

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS**



**La influencia del sexo y la función zootécnica sobre la incidencia de enfermedades articulares en caballos cuarto de milla**

**Por:**

**Jezabel Adriana Hernández Martínez**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Torreón, Coahuila, México**  
**Diciembre 2023**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

**La influencia del sexo y la función zootécnica sobre la incidencia de enfermedades articulares en caballos cuarto de milla**

Por:

**Jezabel Adriana Hernández Martínez**

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
M.E. Edmundo Guzmán Ramos  
Presidente

  
Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz  
Vocal

  
MVZ.ESP. Luis Gerardo Natividad  
Hinostraza  
Vocal

  
MVZ. Juan Gerardo Ramos Alvarez  
Vocal suplente

  
MC. José Luis Francisco Sandoval Elias  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

**La influencia del sexo y la función zootécnica sobre la incidencia de  
enfermedades articulares en caballos cuarto de milla**

Por:

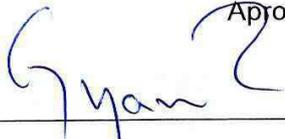
**Jezabel Adriana Hernández Martínez**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título del:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.E. Edmundo Guzmán Ramos  
Asesor Principal



Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz  
Coasesor



MVZ.ESP. Luis Gerardo Natividad Hinostraza  
Coasesor



MC. José Luis Francisco Sandoval Elías  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres Jezabel y Héctor**, que siempre me han brindado su apoyo para continuar con mis estudios y me alientan a seguir preparándome. Que me han enseñado a verle el lado positivo a las situaciones y sacar el mayor provecho posible de las cosas.

**A mi hermano**, que ha estado a mí lado y siempre quiere que acabe para hacer negocios juntos.

**A mi novio**, que me guía, ha estado apoyándome a la distancia y no me deja sola cuando lo necesito.

**A mis abuelos**, que siempre me preguntan cómo voy y han estado ahí a cada paso que doy.

**A los médicos**, a todos y cada uno de ellos que algún día me brindaron la oportunidad de aprender.

## DEDICATORIA

**A mis padres Jezabel y Héctor**, por su apoyo incondicional y paciencia, por permitirme hacer lo que me gusta.

## INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA .....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS .....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRAC.....	vii
2 INTRODUCCIÓN.....	1
3 HIPÓTESIS.....	2
4 OBJETIVO GENERAL.....	2
4.1 Objetivos específicos.....	2
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
4.1 Generalidades de raza.....	3
4.1.1 Origen del caballo Cuarto de Milla.....	3
4.1.2 Características morfológicas del caballo Cuarto de Milla.....	3
4.1.3 Funciones zootécnicas del caballo Cuarto de Milla.....	4
4.2 Principales patologías óseas que afectan el aparato locomotor del caballo de deporte.....	4
4.2.1 Fracturas en las extremidades.....	4
4.2.2 Síndrome Navicular.....	7
4.2.3 Luxaciones y subluxaciones .....	9
4.2.4 Laminitis .....	10
4.2.5 Osteocondrosis.....	11
4.2.6 Osteoartritis.....	13
4.2.7 Osteítis pedal .....	13
4.3 Principales métodos diagnósticos para la detección de patologías de las extremidades en caballos .....	15
4.3.1 Ultrasonografía.....	15
4.3.2 Resonancia magnética.....	16
4.3.3 Tomografía axial computarizada.....	17
4.3.4 Radiografía.....	18
4.4 La radiografía como método de diagnóstico de la osteoartritis .....	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20

5.1 Localización del estudio.....	20
5.2 Manejo de los animales .....	20
5.3 Variables evaluadas.....	21
5.4 Análisis estadísticos.....	21
6. RESULTADOS.....	22
7. DISCUSIÓN.....	25
8. CONCLUSIÓN .....	27
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

- Figura 1** Configuración de las fracturas más comunes y las fuerzas que las causan (simplificadas) ilustradas en diagramas de la superficie dorsal del tercer metacarpo. (Tomado del libro “Fractures in the horse”; Wright, 2022). ..... 5
- Figura 2** Relación entre la frecuencia de incidencia de patologías articulares independientemente de la función zootécnica. Donde EXO = exostosis, FX = fracturas, LM = Laminitis, MT = Masa tumoral, OA = osteoartritis, OCC = Osteocondrosis, OP = Osteitis, SN = Síndrome navicular, SS = Sesamoiditis, SUB = Sublubsaciones. \*= difieren estadísticamente \* indica diferencia estadística significativa  $p < 0.05$ . ..... 22
- Figura 3** Relación entre la frecuencia de incidencia de patologías articulares con respecto a la función zootécnica. Donde EXO = exostosis, FX = fracturas, LM = Laminitis, MT = Masa tumoral, OA = osteoartritis, OCC = Osteocondrosis, OP = Osteitis, SN = Síndrome navicular, SS = Sesamoiditis, SUB = Sublubsaciones. a, b = difieren estadísticamente \* indica diferencia estadística significativa  $p < 0.05$ . ..... 23
- Figura 4** Relación entre la frecuencia de manifestación de patologías articulares con respecto al sexo del caballo. Donde EXO = exostosis, FX = fracturas, LM = Laminitis, MT = Masa tumoral, OA = osteoartritis, OCC = Osteocondrosis, OP = Osteitis, SN = Síndrome navicular, SS = Sesamoiditis, SUB = Sublubsaciones. a, b = difieren estadísticamente \* indica diferencia estadística significativa  $p < 0.05$ . ..... 24
- Cuadro 1** Sitios predecibles de fracturas por estrés y remodelación por estrés (“extraído del libro Fractures in the Horse”, Wright, 2022). ..... 6

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la cantidad de patologías en las extremidades de equinos, el trabajo pretende agregar información acerca de la incidencia de patologías en la región lagunera; para lo cual se trabajó sobre una base de datos de 86 estudios radiográficos en los cuales se determinó la incidencia de patologías diagnosticadas con base a los mismos. Los datos fueron filtrados de acuerdo al sexo y a la función zootécnica que desempeñaban los animales y los resultados fueron graficados y analizados para determinar la mayor incidencia obtenida en ambas variables. De manera general, se puede observar una diferencia en la presencia de osteoartritis con respecto a las demás patologías ( $p < 0.05$ ). respecto a la función zootécnica solo se observó diferencia significativa en caballos de carreras que mostraron osteoartritis con respecto a los caballos de sillas ( $p < 0.05$ ). Finalmente, no existió diferencias respecto al sexo con respecto a la presentación de patologías articulares ( $p > 0.05$ ). En conclusión, de acuerdo con los hallazgos radiográficos independientemente de la función zootécnica la mayor frecuencia de patologías fue la osteoartritis; pero respecto a la función zootécnica se determinó mayor cantidad de casos por osteoartritis en caballos de carreras. Sin embargo, no existió diferencia significativa entre si estos animales fueron machos o hembras. Estos datos tienen implicaciones importantes siendo un factor de riesgo la osteoartritis en caballos de carreras con lo cual se tienen que buscar estrategias preventivas para evitar la manifestación de esta patología.

**Palabras clave: Equinos, Incidencia, Patologías, Sexo, Función zootécnica**

## **ABSTRAC**

The objective of this study was to determine the number of pathologies in the limbs of horses. The work aims to add information about the incidence of pathologies in the lagoon region; For which we worked on a database of 86 radiographic studies in which the incidence of pathologies diagnosed based on them was determined. The data were filtered according to sex and the zootechnical function performed by the animals and the results were graphed and analyzed to determine the highest incidence obtained in both variables. In general, a difference can be observed in the presence of osteoarthritis with respect to other pathologies ( $p < 0.05$ ). Regarding zootechnical function, a significant difference was only observed in racehorses that showed osteoarthritis compared to saddle horses ( $p < 0.05$ ). Finally, there were no differences between sex with respect to the presentation of joint pathologies ( $p > 0.05$ ). In conclusion, according to the radiographic findings, regardless of the zootechnical function, the highest frequency of pathologies was osteoarthritis; But with respect to the zootechnical function, a greater number of cases of osteoarthritis in racehorses were determined. However, there was no significant difference between whether these animals were male or female. These data have important implications, with osteoarthritis being a risk factor in racehorses, so preventive strategies must be sought to avoid the manifestation of this pathology.

**Keywords: Equines, Incidence, Pathologies, Sex, Zootechnical function**

## 1 INTRODUCCIÓN.

Nuestro país es el segundo lugar mundial en población de caballos, con 6 millones 300 mil ejemplares; Estados Unidos es el primero, con más de 10 millones y China ocupa el tercer lugar con 6 millones 27 mil, de acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Además, México ocupa el quinto lugar en población de burros, con 3 millones, y el primero en mulas, con 3 millones de ejemplares. La mitad de la población de los équidos que existen en América se encuentra en nuestro país

Los fracasos en los caballos atletas se deben en gran parte a las claudicaciones las cuales son principalmente por enfermedad articular y osteoartritis y suele estar en las carreras atléticas de los caballos en diferentes deportes (Murray, 2006). Muchos estudios epidemiológicos reportan incidencia alta (80 %; Gracia et al. 2009) Caballos adultos y viejos son afectados, pero también se desarrolla en potros y caballos jóvenes (McIlwraith 1982; Riggs et al. 1999; Kawcak et al., 2001, García et al. 2009).

