criadores Caballos

Criollos, 2011). Es importante identificar los patrones de la anatomía equina para la raza, ya que estos pueden ser útiles para predecir el éxito del animal en las diferentes disciplinas deportivas y para establecer patrones de selección (Komosa et al 2013).



Figura 3: Caballo Criollo, macho entero de 5 años de edad. Nótese la robustez de su conformación ósea, su altura estándar (1,42m) y su centro de gravedad cercano al suelo.

En estudios biométricos realizados a caballos Criollos en Brasil se observaron dos factores importantes. El primero es que, en caballos adultos, la media de la altura (tomada desde la cruz al suelo, con herraduras) es de 1,43m en machos y 1,42 en hembras, lo cual está cercano al límite inferior determinado por las Asociaciones de Caballos Criollos. El segundo dato relevante es que los animales de menor edad eran de menor altura, lo que confirma que su crecimiento continúa por lo menos hasta los 24 meses (Kurtz Filho et al 2007).

IV. Situación Problemática

Entre los criadores y jinetes locales está muy arraigado el pensamiento de que el Caballo Criollo crece, y en consecuencia tiene sus fisis de crecimiento abiertas hasta los 5 o 6 años de edad. Al ser esto sólo un conocimiento empírico, y no haber estudios en Argentina que demuestren el momento real de cierre de las fisis de crecimiento en la raza, nos topamos con una diversidad de situaciones de manejo, que de una u otra forma perjudican al animal y a la economía de la producción en general.

Actualmente podemos encontrar dos formas de manejo de los animales, que se corresponden a las necesidades y objetivos particulares de cada cabaña o propietario en particular. Por un lado están los que comienzan con el entrenamiento exigente recién a partir de los 4 o 5 años, y por el otro los que realizan una doma temprana y comienzan con el entrenamiento a los 3 años de edad aproximadamente.

En el primer caso, suponiendo que las epífisis cierran de forma temprana, se deben afrontar los costos de mantenimiento en estabulación sin que el équido esté desarrollando actividad deportiva alguna, solo doma y trabajo liviano. En el segundo caso, en el cual se comienza con la exigencia deportiva a edades más tempranas, podría haber consecuencias importantes en el desarrollo del caballo si las epífisis cierran de forma tardía como se cree.

Este estudio pretende ofrecer una referencia útil para el manejo de los Caballos Criollos; brindando a propietarios, cuidadores, jinetes y veterinarios un parámetro de la situación real que ocurre con el desarrollo de sus caballos. Así se podrán tomar las decisiones de doma y entrenamiento en conocimiento de lo que puede estar sucediendo en el cuerpo del animal, y no sólo por conveniencia o por tradición.

V. Hipótesis

“El Caballo Criollo posee una edad de cierre radiológico de cartílago de crecimiento de radio distal diferente al expresado en las razas ya estudiadas”.

VI. Objetivos

Objetivo General

- Establecer de forma aproximada la edad de cierre radiológico de los discos de crecimiento, ubicados en distal del radio, de Caballos Criollos.

Objetivos Específicos

- Comparar los momentos de cierre de esta raza con los previamente publicados para otras razas de caballos.
- Utilizar esta información para proveer a cuidadores y veterinarios información aproximada sobre la madurez esquelética de los caballos criollos.
- Intentar establecer una relación estadística entre las siguientes variables: edad de cierre de cartílago, sexo, circunferencia torácica y del 3° metacarpiano, cronología dentaria, edad en pedigree, zona de cría y régimen alimenticio.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este trabajo se utilizaron 50 caballos de Raza Criolla, 32 hembras (64%) y 18 machos (36%), con edades que variaban entre 18 y 69 meses provenientes de diferentes cabañas de cría y propietarios particulares. La edad se validó mediante el registro genealógico de la Raza, realizado por la S.R.A, y la cronología dentaria determinada según lo documentado por Losinno, Aguilar, Tissera, Ludueña y Córdoba (2009). Se realizó un cuestionario a los propietarios o cuidadores para obtener la correspondiente anamnesis del animal (Anexo I). A cada uno se le asignó un número correlativo del 1 al 50 a medida que se fueron evaluando, este también fue situado en la radiografía con una plantilla radiopaca.

En este caso se eligió un diseño transversal; los animales se seleccionaron de diferentes cabañas de cría de caballos Criollos y se consideraron representativos de la raza según el estándar de la Asociación Argentina de Criadores de Caballos Criollos.

Se utilizó un equipo de rayos X portátil marca POSKOM de 90kV-20mAs, chasis de 24x30cm y film radiográfico sensible al verde marca Agfa de la misma medida. Se utilizaron las medidas de bioseguridad correspondiente como delantal con cobre tiroides y colimador en el equipo.

Los animales evaluados se radiografiaron en estación, sobre una superficie plana y con apoyo uniforme. Se tomó una placa en proyección anteroposterior, con foco en el disco de crecimiento ubicado en distal del radio, posicionando el equipo a 66cm del punto a estudiar. Las radiografías fueron tomadas en el miembro anterior izquierdo, debido a que por las costumbres de doma de estos animales poseen una mayor mansedumbre de este lado de su cuerpo que del derecho.

Se revelaron las placas radiográficas de forma manual, con líquidos marca Kodak y se observaron en negatoscopio. Posteriormente se digitalizaron sacando fotografías de cada una.

Se procesaron los resultados de acuerdo a la siguiente clasificación, donde epífisis distal del radio se clasifica como: categoría A corresponde a una epífisis completamente madura, categoría B es una epífisis que ha comenzado el cierre en su centro y la categoría C que corresponde a una epífisis completamente abierta (Adams, 1974). La validez de la interpretación de las placas tomadas fue por consenso.

El manejo alimenticio de los caballos variaba de acuerdo a los criterios adoptados por cada propietario. Para mitigar los efectos de éste, los animales serán divididos en dos grupos: Pastizal Natural o Pastura Implantada.

Se tomaron las medidas biométricas de la circunferencia torácica, caudal a la escápula, y del metacarpo, en el medio del tercer metacarpiano, con cinta métrica metálica de 2 metros de largo (Vulcano et al 1997). Se midió la altura de los équidos, desde el piso hasta la cruz, con un hipómetro con vara de aluminio extensible y porción horizontal provista de nivel.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico PASW Statistics®18 para Windows© (IBM©, Nueva York, EE.UU.).

Para la estadística descriptiva se utilizó la media aritmética como medida de tendencia central y E.E. de la media como medida de dispersión.

Con respecto a la estadística inferencial, que se utiliza para establecer asociaciones entre las variables, se utilizó la correlación por medio del coeficiente Tau-b de Kendall para realizar la asociación entre grado de cierre de fisis de crecimiento y edad en el pedigree. El análisis de la varianza de una vía (ANOVA I) se usó para comparar entre los diferentes estadios del cartílago de crecimiento, edad, sexo, altura, circunferencia torácica y circunferencia de la caña. La relación entre: cartílago y sexo, cartílago y lugar de cría, cartílago y régimen alimentario y cartílago y edad

por cronología dentaria se estableció mediante la prueba de Chi cuadrado. La prueba T de Student para muestras independientes se utilizó para comparar la edad ósea entre machos y hembras.

RESULTADOS

Las radiografías de la placa de crecimiento epifisiaria de los caballos Criollos pudieron mostrar la madurez ósea de los animales. Como se observa en las siguientes imágenes, la correlación entre el grado de cierre radiológico de cartílago de crecimiento y la edad indicó que se encuentra totalmente abierto (categoría C) en el intervalo de confianza entre los 23,8 y 35,6 meses, con una media de $29 \pm 2,41$ meses (Fig.4).



Figura 4: Placa de crecimiento completamente abierta (C). Radiografía distal del radio de una potranca de raza Criolla de 20 meses de edad. Se observan líneas radiolúcidas que cruzan la zona del disco, se la indica con flecha rojas.

En la figura 5 se puede observar el cartílago en proceso de cierre (categoría B), que se observó entre los 39 y 50,2 meses, con una media de $44 \pm 2,68$ meses.



