

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

***“Osteosíntesis de fractura diafisaria de tibia en perros,
utilizando clavo centromedular con AFEE”***

**Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias
Agropecuarias**

PRESENTA:

Roberto Eder Vidales Quintero

DIRECTORA DE TESIS:





Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho

CO-DIRECTOR

M.C. José Ascención Pérez Corrales

Culiacán, Sinaloa, México; a 20 de enero de 2021

COMITÉ DE TESIS

DIRECTORA	 Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho.
CO-DIRECTOR	 M.C. José Ascensión Pérez Corrales.
ASESORA	 Dra. Nohemí Castro del Campo.
ASESOR	 Dr. Miguel Ángel Rodríguez Gaxiola.

Culiacán, Sinaloa, Febrero de 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de Enero del año 2020, la que suscribe Roberto Eder Vidales Quintero, alumno del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 9719147-7, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho y cede los derechos del trabajo titulado "Osteosíntesis de fractura diafisaria de tibia en perros, utilizando clavo centromedular con AFFE", a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Una firma manuscrita en tinta azul que parece ser "REVIDALES" o similar, con un trazo fluido y personal.

Roberto Eder Vidales Quintero

DOMICILIO: Calle Río NAZAS # 1520, Fracc. Los Pinos. Culiacán, Sinaloa, México.
TELÉFONO: 667-1336882
CORREO ELECTRÓNICO: eder_revq@yahoo.com.mx
CURP: VIQR820629HSLDNB06

DEDICATORIA

Dedico este trabajo

Este trabajo está dedicado con todo mi cariño para mi familia, de manera especial a mi esposa por el apoyo e impulso a seguir adelante en los momentos difíciles y ha puesto toda su confianza para lograr un objetivo más y a mis hijos Iker y Victoria por ser la motivación en mi vida para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haberme permitido formarme en ella. Así como también a los docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante.

Agradezco a mi directora de tesis Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho por la confianza y el apoyo brindado.

Al M.C. José Ascención Pérez Corrales, por ser mi maestro, amigo y compartir sus conocimientos durante todos estos años.

A los médicos veterinarios por su apoyo, para llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Por el apoyo brindado.

CONTENIDO

PÁGINA

Contenido

ÍNDICE DE CUADROS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1. Historia de la ortopedia veterinaria.....	3
2.2. Función del hueso	4
2.2.1. Metabolismo óseo	4
2.3. Regeneración ósea.....	4
2.3.1. Inflamación	5
2.3.2. Fase de reparación.....	6
2.3.3. Fase de remodelación.....	6
2.4. Anatomía de los huesos largos	7
2.4.1. Tibia	7
2.4.2. Estructura de los huesos largos	9
2.5. Placas de crecimiento óseo.....	10
2.5.1. Estructura y función de la placa de crecimiento	10
2.5.2. Clasificación de las fracturas en placa de crecimiento	10
2.6. Fracturas	11
2.6.1. Clasificación de fracturas de los huesos largos por tipo de lesión	11
2.6.2. Clasificación de las fracturas según su localización	13
2.6.3. Clasificación de fracturas basada en gravedad de lesión.	14
2.6.4. Clasificación de fracturas según la AO.....	14
2.7. Implantes de fijación interna en la osteosíntesis de huesos largos.....	15
2.7.1. Placas	15
2.7.2. Clavo intramedular	16
2.8. Implantes de fijación externa en la osteosíntesis de huesos largos	18
2.8.1. Fijador circular	19

2.8.2. Fijadores unilaterales.....	19
2.10. Evaluación del paciente	21
2.10.1 Examen físico.....	21
2.10.2. Examen Ortopédico	22
2.11. Anestesia.....	23
2.12. Antecedentes directos	24
III. HIPÓTESIS.....	26
IV. OBJETIVO	27
6.1. General.....	27
6.2. Específicos.....	27
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
5.1. Ubicación geográfica.....	28
5.2. Material y equipo.....	28
5.3. Método	28
5.3.1. Muestra	28
5.3.2. Criterios de inclusión	29
5.3.3. Criterios de exclusión	29
5.3.4. Variables	29
5.3.5. Diseño experimental.....	29
5.3.6. Clasificación y medición de variables	30
5.4. Tratamientos.....	32
5.4.1. Osteosíntesis diafisaria de tibia utilizando aparato de fijación esquelética externa (AFEE)..	32
5.4.2. Osteosíntesis diafisaria de tibia utilizando clavo centromedular Steinmann con AFEE.....	33
5.4.3. Manejo postquirúrgico.	33
5.5. Análisis estadístico	33
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
VII. CONCLUSIONES.....	40
VIII. LITERATURA CITADA	41
IX ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1 Escala de claudicación.....	31
2 Grado de consolidación ósea mediante hallazgos radiológicos, descritos en Escala de Montoya.....	32
3 Clasificación de fracturas diafisarias de tibia en pacientes a los que se realizó osteosíntesis.....	37
4 Grados de claudicación en pacientes con osteosíntesis de fractura diafisaria de tibia utilizando clavo centro medular Steinmann con AFFE y AFEE simple.....	37
5 Formación de callo óseo en pacientes con en pacientes con osteosíntesis de fractura diafisaria de tibia utilizando clavo centro medular Steinmann con AFFE y AFEE simple.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	A) Tibia y fíbula izquierdas articuladas, cara craneal. B) Radiografía craneocaudal de tibia y fíbula izquierdas, articuladas.....	38
2	A) Tibia y fíbula izquierdas articuladas, cara lateral. B) Radiografía medio-lateral de tibia y fíbula izquierdas, articuladas.....	38
3	Frecuencia de fracturas diafisarias de tibia, según la variable raza.....	34
4	Frecuencia de fracturas diafisarias de tibia, respecto variable sexo.....	35
5	Frecuencia de fracturas diafisarias de tibia, respecto su etiología.....	36

RESUMEN

Osteosíntesis de fractura diafisaria de tibia en perros, utilizando clavo centromedular con AFEE

Roberto Eder Vidales Quintero

Las fracturas y sus complicaciones, representan un número significativo de los casos en la clínica veterinaria de pequeñas especies, las causas más habituales se relacionan con traumatismos. Existen múltiples tratamientos de osteosíntesis utilizados en el presente para las diferentes afecciones óseas. Las fracturas de tibia en perros representan el segundo lugar con un 19% en la casuística de pacientes fracturados en el hospital veterinario de pequeñas especies de la Universidad Autónoma de Sinaloa. El objetivo del presente estudio es demostrar la funcionalidad del clavo centromedular Steinman con Aparato de fijación esquelética externa (AFEE), en la osteosíntesis de fracturas diafisarias de tibia en perros. El diseño de estudio es experimental descriptivo teniendo como n= 9 perros, de ambos sexos y diversas razas de 6 meses a 7 años de edad que presente fractura diafisaria de tibia. Los caninos tratados fueron pacientes del hospital veterinario de pequeñas especies de la Universidad Autónoma de Sinaloa y clínicas del municipio de Culiacán Sinaloa. Se evaluaron radiológicamente a las 2, 4, 8 y 12 semanas. Como resultados los pacientes tratados con clavo centro medular Steinmann en combinación con AFEE, mostraron apoyo temprano del miembro afectado y favorable respuesta en la regeneración ósea. Se concluye que esta técnica puede emplearse como alternativa de osteosíntesis en fracturas diafisarias de tibia, debido a que los resultados mostraron similitud a la técnica convencional.

Palabras clave: Osteosíntesis, tibia, perros, fractura, clavo

ABSTRACT

Osteosynthesis of tibial shaft fracture in dogs, using a centromedullary nail with AFEE

Roberto Eder Vidales Quintero

Fractures and their complications represent a significant number of cases in the small species veterinary clinic; the most common causes are related to trauma. There are multiple osteosynthesis treatments used today for different bone conditions. Tibia fractures in dogs represent the second place with 19% in the casuistry of fractured patients in the small species veterinary hospital of the Autonomous University of Sinaloa. The objective of this study is to demonstrate the role of the Steinman Centromedullary Nail with External Skeletal Fixation Device (ESFD) in the osteosynthesis of tibial shaft fractures in dogs. The study design is descriptive experimental, having as n = 9 dogs, of both sexes and various breeds from 6 months to 7 years of age that present a tibial diaphyseal fracture. The treated canines were patients of the small species veterinary hospital of the Autonomous University of Sinaloa and clinics of the municipality of Culiacán Sinaloa. It will be evaluated radiologically at 2, 4, 8 and 12 weeks. As a result, patients treated with the Steinmann medullary center nail in combination with ESFD will assist the affected limb early and have a favorable response to bone regeneration. It is concluded that this technique can be used as an alternative for osteosynthesis in tibia shaft fractures, since the results show similarity to the conventional technique.

Key words: Osteosynthesis, tibia, dogs, fracture, nail

I. INTRODUCCIÓN

La osteosíntesis es el procedimiento quirúrgico que permite estabilizar fragmentos óseos mediante implantes metálicos en contacto directo con el hueso (fijación interna) respetando las reglas biológicas y biomecánicas (Ramírez y Ramírez, 2011). Su objetivo principal es promover la formación de callo externo, estimulándolo con recuperación precoz de la actividad muscular, del movimiento articular y transmisión de carga. La fractura se reduce, estabiliza e inmoviliza mediante maniobras externas al foco, sin alteración del flujo sanguíneo (García y Ortega, 2005). Los tratamientos de osteosíntesis deben cumplir con condiciones esenciales como ser biocompatibles y asegurar una determinada vida media, a su vez, deben cumplir con las características necesarias para la aplicación (Vallet *et al.*, 2003).

A finales del siglo XIX, se encuentran los primeros reportes sobre fijación interna intramedular, este concepto tomó fuerza en manos de Gerald Küntscher en 1939 siendo el iniciador del enclavado intramedular, quién reparó con éxito fracturas experimentales en perros (Melé, 2007).

Las fracturas diafisarias de tibia son de las más frecuentes en la práctica ortopédica diaria (Ysea, 2010) sus complicaciones representan un número significativo de los casos en la clínica veterinaria en general; las causas más habituales se relacionan con traumatismos, principalmente de huesos largos (Fossum, 2009). Los huesos largos se caracterizan por tener un eje alargado y extremidades agrandadas que soportan superficies articulares (Akers y Denbow, 2013), son típicos de los miembros torácicos y pélvicos, de forma cilíndrica, están claramente adaptados para trabajar como palancas (Dyce *et al.*, 1996) su conformación anatómica es un factor importante a ser considerado para la aplicación de implantes intramedulares (Perren y Hehli, 2004).