La investigación está continuamente avanzando para ayudar a los caballos que sufren dichas enfermedades, pero por ahora un temprano reconocimiento y diagnóstico es esencial y los tratamientos que integran diferentes medicamentos han sido un aliado importante. El monitoreo de la osteoartritis y otras patologías debería ser un esfuerzo entre veterinarios, entrenadores, jinetes y manejadores (Baccarin et al 2022).

## **2 HIPÓTESIS.**

La incidencia de las patologías articulares será mayor de acuerdo con la función zootécnica que al sexo en caballos cuartos de milla

## **3 OBJETIVO GENERAL.**

El objetivo del presente estudio será determinar la incidencia de patologías articulares sobre la función zootécnica y el sexo en caballos cuarto de milla

### **3.1 Objetivos específicos.**

Identificar los principales problemas/patologías de las extremidades en la región lagunera.

Medir la incidencia de las patologías más frecuentes en las extremidades diagnosticadas con radiografía.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Generalidades de raza

#### 4.1.1 Origen del caballo Cuarto de Milla.

La primera raza desarrollada en Estados Unidos fue el caballo cuarto de milla y su popularidad aumentó tanto debido a que empezó a introducirse esta raza en el deporte, en 1940 la American Quarter Horse Association fue la primera en registrar caballos cuartos de milla (Evans et al., 2020), fue así que para el año 1972 se registraron 115.000 caballos cuarto de milla, muchos más de los registrados para cualquier otra raza (Evans et al., 1979).

La raza cuarta de milla es una raza estrictamente americana llena de una historia de colorido en este continente. Los primeros caballos de esta raza surgieron en la costa del este, en las colonias del sur primordialmente, en Virginia. Su origen radica en la sangre española de los antiguos territorios españoles del sur y de los potros mestezos del oeste que se encontraba en esta área del sureste. Tomando esta cepa como base se cruzó con caballos ingleses importados sobre todo con caballos pura sangre (Ulmer y Juergenson, 1988).

#### 4.1.2 Características morfológicas del caballo Cuarto de Milla.

El Cuarto de Milla Moderno ha tenido repetidas transfusiones de sangre de caballos de raza pura para eliminar una cierta tendencia hacia la conformación robusta alargándoles la carrera ((Ulmer y Juergenson, 1988).

Los criadores Cuarto de Milla aparecen algo divididos en cuanto los objetivos del rendimiento de la raza. La notable expansión de las apuestas en las carreras de Cuarto de milla ha orientado a la raza hacia una mayor velocidad mediante reproductores Pura Sangre Inglés. Otros criadores se interesan más en mantener la imagen del caballo vaquero, el cual muestra miembros anteriores y posteriores más musculados, posee destreza y tenacidad para los trabajos del rancho (Evans et al., 1979). El Cuarto de Milla varía entre 1.42 y 1.60 m de alzada con cierta tendencia a un tipo intermedio y su peso puede llegar a ser hasta de 1200 lb (544 kg) (Ulmer y Juergenson, 1988). Cabeza relativamente corta y ancha con hocico pequeño con boca firme y poco profunda; ollares amplios y sensibles; orejas cortas y móviles, bastante separadas, ojos grandes, separados mandíbulas bien desarrolladas con amplitud entre sus bordes inferiores, cuello con longitud suficiente, borde inferior recortado que se une a la cabeza con un ángulo de 45° y se fusiona con unas

espaldas inclinadas que son largas y relativamente bien musculosas; cruz de altura media y bien definida con la misma altura a la grupa; pecho ancho y profundo con extremidades anteriores implantadas con cierta separación antebrazo bien musculado; dorso corto, casi doble y lomo potente; perímetro torácico amplio con costillas bien arqueadas; tercio posterior ancho, profundo, pesado y bien musculado con cadera, muslo, y pierna amplios, cañas cortas con articulaciones tarsianas y carpianas anchas, planas, limpias y robustas; cascos duros con bastante separación entre los talones (Evans et al., 1979). En la raza Cuarto de Milla no se concede importancia particular al color de la capa, con la excepción de preferencias personales, aunque no son elegibles para registro animales con manchas o marcas que indiquen cruces con reproductores, Pintos, Appaloosa o Albino Americano. Se aceptan capas isabela, bayo y palomino (Evans et al., 1979).

#### **4.1.3 Funciones zootécnicas del caballo Cuarto de Milla.**

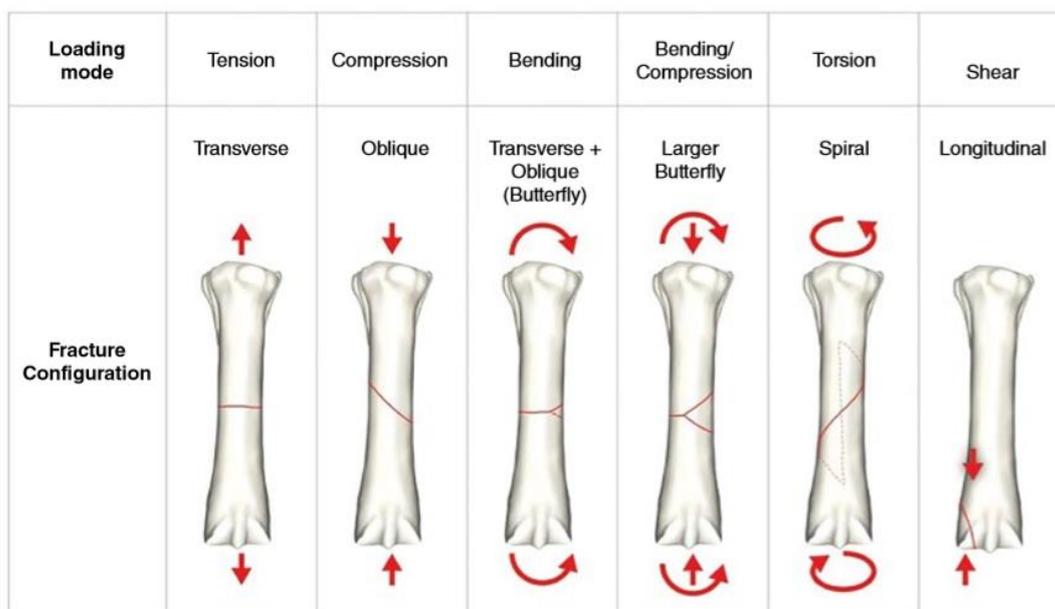
Los primeros años de la década de 1960-70 marcaron el comienzo de un notable incremento de la población equina. Los americanos buscaban un medio de relajación a la tensión impuesta por sus ocupaciones. El caballo un animal capaz de dar y recibir afecto ofreció una vía de escape a las emociones de muchas personas. El 75% de los caballos usados en Estados Unidos son utilizados principalmente con fines recreativos (Evans et al., 1979). De acuerdo al más reciente aporte de la American Quarter Horse Association (AQHA), que incluye datos correspondientes a 2020, la población total de ejemplares registrados en la asociación americana asciende a 45,612 animales en México. (HorsesMx 2021).

## **4.2 Principales patologías óseas que afectan el aparato locomotor del caballo de deporte**

### **4.2.1 Fracturas en las extremidades**

Los huesos son estructuras con una composición heterogénea, y tienen capacidades únicas que les permiten resistir a fallas estructurales, puede auto repararse, y adaptarse a cambios en pro de su uso mecánico. La jerarquía de los componentes óseos resulta en propiedades estructurales que son mejores que los componentes aislados. El hueso tiene una composición bifásica de componentes orgánicos (35%) e inorgánicos (40%) comprimidos y agua (25%) en proporciones volumétricas (Wright,

2022). Los huesos responden a las lesiones de una de tres formas, independientemente de la causa inicial, 1) fractura, 2) producción de hueso de neoformación, 3) lisis (destrucción) del hueso existente. Estos cambios pueden ser observados radiográficamente en la mayoría de las ocasiones y esto podría permitir la identificación de la causa (Coumbe, 2012). La respuesta biomecánica del hueso a las cargas depende de su geometría y material de composición, y el entorno de las cargas ejercidas sobre él. Las características de carga incluyen la dirección, la tasa, la magnitud, la frecuencia y la duración de las cargas aplicadas, y estas cargas pueden ser locales (que actúen más en una parte del hueso) o globales (que actúen en todo el hueso). (Wright, 2022). Durante un día normal, se aplican distintas fuerzas a todas las estructuras óseas en varias direcciones de manera simultánea. El hueso es un material isotrópico, lo cual quiere decir que sus propiedades mecánicas dependen de la dirección de las fuerzas aplicadas, en general, esto se debe a la estructura y orientación de las osteonas, el hueso compacto es más fuerte en compresión axial, débil en tensión y más débil en corte, dando como resultado que las fracturas usualmente se propaguen a lo largo de planos de tensión y corte. Los planos de corte se ejecutan a aproximadamente 45° grados del estrés compresivo y de tensión; aunque las fracturas siempre van a seguir el patrón de menos resistencia (Wright, 2022).



**Figura 1** Configuración de las fracturas más comunes y las fuerzas que las causan (simplificadas) ilustradas en diagramas de la superficie dorsal del tercer metacarpo. (Tomado del libro “Fractures in the horse”; Wright, 2022).

Cuando fuerzas (cargas) externas son aplicadas en un objeto, sufrirá deformaciones (ej., cambios en sus dimensiones); a las fuerzas expresadas relativas a las áreas de aplicación se les conoce como “estrés”, a las deformaciones causadas por este “estrés” y expresadas como una proporción de las dimensiones originales se les llama “presiones”; es así que el comportamiento mecánico de un órgano como el hueso está relacionado con sus propiedades estructurales y propiedades materiales (Wright, 2022). El diagnóstico de las fracturas es usualmente confirmado por medio de radiografía, aunque el ultrasonido puede ser usado para identificar las fracturas de los miembros en sus regiones proximales (como la pelvis y la escápula) (Baxter, 2011).