Figura 5: Placa de crecimiento en proceso de cierre (B). En esta radiografía se puede observar la fisis de crecimiento aún visible en un caballo de 50 meses de edad, sólo se ven zonas radiolúcidas en los laterales (flechas rojas).

Finalmente, el cartílago se pudo observar totalmente cerrado en los animales evaluados entre los 45,7 y 61 meses, con una media de $53 \pm 3,22$ meses (Fig. 6).



Figura 6: Placa de crecimiento completamente cerrada (A). En esta radiografía de radio de un caballo de 67 meses podemos observar que el cartílago se encuentra completamente cerrado, notándose solo una leve cicatriz fisiaria (zona radiolúcida en proyección de disco de crecimiento).

En el gráfico de la figura 7 se puede observar la media y el error estandar de la media para la edad en meses de cierre del cartílago de crecimiento de distal de radio en cada categoría. En este caso, el coeficiente de correlación de Tau-b de Kendall fue de 0,487 y estadísticamente significativo ($p < 0,001$).

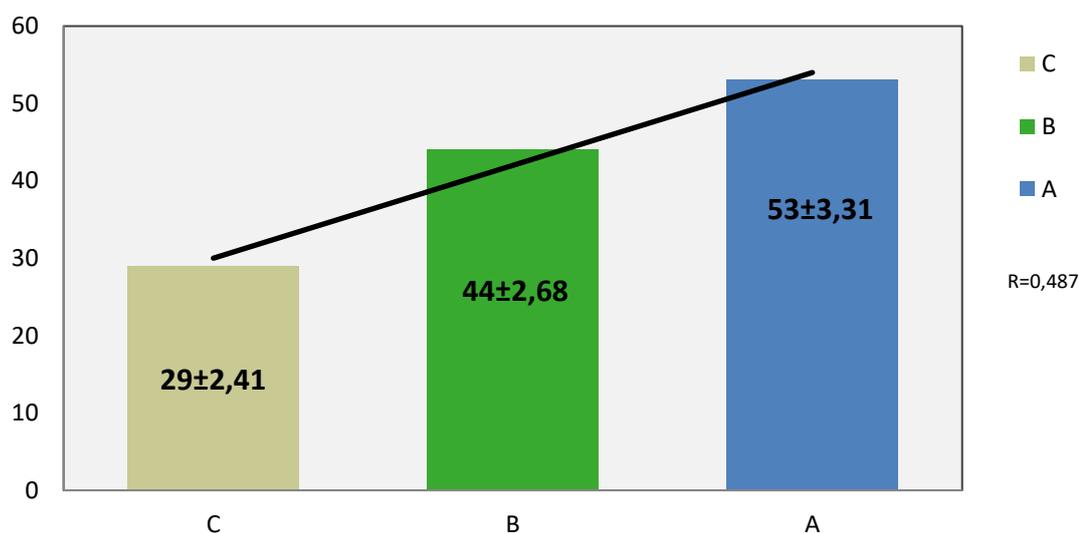


Figura 7: Asociación Tau-b de Kendall entre edad en meses y la categoría de cartílago de crecimiento

La asociación Chi cuadrado entre el grado de cierre de cartílago de crecimiento y sexo resultó estadísticamente no significativa ($p = 0,791$), aunque esto puede deberse a la menor cantidad de caballos machos muestreados con respecto a las hembras (Tabla 2).

		Sexo		Total
		Hembra	Macho	
Cartílago	A	5	4	9
	B	17	8	25
	C	10	6	16
Total		32	18	50

Tabla 2: Cantidad de machos y hembras por categoría de cartílago de crecimiento

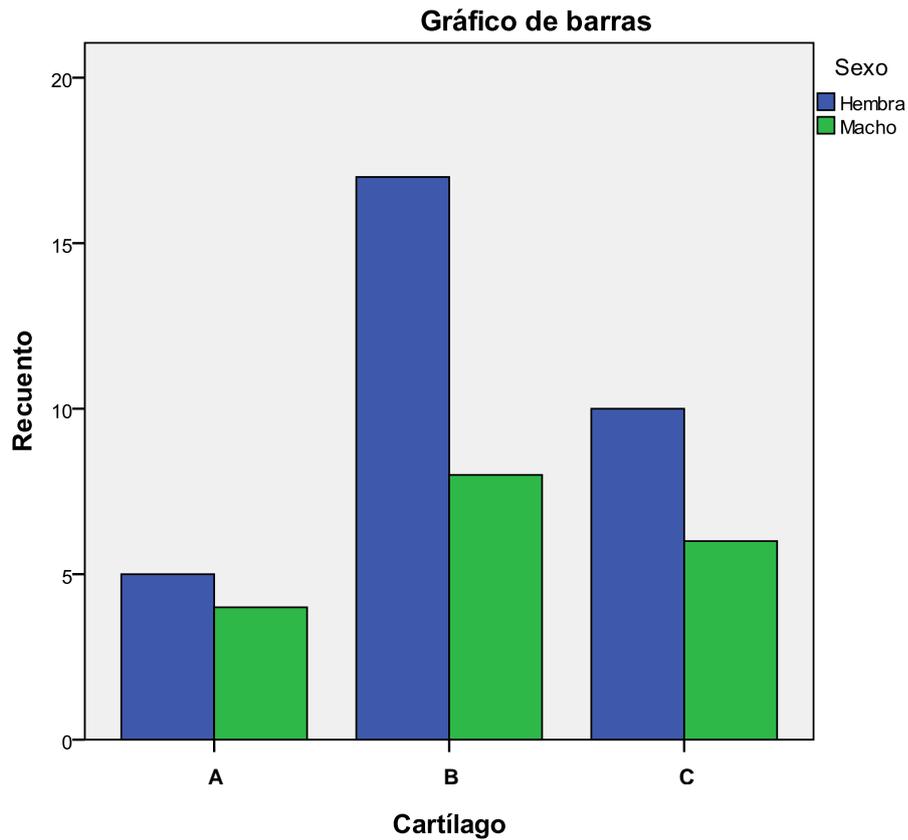


Figura 8: Machos y hembras presentes en cada categoría de cartílago de crecimiento.

En la tabla 3 podemos evidenciar los diferentes momentos de cierre del cartílago entre machos y hembras. Para saber si había diferencia entre éstos se aplicó la prueba T de Student para muestras independientes, que demostró que no existen diferencias significativas.

	Sexo	Media (meses)
A	Hembra	49,40 ± 3,31
	Macho	58,25
B	Hembra	45,47 ± 2,68
	Macho	42,57
C	Hembra	24,57 ± 2,41
	Macho	29,00

Tabla 3: Edad media en los diferentes sexos para cada categoría de cartílago de crecimiento