Actualmente existen múltiples tratamientos utilizados para las diferentes afecciones la corrección de fracturas óseas, pero muchas veces éstos no tienen un resultado efectivo frecuentemente con las no uniones óseas (Fossum, 2009). Para el tratamiento quirúrgico de fracturas se han utilizado materiales de origen metálico (Piermattei *et al.*, 2006). Uno de ellos la placa metálica para la fijación

interna en corrección de fracturas por más de 100 años, las cuales han mejorado con el paso del tiempo eliminando deficiencias iniciales tales como la corrosión y la resistencia insuficiente (Uthoff y Backman, 2006).

Por otra parte, los aparatos de fijación externa o fijadores están indicados para la estabilización de fracturas, incluidas fracturas abiertas o conminutas (Moreira, 2001) constituye uno de los pilares fundamentales sobre el que se sustentan la cirugía ortopédica y la traumatológica (Del Gordo, 2008). Según Martí. (1999), el clavo intramedular es uno de los sistemas usados por cirujanos ortopedistas en pequeñas especies, debido a que es un método confiable, accesible, que requiere poco equipo, es poco sofisticado en cuanto a su aplicación y de bajo costo (Martí, 1999). Son utilizados en la fijación de fracturas de la zona media de la diáfisis de fémur, tibia y húmero. La mayoría se coloca con técnica cerrada y mínima exposición de tejidos blandos (García y Ortega, 2005). Consiste en un implante que se coloca en la cavidad medular de los huesos largos, lo cual los hace más resistentes al doblar, su fuerza está relacionada con su diámetro y con la habilidad para limitar el movimiento de los fragmentos del hueso fracturado (Ils y Brooker, 1985). También puede ser utilizado en combinación con otros métodos de fijación como es el aparato de fijación esquelética externa (AFEE), los cuales actúan como métodos auxiliares proporcionando una mejor estabilidad del hueso fracturado (Escarparte, 1995). Los métodos mencionados ofrecen gran utilidad, pero a su vez traen consigo efectos no deseados, estos se pueden aflojar, romper, o doblar provocando malestar al paciente y dejando de cumplir con su labor (Piermattei *et al.*, 2006). Con base en esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta clínica y radiológica de una combinación de clavo centromedular con aparato de fijación esquelética externa en la osteosíntesis de fracturas diafisarias de tibia en perros.

II. ANTECEDENTES

2.1. Historia de la ortopedia veterinaria

Los últimos años son quizá uno de los períodos más exitosos e innovadores en la medicina de ortopedia, esta profesión ha sido testigo de grandes avances en la cirugía músculo esquelética tales como métodos la fijación de fracturas (Beale *et al.*, 2003).

Antes del siglo XVIII no podemos determinar qué aspectos se conocían sobre las fracturas en los animales, por falta de evidencias (Coughlan y Miller, 1999), en el siglo XVIII el escocés John Hunter considerado el primer investigador de la ortopedia demostró a través de sus experimentos que el proceso de curación de una fractura iniciaba con la formación de un coágulo de sangre extravasada entre los fragmentos de hueso, seguido de una invasión de vasos sanguíneos al intervalo y la formación de un tejido nuevo, similar al tejido circundante, que une los extremos óseos, demostrando que este nuevo tejido se convierte en cartílago y finalmente en hueso (Jacobo *et al.*, 2006).

Las operaciones de las extremidades en animales (perros y caballos) se realizaron incluso antes de que se conociera el uso de la anestesia y los antisépticos, pero su implementación permitió la expansión en este campo (Coughlan y Miller, 1999). Entre el año 1875 - 1920 la reparación de fracturas óseas en especies de compañía constituyó prácticas para nada exitosas, creían que el mejor tratamiento residía en dejar reposar al animal en jaulas; ya que así se evitaba la movilidad del miembro afectado. Una gran variedad de materiales fueron utilizados para la inmovilización de fracturas como por ejemplo el silicato de sodio, pasta de maicena, yeso, resina, entre otros (Coughlan y Miller, 1999).

Durante 1935 - 1937 el uso de la radiografía permitió diagnosticar enfermedades óseas en perros grandes y de razas gigantes y a mediados de los 40's muchas otras enfermedades del esqueleto del perro pudieron ser reconocidas y caracterizadas. Hoy en día es posible llevar a cabo procedimientos tales como la estabilización de fracturas óseas mediante el uso de diversos elementos de osteosíntesis (Fossum, 2002).

2.2. Función del hueso

El tejido óseo está formado por componentes minerales en dos terceras partes y componentes orgánicos en una tercera parte; esta composición le proporciona al hueso semirrigidez y porosidad, lo que le permite funciones de sostén y soporte (Hernández *et al.*, 2006); las marcas óseas sirven para la inserción de tendones, ligamentos y fascias. Los huesos interactúan con los músculos, permitiendo el movimiento de las articulaciones; éstos, proporcionan el poder motor, mientras que el esqueleto funciona como un sistema de palancas que organiza el movimiento, acorde con las necesidades del cuerpo, así como de protección de órganos (Lee *et al.*, 2014).

2.2.1. Metabolismo óseo

El desarrollo y metabolismo óseo está fundamentado en su composición; conteniendo 65% de calcio y fósforo, además de otros iones en concentración menor, como: el magnesio, sodio, potasio y carbonato. El restante 30%, está constituido por una matriz orgánica, cuyo principal componente es el colágeno de tipo I. Éste brinda resistencia al hueso; además; proporciona proteínas morfo genéticas que aceleran la unión, cuando un hueso está fracturado (Domínguez y Villaseñor, 2017). Además de las proteínas, la matriz orgánica consta de una sustancia fundamental, el líquido extracelular y proteoglicanos, en especial condroitín sulfato y ácido hialurónico; glucoproteínas, sialoproteínas y lípidos (Unger y Barbará, 2008). El hueso tiene la capacidad de auto regeneración y remodelación; la remodelación se basa en la continua construcción y destrucción del tejido óseo, la que se mantienen durante casi toda la vida; lo que permite a este tejido adaptarse continuamente a las nuevas condiciones mecánicas, mediante la reorganización de su estructura interna (Zaera, 2013).

2.3. Regeneración ósea

El proceso de regeneración ósea entra en función cuando ocurre una fractura o cualquier tipo de lesión que involucre la ausencia de hueso por traumatismos, problemas congénitos u oncológicos; este tejido puede reconstruirse por procesos fisiológicos de remodelación o cicatrización (Sesman *et al.*, 2007). El

hueso es el único tejido del organismo capaz de regenerarse, permitiendo la restitución e integración tras el trauma (Hernández *et al.*, 2006), a diferencia de la reparación, donde el tejido que se forma es un tejido cicatricial, con características diferentes al original; en este sentido, el hueso es el único tejido del organismo, a excepción del tejido embrionario, que se restituye totalmente tras una lesión (Davies y Hosseini, 2000).

Para llevar a cabo el proceso de regeneración, intervienen células consideradas básicas las cuales son: osteoblastos, osteocitos y osteoclastos. Los osteoblastos, los osteocitos y los osteoclastos son las células identificables en el tejido óseo. Las primeras derivan de células mesenquimatosas pluripotenciales, también llamadas células madre. Son células polarizadas diferenciadas que sintetizan el colágeno y la sustancia fundamental ósea. El osteocito es la célula ósea madura, relativamente inactiva. Su nutrición depende de canalículos que penetran la matriz ósea y se conectan a los osteocitos por sus extensiones. La nutrición ósea se realiza a través de canales vasculares que penetran al hueso o se ubican en las membranas conjuntivas que revisten el periostio y el endostio. El osteoclasto es la célula encargada del mantenimiento de la homeostasis ósea. Son capaces de sintetizar y reabsorber, en forma limitada, componentes de la matriz ósea (osteólisis osteocítica) regulando la calcemia. Su vida media es de varios años, incluso décadas; es incapaz de renovarse; su reemplazo se hace a través de la diferenciación de las células precursoras de los osteoblastos. La regeneración ósea se suele dividir en tres etapas ligeramente superpuestas: inflamatoria, reparadora y remodelación. Es difícil proporcionar un marco de tiempo aproximado para cada fase, la tasa de curación varía ampliamente según la edad y patologías que puedan presentarse (Wilkins, 2005).

2.3.1. Inflamación

En este primer proceso ocurre la pérdida de integridad de la estructura ósea en el sitio afectado. Este es el resultado de la formación de hematoma que se produce por la ruptura de los vasos sanguíneos. Este hematoma contiene fibrinas, las cuales serán reemplazadas rápidamente por un andamio de colágeno. Este andamio de colágeno sirve como marco reticular para formación

de tejido inicial. El hematoma también incita producción de proteínas que estimulan la diferenciación de las células en fibroblastos, condroblastos, osteoblastos y angioblastos, los cuales son esenciales para la formación de hueso nuevo (McGowan, 2007).

2.3.2. Fase de reparación

Esta segunda fase ocurre a las pocas horas de producirse la fractura, se observa división celular en la capa osteogénica del periostio y endostio, no así en los extremos de los fragmentos que están muertos. Estos se acortan debido a su reabsorción, que es directamente proporcional al movimiento existente. Empieza a formarse el callo, que según su lugar de origen se denomina callo externo o periostal, callo interno o medular y callo intercortical. Iniciando un puente entre ambos fragmentos óseos, los cuales deben conectar en un plazo de dos semanas, en caso contrario ocurriría una no unión (Díaz y Durall, 1994).

2.3.3. Fase de remodelación

Esta fase puede durar meses e incluso años en algunas estructuras óseas, eliminando la insensibilidad provisional gradualmente dando forma a hueso nuevo a lo largo de las líneas de estrés, por lo tanto, se produce "hueso de calidad", o también conocido como hueso duro, que es rígido y puede soportar la actividad física normal (Wilkins, 2005).