**Cuadro 1** Sitios predecibles de fracturas por estrés y remodelación por estrés (“extraído del libro *Fractures in the Horse*”, Wright, 2022).

Hueso / Articulación	Región anatómica
Escápula	Aspecto distal de la espina
Húmero	Caudo-proximal Cranio-distal Porción diafisiaria medial Caudo-distal
Carpos	Dorsomedial tercer hueso carpiano Hueso carpo radial Hueso carpal intermedio
Tercer metacarpo	Mediafisiario y supracondilar Surco parasagital Palmaro proximal Corteza dorsal Cóndilo distal
Sesamoideos proximales	Región palmar flexora Hueso subcondral medial abaxial de la parte media del cuerpo
Falange proximal	Surco sagital
Pelvis	Ala del ilion Pubis
Tibia	Distomedial Caudoproximal Porción diafisiaria medial Proximolateral debajo de la cabeza de la fíbula

Tarsus	Dorsolateral del tercer hueso tarsal
Vértebrae lumbares	Unión vertebral L5-L6

El proceso de cicatrización de las fracturas puede ser llevado a cabo por medio de radiografías, aunque en algunos caballos la línea de fractura puede permanecer durante periodos de tiempo prolongados, probablemente debido al resultado de la cicatrización de la unión fibrosa (Coumbe, 2012).

#### 4.2.2 Síndrome Navicular

El síndrome podotroclear es una causa común de cojera en los caballos cuarto de milla que involucra tanto tejidos blandos como estructuras óseas dentro de la región del talón (Brock et al., 2023). La definición de esta patología es controversial, “enfermedad navicular”, “síndrome navicular”, entre otros, son nombres usados en caballos en los que se realiza un bloqueo del nervio digital palmar y es positivo. Multitud de anormalidades pueden ser desensibilizadas con el bloqueo digital palmar, es por ello que un bloqueo digital palmar positivo no es específico de enfermedad navicular / síndrome navicular (Baxter, 2011). Afecta en gran medida a la industria equina al representar hasta un tercio de las cojeras crónicas de las extremidades anteriores (Stephens y Hoopes, 2023; Baxter 2011). La condición es de gran importancia clínica debido a que típicamente es crónica, progresiva y una causa altamente prevalente de cojera, particularmente en caballos cuarto de milla (Waguespack y Hanson, 2010, Baxter 2011). Las dos causas propuestas de enfermedad navicular son compromiso vascular y anormalidades biomecánicas que desencadenan la degeneración del tejido; se considera que la causa más común del desgaste del aparato navicular es el estrés repetitivo y las fuerzas biomecánicas; el estrés repetitivo y excesivo que causa el tendón flexor digital superficial al hueso navicular (sesamoideo distal) es el mayor contribuidor de esta patología (Baxter, 2011). Si bien la causa exacta y el desarrollo de esta patología aún son muy controvertidos, existen cambios notables y significativos en la anatomía de las estructuras internas, lo cual podría contribuir a la posible aparición de claudicaciones (Stephens y Hoopes, 2023).

El dolor que causa el síndrome navicular se asocia a dolor que viene desde el hueso navicular, de los ligamentos suspensorios colaterales del hueso navicular, ligamento

sesamoideo impar distal, bursa del navicular y tendón flexor digital profundo. Existen otros factores de riesgo como pueden ser una mala conformación de los cascos y un mal balance; particularmente cascos largos y talones bajos acompañados con un eje podofalángico roto hacia atrás; también influyen factores como peso excesivo, cascos pequeños (más pequeños de lo que deberían), trabajo en superficies duras, ya que tienden a incrementar las fuerzas/ por unidad / por área del hueso navicular y el aparato podotroclear (Baxter, 2011). El diagnóstico generalmente se basa en una combinación de los hallazgos obtenidos de los exámenes físicos y de claudicación, la anestesia regional, la radiografía, y preferiblemente, la resonancia magnética (Waguespack y Hanson, 2010). Los cambios patológicos del hueso navicular incluyen erosión del cartílago, hueso subcondral esclerótico asociado con engrosamiento de las trabéculas, áreas focales de lisis, edema, congestión, y fibrosis medular. Al ocurrir daño al fibrocartílago y a su vez fibrilación del tendón flexor digital profundo, hay mayor predisposición de formación de adhesiones entre el tendón y el hueso; existen estudios que han identificado grietas o divisiones, superficiales o profundas, sagitales o parasagitales, abrasiones o fibrilación en la superficie dorsal, y fibroplasia focal (Baxter, 2011).

Anormalidades que pueden existir en caballos clasificados con síndrome navicular (Baxter, 2011):

- Enfermedad navicular: anomalías en el hueso navicular en radiografías, tomografía computarizada o resonancia magnética.
- Trauma/Desmitis del aparato podotroclear
  - Ligamentos colaterales del hueso navicular
  - Desmitis del ligamento sesamoideo impar
  - Desmitis del ligamento anular digital distal
- Tendinitis del tendón flexor digital profundo (usualmente en tres locaciones)
  - Inserción
  - Palmar al hueso navicular
  - Proximal al hueso navicular
- Desmitis de los ligamentos colaterales de la articulación interfalángica distal
- Bursitis navicular
- Sinovitis/Capsulitis/OA de la articulación interfalángica distal

- Desbalance primario del casco (mal recorte o herraje)
- Anormalidades o malformaciones del casco

### **4.2.3 Luxaciones y subluxaciones**

La luxación frecuentemente causada por trauma define la transitoria, permanente o recurrente pérdida de una unión entre una o más huesos de las extremidades. Esto puede resultar en la ruptura de ligamentos y/o cápsula con salida de líquido sinovial llevando a la pérdida de la conexión de la superficie articular (Davidson 2018). Luxación o subluxación ocurre rara vez en caballos sobre la articulación interfalángica proximal o la articulación de la cuartilla (IFP; Harrison and May 1992). Puede presentarse de forma abierta o cerrada y las extremidades anteriores parecen tener mayor riesgo de lesión (Steenhaut et al., 1985). La luxación completa normalmente ocurre en el plano lateromedial y es asociado con lesiones externas (Stashak, 2002). La luxación medial/lateral comúnmente resulta después de una lesión grave en uno de los ligamentos colaterales por un traumatismo externo y puede estar abierta o cerrada. La luxación palmar/plantar suele observarse después de una lesión traumática grave de los tejidos blandos, como un desgarro completo del ligamento sesamoideo recto, ramas del tendón flexor superficial o una combinación de ambas. La luxación en dirección medial/lateral y palmar/plantar casi siempre afecta a una sola extremidad (Baxter, 2006). La subluxación de la articulación IFP es definida como el desplazamiento palmar o plantar del borde distal de la falange proximal afectada miembro anterior o posterior (Nikahval et al 2009;Watts et al 2010). Se puede presentar subluxación de la articulación IFP sin anomalía de estructuras de tejidos blandos previamente identificadas en la cuartilla o de metacarpiano/metatarsianos. Esto ocurre en las extremidades traseras de caballos jóvenes principalmente y la claudicación suele estar ausente o ser leve (Ross y Dyson, 2003). Secundaria a lesiones de los ligamentos colaterales de la articulación IFP o el ligamento suspensor y sus ramas extensoras o deformidades flexoras causada por contractura de ligamento sesamoideo distal y el tendón flexor digital profundo (Nixon 2006; Knox and Watkins, 2006). Aunque se considera poco común, la subluxación/luxación de la articulación PIP representó el 21% de los caballos que se sometieron a una artrodesis de la articulación PIP en un informe reciente (Knox and Watkins, 2006). La luxación lateral y medial de la articulación metacarpofalángica/metatarsofalángica (menudillo)

es una lesión no común en caballos (Edwards and Vaughan 1984; Turner 1984; Stashak 1987).

La luxación del menudillo ocurre frecuentemente cuando el pie queda atrapado entre dos objetos sólidos (cercas, guardas de ganado, etc.), o el caballo se mete en un agujero (Johnson et al 1974; Turner 1984; Stashak 1987). Ocasionalmente puede ocurrir luxación durante actividades atléticas de alta velocidad como rodeo, carreras, carreras de obstáculos y carreras de obstáculos (Vaughan y Mason 1975; Stashak 1986). En la luxación del menudillo, puede ser posible la laceración de la cápsula articular y la rotura del ligamento colateral medial y/o lateral, o del ligamento sesamoideo colateral, o de los ligamentos sesamoideos distales oblicuos. En la fase aguda posterior a una lesión, el dolor y la inflamación son comunes (Smith 2010)

#### **4.2.4 Laminitis**

La laminitis es la enfermedad más seria del casco del equino y causa cambios patológicos en la anatomía que llevan a cambios de larga duración, deteniendo así la función del equino. Es la segunda causa de muerte más común en equinos, después del cólico (Pollitt, 2015). La laminitis es usualmente clasificada en tres diferentes estadios los cuales son de desarrollo (antes de los signos clínicos), aguda (presencia de signos clínicos, pero aún sin movimiento de la tercera falange) y crónica (el movimiento de la tercera falange ha ocurrido) (Baxter, 2011). En un caballo normal, la falange distal, o tercera falange, está adherida al casco por medio del aparato suspensorio, duro pero flexible (Pollitt, 2015). La superficie de la pared interna del casco está plegada en laminillas de manera vertical, para aumentar el área de superficie del aparato suspensorio; un caballo tiene laminitis cuando las láminas de pronto fallan; es así que sin la tercera falange propiamente adherida dentro del casco el peso del caballo provoca que el hueso (tercera falange) se hunda y/o se rote (Pollitt, 2015).