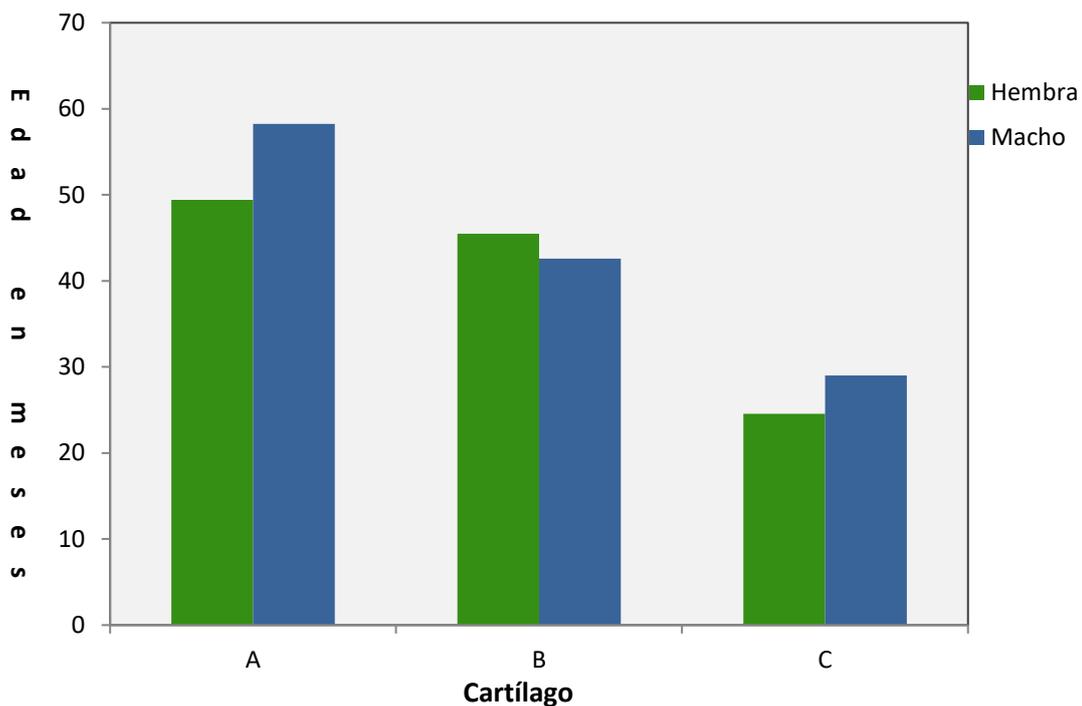


Figura 9: Edad (en meses) para machos y hembras en cada categoría de cierre del cartílago de crecimiento

Para evaluar el impacto del régimen alimentario en la madurez ósea de los caballos criollos se relacionó con Chi cuadrado. No se hallaron resultados estadísticamente significativos ($p=0,655$), siendo un muestreo bastante parejo entre los regímenes estudiados (Tabla 4).

		Régimen Alimenticio		Total
		Pastizal Natural	Pastura	
Cartílago	A	5	3	8
	B	10	12	22
	C	7	9	16
Total		22	24	46

Tabla 4: Cantidad de animales en los dos diferentes regímenes alimenticios, correspondientes a cada categoría de cartílago de crecimiento.

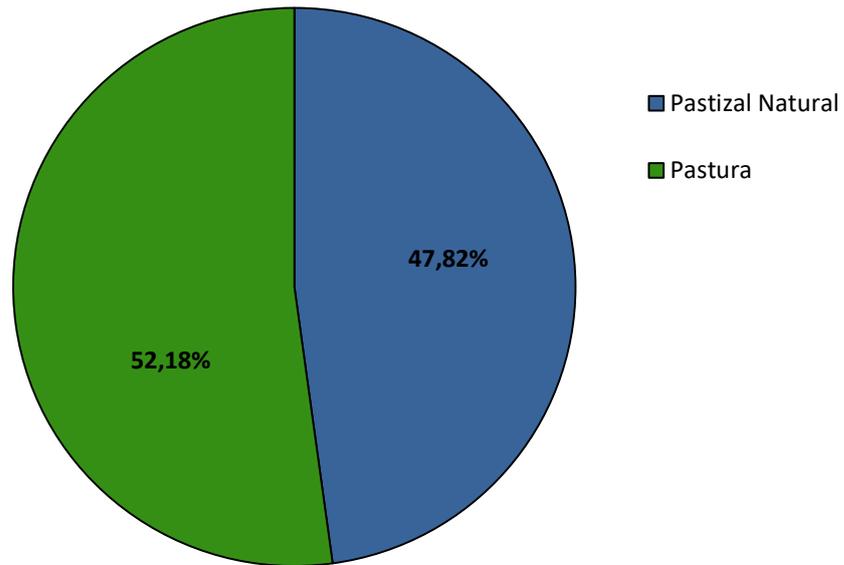


Figura 10: Porcentaje de animales criados en pastizal natural versus pastura implantada

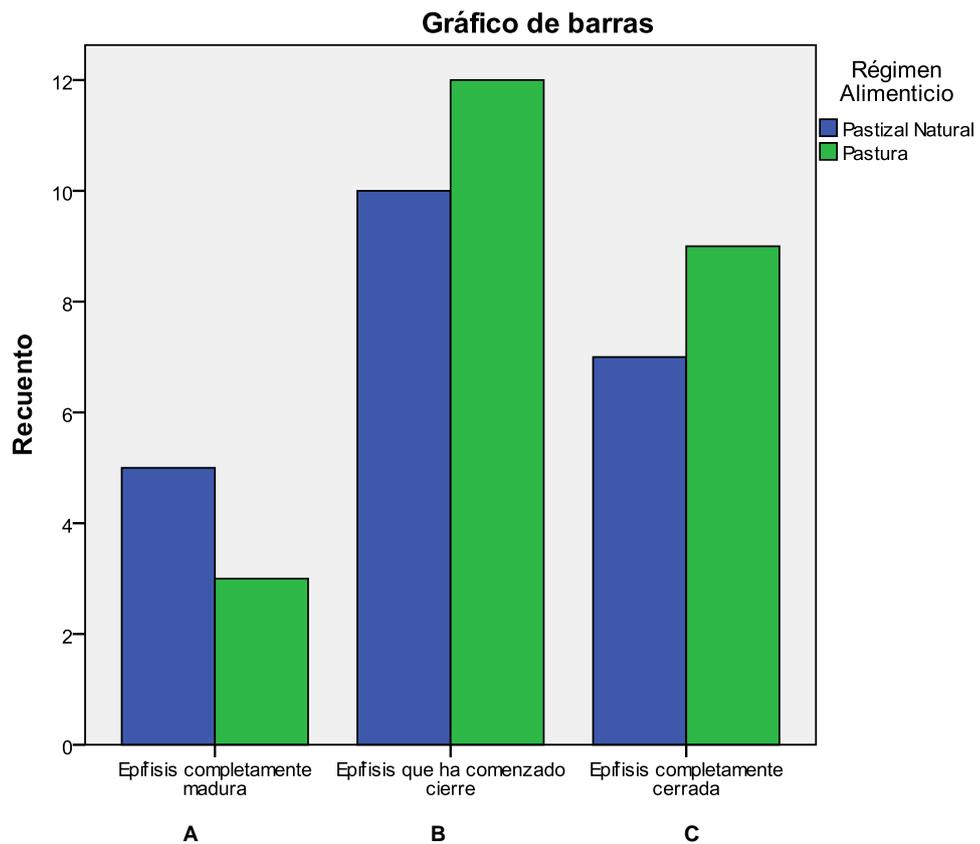


Figura 11: Recuento del numero de equinos correspondiente a cada régimen alimenticio ubicados según las diferentes categorías de cartílago de crecimiento

También se buscó asociación entre el lugar de cría y el cierre de la fisis de crecimiento. Para esto agrupamos las provincias en donde fueron criados y alimentados en eco-regiones que tienen regímenes pluviales y suelos similares y lo relacionamos con las diferentes categorías de cartílago mediante χ^2 . Las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p=0,97$), pero estos resultados podrían atribuirse a una deficiencia en el muestreo, donde se hallaban muy pocos animales de algunas regiones y mucha cantidad de otras (Tabla 5).

	Región			Total
	Mendoza y La Pampa	Bs. As., Santa Fe y Entre Ríos	San Luis y Córdoba	
Cartílago A	2	4	2	8
B	4	4	14	22
C	1	2	13	16
Total	7	10	29	46

Tabla 5: Caballos de las diferentes categorías de cartílago distribuidos según la región de cría.