2.3.3.1. Factores regulares del remodelado óseo. Entre ellos se encuentran: a) factores genéticos, son determinantes ya que entre el 60 y el 80% de la masa ósea se encuentra determinada genéticamente; b) factores mecánicos, la actividad física es fundamental para el desarrollo del hueso, así, la acción muscular transmite tensión al hueso, activando osteocitos y osteoblastos para estimular la formación ósea, por el contrario, la falta de actividad muscular tiene un efecto deletéreo sobre el hueso y acelera la reabsorción ósea; c) factores vasculares, la vascularización es fundamental para el remodelado óseo ya que permite el acceso de células sanguíneas, oxígeno, minerales, iones, glucosa, hormonas y factores de crecimiento al entorno óseo; d) factores hormonales, el desarrollo normal del esqueleto está condicionado por el correcto funcionamiento

del sistema endocrino, fundamentalmente de la hormona somatotropa (hormona de crecimiento) y las hormonas calciotropas, entre ellas la parathormona (PTH), la calcitonina y los metabolitos de la vitamina D, estas hormonas actúan a distancia de su lugar de producción (efectos endocrinos), pero también regulan la síntesis y acción de factores locales que intervienen directamente en el metabolismo óseo (efectos autocrinos y paracrinos); y e) factores locales, el remodelado óseo está regulado por multitud de factores locales, entre los que destacan los factores de crecimiento, las citoquinas y las proteínas de la matriz ósea, como moduladores de la acción de hormonas calciotropas entre otros factores que afectan al metabolismo óseo (García, 2011).

2.4. Anatomía de los huesos largos

Los huesos largos se caracterizan por tener un eje alargado y extremidades agrandadas, que soportan superficies articulares (Akers y Denbow, 2013); son típicos de los miembros torácicos y pélvicos, tienen forma cilíndrica y están claramente adaptados para trabajar como palancas (Dyce *et al.*, 1996). Esta clasificación incluye: el húmero, radio, fémur, tibia, metacarpianos y metatarsianos (Akers y Denbow, 2013). Se desarrollan desde, al menos, tres centros de osificación: uno para el cuerpo (diáfisis) y dos para cada extremidad (epífisis) y el sitio de unión entre ambas, la metáfisis (Dyce *et al.*, 1996); a su vez, cada una de éstas, está formada por un tipo diferente de hueso, en función de las fuerzas que debe soportar (Zaera, 2013).

2.4.1. Tibia

Es un hueso largo y grueso (Figura 1 y 2), se encuentra en la parte medial del pilar o extremidad pélvica, tiene un hueso que se encuentra medial y paralelo ella, de menor tamaño llamado fíbula, la tibia se expande proximalmente y articula con el fémur, en la superficie dorsal hay una prominencia llamada cresta tibial la cual une con el músculo cuádriceps femoral. Distalmente, la tibia tiene una protuberancia prominente llamado maléolo medial este puede palparse en la cara medial del corvejón (Aspinall y Cappello, 2015). La mitad proximal de la tibia es triangular en sección transversal y casi de forma cilíndrica en su mitad

distal a diferencia de su extremo proximal que es relativamente plano, la superficie articular proximal se encuentra dividida en cóndilo lateral y medial, el cóndilo medial es ovalado y el cóndilo lateral es casi circular, ambos son convexos en el plano sagital y cóncavos transversalmente (Evans y Lahunta, 2013).

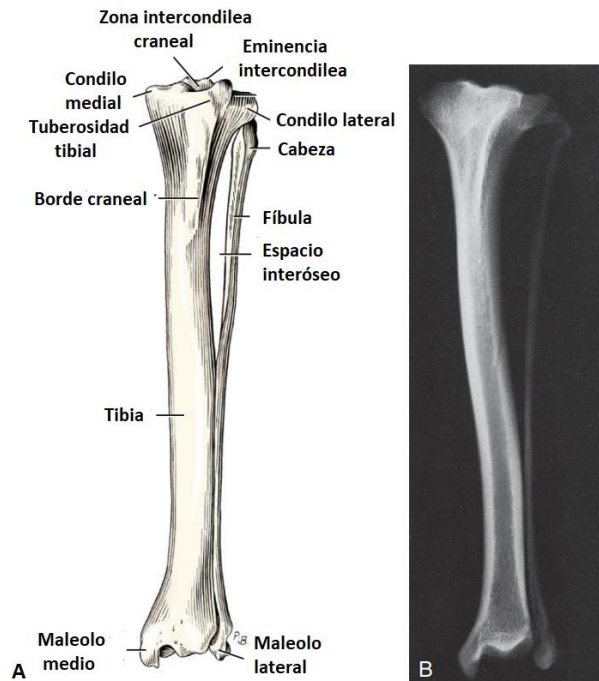


Figura 1. A) Tibia y fíbula izquierdas articuladas, cara craneal. B) Radiografía craneocaudal de tibia y fíbula izquierdas, articuladas (Evans y Lahunta, 2013).

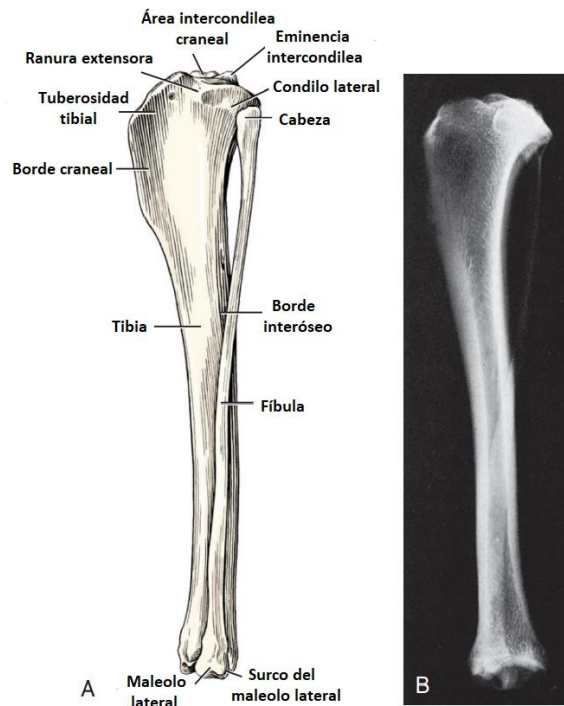


Figura 2. A) Tibia y fíbula izquierdas articuladas, cara lateral. B) Radiografía medio-lateral de tibia y fíbula izquierdas, articuladas (Evans y Lahunta, 2013).

2.4.2. Estructura de los huesos largos

Los huesos largos se dividen en diferentes sitios anatómicos, entre ellos se encuentran: la epífisis, diáfisis, metáfisis, periostio, endostio y agujero nutricio (Akers y Denbow, 2013).

2.4.2.1. Epífisis. Las epífisis o extremos del hueso, están ocupadas por hueso trabecular o esponjoso, que forma un enrejado tridimensional de espículas, placas o tubos de densidad variable (Dyce *et al.*, 1996); con una capa externa delgada de hueso compacto (Akers y Denbow, 2013).

2.4.2.2. Diáfisis. Al desarrollo de la epífisis, se le llama diáfisis (Akers y Denbow, 2013). La superficie interna de la diáfisis limita una cavidad medular central, que es áspera, con pequeñas irregularidades, indiferenciadas y sin significación (Dyce *et al.*, 1996).

2.4.2.4. Metáfisis. Es el punto de unión de la diáfisis y la epífisis; entre estas dos estructuras de los huesos en crecimiento hay una placa plana de cartílago hialino, llamada placa epifisaria (Akers y Denbow, 2013).

2.4.2.5. Periostio. Es una membrana de tejido conectivo que envuelve la zona diafisaria, cuyo grosor va disminuyendo con la edad; es el responsable del crecimiento en diámetro de la diáfisis, se encuentra muy vascularizado; posee una gran cantidad de células multipotenciales, capaces de diferenciarse en osteoclastos y osteoblastos, siendo el periostio parte fundamental en las primeras semanas de los procesos de cicatrización ósea (Zaera, 2013).

2.4.2.6. Endostio. Es una membrana similar al periostio, pero de menor relevancia; se sitúa en el interior del canal medular (Zaera, 2013).

2.4.2.7. Agujero nutricio. Se encuentra localizado a mitad de la diáfisis; es la vía de entrada y salida de la arteria y la vena nutricias, responsables de la vascularización intramedular (Zaera, 2013).

2.5. Placas de crecimiento óseo

2.5.1. Estructura y función de la placa de crecimiento

El desarrollo inicial de un hueso largo se produce como consecuencia de la proliferación y crecimiento (hipertrofia) del condrocito, durante el crecimiento, los condrocitos se ubican en una estructura que promueve la elongación longitudinal del hueso, que se denomina placa de crecimiento (Kronenberg, 2003). En esta estructura se ubican los condrocitos en estado de reserva, proliferación e hipertrofia, las células en estado de reserva sirven como células madre que entran al estado de proliferación y por acción bioquímica y mecánica se hipertrofian, elongando la célula, dando como resultado el crecimiento longitudinal del hueso, cada hueso largo, tiene, por lo menos, dos placas de crecimiento en cada extremo (Provot y Schipani, 2005); en cada placa se promueve el crecimiento en dirección axial del hueso y se mantiene hasta el término de la adolescencia, momento en el cual cesa la proliferación; se hipertrofian todos los condrocitos y es invadido por osteoblastos, con lo cual se cierra la placa de crecimiento y, por tanto, cesa el alargamiento del hueso, este cierre está influenciado por factores locales y sistémicos, de tipo bioquímico y mecánico (Carter *et al.*, 2004).

2.5.2. Clasificación de las fracturas en placa de crecimiento

2.5.2.1. Salter-Harris Tipo I. Es una separación de la epífisis; como consecuencia del desplazamiento de la epífisis de la metáfisis en la placa de crecimiento (Robles, 2018).

2.5.2.2. Salter-Harris Tipo II. Son fracturas a través de la placa de crecimiento, en donde una pequeña porción o esquina de la metáfisis se fractura y se desplaza junto con la epífisis (García, 2007).

2.5.2.3. Salter-Harris Tipo III. Son fracturas a través de la placa de crecimiento y de la epífisis, pero la metáfisis no está afectada; generalmente comprometen la articulación (García, 2007).

2.5.2.4. Salter-Harris Tipo IV. Estas fracturas atraviesan el cuerpo del hueso, el cartílago de crecimiento y el extremo del hueso. (Robles, 2018).