La laminitis usualmente es una secuela de cuatro diferentes entidades clínicas (Baxter, 2011):

- Enfermedades asociadas a sepsis/endotoxemia
- Peso excesivo cargado en un solo miembro debido a una lesión en el miembro contrario

- Enfermedad de Cushing en el caballo geronte
- Síndrome metabólico equino, incluyendo pastura asociada a laminitis

El comienzo de los signos clínicos por lo general ocurre de 24 a 72 horas después del inicio de una septicemia (Baxter, 2011). Los signos de la laminitis incluyen cojeras, aumento de la temperatura de uno o más cascos, pulso digital aumentado y respuesta positiva al pinzado del casco; en los caballos afectados las claudicaciones pueden variar desde ser difícilmente detectables, hasta llegar a presentar total recumbencia (Baxter, 2011). Los caballos con laminitis crónica presentan distintos grados de deformación de los cascos y claudicación; esto incluye crecimiento anormal de anillos y ensanchamiento de la línea blanca, así como también podría ser visible rastros de hemorragia previa (Baxter, 2011).

#### **4.2.5 Osteocondrosis.**

La osificación endocondrala hace referencia al proceso de remodelación de cartílago, seguido por la calcificación del mismo cartílago, la deposición de hueso primario, hasta llegar a la remodelación en trabéculas óseas, todo esto ocurriendo desde el desarrollo fetal hasta la juventud (McIlwraith et al., 2015). El término “osteocondritis disecans” se refiere a la inflamación del hueso y el cartílago que resulta en la formación de fragmentos sueltos, el primero en usar este término se relacionó a un trauma severo que guiara a el desprendimiento de fragmentos debido al impacto mecánico, la segunda sería debido a un trauma menor que causa necrosis del hueso subcondral y en una etapa posterior el desprendimiento de fragmentos, y la tercera son fragmentos formados sin algún trauma substancial, pero son debido a alguna (no identificada) lesión subyacente; en veterinaria casi siempre se utiliza para hacer referencia a la tercera categoría (ej., por fragmentación debido a disturbios en la osificación endocondral; McIlwraith et al., 2015). En 1986 Poulos definió los términos “osteocondrosis”, “osteocondrosis disecans” y “osteocondritis disecans”, los cuales eran erróneamente utilizados como sinónimos; osteocondrosis es el desorden como tal, osteocondritis es la respuesta inflamatoria al desorden, y OCD se refiere a cuando un área de separación está presente, ya sea de tejido cartilaginoso u osteocondral (McIlwraith et al., 2015).

Rejno y Stromberg describieron la primera etapa de la osteocondrosis como una alteración de la diferenciación celular en el cartílago en la etapa de crecimiento y en la segunda etapa se implican el proceso de fuerzas basales dentro de la articulación, lo que da lugar a fisuras en el cartílago dañado (Baxter, 2020). Aunque la osteocondrosis se considera como un disturbio en el proceso de osificación endocondral del complejo epifisiario articular, existe una amplia controversia sobre la etiopatogénesis, y a pesar de que se han realizado investigaciones, no existe un factor único al cual señalar como causa de la patología, es por ello que se considera multifactorial (McIlwraith et al., 2015).

Tres categorías de lesiones por OCD han sido reconocidas: 1) aquellas que muestran signos clínicos y signos radiográficos, 2) aquellos que muestran signos clínicos sin signos radiográficos (pero sí artroscópicos), y 3) aquellos que muestran signos radiográficos sin que haya presentación de signos clínicos, es por ello que se ha vuelto muy importante la tercera categoría, ya que ha aumentado el uso de la radiografía preventiva en caballos jóvenes (Baxter, 2020). Los animales de mayor estatura están asociados a una tasa de crecimiento más rápida, y debido a este factor intrínseco, se podría moldear la calidad estructural de las extremidades, lo cual podría debilitar su durabilidad mecánica y esto predispondría a los caballos más altos a condiciones como la osteocondrosis (Ducro et al., 2009). La osteocondrosis traumática por lo general es asintomática, pero, cuando es severa, ha sido asociada con cojera (Hodgson et al., 2013). Existe la teoría de que los signos clínicos se desarrollan cuando la superficie articular es alcanzada por las lesiones disecantes, a veces los fragmentos, resultado de la osteocondritis disecante, pueden despegarse y convertirse en un fragmento suelto; en la mayoría de las ocasiones, los fragmentos permanecen ligeramente unidos al hueso de origen, pero los que se llegan a soltar dentro de la articulación resultan en sinovitis o inflamación articular y es ahí cuando los signos clínicos de esta patología son visibles, como pueden ser dolor y cojera (Baxter, 2020). La OCD puede afectar diversas articulaciones, pero las más comúnmente afectadas son la femoropatelar, tarsocrural y el menudillo; los hombros también pueden verse afectados, pero con menor incidencia (Baxter, 2020).

#### **4.2.6 Osteoartritis**

La osteoartritis (OA) es una enfermedad degenerativa de las articulaciones en la cual la integridad del cartílago se ve comprometida.

El cartílago articular y el hueso subcondral forman un biocompuesto que se adapta únicamente a la transferencia de cargas a través de la articulación diartrodial. Durante la evolución del proceso osteoartítico los procesos biomecánicos y biológicos resultan en alteraciones en la composición, la estructura y las propiedades funcionales de estos tejidos. Debido al íntimo contacto entre el cartílago y el hueso, las alteraciones de cualquiera de los dos tejidos modularán tanto las propiedades como la función del otro componente articular (Goldring, 2012). Los cambios que provoca la osteoartritis incluyen el aumento en el espesor del hueso cortical subcondral, disminuciones graduales en la masa ósea trabecular subcondral, formación de osteofitos en los márgenes articulares, desarrollo de quistes óseos y avance de la zona del cartílago calcificado entre el cartílago articular y el hueso subcondral, la expansión de la zona del cartílago calcificado contribuye al adelgazamiento general del cartílago articular. Los mecanismos implicados en este proceso incluyen la liberación de mediadores solubles de los condrocitos en las zonas profundas del cartílago articular y/o la influencia de microfisuras que han iniciado una remodelación focal en el cartílago calcificado y el hueso subcondral en un intento de reparar el micro daño (Goldring, 2012). Hasta la fecha no existe tratamiento disponible el cual interrumpa el ciclo vicioso de la OA y repare el cartílago hialino (Kerschbamer, 2021).

#### **4.2.7 Osteítis pedal**

La osteítis del pedal ha sido etiquetada como una enfermedad, un diagnóstico junto con una gran variedad de tratamientos que pretenden resolverla. El término osteítis pedal puede ser un nombre inapropiado, ya que la osteítis se define como una inflamación del hueso, lo que puede no ser exacto. La osteítis pedal no es más que una descripción radiográfica de cambios estructurales en el margen solar de la tercera falange, más que una enfermedad comprobada y causa de claudicación (Dyson 2011). El mecanismo fisiopatológico exacto que causa estos cambios radiográficos asociados es incierto; por tanto, es difícil considerar la osteítis pedal como una

enfermedad primaria. Puede haber una variedad de causas que conduzcan a los cambios radiológicos observados en el margen solar de la falange distal, por lo que la osteítis pedal sería un diagnóstico definitivo inapropiado por sí solo (Moyer et al 1999). La osteítis pedal séptica se refiere a una infección bacteriana que involucra a la falange distal, puede ocurrir por la extensión de un absceso subsolar, secundario a una lesión penetrante o a causa de propagación por vía hematogena en potros. Radiográficamente la lesión usualmente aparece como radiolucidez focal o difusa del hueso (osteolisis) (Baxter, 2020). La tercera falange no posee cavidad medular, así que a la inflamación/infección de este hueso se le llama osteítis en lugar de osteomielitis (Baxter, 2020). Los microbios del ambiente acceden a la falange distal por medio de introducción directa de la bacteria gracias a lesiones penetrantes profundas, extensión de una infección desde los tejidos blandos adyacentes o por medio de la vía hematogena en potros. otras causas de la osteítis pedal séptica en caballos adultos incluyen laminitis crónica severa, abscesos subsolares (la más común), fracturas del margen solar, fracturas profundas en la pared del casco, lesiones por avulsión en los tejidos del casco, y heridas penetrantes en el casco (Baxter, 2020). La osteítis pedal séptica ocurre más comúnmente en los miembros anteriores en los caballos adultos y en los miembros posteriores en los potros. La severidad de las cojeras en los caballos es grave, presentándose claudicaciones con grados altos, como 4 de 5 o 5 de 5; se presenta incremento en la temperatura del casco, así como también aumento del pulso digital del miembro o miembros afectados. El examen de claudicación es beneficioso para localizar el sitio de dolor, así como también para promover el drenaje de abscesos en caso de ser necesario. Es importante saber que el bloqueo perineural del nervio digital palmar no elimina la claudicación en todos los caballos con osteítis pedal séptica (Baxter, 2020).