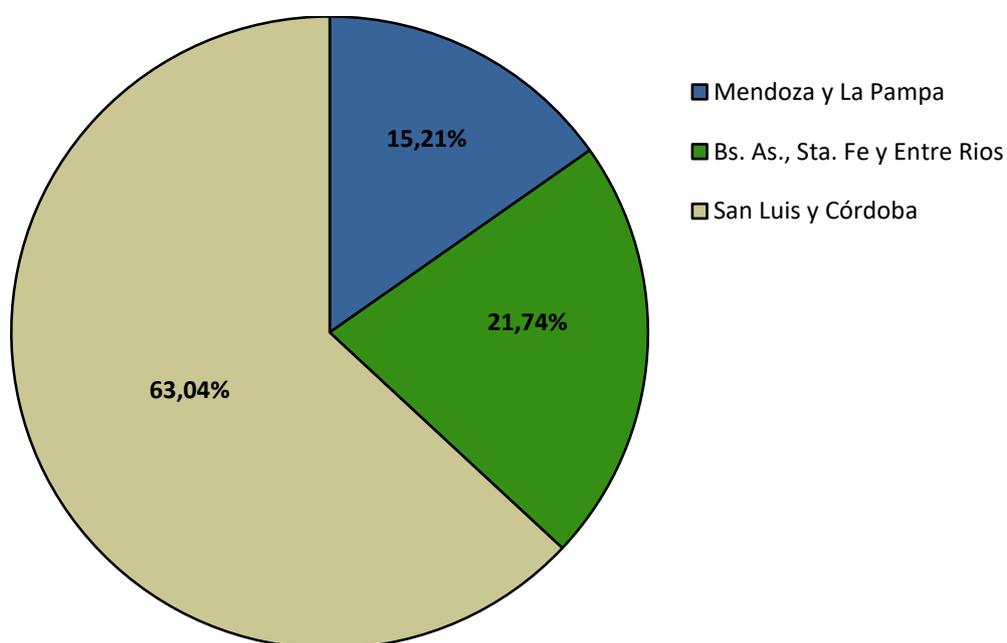


Figura 12: Porcentaje de animales muestreados provenientes de cada eco-región.

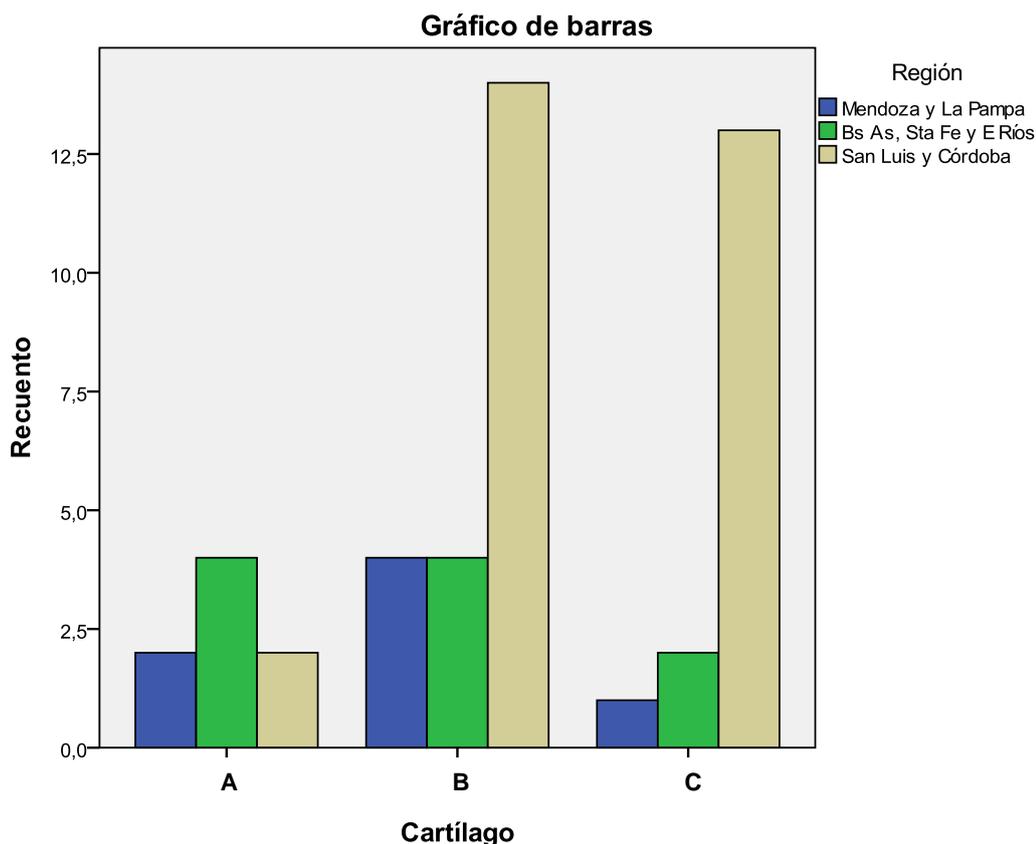


Figura 13: Recuento del número de equinos de las diferentes regiones para cada categoría de cartílago de crecimiento.

Se relacionó la cronología dentaria con la categoría de cartílago de crecimiento mediante χ^2 . Para esto se organizaron a los animales en 5 grupos etarios según su edad, basándose en Losinno *et al.* (2009). No se encontraron resultados estadísticamente significativos ($p=0,061$), aunque fueron muy cercanos la significancia ($p<0,05$). Esto se podría atribuir a los pocos caballos correspondientes a algunos de los grupos.

		Cartílago			Total
		A	B	C	
Cronología Dentaria (años)	1 a 2,5 (Todos incisivos de leche)	0	6	8	14
	2,5 a 3 (Pinza o ½ pinza permanente)	0	3	3	6
	3,5 a 4 (Medios ½ o completo)	4	6	2	12
	4,5 a 5 (Extremos ½ o completo)	1	2	0	3
	>= a 5 (Boca llena)	5	7	0	12
Total		10	24	13	47

Tabla 6: Recuento del número de equinos de cada categoría de cartílago de crecimiento, según su cronología dentaria

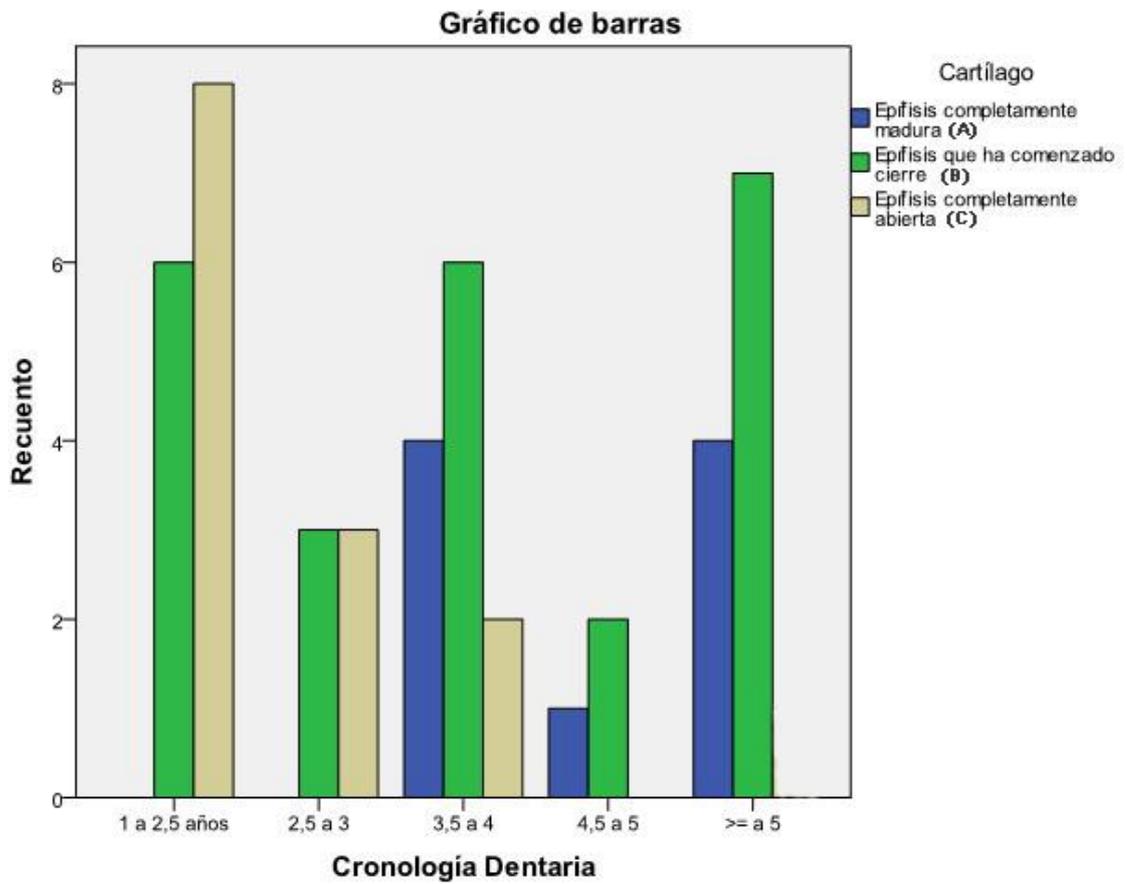


Figura 14: Recuento del número de equinos de cada categoría de cartílago de crecimiento, según su cronología dentaria