2.5.2.5. Salter-Harris Tipo V. Son fracturas por aplastamiento o compresión, que involucran la placa de crecimiento; son difíciles de reconocer radiográficamente. La metáfisis se desplaza hacia la epífisis, lo que causa el cierre prematuro de toda la placa de crecimiento (Robles, 2018).

2.5.2.5. Salter-Harris Tipo VI. Fracturas cuya característica es la ablación del anillo pericondral. No son muy infrecuentes, pero potencialmente devastadora (Masquijo *et al.*, 2015).

2.6. Fracturas

Las fracturas pueden definirse como la interrupción de la continuidad ósea o cartilaginosa, puede deberse a diversas circunstancias que pueden dar lugar a una fractura, aunque la susceptibilidad de un hueso para fracturarse por una lesión única se relaciona no sólo con su módulo de elasticidad y sus propiedades anisométricas, sino también con su capacidad de energía (Ruiz *et al.*, 2018)

2.6.1. Clasificación de fracturas de los huesos largos por tipo de lesión

Los sistemas para clasificar las fracturas, tanto en el esqueleto axial como en el apendicular, son utilizados principalmente para describir las lesiones, aunque existen muchos tipos de clasificaciones, solamente algunos llenan los requisitos para utilizarse en forma práctica (Tejeda, 2010), uno de ellos es el tipo de fractura (García, 2007; Suazo, 2012).

2.6.1.1. Fractura en tallo verde. Se presenta comúnmente en animales jóvenes. Por lo general, el lado que recibe la fuerza permanece intacto y el lado contrario se fractura. El hueso no se acorta, pero puede sufrir deformación en su eje, en el punto de la fractura (García, 2007).

2.6.1.2. Fractura fisura. Generalmente la fisura se forma en una cortical, y el periostio que la cubre está intacto. Pueden ser, simples o múltiples líneas de fisuras, de diferente configuración (Suazo, 2012).

2.6.1.3. Fracturas incompletas. Implica que el hueso no ha perdido completamente su continuidad, alguna porción del hueso permanece intacta (García, 2007).

2.6.1.4. Fractura depresión. Representan áreas en las cuales varias líneas de fisuras se interceptan. Si la fuerza que las causó es suficiente, el área puede deprimirse en dirección de las fuerzas; ocurre generalmente en el maxilar o áreas de los huesos frontales de la cabeza (Suazo, 2012).

2.6.1.5. Fracturas completas. El hueso pierde completamente la continuidad, permitiendo cabalgamientos y deformaciones; son mucho más comunes que las fracturas incompletas. Pueden ser mejor clasificadas por la forma de la línea de la fractura (García, 2007).

2.6.1.6. Fractura oblicua. La línea de la fractura es oblicua respecto del eje longitudinal del hueso. Las dos corticales de cada fragmento están en el mismo plano sin espiralarse (Suazo, 2012).

2.6.1.7. Fractura transversa. La línea de fractura es transversa al eje longitudinal del hueso; pueden ser rugosas o lisas o pueden ser dentadas en la superficie de la fractura (García, 2007).

2.6.1.8. Fractura espiral. La línea de fractura toma una forma espiral a lo largo del eje longitudinal del hueso; ésta, es causada por fuerzas torsionales o rotacionales (Paz y Bustamante, 2013).

2.6.1.9. Fractura conminuta o multifragmentaria. Implica al menos, más de dos fragmentos de fractura; uno de los cuales está completamente separado, pero líneas de fractura se interconectan y pueden ser transversas, oblicuas o espirales (García, 2007).

2.6.1.10. Fractura en cuña. Es multifragmentaria, con algún contacto entre los fragmentos principales después de la reducción (Suazo, 2012).

2.6.1.11. Fractura múltiple o segmental. El hueso está quebrado en tres o más segmentos; las líneas de fractura, a diferencia de la fractura multifragmentaria, no se reúnen en un punto común (García, 2007).

2.6.1.12. Fracturas cerradas. Permanece encerrada dentro de la piel y musculatura que la rodea; no existe comunicación con el medio ambiente exterior (Suazo, 2012).

2.6.1.13. Fractura abierta o expuesta. Está comunicada con el medio ambiente; esto puede ocurrir a través de una herida extensa de los tejidos blandos y la piel o a través de una pequeña perforación de la piel (García, 2007).

2.6.2. Clasificación de las fracturas según su localización

Otra clasificación es basada en su localización en relación al hueso específico fracturado; esto, no indica si la fractura es abierta o cerrada, tampoco el tipo de fractura, solo específicamente su ubicación anatómica (García, 2007).

2.6.2.1. Fractura diafisial. Para propósitos de descripción, las fracturas son denominadas medias si ella ocurre cerca del centro axial de la diáfisis. Para el resto de las fracturas de diáfisis, esta debe dividirse en tercios iguales. Por lo tanto, las fracturas pueden ser en tercio proximal, tercio medio o tercio distal de la diáfisis (García, 2007).

2.6.2.2. Fractura metafisial. Cualquier fractura dentro de la metafisis anatómica de un hueso largo se refiere como una fractura metafisial; para clarificar más la clasificación, ésta debe incluir el término proximal o distal (García, 2007).

2.6.2.3. Fractura de placa epifisial. Ocurre en animales inmaduros, durante el tiempo en que la placa epifisial permanece abierta y cartilaginosa (Suazo, 2012).

2.6.3. Clasificación de fracturas basada en gravedad de lesión.

Otra variación es las diferentes clasificaciones es, el tipo de clasificación basada en la gravedad de lesión del hueso fracturado (García, 2007).

2.6.3.1. Alineación del extremo óseo. Si los extremos del hueso permanecieron alineados después de una fractura, se llama fractura sin desplazamiento (Akers y Denbow, 2013).

2.6.3.2. Grado de rotura. Si la rotura es a través del hueso, se denomina fractura completa (Akers y Denbow, 2013).

2.6.3.3. Orientación del descanso. Se llama a la ruptura paralela del eje largo, es una fractura lineal (Akers y Denbow, 2013).

2.6.3.4. Fractura transversal. Si es perpendicular al eje largo (Piermattei, 1997).

2.6.3.5. Penetración de la piel. Hueso que sobresale a través de la piel, es una fractura abierta o compuesta (Piermattei, 1990).

2.6.3.6. Fractura cerrada. Ruptura no protuberante; se llama fractura cerrada o simple (Akers y Denbow, 2013).

2.6.4. Clasificación de fracturas según la AO

La clasificación de fracturas AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefrage, que significa grupo de trabajo para los problemas de osteosíntesis) consiste en un sistema alfanumérico que brinda información para clasificar la fractura por: hueso fracturado y localización (diáfisis, metáfisis, epífisis) de igual manera clasificar los diversos tipos de fractura (DeCamp *et al.*, 2016). La estandarización universal al clasificar una fractura, contribuye a que todos los cirujanos se orienten sobre el pronóstico y mejor tratamiento (Meinberg *et al.*, 2018).

La clasificación AO consiste en adjudicar un número al hueso largo fracturado; Húmero: 1, Radio/Cúbito: 2, Fémur 3, Tibia/Peroné: 4. Para segmento fragmentado; Proximal: 1, Tercio medio: 2, Distal: 3. Posteriormente se agrega una letra que define el tipo de fractura; Simple A, Múltiple/En cuña B, Compleja C. Por ultimo cada grupo se subdivide así mismo en tres subgrupos, en función de la dificultad que conlleva su resolución: Del 1 al 3, de menor a mayor complejidad, respectivamente; cuando se refiere a fractura simple A, se divide en fractura espiral A1, fractura oblicua A2 y fractura transversa A3; cuando se refiere a fractura en cuña B, se divide en cuña espiral B1, cuña mariposa B2, cuña fragmentada B3 (Zaera, 2013).

2.7. Implantes de fijación interna en la osteosíntesis de huesos largos

La osteosíntesis es un procedimiento quirúrgico por el cual se permite estabilizar fragmentos óseos mediante implantes metálicos en contacto directo con el hueso respetando las reglas biológicas y biomecánicas (Ramírez y Ramírez, 2011), se refiere a una técnica quirúrgica que sea poco invasiva y que respete las características biológicas del hueso, los tejidos blandos y del callo fracturario (Moreira, 2001). Las técnicas de osteosíntesis más modernas, tienden a minimizar la agresión sobre la cicatrización ósea, lo que sugieren que no es necesario realizar una amplia exposición del hueso fracturado, basta con liberar el hueso para visualizar el eje óseo y permitir una fijación, protegiendo los tejidos blandos, evitando tanto una compresión interaxial como interfragmentaria, aplicándose en el hueso comprometido una placa de apoyo o un fijador externo (Fernández *et al.*, 1997).

2.7.1. Placas

Las placas metálicas se han utilizado por más de 100 años para la fijación interna en la corrección de fracturas; se han ido mejorando con el paso del tiempo, eliminando deficiencias iniciales tales como la corrosión y la resistencia insuficiente (Uthoff y Backman, 2006). Existen diferentes modelos, ya sea fabricadas de acero inoxidable o de titanio, con agujeros, colocándose sobre la superficie de los huesos, siendo aseguradas con tornillos, sin necesidad de utilizar todos los agujeros que la conforman (García y Ortega, 2005).

Los modelos, se clasifican sobre la base de algunos de sus atributos, ya sea por la forma, diseño de los agujeros, sitio elegido para la fijación o modo de aplicación (Uthoff y Backman, 2006). Su utilización es de mayor frecuencia en fracturas de huesos largos, pero también puede emplearse en problemas como la artrodesis de columna, realizando una incisión quirúrgica más amplia que otros tipos de fijación; existe la posibilidad de alteración del flujo sanguíneo cortical, debido a la gran superficie de contacto y de la consolidación, pudiendo reproducirse la fractura al retirar la placa, por atrofia ósea, en general, basan su funcionamiento en tres principios biomecánicos: compresión dinámica, neutralización y contención o sostén; existen también algunas de diseño especial (García y Ortega, 2005).