### **4.3 Principales métodos diagnósticos para la detección de patologías de las extremidades en caballos**

#### **4.3.1 Ultrasonografía**

La examinación ultrasonográfica es un método no invasivo para obtener información diagnóstica de manera rápida (Orsini y Divers, 2013). Las claudicaciones asociadas con el “pie” son comunes y de manera rutinaria son evaluadas con el uso de radiografías, sin embargo, muchas de las causas de las claudicaciones están asociadas con patologías de los tejidos blandos donde en la mayoría de las ocasiones no existen cambios, o hay muy mínimos, en las radiografías. Es por ello que la ultrasonografía es la modalidad de imagenología local de elección en algunos casos, pero su uso está comprometido por la presencia de la pared del casco, lo cual excluye la imagen a través de él, a pesar de ello, existen tres ventanas ultrasonográficas a través de las cuales pueden ser obtenidas imágenes de las estructuras que se encuentran dentro del casco, estas ventanas son proximal a la banda coronaria, tanto dorsal como palmar o plantar, y transcuneal/transsolar (Kidd et al., 2022). La ultrasonografía es comúnmente usada en asociación con la radiografía, ya que puede detectar cambios en tejidos blandos articulares, irregularidades osteocondrales de forma temprana, incluyendo cartílago articular (Baxter 2020). Las indicaciones para una examinación ultrasonográfica musculoesquelética de emergencia incluyen hinchazón considerable, asociada con calor y sensibilidad, claudicación severa, laceración, heridas penetrantes, sospecha de fractura (la cual no sea visible radiológicamente) o un área que no es posible obtener por medio de imágenes radiográficas (Orsini y Divers, 2013). La mayoría de las imágenes musculoesqueléticas en la extremidad distal equina se realizan con un transductor lineal (Barrett et al., 2012). Durante una examinación ultrasonográfica normal, cada tendón y ligamento debe ser evaluado en dos planos perpendiculares; el tamaño normal, la forma y las características sonográficas deberían ser similares entre los mismos tejidos anatómicos en los miembros opuestos, y el miembro no afectado puede ser usado como control de ser necesario (Orsini y Divers, 2013). El pelo del área a evaluar debe recortarse y se debe limpiar el área, se debe aplicar gel, frotar y dejarlo por un par de minutos para mejorar el contacto, ya que esto usualmente es una limitante (Kidd et al., 2022). Las anomalías de la articulación interfalángica distal puede resultar en cambios de la porción dorsal de la cápsula articular, los cuales

son visibles ultrasonográficamente, tanto la distensión sinovial como el engrosamiento sinovial, así como osteofitosis en casos de osteoartritis (Kidd et al., 2022).

#### **4.3.2 Resonancia magnética**

Desde su introducción en la medicina humana a principios de la década de los 80s, la resonancia magnética se ha establecido como el estándar de oro para la imagen diagnóstica ortopédica y neurológica. Los primeros escaneos en pacientes equinos vivos fueron realizados a finales de los 90s, y desde ese momento los caballos han sido escaneados principalmente para investigación de dolor en el “pie” (Murray, 2010). Las indicaciones para una examinación ultrasonográfica musculoesquelética de emergencia incluyen hinchazón considerable, asociada con calor y sensibilidad, claudicación severa, laceración, heridas penetrantes, sospecha de fractura (la cual no sea visible radiológicamente) o un área que no es posible obtener por medio de imágenes radiográficas (Orsini y Divers, 2013).

La resonancia magnética (Murray, 2010):

- forma imágenes de apariencia radicalmente distinta, dependiendo de los ajustes de las configuraciones clave en el escáner.
- es inherentemente de baja sensibilidad, es por ello que las imágenes son usualmente subóptimas en algún aspecto. mejorar cualquier aspecto involucra saber comprender las compensaciones y cómo afectarán las características de la imagen resultante.
- posee riesgos únicos relacionados a los efectos magnéticos y eléctricos en herramientas comunes, equipos e implantes quirúrgicos.

El grosor del hueso cortical y subcondral, y la densidad del hueso esponjoso, se ven afectados por la edad, la historia deportiva del caballo y la localización, debido a eso es importante considerar las variaciones normales cuando se evalúan los tejidos. Los huesos de los neonatos poseen mínimo hueso subcondral, el cual incrementa de espesor a lo largo de la superficie articular conforme a la carga, por otro lado, los caballos que han sido trabajados en superficies blandas con baja intensidad de trabajo tienden a tener hueso cortical y subcortical más delgados en sus superficies articulares y menos hueso esponjoso que caballos con historia de extenuante galope de alta intensidad (Murray, 2010). La presencia de osteofitos es frecuentemente un

hallazgo incidental en varias articulaciones, pero debería ser considerado como un indicador potencial de cambio osteoarttrítico cuando la claudicación es aislada en la articulación y en presencia de proliferación sinovial concurrente, distensión por la acumulación de fluido u otras patologías (Murray, 2010). La resonancia magnética se ha convertido en una tecnología de vanguardia en ortopedia equina. Puede proporcionar información detallada, pero el examinador debe ser consciente de las variaciones anatómicas, así como de los artefactos que pueden conducir a un diagnóstico erróneo (Murray y Dyson 2007).

#### **4.3.3 Tomografía axial computarizada.**

La tomografía computarizada (TC) es un método de diagnóstico de imagen por medio de cortes transversales, la cual mide la atenuación de los fotones de rayos-x que atraviesan distintos tejidos (Barba y Lepage, 2013); es de acceso limitado debido al precio, disponibilidad, imposibilidad de transporte el escáner y las contraindicaciones de la anestesia general (Desbrosse, 2008). Es debido a la buena resolución espacial y de contraste de este tipo de imágenes transversales ha convertido la tomografía computarizada en la técnica de elección para la evaluación de la morfología ósea. El ensamblaje digital de las imágenes topográficas adyacentes permite la reconstrucción de nuevas imágenes en planos anatómicos diferentes, así como también representaciones en 3D de los huesos y de las superficies articulares (Barba y Lepage, 2013). Permite una buena visualización de estructuras óseas, pero no es adecuado para evaluar tejidos blandos; este tipo de técnica también puede ayudar para las cirugías ortopédicas debido a la evaluación en 3D de las lesiones óseas (Desbrosse, 2008). Entre las desventajas de la tomografía computarizada se incluyen la necesidad de tener al paciente bajo anestesia general, la producción de artefactos en la profundidad de huesos densos, así como alrededor de objetos metálicos, el costo para el cliente y la dificultad para obtener imágenes del miembro proximal, particularmente a partir del tercio proximal del radio y la tibia en caballos adultos (Barba y Lepage, 2013).

#### **4.3.4 Radiografía**

Radiografía digital es un término que ha sido utilizado ampliamente, tanto para describir la radiografía computarizada, así como para hacer referencia a la radiografía digital de captura directa, esto sucede debido a que ambas técnicas resultan en una imagen capturada electrónicamente que después son presentadas en un monitor de computadora (Butler et al., 2017). El procesamiento digital de las imágenes radiográficas es un campo que se está desarrollando muy rápidamente, los sistemas más nuevos hasta hace algunos años eran los de radiografía computarizada, pero gracias a las investigaciones ya existe una nueva tendencia y es hacia los sistemas de radiografía inalámbrica, tanto para uso en campo como para uso en instalaciones hospitalarias (Butler et al., 2017). Las principales situaciones de emergencia que por las cuales se solicitan radiografías de emergencia incluyen heridas penetrantes en la suela, fracturas, laceraciones, laminitis y abscesos subsolares (Orsini y Divers, 2013).

#### **4.4 La radiografía como método de diagnóstico de la osteoartritis**

Las radiografías son indicadas para la confirmación de un diagnóstico presuntivo, evaluar la severidad de la enfermedad (Díaz et al., 2019). La radiografía es la herramienta más común para diagnosticar la enfermedad y, a diferencia de otros métodos, es económica y está fácilmente disponible (Glyn-Jones et al. 2015). Sin embargo, como es imposible visualizar el cartílago en las radiografías y es muy importante encontrar cambios pequeños y tempranos para prevenir la progresión de la enfermedad, se han realizado investigaciones para desarrollar métodos más precisos (McIlwraith et al. 2012). En el entorno clínico, el diagnóstico de OA es normalmente logrado a través de la asociación de hallazgos clínicos y de imagen. El examen radiográfico es usualmente la herramienta de imagen más empleada para evaluar cambios óseos en las articulaciones, como una formación irregular de hueso nuevo, defectos de desarrollo, reducción del espacio articular y otros (Baxter 2020). En humanos, el Osteoarthritis Research Society International Atlas proporciona un medio para proporcionar un puntaje en las características radiográficas individuales, como los osteofitos o el estrechamiento del espacio intraarticular, de una manera semicuantitativa, y otros métodos están disponibles para cuantificar la amplitud del espacio intraarticular en las radiografías. Aunque también existen numerosas estructuras que no pueden ser visualizadas en las radiografías, las cuales pueden

examinarse por medio de resonancia magnética, las lesiones estructurales individuales que pueden ser examinadas incluyen lesiones del cartílago, osteofitos, lesiones de la médula ósea, sinovitis, efusión, y desgaste del hueso subcondral (Neogi y Zhang, 2013). Para identificar la articulación afectada pueden ser necesarios bloqueos nerviosos y analgesia intrasínovial. Una vez localizado el problema, se deben realizar radiografías de las articulaciones afectadas (Jansson 1996).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización del estudio

El estudio se realizó en un México específicamente en la región de la comarca lagunera; La Comarca Lagunera se localiza al sureste del estado de Coahuila de Zaragoza y noreste del estado de Durango, el área de estudio queda comprendida entre las coordenadas 26° 08' 05.94"-25° 15' 27.83" de latitud norte y 103° 38' 13.02"-102° 43' 57.31" de longitud oeste. Abarca los municipios de Gómez Palacio, Lerdo y Tlahualilo en el estado de Durango; Torreón, Viesca, Francisco I. Madero (Chávez) y Sierra Mojada en el estado de Coahuila de Zaragoza (INEGI 2019).