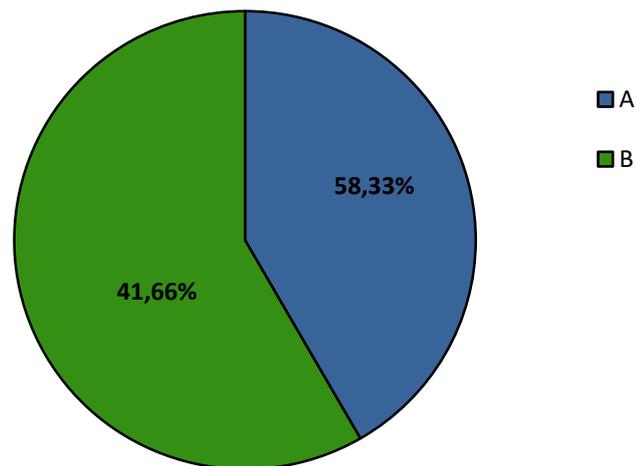


Figura 15: Porcentaje para cada categoría de cierre del cartílago de crecimiento en animales con todos los dientes definitivos y una edad mayor o igual a 5 años.

Con respecto a la relación entre el cartílago y la cronología dentaria, se pudo inferir que hasta la erupción de los incisivos medios es factible que el cartílago pueda hallarse completamente abierto (categoría C), como puede observarse en la tabla 6 y en la figura 11. Incluso, como demuestra la figura 12, cuando el animal ya posee todos sus dientes definitivos (boca llena), donde ya se lo considera adulto, puede aún tener una epífisis de crecimiento en desarrollo (categoría B). Es por esto que la radiografía de control de los discos de crecimiento, previa a la doma y el trabajo, es de vital importancia.

Finalmente, la media y el error típico de la media del grado de cierre del cartílago de crecimiento y de las medidas biométricas tomadas (altura, circunferencia torácica y circunferencia del 3° metacarpiano) en general no presentaron resultados significativos. Solo se halló una diferencia estadísticamente significativa en la comparación entre las edades y la categoría de cartílago en cada sexo y en la altura en las hembras. Los resultados se expresan en la Tabla 6.

		Categoría de cierre del cartílago de crecimiento			p
		C (\bar{x} ±error estandar)	B (\bar{x} ±error estandar)	A (\bar{x} ±error estandar)	
Hembra n=32	Edad	30,25±3,86	45,47±3,33	49,40±4,83	p=0,006 [†]
	Altura*	135,94±1,65	140,53±0,87	138,10±1,67	p=0,018 [†]
	Circunferencia torácica*	164,69±4,21	171,12±1,24	175,3±0,77	-
	Circunferencia 3° metacarpiano*	18,88±0,30	18,90±0,22	18,72±0,34	-
Macho n=18	Edad	28,80±3,84	42,57±4,62	58,25±3,54	p=0,001 [†]
	Altura*	138,10±1,73	138,46±1,57	143,5±1,69	-
	Circunferencia torácica*	166,30±2,66	171,07±1,31	170,62±1,60	-
	Circunferencia 3° metacarpiano*	19,30±0,30	19,73±0,54	20,15±0,54	-

[†] Diferencia significativa (significancia menor al 0,05) según ANOVA.

*Medidas expresadas en mm.

Tabla 7 Comparación por ANOVA de la asociación entre las medidas biométricas y las diferentes categorías de cierre del cartílago de crecimiento

DISCUSIÓN

En este trabajo se utilizó, como parámetro de la edad ósea de los animales, el control radiológico del disco de crecimiento ubicado en distal del radio. Anteriormente se mencionaron otros procesos para evaluar la madurez esquelética, pero considero que en la actualidad la radiología sigue siendo la técnica más aplicable al trabajo en campo. También se han mencionado otros puntos anatómicos como foco de estudio, sin embargo la epífisis distal del radio brinda un lugar fácil y seguro de estudiar si tenemos en cuenta que, la mayoría de las veces, se trabaja con animales con escaso manejo.

Una observación completa de los tiempos de cierre de los discos de crecimiento del esqueleto apendicular requiere un seguimiento a lo largo de los años del desarrollo del equino, o sea un estudio longitudinal. Cuando esto no es posible, se puede realizar un estudio representativo transversal sobre individuos en puntos críticos de su desarrollo.

Los tiempos de cierre de la fisis de crecimiento de radio distal encontrados en este estudio, el primero realizado sobre Caballos Criollos de Argentina, fueron llamativamente más tardíos que los encontrados en otras razas.

En el caballo Criollo se encontró que la fisis cierra definitivamente (categoría A) a los $53\pm 3,22$ meses; mientras que en los Sangre Pura de carrera se han reportado tiempos entre los 22 y 35 meses (Vulcano *et al.*, 1997; Mason y Bourke, 1973; Pasolini *et al.*, 2003; Gabel *et al.*, 1977; Uhlhorn *et al.*, 2000 y Semeco Soto *et al.*, 1994), en la raza Manga Larga se observa el fin del crecimiento a los $25\pm 1,2$ meses (Mamprim *et al.* 1992) y en el caballo Árabe Myers y Emmerson (1966) documentaron el cierre de la fisis a los 23,5-24 meses de vida. En el caballo Islándico, una raza de tamaño pequeño, se observa un cierre radiológico entre los 27,4 y 32 meses (Strand *et al.* 2007).

En los caballos Cuarto de Milla, Cortada (2012) comunica que el cartílago de la fisis distal del radio no se observa radiológicamente en potrancas de 24 meses; pero cabe destacar que en este estudio no se controlaron todos los animales hasta el cierre completo y además solo se utilizaron hembras en el muestreo.

En la raza Brasileira de Hipismo se reporta que la interrupción del crecimiento se produce entre los 24 y 29,6 meses y que este cierre es levemente más tardío que en otras; esto resultaría en animales de mayor alzada (Godoy et al 2004). Lo anteriormente mencionado no concuerda con lo observado en la raza Criolla, que a pesar de tener un cierre muy demorado son animales de talla mediana, que no superan los 150cm de altura.

Mientras que en los resultados del presente estudio se observa un cierre definitivo de los discos de crecimiento distales del radio entre los 50 y 56 meses de edad; para Colares Luiz (2005), también en caballos Criollos, éste se produce entre los 23 y 25 meses de edad. Es importante destacar que todos los animales utilizados en la tesis brasileira provenían de líneas de sangre seleccionadas exclusivamente para la prueba de Freno de Oro; mientras que los seleccionados aquí eran mixturas de sangre chilena, argentina y brasileira que se utilizan para diferentes disciplinas. Es posible que los caballos Criollos seleccionados por los brasileros sean más precoces que las líneas chilenas o argentinas; esto es algo que debe estudiarse más en profundidad.

A diferencia de lo observado por Colares Luiz (2005), Godoy *et al.* (2004), Vulcano *et al.* (1997) y Myers y Emmerson (1966); en este trabajo no se hallaron diferencias estadísticamente significativas del momento de cierre entre machos y hembras, quizás consecuencia de la diferencia de animales seleccionados de ambos sexos. Observando la Figura 9 se dedujo que ambos sexos poseen similares tiempos de maduración ósea, coincidiendo con lo hallado por Gabel *et al.* (1977).