2.7.2. Clavo intramedular

Es uno de los materiales usados por cirujanos ortopedistas en pequeñas especies, debido a que es un método confiable, accesible, que requiere poco equipo; es poco sofisticado en cuanto a su aplicación y de bajo costo (Martí, 1999). Consiste en un implante que se coloca en la cavidad medular de los huesos largos, que los hace más resistentes al doblar; su fuerza está relacionada con su diámetro y con la habilidad para limitar el movimiento de los fragmentos del hueso fracturado (Parrón *et al.*, 2007). Lo que, a su vez, está directamente relacionado con el contacto o con el roce que tenga con la corteza endosteal (Martí, 1999). La reducción de una fractura a través del uso de un clavo intramedular, al igual que otros métodos de fijación, no es efectiva para cualquier tipo de fractura (Martí, 1999); se recomienda únicamente para fracturas estables, como en el caso de las fracturas oblicuas cortas o transversas que se presentan en la diáfisis de los huesos largo; se usa principalmente en el húmero, fémur y la tibia (Escarparte, 1995).

2.7.2.1. Indicaciones del clavo intramedular. Puede ser utilizado en combinación con otros métodos de fijación, como los cerclajes y hemicerclajes (Martí, 1999), y en los aparatos de fijación esquelética externa (AFEE); actuando como métodos auxiliares, proporcionando una mejor estabilidad del hueso fracturado

(Escarparte, 1995). La conformación anatómica del hueso es un factor importante a ser considerado para la aplicación de implantes intramedulares, y esto, va muy de la mano, con la especie sobre la cual se planeen colocar (Perren y Hehli, 2004). En el caso de los perros, que en su mayoría presentan huesos curvos, la colocación de un clavo intramedular a menudo implica bastante dificultad para lograr una reducción anatómica (Ramos *et al.*, 2016). Sin embargo, en el caso de los gatos, que en su mayoría presentan huesos largos, la introducción de un clavo en el canal medular permite una reducción anatómica de la fractura con el probable inconveniente de una reducción en el flujo sanguíneo medular, que pudiese ocasionar un retraso en la remodelación ósea (Drapé y de la Fuente, 2015). Una indicación para seleccionar el grosor del clavo que irá dentro del canal medular, es que al insertar el clavo en la diáfisis éste no rebase el 75% del espacio medular en su punto más estrecho, para evitar compromisos en el flujo sanguíneo, algunos cirujanos no consideran necesario cumplir con esta regla; ya que han observado, que en el caso del clavo bloqueado, éste en ocasiones llega a cubrir en su totalidad el espacio medular, no observando problemas de retraso en el proceso de remodelación por obstrucción del riego sanguíneo medular (Martí, 1999).

2.7.2.2. Contraindicación de los clavos intramedulares. Está contraindicado en fracturas irreducibles con rotación, distracción o cizallamiento importante; en fracturas expuestas, infectadas, metafisiarias o articulares (Martí, 1999).

2.7.2.3. Desventajas de los clavos intramedulares. Se ha indicado que tienen poca o nula resistencia a la rotación, distracción, cizallamiento, y a las cargas de tipo axial (Escarparte, 1995); es complicado que proporcionen estabilidad por sí solos para cualquier tipo de fractura (Franch *et al.*, 2007); presentan ausencia de fijación (entrelazado) con el hueso, ya que la única resistencia contra las cargas rotacionales o axiales que provee un clavo intramedular es la fricción generada entre el clavo y el hueso (Vega y Rascón, 2007); pueden favorecer la diseminación de bacterias en el canal medular, por lo que no se recomiendan para fracturas expuestas (Escarparte, 1995). En fracturas inestables hay micro movimientos entre la interface clavo-hueso, lo cual puede dar origen a una migración prematura de clavo intramedular, teniendo como consecuencia el

fracaso del implante (Vega y Rascon, 2007); la falta de unión puede ser resultado de factores mecánicos, y para evitar esto, el clavo debe tocar tres puntos de contacto o de fijación en el canal medular del hueso (Escarparte, 1995). Si no se realiza la técnica adecuadamente puede haber complicaciones, como una alteración en el suministro sanguíneo, interferencia o lesión a tejidos blandos (Martí, 1999).

El-Warrak y Schossler (1998) realizaron un estudio de investigación cuyo objetivo fue evaluar el uso de clavos intramedulares de Steinmann para reducir fracturas, dicho estudio se realizó en el Hospital de Clínicas Veterinarias de la Universidad Federal de Santa María en Brasil, consideraron sus resultados satisfactorios y eficientes en la reducción de fracturas diafisarias de tibia, produciendo una estabilidad interfragmentaria satisfactoria, permitiendo o apoyo temprano de la extremidad.

2.8. Implantes de fijación externa en la osteosíntesis de huesos largos

La fijación ósea externa, se ha convertido en una técnica terapéutica eficaz para resolver las lesiones del aparato locomotor (Del Gordo, 2008); pero tiene complicaciones que son variadas y en algunas ocasiones provocan el fracaso del tratamiento; su éxito dependerá de la correcta aplicación en el tipo de fractura, los implantes de fijación externa están indicados en fracturas abiertas (indicación formal), fracturas cerradas (fracturas complejas), retardos de consolidación, pseudoartrosis (sépticas y asépticas), elongaciones óseas, transportaciones, ligamentotaxis y otros casos muy específicos; sus ventajas son: colocación sin abrir el foco de fractura, no incorpora cuerpos extraños, permite estabilización, compresión, distracción, reducción, o modificaciones posteriores; no necesita de férulas de contención externas, también permite estabilizar un hueso con lesiones de piel (quemaduras, heridas, etc.), así como la movilización activa y dinámica (Escarparte, 1995).

2.8.1. Fijador circular

Esta técnica está indicada en la fijación de fracturas abiertas, cerradas, pseudoartrosis, falta de unión de huesos largos, alargamiento del miembro mediante separación epifisaria o metafisaria, corrección de deformidades óseas o de tejidos blandos, corrección de defectos óseos o de tejidos blandos segmentales o no segmentales. El fijador circular es para su uso en todos los huesos largos incluidos: la tibia, peroné, fémur, húmero, radio y cúbito (Fernández *et al.*, 1997).

2.8.2. Fijadores unilaterales

Están indicados para la estabilización de varias fracturas, incluidas fracturas abiertas o conminutas, faltas de unión infectadas, fracturas con discrepancias de longitud, fusiones y osteotomías correctivas de los huesos metacarpiano, metatarsiano, cubital, y calcáneo (Moreira, 2001). Su utilización constituye uno de los pilares fundamentales sobre el que se sustentan la cirugía ortopédica y la traumatológica (Del Gordo, 2008). Su uso ha demostrado su eficacia cuando fallan otros medios de osteosíntesis (Moreira, 2001).

Son una alternativa eficiente y actual en el tratamiento de los defectos óseos segmentarios de cualquier causa. En su forma monopolar es de elección en las lesiones del miembro que requieren de su empleo (Franch, 2007); los fracasos y complicaciones, no dependen del método en sí, si no de errores en su indicación y empleo, así como de la envergadura de las lesiones tratadas (Moreira, 2001).

Cavero y Fernández (2005). Realizaron un estudio usando metil metacrilato en la elaboración de fijador externo como elemento de osteosíntesis en la reducción en fracturas de tibia y cubito en perros, su objetivo fue comprobar la funcionalidad del acrílico dental como barra conectora en la fijación externa esquelética, adecuándolo al método de fijación de Kirschner-Ehmer en caninos y demostrar la factibilidad de fijar fracturas con un método poco traumático, alejado del foco de fracturar, evitando complicaciones postoperatorias (osteomielitis, pseudoartrosis atróficas e hipertróficas). El fijador esquelético externo logro mantener la estabilización inmediata y alineación del hueso fracturado en los

caninos intervenidos fue logrado, al extraer las fijaciones no hubo colapso del miembro tratado.

2.9. Complicaciones post quirúrgicas

Desde inicios del siglo XX, el número de complicaciones post-quirúrgicas, tales como la infección y la falta de unión ha aumentado, apareciendo de nuevas técnicas quirúrgicas para el tratamiento de fracturas (Sánchez *et al.*, 2002). A pesar del desarrollo científico de la ortopedia en los últimos 20 años, las complicaciones posquirúrgicas siguen siendo frecuentes en pacientes que han sufrido lesiones muy complejas, la mayoría de las veces, esto es debido a una aplicación deficiente de las técnicas quirúrgicas (Sandoval *et al.*, 2010). La no unión, es un problema serio que se presenta con pérdida de hueso, ya sea por fractura expuesta, neoplasia, secuestro o resorción biológica por inestabilidad de una fractura; es una entidad patológica difícil de tratar, se considera multifactorial por naturaleza (Castro *et al.*, 2002).

Es difícil encontrar un criterio uniforme en la literatura o entre los cirujanos ortopédicos, pero puede decirse que, si luego de 6-8 semanas de inmovilizada o intervenida, la fractura no aparece con signos radiológicos claros de formación de un buen callo, se está ante un retardo de la consolidación y, por consiguiente, una no unión ósea (Sánchez *et al.*, 2002).

La no unión se puede presentar con pérdida ósea; se ven más en la diáfisis del hueso, principalmente por trauma de alta energía (Castro *et al.*, 2002). Otra de las complicaciones indeseables, común a cualquiera de los sistemas utilizados, es la pérdida de estabilidad; se presenta en cualquiera de los tratamientos de osteosíntesis, esto debido a movilidad anormal a nivel de la fase clavo-hueso, que altera todo el sistema durante el período de inmovilización activa o pasiva prevista, también, la necrosis térmica, producida durante la colocación de los clavos, es considerada una causa común de este problema al momento de

llevarse a cabo el procedimiento de osteosíntesis, es causada por la fricción que el elemento perforante ejerce en los tejidos (Sandoval *et al.*, 2010).

Por último, se ha indicado que la contaminación bacteriana de las fracturas son comunes, (principalmente por *Stafilococcus intermedius* y *S. aureus*), debido a procedimientos quirúrgicos prolongados con exposición amplia (reducción abierta), excesivo daño tisular por el traumatismo primario o durante la cirugía y por contacto con objetos extraños como suturas, gasas y hasta implantes contaminados; otros orígenes menos comunes son la extensión directa de una infección desde el tejido blando adyacente; también desde la sangre, por procesos como osteomielitis vertebral, discoespondilitis por *Brucella spp.* O *Staphilococcus spp.* o endocarditis bacteriana (Fossum, 2008).

2.10. Evaluación del paciente

Al evaluar a un paciente con una lesión musculoesquelética, se debe realizar un examen clínico tomando en cuenta ciertos signos clínicos que den a la posibilidad de una fractura, entre ellos; dolor, pérdida de función, crepitación e inflamación. Pueden orientarnos a un diagnóstico de lesión ósea (HVL, 2014).