### 5.2 Manejo de los animales

Para llevar a cabo el estudio se realizaron estudios radiográficos llevados a cabo a 86 caballos de la región lagunera de Coahuila y Durango. Se trabajó sobre la base de datos recabada durante un tiempo aproximado de 2 años de agosto de 2021 a agosto de 2023 en el cual en el trabajo campo se tomaron estudios radiográficos independientemente de la raza, función zootécnica y sexo los cuales fueron requeridos de acuerdo a la consulta médica hecha por algún médico veterinario o en su defecto consulta de referencia. Se tomaron datos como anamnesis seguido de un examen de locomotor detectando alteraciones al paso, trote y galope evaluadas en diferentes situaciones, en algunos casos se usó anestesia local de 1.5 a 3 ml en cada rama nerviosa de lidocaína 2%, aguja del calibre 25 para bloqueos digital palmar, abaxial y volar bajo 4 puntos (bloqueos perineurales) para establecer el origen del dolor (Baxter, Stashak., 2011; Schumacher et al., 2010). En algunos casos fue necesario tranquilizar el animal con Xilacina al 10% para poder tomar las proyecciones radiográficas. Las radiografías fueron hechas de las proyecciones básicas y algunas tomas especiales según sea el área que se haya determinado en el examen de locomotor como afectada de acuerdo a (Adams and Stashak's, 2020; Butler J. et al., 2008). Las tomas se realizaron solamente de las extremidades involucrando de distal a proximal las regiones topográficas de cascos, cuartilla, menudillo, caña, carpos/tarsos, antebrazo, codo, hombro, tibia, babilla, y fémur.

Para la toma de radiografías se utilizó equipo de radiología digital que consta de chasis 14 x 17" de la marca DRTECH serie EVS-W con conexión WIFI a una laptop

Lenovo, con Software veterinario EConsole1 y un generador portátil de rayos X marca Poskom modelo 20 Bt vet.

### **5.3 Variables evaluadas**

Se evaluaron las patologías encontradas en los estudios radiográficos tomados los cuales se incluyeron en una base de datos; dentro de las patologías encontradas las fracturas se englobaron Luxaciones o subluxaciones, osteoartritis, síndrome navicular o enfermedad navicular, ostítis pedal, osteocondrosis, Laminitis, sesamoiditis, masas tumorales, exostosis y en un grupo general de fracturas en cualquier región de las extremidades y no se especificaron ni se separaron por cada región anatómica. Se analizaron estudios radiográficos de 86 equinos los cuales fueron filtrados de acuerdo:

- Al sexo (macho o hembra)
- La función zootécnica que estos desempeñaban

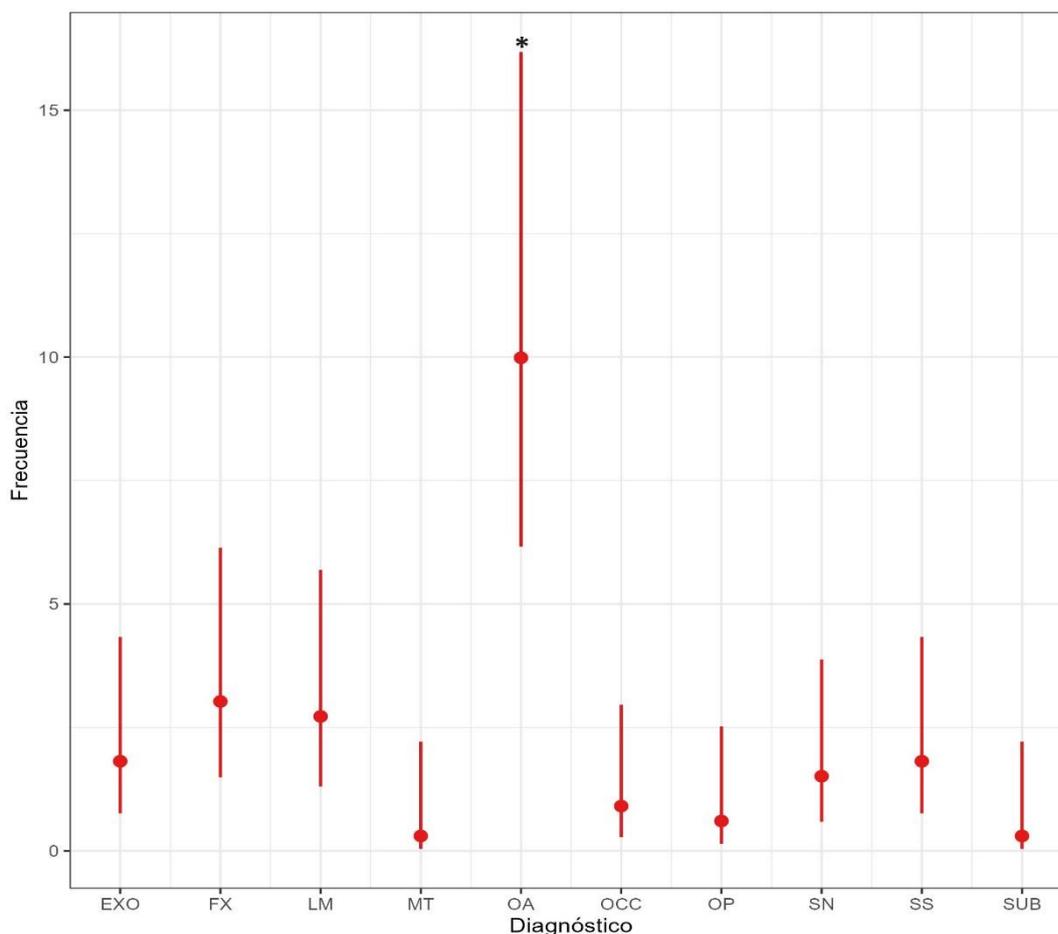
### **5.4 Análisis estadísticos**

Los datos fueron analizados previamente con una prueba de “Shapiro test” para determinar la normalidad y una prueba de “Bartlett test” para determinar homogeneidad de varianzas. Para evaluar la relación entre la frecuencia de incidencia de patologías articulares independientemente de la función zootécnica y en relación al grupo zootécnico se realizaron mediante una Modelo lineal generalizado “GLM”, mientras para determinar la relación entre la frecuencia de manifestación de patologías articulares con respecto al sexo se realizó con una prueba de proporciones de chi-cuadrada. Se considero una diferencia estadística a  $p < 0.05$ . Todos los procedimientos fueron realizados con el programa R Studio versión 4.0.5.

## 6. RESULTADOS

### *Diagnóstico de patologías articulares independientemente de la función zotécnica*

En la figura 2 se muestra la frecuencia del diagnóstico de patologías articulares independientemente de la función zotécnica. Se puede observar una diferencia en la presencia de osteoartritis con respecto a las demás patologías ( $p < 0.05$ ).

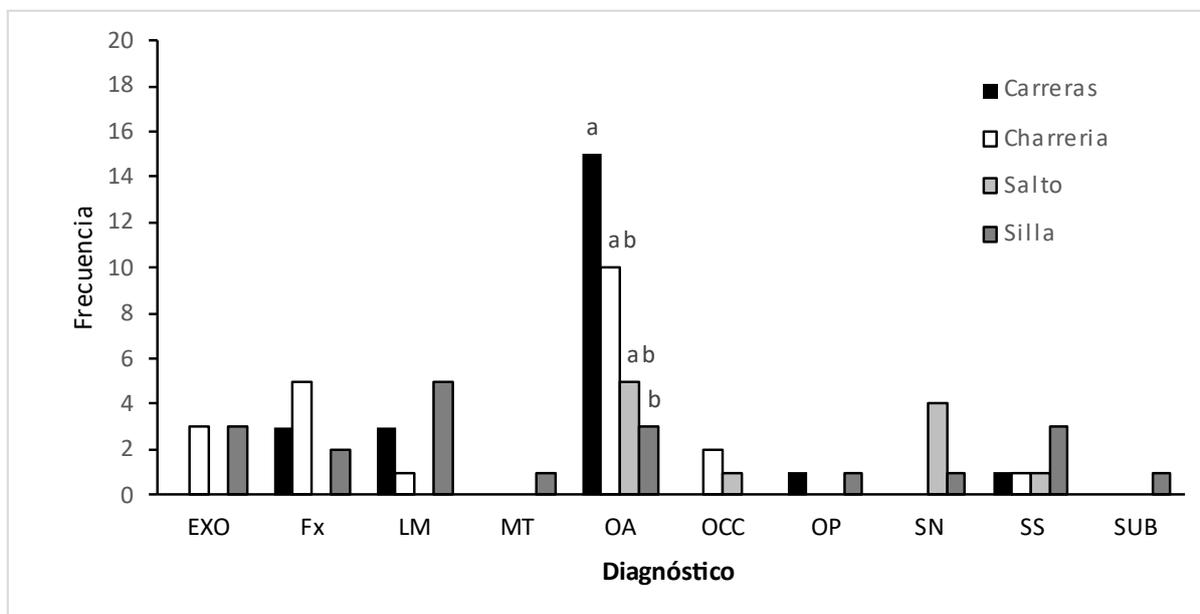


**Figura 2** Relación entre la frecuencia de incidencia de patologías articulares independientemente de la función zotécnica. Donde EXO = exostosis, FX = fracturas, LM = Laminitis, MT = Masa tumoral, OA = osteoartritis, OCC = Osteocondrosis, OP = Osteitis, SN = Síndrome navicular, SS = Sesamoiditis, SUB = Sublubsaciones. \*= difieren estadísticamente \* indica diferencia estadística significativa  $p < 0.05$ .