Cable (2001) menciona que los machos castrados a edad temprana pueden sufrir un retraso en el cierre del disco de crecimiento, esto puede ser

consecuencia de la interacción entre la hormona del crecimiento y las hormonas gonadales. En este trabajo no se hizo diferencia entre machos enteros o castrados, por lo que no se pudo apreciar este factor. Serán necesarias futuras investigaciones para evaluar su influencia.

El régimen alimentario no ejerce ninguna influencia en el tiempo de cierre de la fisis de crecimiento, esto coincide con lo informado por Colares Luiz (2005). La zona de crianza tampoco demostró diferencias significativas, aunque debería corroborarse con una selección de animales más homogénea.

Finalmente, cuando se compararon los datos de la tabla 7 con lo correspondiente al estándar de la raza Criolla (Asociación Criadores Caballos Criollos, 2011) se observó que, al momento de cierre del cartílago de crecimiento, las hembras tienen una altura muy cercana al límite inferior tolerado, la circunferencia torácica es menor a este límite y la circunferencia de la caña es correcta. En el caso de los machos se observa que la altura y la circunferencia del metacarpiano III son correctas, pero la circunferencia torácica es mucho menor que la estipulada para la raza. Esta disminución en las medidas generales puede ser consecuencia de la masividad del uso de la sangre chilena que son caballos de menor estatura, ya que esto demuestra mayor pureza racial, pero con mayor capacidad de trabajo deportivo (Federación de Criadores de Caballos Chilenos, 2011). Queda pendiente un estudio más exhaustivo sobre la biometría de los Caballos Criollos, para evaluar si realmente hay una tendencia al cambio del estándar racial.

CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación es posible establecer una edad aproximada del cierre de las placas epifisaria distal de radio de los caballos Criollos. Esto brinda una información práctica para todos los que cotidianamente trabajan con estos animales, que puede servir para mejorar su salud y desempeño individual y el de la producción en general.

De acuerdo a lo observado, el disco de crecimiento distal del radio cierra a los $53 \pm 3,22$ y difiere mucho con lo ya reportado. Estos resultados confirman la hipótesis de que el caballo Criollo posee una edad de cierre de cartílago de crecimiento de radio distal más tardío, en comparación al expresado en las razas ya estudiadas.

Además, al haber un rango bastante amplio de edad de cierre (entre los 45,7 y 61 meses) se concluye que es de vital importancia realizar una radiografía de control de crecimiento para comenzar con el ejercicio de alta exigencia.

La tasa de crecimiento y la biometría del caballo Criollo necesitan una investigación más profunda, así como también la incidencia de enfermedades óseas del desarrollo. La influencia de las líneas genéticas paternas en el cierre del cartílago de crecimiento también debería ser estudiada, para evaluar si los padrillos generan algún cambio en el momento de cierre o si las líneas de origen argentino y chileno son efectivamente más tardías que las brasileras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, O. (1974). Determinación radiográfica de la madurez ósea como guía para el entrenamiento de los caballos. En O. Adams, *Adams: Claudicación en el equino. 3° Edición* (págs. 454-455).
- Asociación Criadores Caballos Criollos. (2011). *Standard o modelo racial de la Raza Criolla*. Recuperado el 10 de Agosto de 2012, de Asociación de Criadores de Caballos Criollos: http://www.caballoscriollos.com/espanol/standard_racial.php?rubroID=1
- Baxter, G. M., & Turner, A. S. (2004). Enfermedades de los huesos y las estructuras relacionadas. En T. S. Stashak, *Adams: Claudicación en equinos. 5° Edición*. (págs. 407-413). Buenos Aires: Intermédica.
- Bennett, D. (2008). *Timing and rate of skeletal maturation in horses: With comments of starting young horses and the state of the industry*. Recuperado el 10 de mayo de 2013, de Equine Studies Institute: http://www.equinestudies.org/ranger_2008/ranger_piece_2008_pdf1.pdf
- Brown, M. P., & Mac Callum, F. J. (1976). Observations on growth plates in limbs of foals. *The Veterinary Record*, 98, 443-446.
- Butler, J. A., Colles, C. M., Dyson, S. J., Kold, S. E., & Poulos, P. W. (2000). *Clinical radiology of the horse. 2nd Edition*. Oxford: Blackwell Science.
- Cable, C. S. (01 de Abril de 2001). *Castration In The Horse*. Recuperado el 23 de Julio de 2013, de The Horse: www.thehorse.com/articles/10024/castration-in-the-horse
- Colares Luiz, R. (2005). *Anatomia radiológica da placa de crescimento dos ossos longos em potros crioulos*. Disertación de Maestría, Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária – Área de Concentração em Clínica Médica, Santa María.
- Colares Luiz, R., Desessards De La Corte, F., & Brass, K. E. (2007). Fechamento das placas epifisárias do metacarpiano principal, do rádio e da tibia em potros Crioulos . *Ciência Rural*, 37(4), 1052-1055.
- Cortada, M. S. (2012). *Efecto de la suplementación con cultivos vivos de levaduras (Sacchromyces cepa 1026)(Yea-Sacc® 1026) en el cierre de los cartílagos epifisarios de crecimiento en potrillos Cuarto de Milla*. Recuperado el 22 de Julio de 2013, de Biblioteca digital de la Universidad Católica Argentina: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efecto-suplementacion-cultivos-vivos-levaduras.pdf>

- El Shorafa, W. M., Feaster, J. P., Ott, E. A., & Asquith, R. L. (1979). Effect of vitamin D and sunlight on growth and bone development of young ponies. *JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE*, 48(4), 882-886.
- Farrow, C. S. (2006). Skeletal Maturity, Immaturity and Dysmaturity. En C. S. Farrow, *Veterinary Diagnostic Imaging: The Horse* (págs. 1-7). Missouri: Mosby Elsevier.
- Federación de Criadores de Caballos Chilenos. (2011). *¿Qué es el sello de raza?* Recuperado el 19 de Septiembre de 2014, de Portal Oficial Federaciones del Rodeo y de Criadores de Caballos Chilenos: file:///C:/Users/P/Downloads/http---p11.ivn.cl--portal_rodeo-site-artic-20110805-asocfile-20110805125939-que_es_el_sello_de_raza.pdf
- Ferrel, E. A., Berry, C. R., & Thrall, D. E. (2009). Paradigmas interpretativos para el esqueleto apendicular. En D. E. Thrall, *Tratado de Diagnóstico Radiológico Veterinario*. Buenos Aires: Intermédica.
- Firth, E. C. (2001-2003). *Methods of assessing bone growth and development in young horses*. Recuperado el 4 de Octubre de 2012, de The Kentucky Equine Research Library: Advances In Equine Nutrition III: <http://www.ker.com/library/advances/324.pdf>
- Gabel, A. A., Spencer, C. P., & Pipers, F. S. (1977). A study of correlation of closure of the distal radial physis with performance and injury in the Standardbred. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 170(2), 188-194.
- Gamboa Márquez, A., & Garzón-Alvarado, D. A. (2011). Factores mecánicos en enfermedades osteocondrales. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas* 2011, 30(1), 174-193.
- García de la Rubia, S., Santonja Medina, F., & Pastor Clemente, A. (1998). Valoración de la edad ósea. Su importancia en Medicina del Deporte. *Selección*, 7 (3), 160-168.
- Getty, R. (2005). Osteología general. En R. Getty, *Sisson y Grossman Anatomía de los animales domésticos* (Quinta ed., págs. 22-23). Barcelona: Masson.
- Godoy, C. L., Vulcano, L. C., Marques Santos, F. A., & Mendes Soares, J. C. (2004). Fechamento epifisário da extremidade distal do rádio de eqüinos da raça Brasileira de Hipismo. *Ciencia Rural*, 34(6), 1813-1815.
- Goyal, H. O., MacCallum, F. J., Brown, M. P., & Delack, J. B. (February de 1981). Growth Rates at the Extremities of Limb Bones in Young Horses. *Can. vet.*, 22, 31-33.
- Hernández Vidal, G., Mora Valdez, F. A., Rodríguez Tovar, L. E., & Ramírez Romero, R. (2011). Etiología, patogénesis, diagnóstico y tratamiento de osteocondrosis (OC). *Vet. Méx.*, 42(4), 311-329.