2.10.1 Examen físico

Realizar una buena exploración física y el adecuado registro de los datos en el historial clínico son de gran importancia, debido a que permiten identificar la disfunción de órganos vitales y detectar anomalías menores, lo que permitirá centrar en un diagnóstico, es fundamental registrar todos los resultados de la exploración, incluyendo los presentes (anomalías) y ausentes (normalidad), para poder comparar los resultados en las revisiones del paciente (HVL, 2014).

2.10.2. Examen Ortopédico

La exploración ortopédica se debe realizar con el paciente en estática, en dinámica y a la manipulación, de acuerdo a la raza, sexo, edad, etc. (Aguilar *et al.*, 2013).

2.10.2.1. Estática. Se efectúa cuando el paciente se encuentra parado, tranquilo y permite su evaluación, para poder observar: estructura corporal (si es obeso), presencia de soporte y distribución del peso, posición adquirida (cifosis), temblores, articulaciones asimétricas, tumefacciones de tejido blando, atrofia muscular, alineamiento de dedos (Aguilar *et al.*, 2013).

2.10.2.2. Dinámica. El aspecto a evaluar es la locomoción, la cual se debe realizar en un espacio abierto para hacer que el animal camine distancias largas, que trote, que camine en círculos cerrados, que suba y baje escaleras. Se debe observar el desplazamiento en todos sus ángulos: de frente, de cauda y en ambos flancos, es preferible pedirle al propietario que realice este manejo, ya que la mascota se sentirá más segura y permitirá visualizar de forma natural los movimientos deseados (Aguilar *et al.*, 2013). Es posible detectar diferentes grados de claudicación, los cuales se clasifican en: a) grado I apenas perceptible, el paciente apoya en estática; b) grado II notable, pero apoya el miembro afectado, apoya en estática; c) grado III apoya el miembro afectado solo para equilibrarse, tripedestación ocasional; d) grado IV no apoya, mantiene el miembro afectado en flexión, el paciente se mantiene en tripedestación (Ojeda *et al.*, 2016).

2.10.2.3. Palpación y manipulación. Se define como la aplicación de los dedos con cierta presión sobre una superficie de un cuerpo con el propósito de determinar su consistencia, lo ideal es iniciar por el miembro sano, de la parte distal a proximal, repitiendo el examen en el miembro afectado, siempre individualizando la zona, el paciente debe ser colocado de cubito lateral para examinar completamente sus miembros y corroborar los hallazgos del examen en estática y en dinámica, además solo en casos especiales, de difícil manejo, se debe realizar la contención química (HVL, 2014).

2.11. Anestesia

Uno de los métodos de inmovilización es mediante contención química (drogas anestésicas) que es recurrida especialmente para la manipulación de animales para su control, evitando que éstos puedan dañarse y/o dañar al personal a cargo de su manipulación (Nallar, 2010).

La anestesia puede ser definida como la acción de fármacos que suprimen de manera temporal la sensibilidad y la movilidad de un animal, sin afectar sus funciones vitales. Un protocolo anestésico debe producir inconciencia, amnesia, analgesia y relajación muscular. Sin embargo, actualmente no existe un fármaco que incluya todas las características de analgesia e inconciencia requeridas, por lo que se recurre a la combinación de tranquilizantes, relajantes musculares, anestésicos y analgésicos (Pulgar *et al.*, 2009).

Realizar anestesia siempre conlleva un riesgo para el paciente, para reducir la tasa de morbilidad y mortalidad por este procedimiento, es importante evaluar a nuestros pacientes antes de la anestesia y determinar qué protocolo anestésico ofrecerá mejores resultados, qué tipo de monitorización requiere, así como anticipar las complicaciones que se puedan presentar (Laredo *et al.*, 2014).

La evaluación preanestésica debe constar de una historia clínica, donde se especifique la especie, raza, edad, sexo, peso, estado de vacunación y desparasitación, enfermedades y tratamientos concurrentes; también debe considerarse en cada paciente la anamnesis, exploración física, analítica sanguínea y exámenes complementarios (Laredo *et al.*, 2014).

Entre los fármacos empleados para preanestesia se encuentra la dexmedetomidina, perteneciente al grupo de los adrenérgicos α_2 agonistas, el cual es utilizado en perros y gatos, tanto en sedación como en premedicación. Actualmente la dexmedetomidina se utiliza no solo como sedante o en combinación con otros fármacos para preanestesia, sino como fármaco intraoperatorio en infusión continua tanto en medicina veterinaria como humana (Cabrejo, 2012).

Según Alfonso y Reis (2012), la dexmedetomidina es un potente y un alto seleccionador agonista de los adrenoceptores α_2 con propiedades

simpaticolíticas, sedativas, amnésicas y analgésicas, suministrando una “sedación consciente” única sin la disminución de la carga respiratoria, reduciendo el flujo simpático del sistema nervioso central (SNC), de forma dependiente de la dosificación y posee efectos analgésicos muy buenos.

A menudo las drogas anestésicas son utilizadas en combinaciones, por ejemplo, un anestésico más un relajante muscular, ya que la combinación de drogas permite reducir las dosis de las drogas más peligrosas, disminuir el volumen a administrar y contrarrestar los efectos indeseables de los anestésicos, como la rigidez muscular, convulsiones y vómitos, además, ayudan a reducir el tiempo de inducción y, si pueden antagonizarse, conducen a una rápida recuperación (Flores *et al.*, 2009).

La asociación Tiletamina-Zolazepam, está compuesta por un anestésico disociativo unido a una benzodiazepina, debido a que la Tiletamina provoca clono muscular, rigidez y movimientos convulsivos, su asociación al Zolazepam es para antagonizar estos efectos, además de prevenir estas complicaciones, el Zolazepam logra un efecto de relajación muscular, tranquilización y promueve una recuperación más suave y libre de excitación, su empleo solo o combinado con agentes preanestésicos, representa una alternativa para la medicina veterinaria cuando se requiera realizar una inducción anestésica en perros (Flores *et al.*, 2009).

La Tiletamina se distribuye en todos los tejidos corporales, se metaboliza a nivel hepático a metabolitos activos e inactivos y parte se elimina por vía renal en forma de droga no metabolizada, lo que reduce su conveniencia en pacientes con alteraciones hepáticas y renales, presenta un amplio margen de seguridad, la inducción anestésica es rápida y libre de excitación, al igual que la recuperación (Nallar, 2010).

2.12. Antecedentes directos

En un estudio retrospectivo de determinación de frecuencia en fracturas realizado en el hospital veterinario de pequeñas especies de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en el periodo comprendido de enero 2014 a diciembre de

2019. Se obtuvo como resulta del total de consultas atendidas, el 6.6 % correspondió a pacientes que presentaron fracturas. Dentro de los principales huesos afectados fueron; fémur en primer lugar 24.9 %, seguido por tibia 18.5 %, pelvis 17.6 %, radio y ulna 15.6 % y columna 6.8 %, el resto corresponde a otros huesos (Osuna *et al.*, 2020).

2.12.1 Población de perros en México

En México no existe un censo sobre mascotas o animales domésticos, sin embargo, la Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies (AMMVEPE) estima que hay alrededor de 28 millones de los cuales 23 millones son perros y gatos, el 30% tienen hogar y el 70% viven en la calle. De acuerdo con el censo 2016 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2017), México es el país de América Latina con el mayor número de perros en la región, con aproximadamente 19.5 millones en todo el país. Actualmente, 7 de cada 10 hogares en México cuentan con una mascota, por otra parte, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) informo que el número de perros domésticos aumentó 20% del año 2008 al 2018; considerando que el 80 % de los habitantes tiene un canino como mascota en su hogar (SIL-SENADO-GOB., 2018).

III. HIPÓTESIS

La utilización de clavo centromedular con aparato de fijación esquelética externa (AFEE), como método de osteosíntesis en fracturas diafisarias de tibia en perros, permite obtener resultados iguales o mejores al AFEE simple.

IV. OBJETIVO

6.1. General

Evaluar la respuesta clínica y radiológica del clavo centromedular con aparato de fijación esquelética externa en la osteosíntesis de fracturas diafisarias de tibia en perros.

6.2. Específicos

- Analizar frecuencias de tipo de fractura, edad, raza, sexo, condición corporal y etiología de los pacientes incluidos en el estudio.
- Determinar la evolución clínica de la osteosíntesis de fracturas diafisarias de tibia utilizando clavo centromedular Steinmann con aparato de fijación esquelética externa.
- Determinar la evolución radiológica de las fracturas diafisarias de tibia utilizando clavo centromedular Steinmann con aparato de fijación esquelética externa.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en el Hospital Veterinario de Pequeñas Especies la cual pertenece a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa y clínicas particulares del municipio de Culiacán, Sinaloa. Geográficamente se localiza en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, con las coordenadas 27°02'32" latitud Norte, 22°28'02" al sur, 109°26'52" longitud Oeste y 57 msnm de altitud (INEGI, 2017).

5.2. Material y equipo

En el presente estudio realizado se registró la información del paciente a tratar en un expediente clínico en el cual se incluyó el nombre con el que fue identificado, anamnesis e historia clínica del mismo (anexo 1). Para dar continuidad a su evolución se anexo una hoja de seguimiento y se integraron imágenes de video. La evaluación radiológica se realizó por medio de máquina de rayos x modelo HF-525 Plus VET DR (anexo 2). Las imágenes radiológicas fueron observadas por medio de negatoscopio. Los resultados fueron capturados en base de datos Excel. Para realizar el procedimiento quirúrgico de enclavado centromedular y la elaboración del aparato de fijación esquelética externa se utilizó clavo centromedular Steinmann con medida de 1.5 a 3 mm. y metilmetacrilato para la fijación del AFEE.

5.3. Método

Descripción o desarrollo de los métodos empleado para resolver los objetivos.

5.3.1. Muestra

La muestra fue considerada por el total de pacientes atendidos en el HVPE-UAS y clínicas particulares del municipio de Culiacán Sinaloa. Se incluyeron pacientes que presentaron fractura diafisaria de tibia cerrada, en el periodo comprendido de enero de 2020 a agosto de 2020.