### *Diagnóstico de patologías articulares respecto de la función zotécnica*

En la figura 3, se muestra la frecuencia del diagnóstico de patologías articulares por función zotécnica. Solo se observó diferencia significativa en caballos de carreras que mostraron osteoartritis con respecto a los caballos de sillas ( $p < 0.05$ ). Sin

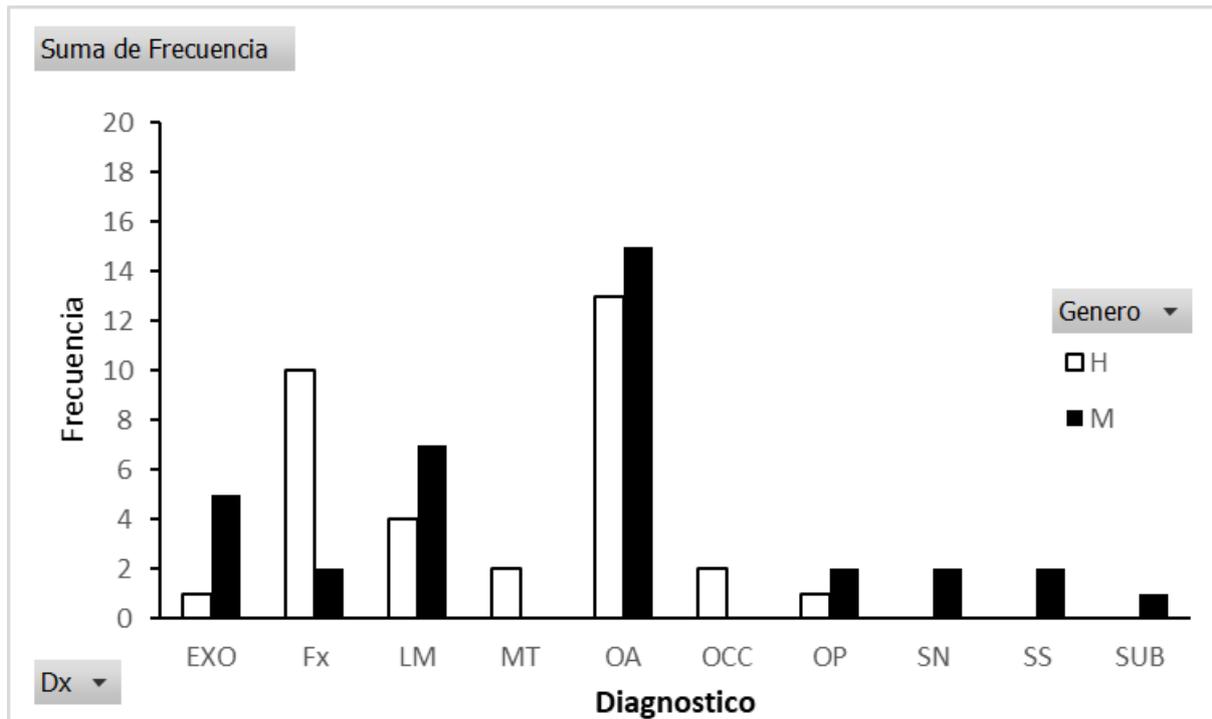
embargo, no existió diferencia significativa entre caballos dedicados a charrería y salto ( $p > 0.05$ ), para esta patología. Mientras que en las demás patologías no existió diferencia por función zootécnica ( $p > 0.05$ ).



**Figura 3** Relación entre la frecuencia de incidencia de patologías articulares con respecto a la función zootécnica. Donde EXO = exostosis, FX = fracturas, LM = Laminitis, MT = Masa tumoral, OA = osteoartritis, OCC = Osteocondrosis, OP = Osteitis, SN = Síndrome navicular, SS = Sesamoiditis, SUB = Sublubsaciones. a, b = difieren estadísticamente \* indica diferencia estadística significativa  $p < 0.05$ .

#### *Diagnóstico de patologías articulares respecto del sexo del caballo*

Mientras en la figura 3, se muestra la relación del sexo con respecto al diagnóstico de patologías articulares. No existió diferencias respecto al sexo con respecto a la presentación de patologías articulares ( $p > 0.05$ ).



**Figura 4** Relación entre la frecuencia de manifestación de patologías articulares con respecto al sexo del caballo. Donde EXO = exostosis, FX = fracturas, LM = Laminitis, MT = Masa tumoral, OA = osteoartritis, OCC = Osteocondrosis, OP = Osteitis, SN = Síndrome navicular, SS = Sesamoiditis, SUB = Sublubsaciones. a, b = difieren estadísticamente \* indica diferencia estadística significativa  $p < 0.05$ .

## 7. DISCUSIÓN.

En nuestra investigación determinamos las patologías articulares más comunes a través de radiografías encontrando principalmente la osteoartritis como el principal hallazgo patológico. Lo cual concuerda con lo reportado por Gallego-Rodríguez et al. (2019), quienes reportan hasta un 94% de casos en caballos criollos colombianos. La prevalencia y la progresión incontrolada de la osteoartritis representan la mayor causa de morbilidad física y deterioro de la calidad de vida (Samuels et al., 2008). En este sentido, el cartílago y el desarrollo articular están conectadas a la OA de múltiples formas; la primera y la más obvia, es la conexión con las anomalías hereditarias del desarrollo, como las condrodisplasias, que pueden provocar OA, esto debido a la alteración de la geometría y carga de la articulación o de la composición de la matriz del cartílago; en segundo lugar, en al menos un subconjunto de formas de osteoartritis, existe la conexión entre la adquisición por parte de los condrocitos articulares de algunos fenotipos que son característicos del cartílago en desarrollo (que en última instancia están relacionados estrechamente con la degradación de la matriz extracelular (MEC) y la pérdida de la integridad articular; y en tercer lugar está el aumento prominente de nuevas estrategias de ingeniería para tratar la OA por medio del reemplazo del cartílago dañado, a través de la focalización en vías que controlan el crecimiento y desarrollo del cartílago (Pitsillides y Beier, 2011). Otros factores asociados o no con el ejercicio temprano también pueden contribuir a la aparición de OA, lo que sugiere que el entrenamiento debería ser moderado y en relación con peso y edad del animal (Moller y Van Weeren, 2017). Se sabe que todos los componentes de la articulación, incluido el cartílago articular, el cartílago calcificado, el revestimiento de la articulación sinovial y el hueso periarticular, sufren cambios patológicos durante el inicio y la progresión de la osteoartritis. Algunas de estas alteraciones pueden ser atribuidas a lesiones directas y disrupción mecánica de los tejidos, pero en general los mecanismos son dependientes de procesos activos mediados por células, los cuales ocurren durante el curso prolongado de la enfermedad (Goldring et al., 2017).

Además, respecto de la función zootécnica también encontramos la mayor frecuencia de patología fue la osteoartritis. En este sentido, se a mencionado que el 60 % de las claudicaciones en equinos están relacionadas con la OA, la cual es frecuentemente asociada a pérdida del performance y un temprano retiro de los caballos en sus

carreras deportivas (van Weeren and back, 2016). Sin embargo, respecto con la función zootécnica se observó diferencia significativa en caballos de carreras que mostraron osteoartritis con respecto a los caballos de sillas. Nuestros resultados son diferentes a los reportados por Kerschabamer (2021) quien menciona que la mayoría de los caballos (38.7%) que presentaron osteoartritis eran caballos de recreo, seguidos de la doma (21.3%) y los de salto (12.7 %). Las demás disciplinas (Carreras, trabajo vaqueros, reproducción, equinoterapia y potros) estuvieron menos representadas (0,74 % frente a 5,37 % de incidencia).

Finalmente, no existió diferencias respecto al sexo con respecto a la presentación de patologías articulares. Esto debido a que independientemente del sexo en muchos casos, el entrenamiento comienza prematuramente durante las primeras etapas del desarrollo del sistema músculoesquelético, colocando cargas mecánicas excesivas y/o prolongadas sobre el cartílago articular inmaduro, cuando los tejidos periarticulares no están desarrollados adecuadamente para soportar cargas intensas (Garcia et al, 2009). Coincidente a esto la mayoría de los caballos que presentaron la mayor incidencia de hallazgos clínicos de OA desempeñan la función zootécnica de las carreras de carril o parejeras, lo cuales empiezan su entrenamiento a temprana edad para disputar premios a sus escasos 2 años. Sin embargo, Kerschabamer (2021), reportó diferencias significativas entre yeguas y machos castrados presentando un porcentaje mayor de incidencia en machos. Se atribuido que el ejercicio es necesario para mantener una homeostasis articular y juega un rol importante en la maduración fisiológica de los animales jóvenes. Sin embargo, Di Filippo et al. (2019), concluye que el tiempo de entrenamiento y el peso corporal de los caballos tienen relación positiva con el desarrollo de OA.