- Jeffcott, L. B., Buckingham, S. H., McCarthy, R. N., Cleeland, J. C., Scotti, E., & McCartney, R. N. (1988). Non-invasive measurements of bone: a review of clinical and and research applications in the horse. *Equine Vet J Suppl*, 6, 71-79.
- Komosa, M., Frackowiak, H., Purzyc, H., Wojnowska, M., Gramacki, A., & Gramacki, J. (2013). Differences in exterior conformation between primitive, Half-bred, and Thoroughbred horses: Anatomic-breeding approach. *Journal of Animal Science*, 91, 1660-1668.
- König, H. E., & Liebich, H. G. (2004). General Introduction. En H. E. König, & H. G. Liebich, *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals. Textbook and Colour Atlas* (pág. 8). Stuttgart, Germany: Schattauer GmbH.
- Kurtz Filho, M., & Löf, H. K. (2007). Biometria de eqüinos da raça Crioula no Brasil. *Archives of Veterinary Science*, 12(1), 47- 51.
- Losinno, L., Aguilar, J., Tissera, J., Ludueña, R., & Córdoba, M. L. (2009). *Guía de Trabajos Prácticos. Dientes: Determinación de la edad en equinos*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2013, de Sitio Argentino de Producción Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_equinos/curso_equinos_I/21-Guia_DIENTES_2009.pdf
- Łuszczynski, J., & Pieszka, M. (2011). The effect of year and season of birth, sex, sire, and breeder on ossification of the distal epiphyseal cartilage of the radial bone in Thoroughbred horses. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 35(6), 413-420.
- Mamprim , M. J., Vulcano , L. C., & Muniz , L. M. (1992). Estudio radiográfico do fechamento da epífise distal da rádio em potras de raça Manga-Larga. *Vet e Zoot*, 4, 59-62.
- Mason , T. A., & Bourke , J. M. (1973). Closure of the distal radial epiphysis and its relationship to unsoundness in two year old thoroughbreds. *Australian Veterinary Journal*, 49, 221-228.
- Mughal, A. M., Hassan, N., & Ahmed, A. (2014). Bone age assessment methods: A critical review. *Pak J Med Sci* , 30(1), 211-215.
- Myers , V. S., & Emmerson , M. A. (1966). The age and manner of epiphyseal closure in the forelegs of two Arabian foals. *Vet Radiol Ultrasound*, 7, 39-47.
- Pasolini, M., Meomartino, L., Fatone, G., Brunetti, A., & Laratta, I. (2003). Correlazione tra valutazione radiologica della maturità scheletrica ed incidenza di lesioni. *Atti della Società Italiana delle Scienze Veterinarie*, 57, 309-310.
- Paz, S., Rojas, C., Sosa , M., Flores, M., Casal Gómez, L., Quinn, C., y otros. (2009). Evolución productiva de la raza Criolla Argentina. *Boletín Informativo de la Asociación Criadores de Caballos Criollos*, 8-10.

- Perrone, G., Caviglia, J., Hary, M. J., Álvarez, E., & Chiappe Barbará, A. (2009). Cierre temprano del cartílago de crecimiento del tercer metacarpiano en potrillos Cuarto de Milla. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 3(2), 360-367.
- Raub, R. H. (2010). Growing more durable equine athletes. *Comparative Exercise Physiology*, 7(2), 49–56.
- Semeco Soto, E., Alvarado Morillo, M. S., Rodríguez Vargas, M., Fernández Padrón, M., & Rincón Rall, R. (1994). Maduración ósea y niveles séricos de calcio y fósforo en caballos jóvenes pura sangre de carrera. *Revista Científica FCV- LUZ*, IV(3), 157-164.
- Strand, E., Braathen, L. C., Hellsten, M. C., Huse-Olsen, L., & Bjornsdottir, S. (17 de julio de 2007). *Radiographic closure time of appendicular growth plates in the Icelandic horse*. Recuperado el 2013, de BioMed Central: www.actavetscand.com/content/49/1/19
- Takeuchi, S. (2000). Morphological transformation of limb bones with growth. *Kaibogaku Zasshi*, 75(2), 207-214.
- Uhlhorn, H., Eksell, P., & Carlsten, J. (2000). Scintigraphic characterization of distal radial physeal closure in young standardbred racehorses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(2), 181-186.
- Van Weeren, R. (2012). The effects of training on the equine osteoarticular structures. *Proceedings of the 51st British Equine Veterinary Association Congress*, (págs. 121-122). Birmingham, United Kingdom.
- Vulcano, L. C., Mamprim, M. J., Muniz, L. M., Moreira, A., & Luna, S. P. (1997). Radiographic study of distal radial physeal closure in Thoroughbred horses. *Vet Radiol Ultrasound*, 38, 352-354.

ANEXO I

Ficha para recolección de datos de los caballos muestreados.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Fecha:

Propietario o cabaña:

Nombre del Animal:

R.P:

Sexo:

Pelaje:

Edad: Diente:

Propietario:

Pedigree:

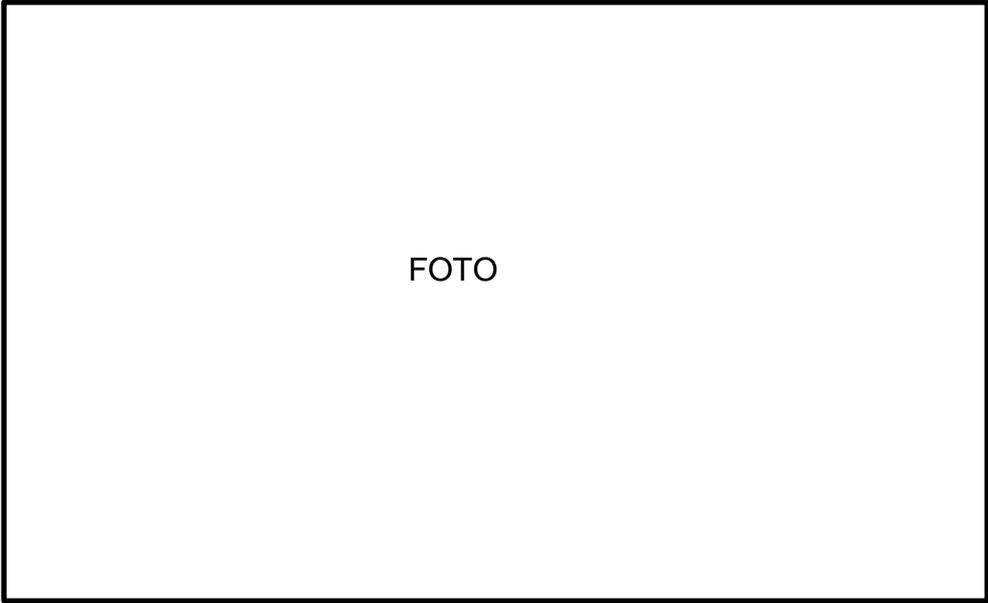
Altura:

Circunferencia torácica:

Circunferencia del 3º metacarpiano:

Lugar de Cría:

Número de Radiografía:



FOTO

Pedigree:

ANEXO II

Datos recolectados de los caballos muestreados.