5.3.2. Criterios de inclusión

Los criterios para incluir pacientes en el presente trabajo se consideraron perros clínicamente sanos, con un rango de edad de 6 meses a 8 años, sin exclusión de sexo, perros de raza pura y mestizos, pacientes que presentaron fractura diafisaria de tibia cerrada y que tengan estudio radiológico de dicha fractura.

5.3.3. Criterios de exclusión

Para llevar a cabo el estudio se excluyeron todos aquellos pacientes que presentaran fractura diafisaria de tibia abierta, fracturas multifragmentadas, razas gigantes y hembras que se encontraran gestantes.

5.3.4. Variables

5.3.4.1. Frecuencia

- Raza
- Edad
- Sexo
- Etiología
- Tipo de fractura

5.3.4.2. Evolución clínica

- Grado de claudicación
- Tiempo de carga

5.3.4.3. Evolución Radiológica

- Formación de callo óseo
- Tiempo de consolidación ósea

5.3.5. Diseño experimental

El diseño de estudio es experimental, descriptivo y por conveniencia, considerando como variables: frecuencia (raza, edad, sexo, etiología y clasificación de fractura), evolución clínica (grado de claudicación y tiempo de carga) y la variable de evolución radiológica (formación de callo óseo y tiempo de consolidación ósea). Para llevar a cabo el estudio se utilizaron 9 perros cada

uno de ellos represento una unidad experimental, dividido en dos grupos. El grupo 1 se conformó de 8 perros en los cuales se colocó un implante de clavo centromedular con aparato de fijación externa y el grupo dos se integró de un perro en cual se empleó la técnica osteosíntesis de fijación esquelética externa bilateral.

5.3.6. Clasificación y medición de variables

5.3.6.1. Frecuencias. En la realización del presente estudios las variables cualitativas fueron caracterizadas en: raza, edad, sexo, etiología de las fracturas, tipo de fractura.

- Raza. Se categorizó en 2 grupos: a) raza pura (especificar raza): los perros que se incluyen dentro de esta categoría son aquellos perros que tienen rasgos característicos de cierta raza y por ello han sido registrados dentro de los datos para el estudio, no requiriendo registro de pedigrí y b) mestizo: este grupo de perros son de ascendencia generalmente desconocida no corresponden a una raza en concreto. Presentan diversos cruces de raza.
- Edad. En esta variable se consideraron 3 categorías: a) cachorro de 6 meses a 1 año de edad; b) adultos de 1 a 8 años; y c) gerontes mayores a 8 años de edad.
- Sexo. Para la variable se consideraron 2 categorías: a) hembra y b) macho.
- Etiología. Se consideraron las variables: a) accidentes por vehículo automotor b); caída; c) congénere; d) traumatismo generado por humano; y e) origen desconocido.
- Tipo de fractura. Para la variable se consideraron las fracturas diafisarias de tibia clasificadas; transverso medio, transverso distal, oblicuo medio, transverso proximal, oblicuo distal, oblicuo proximal.

5.3.6.2. Evolución Clínica. En esta variable se consideraron 2 subvariables: grado de claudicación y tiempo de carga.

a) Grado de claudicación. Se midió utilizando la escala de claudicación. Dicha escala se mide en 4 grados (Cuadro 1). La evaluación se midió desde el primer día Postquirúrgico al tiempo que realiza el apoyo de la extremidad. El paciente

permaneció 4 días en jaula para evitar alguna lesión. La evaluación continuó permaneciendo en contacto con el propietario mediante video durante 7 días posteriormente a las 14, 21 y 30 días postquirúrgico.

Cuadro 1. Escala de claudicación.

Escala de claudicación	
Grado	
I	Apenas perceptible. Apoya en estática
II	Notable, apoya el miembro afectado. Apoya en estática.
III	Apoya el miembro afectado solo para equilibrarse. Tripedestación
IV	No apoya, mantiene el miembro afectado en flexión. Tripedestación.

Bobadilla *et al.*, 2013

b) Tiempo de carga. Se refiere a el hecho de que el paciente apoye con sus 4 miembros de manera normal, es decir, apoyo total. Se evaluó mediante la escala de claudicación (cuadro 1), la cual evalúa en 4 grados desde que el paciente mantiene el miembro afectado en flexión hasta realizar el apoyo total del miembro al que se le realizó la osteosíntesis, la medición inicio a partir del día 1 al 14 postquirúrgico. Posterior a esto se solicitó al propietario información y vídeo al día 21 y 28 para valorar el avance o retroceso del paciente.

5.3.6.3. Evolución radiológica. Para obtener los datos de esta variable, se dividió en 2 subvariables para su categorización: formación de callo óseo y consolidación ósea.

a) Formación de callo óseo. Se realizó mediante la escala de Montoya (Cuadro 2), dicha escala evalúa en 4 grados la reparación ósea. La evaluación postquirúrgica se realizó a las 2, 4, 8 y 12 semanas, mediante proyecciones radiológicas a los pacientes en posición ventro dorsal y medio lateral.

b) Consolidación ósea. Para medir esta variable se utilizó la escala de Montoya anteriormente descrita. La evaluación postquirúrgica se realizó a las 2, 4, 8 y 12 semanas, mediante proyecciones radiológicas a los s en posición ventro dorsal y medio lateral. Se determinó consolidación ósea del paciente al valorar las radiografías obtenidas, considerando el grado IV.

Cuadro 2. Grado de consolidación ósea mediante hallazgos radiológicos, descritos en Escala de Montoya.

Escala de Montoya	
Grados	Hallazgos Radiológicos
I	Reacción Perióptica sin callo.
II	Callo con trazo de fractura visible.
III	Callo de trazo de fractura visible solo en partes.
IV	Desaparición del trazo de fractura.

(Ojeda *et al.*, 2016)

5.4. Tratamientos

Previo a la cirugía de corrección de fractura, se realizaron estudios radiográficos previos, para identificación y clasificación de fractura a tratarse. Para llevar a cabo el tratamiento de la misma, los pacientes fueron preparados para una intervención quirúrgica mayor, siguiendo estrictamente los pasos de la antisepsia, anestesia y manejo delicado de tejidos (Álvarez *et al.*, 2017; Stein, 2009; Cárdenas, 2015). Como preanestésico se administró Dexmedetomidina a dosis intramuscular de 125 mcgs/m² y como anestésico Tiletamina/zolacepam a dosis 3 mg/kg intravenoso (Flores *et al.*, 2009), además como antiinflamatorio se administró Meloxicam 0.2 mg/kg y analgésico tramadol 3 mg/kg.

5.4.1. Osteosíntesis diafisaria de tibia utilizando aparato de fijación esquelética externa (AFEE)

El procedimiento inicia insertando de 2 a 4 clavos Steinmann en cresta tibial, la medida dependerá del grosor del hueso. No es necesario llevar un orden determinado o una alineación rígida de los clavos insertados, ya que el acrílico permite colocar los clavos donde requiera el cirujano y en el orden que sea de su preferencia. Los clavos transfijadores en los extremos de la fractura se colocan perpendicularmente al eje longitudinal del hueso y los cercanos a la fractura, con una angulación de 20 a 40° hacia la metáfisis. Por otra parte, la barra de acrílico ayudara a estabilizar los clavos que formaran AFEE, esta debe quedar colocada a una distancia de 5 cm de la piel, para evitar la interferencia con el edema o inflamación postquirúrgico normal. El miembro se debe mantener

inmovilizado mientras el acrílico se enfría y endurece, a fin de mantener alineada la fractura durante el proceso.

5.4.2. Osteosíntesis diafisaria de tibia utilizando clavo centromedular Steinmann con AFEE

Como elementos de osteosíntesis se utilizó clavo centromedular Steinman, la medida varia del paciente a tratar, de 1.5 mm a 3.0 mm. Antes de introducir el clavo es necesario hacer ciertas maniobras para intentar colocar los fragmentos del hueso afectado en perfecta posición, es decir, bien alineados. Para introducir el clavo se utilizó un taladro manual de Jacop (Piricchi *et al.*, 2017). Siendo la entrada por cresta tibial y ligeramente detrás del ligamento patelar evitando lastimar el mismo y en esta posición el clavo entra a la cavidad medular por delante de la articulación femoro-tibio-rotuliana, así mismo tener cuidado de no perforar la corteza lateral tibial debido a la angulación que produce la prominencia de la cresta tibial guiando el clavo Steinman hasta tocar la pared de la cavidad medular y posteriormente dirigirlo hasta la línea de fractura para finalmente asentarlo en la metáfisis del fragmento distal.

5.4.3. Manejo postquirúrgico. En ambos tratamientos de osteosíntesis se realizó el mismo manejo postoperatorio. Al término del procedimiento quirúrgico se procedió a colocarlo en jaulas del HVPE-UAS en la cual permaneció 4 días bajo observación para evaluar su evolución. Se prescribió antiinflamatorio y antibioterapia; como antiinflamatorio meloxicam a dosis de 0.1 mg/kg cada 24 hrs por un periodo de 8 días. Y como antibioterapia cefalexina a dosis de 20 mg/kg cada 12 hrs durante 8 días.

5.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en este trabajo serán sometidos a estadística descriptiva en el procesador de datos Microsoft Excel, para su análisis y elaborar cuadros y gráficos.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluaron un total de 9 perros que presentaron fractura diafisaria de tibia mediante diagnóstico radiológico, al determinar la variable de frecuencias, se evaluaron las subvariables: raza, edad, sexo, etiología y tipo de fractura, presentando el siguiente comportamiento.

En la frecuencia obtenida según la raza de los pacientes evaluados, los perros mestizos presentaron mayor porcentaje 5/9 casos (60%), en comparativa con los perros de raza pura con 4/9 casos representando el (40%); Chihuahueño y Rottweiler (Figura 3). Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Marquina (2019), donde menciona que las fracturas distales de tibia ocurren con mayor frecuencia en los perros de raza mestizo (51.7%) en relación a la raza pura (48.3%).