## 8. CONCLUSIÓN

- En conclusión, de acuerdo con los hallazgos radiográficos independientemente de la función zootécnica la mayor frecuencia de patologías fue la osteoartritis; pero respecto a la función zootécnica se determinó mayor cantidad de casos por osteoartritis en caballos de carreras. Sin embargo, no existió diferencia significativa entre si estos animales fueron machos o hembras. Estos datos tienen implicaciones importantes siendo un factor de riesgo la osteoartritis en caballos de carreras con lo cual se tienen que buscar estrategias preventivas para evitar la manifestación de esta patología.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baccarin RYA, Seidel SRT, Michelacci YM, Tokawa PKA, Oliveira TM. Osteoarthritis: a common disease that should be avoided in the athletic horse's life. *Anim Front.* 2022 Jun 14;12(3):25-36. doi: 10.1093/af/vfac026. PMID: 35711506; PMCID: PMC9197312.
- Barba, M., & Lepage, O. M. (2013). Diagnostic utility of computed tomography imaging in foals: 10 cases (2008–2010). *Equine Veterinary Education*, 25(1), 29-38.
- Baxter, G. M. (Ed.). (2011). *Adams and Stashak's lameness in horses*. 6a edition John Wiley & Sons.
- Baxter, G. M. (Ed.). (2011). *Manual of equine lameness*. John Wiley & Sons.
- Baxter, G. M. (Ed.). (2020). *Adams and Stashak's lameness in horses*. John Wiley & Sons.
- Brock, B. A., Greer, H. R., Honnas, C. M., Gilleland, B. E., Barrett, M. F., Moore, J. N., & Cohen, N. D. (2023). A Randomized, Self-Controlled Case Series Evaluating Core Osteostixis of Osseous Cyst-Like Lesions of the Navicular Bone to Improve Lameness in Horses with Podotrochlear Syndrome. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 35-46.
- Butler, J. A., Colles, C. M., Dyson, S. J., Kold, S. E., & Poulos, P. W. (2017). *Clinical radiology of the horse*. John Wiley & Sons.
- Coumbe, K. (Ed.). (2012). *Equine veterinary nursing*. John Wiley & Sons.
- Davidson EJ. Lameness evaluation of the athletic horse. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 2018 Aug;34(2):181-91.
- Desbrosse, F. G., Vandeweerd, J. M., Perrin, R. A. R., Clegg, P. D., Launois, M. T., Brogniez, L., & Gehin, S. P. (2008). A technique for computed tomography (CT) of the foot in the standing horse. *Equine Veterinary Education*, 20(2), 93-98.
- Díaz, G. M., López-Sanromán, J., & Weller, R. (2019). *A practical guide to equine radiography*. 5m Books Ltd.

- Ducro, B. J., Gorissen, B., van Eldik, P., & Back, W. (2009). Influence of foot conformation on duration of competitive life in a Dutch Warmblood horse population. *Equine veterinary journal*, 41(2), 144-148.
- Edwards, G. B. and Vaughan, L. C. (1984) Use of carbon fibre implants in the treatment of fetlock joint dislocation in two horses. *Vet. Rec.* 114, 87-88.
- Evans J. W., Borton A., Hintz H. F., Van Vleck L. D. (1979). *El caballo*. ACRIBIA.
- Evans, J. W., Hoffman, R. M., Petersen, J. L., & Van Vleck, L. D. (2020). *The horse*. Waveland Press.
- Gallego-Rodríguez RS. Lujan-Giraldo JD. Leysner-Tavera J. Descripción radiológica de lesiones en el tarso de caballos criollos colombianos. *Rev Colombiana Cienc Anim. Recia.* 2019; 11(2):Articulo728. DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.728>
- Garcia RS, Melo UP, Ferreira C, Toscano FS, Cruz GM. Estudo clínico e radiográfico da osteoartrite társica juvenil em potros da raça mangalarga marchador. *Ciên Ani Bras.* 2009;10(1):254-260.
- Glyn-Jones S, Palmer AJR, Agricola R, Price AJ, Vincent TL, Weinans H, Carr AJ. 2015.Osteoarthritis. *The Lancet*, 386 (9991): 376–387.
- Goldring, M. B., Culley, K. L., & Otero, M. (2017). Pathogenesis of osteoarthritis in General. *Cartilage: Volume 2: Pathophysiology*, 1-25.
- Goldring, S. R. (2012). Alterations in periarticular bone and cross talk between subchondral bone and articular cartilage in osteoarthritis. *Therapeutic advances in musculoskeletal disease*, 4(4), 249-258.
- Hodgson, D. R., McGowan, C. M., & McKeever, K. H. (2013). *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. Elsevier Health Sciences.
- HorsesMx (2021) <https://www.revistahorsesmx.com/2021/05/>
- Jansson, N. (1996). Equine osteoarthritis: A review of pathogenesis, diagnosis and treatment. *Pferdeheilkunde*, 12, 111-118.

- Johnson, J. H., Lowe, J. E. Fessler, J. F. and Anstutz, H. E. (1974) In: *Muscles and Tendons*. Eds F. W. Oehme, J. E. Prier. Williams and Wilkins Co., Baltimore. pp 299-301.
- Kawcak CE, McIlwraith CW, Norrddin RW, Park RD James SP. The role of subchondral bone in joint disease: a review. *Equine vet J*. 2001;33(2):120-126.
- Kerschbamer, L. M. (2021). Impact of sex on osteoarthritis in horses.
- Kidd, J. A., Lu, K. G., & Frazer, M. L. (Eds.). (2022). *Atlas of equine ultrasonography*. John Wiley & Sons.
- McIlwraith CW. Current concepts in equine degenerative joint disease. *J Am Vet Med Assoc*. 1982;180(3):239-250.
- McIlwraith CW, Frisbie DD, Kawcak CE. The horse as a model of naturally occurring osteoarthritis. *Bone Joint Res*. 2012 Nov 1;1(11):297-309.
- McIlwraith, C. W., Frisbie, D. D., Kawcak, C. E., & Van Weeren, R. (2015). *Joint disease in the horse*. Elsevier Health Sciences.
- Moyer, W., O'Brien, T. R., & Walker, M. (1999). Non-septic pedal osteitis—a cause of lameness and a diagnosis. *Proceedings 45th AEEP*, 45, 178-9.
- Murray R.C., Dyson, S.J., Tranquille, C., Adams, V. 2006. Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopedic injury diagnosis. *Equine vet J Suppl*. 38:411-416
- Murray, R. C. (Ed.). (2010). *Equine MRI*. John Wiley & Sons.
- Neogi, T., & Zhang, Y. (2013). Epidemiology of Osteoarthritis. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 39(1), 1–19.
- Nikahval B, Naeiniand AT, Parizi AM. Cast immobilization for treatment of dorsally subluxated proximal interphalangeal joint in a Thoroughbred mare. *Iranian Journal of Veterinary Research* 2009;10:294-7
- Nixon AJ. Phalanges, metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints. In: Auer JA, Stick JA, editors. *Equine surgery*. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders (Elsevier); 2006. p. 1222-3.

- Orsini, J. A., & Divers, T. J. (2013). *Equine Emergencies: Treatment and Procedures*. Elsevier Health Sciences.
- Pitsillides, A. A., & Beier, F. (2011). Cartilage biology in osteoarthritis—lessons from developmental biology. *Nature Reviews Rheumatology*, 7(11), 654-663.
- Pollitt, C. C. (2015). *The illustrated Horse's foot: a comprehensive guide*. Elsevier Health Sciences.
- Ross, MW and Dyson, SJ (2003). Diagnosis and management of lameness in the horse. 1st Edn., St. Louis, Missouri, Saunders Elsevier. PP: 346-347
- Samuels, J., Krasnokutsky, S., & Abramson, S. B. (2008). A tale of three tissues. *Bull. NYU Hosp*, 66, 244-250.
- Smith M. Management of joint instability. *Equine Vet Educ* 2010;22:112–4
- Stashak, T. S. (1987) Lateral and Medial Luxation of the Metacarpo-phalangeal and Metatarsophalangeal Joints (Fetlock Luxation) In: Lameness in Horses. Lea & Febiger Co., Philadelphia. pp 587-589.
- Stashak, TS (2002). Adams' lameness in horses. 5th Edn., Lippincott Williams and Wilkins PP: 741-744.
- Stephens, K., & Hoopes, K. (2023). Equine Navicular Syndrome.
- Turner, A. S. (1984) Fetlock Luxation. In: The Practice of Large Animal Surgery. Ed P. B. Jennings. W.B. Saunders Co., Philadelphia. pp 902-905
- Turner, A. S. (1984) Fetlock Luxation. In: The Practice of Large Animal Surgery. Ed P. B. Jennings. W.B. Saunders Co., Philadelphia. pp 902-905.
- Ulmer D.M y Juergenson E.M (1988) Cría y Manejo del caballo. Editorial continental
- Vaughan, L. C. and Mason, B. J. E. (1975) A Clinico-Pathological Study of Racing Accidents in Horses. Bartholomew Press, Dorking. pp 63, 79-85.
- Waguespack, R., & Hanson, R. R. (2010). Navicular syndrome in equine patients anatomy, causes, and diagnosis. *Compend Contin Educ Vet*, 32(12), E7.

Watts, A, Fortier, & Caldwell, F. (2010). Proximal interphalangeal joint arthrodesis in a one-month-old foal for superficial digital flexor tendon and straight sesamoidean ligament disruption. *Equine Veterinary Education*. 19. 407 - 412.

Wright, I. (Ed.). (2022). *Fractures in the Horse*. John Wiley & Sons.