Individuo	Nombre	Sexo	Cabaña o Propietario	Edad pedigrif (meses)	Edad pedigrif (años +/- 2 meses)	Conotología dentaria	CARTILAGO	Altura (cm)	Circunferencia a la base del cuello (cm)	Circunferencia a 3 ^{er} metacarpo (cm)	Lugar de cría	Régimen de alimentación
1	NEGRA LINDA	hembra	LA DESPEDA	30	2,5	4	A	134,5	135	160	19 LA TONDA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
2	GUASUARA CCA TRIZ	hembra	TIZA, FERNANDO	47	4	4	A	134,5	135	177	18 TUMIVANI, MENDOZA	PASTIZAL NATURAL
3	GLAITA HECHILLA	hembra	LA DESPEDA	40	3,5	3	B	132	132	159	17,5 LA TONDA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
4	CUANOHUINCA GALEGA	hembra	LA DESPEDA	39	3,5	3,5	A	137	137	175	19 LUJAN, BUENOS AIRES	PASTIZAL NATURAL
5	CHASQUI RESOLANA	hembra	GONZALEZ, HUGO	41	3,5	3	B	138,5	138,5	167	19,5 ROSARIO, SANTA FE	PASTIZAL NATURAL
6	GLAY INDIANO	macho	LA DESPEDA	55	5,5	25	B	141,6	141,6	166	21 ENTRE RIOS	PASTIZAL NATURAL
7	GLAITA AMANECIDA	hembra	LA DESPEDA	19	2,5	2,5	C	137	137	163	19 LA TONDA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
8	GLAITA ROTOSA	hembra	LA DESPEDA			2,5	C	175		175	21 NUBEDA GALIA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
9	DEL CURI RUIEADOR	macho	ADOUE, DANIEL	30	2,5	2,5	B	137	137	173	20,5 LA CUMBRE, CORDOBA	PASTIZAL NATURAL
10	GUASUARA QUERENCA	hembra	TIZA, FERNANDO	58	5	4,5	B	141	141	173,5	20 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
11	GLAITA ESPIGA	hembra	LA DESPEDA	48	4	4,5	B	139	139	167	20 LA TONDA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
12	MATETEL VINCHUCA	hembra	LA DESPEDA	43	3,5	4	A	141	141	176	19	PASTIZAL NATURAL
13	RIPPE PAMPINA	hembra	LA DESPEDA	69	5,5	25	B	141,5	141,5	166,5	19 ENTRE RIOS	PASTIZAL NATURAL
14	ARRAGADO ARABIA	hembra	ARRAGADO	27	2	2	B	141	141	174	19,6 LAVALLE, MENDOZA	PASTIZAL NATURAL
15	CANJUILI LEONARDA	hembra	ARRAGADO	51	4	4	A	143	143	176	19,8 SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
16	ARRAGADO TEMPORAL	macho	ARRAGADO	29	2,5	2,5	B	136	136	174,5	22 LAVALLE, MENDOZA	PASTIZAL NATURAL
17	CALANDRIA CALANDRIA COSTURBERA	hembra	ARRAGADO	50	4	4	B	142	142	173	20 LA CARLOTTA, CORDOBA	PASTIZAL NATURAL
18	CANJUILI EL CHATO BAZAN	macho	ARRAGADO	61	5	25	A	144,5	144,5	174,5	21,6 BALCANCE, BUENOS AIRES	PASTIZAL NATURAL
19	PIHICO RANA	hembra	ARRAGADO	58	5	25	B	137,5	137,5	167	19,2 MENCINCE, SANTA FE	PASTIZAL NATURAL
20	GLAITA QUE LUNA	hembra	ARRAGADO	37	3	4	C	139	139	167	19,5 LA TONDA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
21	BODEGUEIRO TORHUELA	hembra	LOS REYUNOS	25	2	2	B	140,5	140,5	173	19 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
22	BODEGUEIRO ESCAMOSA	hembra	LOS REYUNOS	25	2	2	C	138	138	179	20 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
23	BODEGUEIRO MENTIRA	hembra	LOS REYUNOS	28	2,5	2,5	B	141	141	174,5	18,5 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
24	VINATELA PRINCESA	hembra	LOS REYUNOS	27	2	2	B	134	134	167,5	17,5 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
25	BODEGUEIRO AGUA AMARGA	hembra	LOS REYUNOS	27	2	2	C	139	139	171,5	18,5 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
26	VINATELA VENUSCA	hembra	LOS REYUNOS	50	4	4	B	142,5	142,5	171,5	17 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
27	VINATELA ARREPENTA	hembra	LOS REYUNOS	49	4	4	B	145	145	180	19 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
28	BODEGUEIRO CEFERINO	macho	LOS REYUNOS	52	4,5	25	A	145	145	188	20 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
29	BODEGUEIRO ESPECTANTE	macho	LOS REYUNOS	24	2	2	C	139	139	167,5	19 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
30	BODEGUEIRO TOMERO	macho	LOS REYUNOS	39	3	4	C	142,5	142,5	173	20 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
31	BODEGUEIRO MAS MADORA	macho	LOS REYUNOS	50	4	4	B	146,5	146,5	175,5	18,6 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
32	BODEGUEIRO MI CUMPA	macho	LOS REYUNOS	50	4	25	B	135,5	135,5	168,5	18,5 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
33	BODEGUEIRO ESPECTACULO	macho	LOS REYUNOS	37	3	3	C	139,5	139,5	169	19 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
34	BODEGUEIRO HUACAN	macho	LOS REYUNOS	24	2	2	C	137,5	137,5	165	18,5 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
35	VINATELA SUFRIDA	hembra	LOS REYUNOS	38	3	3	B	145,5	145,5	179	19 BUENA ESPERANZA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
36	CHIBRONAZO TAMBERA	hembra	LAS LEALIS	53	4,5	4,5	C	141,5	141,5	173	19,5 MENCINCE, SANTA FE	PASTIZAL NATURAL
37	TIMAJERA LANZA NOTA	hembra	LAS LEALIS	42	3,5	4	B	141	141	171	18,9 LA PAMPA	PASTIZAL NATURAL
38	YATUITI COIGUA	macho	LAS LEALIS	67	5,5	25	A	138,5	138,5	168	19 ENTRE RIOS	PASTIZAL NATURAL
39	GLAY IMPOSIBLE EN GALMARSE	hembra	LAS LEALIS	67	5,5	25	A	135	135	172,5	18 ENTRE RIOS	PASTIZAL NATURAL
40	LONQUELO VERSERA	hembra	LAS LEALIS	56	4,5	4	B	140	140	170,5	18,5	PASTIZAL NATURAL
41	GLAITA PIRIETA	hembra	LA DESPEDA	67	5,5	25	B	144	144	175	19 LA TONDA, SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
42	GLAITA LAVNERO	macho	LA DESPEDA	20	1,5	20	C	132	132	157	20 SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
43	GLAITA PRESUMIDA	hembra	LA DESPEDA	20	1,5	20	C	129	129	145	18 SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
44	GLAITA AROSIA	hembra	LA DESPEDA	31	2,5	2,5	C	129	129	153	17,5 ENTRE RIOS	PASTIZAL NATURAL
45	GLAITA TRES LUNAS	hembra	LA DESPEDA	20	1,5	20	C	134	134	154	SAN LUIS	PASTIZAL NATURAL
46	CERRILLANO ALMAFUERTE	macho	SERGIO GOMEZ	54	4,5	25	B	135	135	169	19	PASTIZAL NATURAL
47	ARAJUJO EL COLONO	macho	NICOLAS ANTOQUERA	53	4,5	4,5	A	146	146	172	20 SAN RAFAEL, MENDOZA	PASTIZAL NATURAL
48	RIO DIAMANTE CALDALOSO	macho	NICOLAS ANTOQUERA	78	6,5	25	B	142	142	171	20 SAN RAFAEL, MENDOZA	PASTIZAL NATURAL
49	SAMANA RESPEO	macho	HUGO TIBERTI	30	2,5	2,5	C	147,5	147,5	183	TUPUNGATO, MENDOZA	PASTIZAL NATURAL
50	SAMANA RUCO	macho	HUGO TIBERTI	30	2,5	2,5	B	137,6	137,6	171	18,5 TUPUNGATO, MENDOZA	PASTIZAL NATURAL