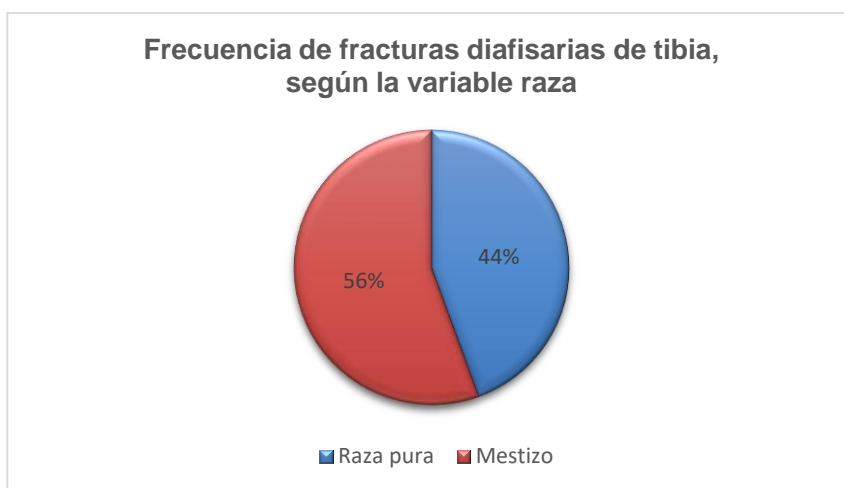


Figura 3. Frecuencia de fracturas diafisarias de tibia, según la variable raza.

Al evaluar edad se encontró que el 100% de los pacientes se categorizaron como adulto, pues su rango de edad estaba entre 1 a 8 años, difiere con Torres y Zamora (2018), ellos reportan en su estudio realizado en fracturas, que las fracturas más frecuentes se presentaron en caninos menores o iguales de un año, Flores (2016), encontró que los cachorros también se presentaron en primer lugar, relacionándolo con el comportamiento propio del cachorro. Esta variación puede deberse al tamaño reducido de muestra en esta investigación.

En relación a la variable edad, se obtuvo que el 100 % de los perros intervenidos fueron adultos, con un rango de 1 a 8 años de edad y una media de 3.6 años. Estos resultados coinciden con Valdiviesa (2017) donde reporta que los perros adultos presentaron la mayor prevalencia de fracturas con un 43.89 %, seguido de los juveniles con un 27.22 %. Resultados que difieren a Flores (2016) donde observo la frecuencia de fracturas en perros juveniles menores a 1 años (55.65 %); considera es debido al hecho que presentan estructuras óseas frágiles en desarrollo y la incapacidad o destreza para evitar traumas.

En la variable sexo (Figura 4) se pudo apreciar que las fracturas en perros machos fue de 5 (56 %), siendo los más afectados respecto a las hembras con frecuencia de 4 (44 %), Torres y Zamora (2018), concuerdan que los perros machos 51 (60 %) fueron los más afectados que las hembras 34 (40%), de la misma manera Martínez *et al.* (2017) confirman que los perros de sexo machos representaron el mayor porcentaje de fracturas 41 (58 %) y 30 (42 %). Según Nuh (2003), la causa de la mayor frecuencia en machos posiblemente se relacione a un estímulo hormonal y López *et al.* (1999), mencionan que, las hormonas sexuales afectan las interacciones sociales con individuos de la misma especie, tanto para competir por el acceso a recursos, como para obtener una mejor pareja para la reproducción sexual motivando al perro a salir de casa exponiéndose a un accidente.

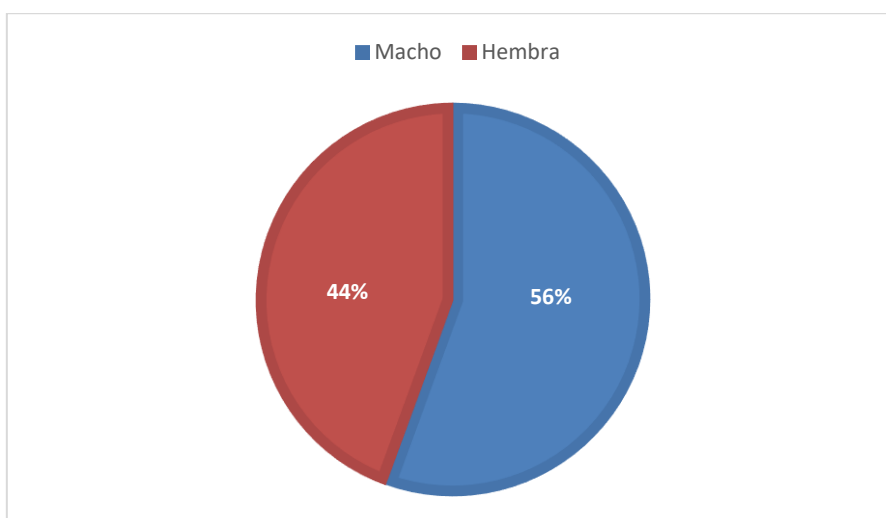


Figura 4. Frecuencia de fracturas diafisarias de tibia, respecto variable sexo

Con respecto a la etiología de las fracturas (Figura 5) se observaron 3 causas que originaron la fractura: accidente por vehículo automotor fue la principal causa con 6 casos (67 %), seguido por caída de altura con 2 (22 %) y finalmente 1 (11 %) de los casos fue de origen desconocido. En un estudio realizado por Martínez *et al.* (2017), evaluaron fracturas en 71 caninos, reportando que la causa mayor de fracturas en perros fue por atropellamiento en 27 casos (38 %), caída de altura 19 (27 %) 9 (13 %) por origen desconocido, mordeduras 14 (19 %), golpes 2 (3 %); concordando con esta investigación las primeras causas etiológicas.

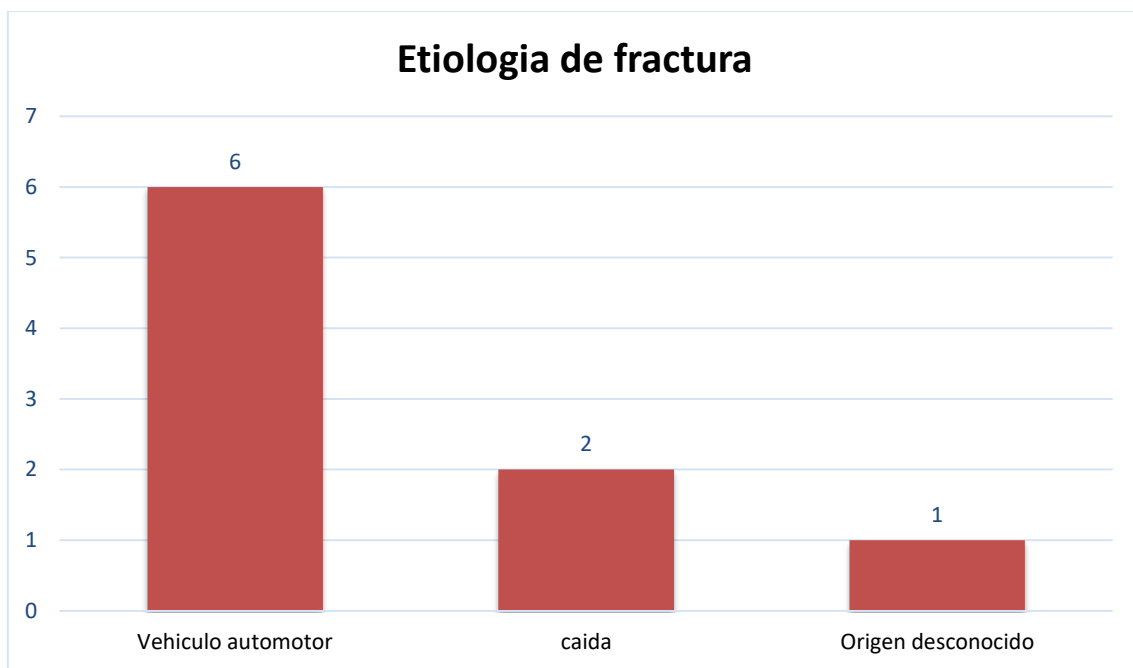


Figura 5. Frecuencia de fracturas diafisarias de tibia, respecto su etiología.

Al determinar las frecuencias de tipos de fractura en los pacientes, se tuvo la siguiente casuística, 44 % de los pacientes presentaron fractura oblicua media, 22.2 % presentó oblicua distal y 22.2 % fue de tipo transversal medio y el 11.1 % restante tuvo fractura transversa distal (Cuadro 3), Castro (2008), encontró que la línea de fractura más común es la oblicua, presentándose con mayor incidencia en diáfisis media, dato que coincide con lo reportado en este trabajo.

Cuadro 3. Clasificación de fracturas diafisarias de tibia en pacientes a los que se realizó osteosíntesis.

Clasificación de fractura		%
Transversal medio	2	22.2
Transversal distal	1	11.1
Oblicua media	4	44.4
Oblicua distal	2	22.2

La variable evolución clínica se dividió en grado de claudicación y tiempo de carga, donde los pacientes fueron evaluados en escala de claudicación, reportando que el 100 % de los pacientes, sin distinción de tratamiento empleado, tuvieron una disminución importante en el grado de claudicación (Cuadro 4), siendo Grado I, es decir, casi imperceptible, al cumplir 7 días postquirúrgicos de evaluación. Estos resultados coinciden con los observado por El-Warrak y Schossler (1998) en un estudio realizados en 10 caninos que presentaban fractura diafisaria de tibia utilizando clavo centromedular Steinmann, informan que el tiempo de claudicación no superó los 7 postoperatorio. A su vez señala que el uso de analgésicos y antiinflamatorios pudo haber contribuido a una regresión más rápida de las lesiones derivadas de la contusión, y el trauma causado por los agentes que provocan las fracturas, así como por la propia cirugía.

Cuadro 4. Grados de claudicación en pacientes con osteosíntesis de fractura diafisaria de tibia utilizando clavo centro medular Steinmann con AFEE y AFEE simple.

Evaluación clínica de claudicación

Día	Clavo centromedular con AFEE								AFEE
	n 1	n 2	n 3	n 4	n 5	n 6	n 7	n 8	n 9
1	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G I	G II	G-II	G IV
2	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-II	G-I	G III
3	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G- II
4	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-II
5	G-I	G-I	G-I	G I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-II
6	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I
7	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I	G-I

n= Paciente G= Grado

La variable evolución radiológica evaluada mediante la escala de Montoya previamente descrita (Cuadro 2), reportó que en la subvariable formación de callo óseo (Cuadro 5), en el 100 % de pacientes a los que se les colocó clavo centromedular con AFEE y AFEE a la semana 2 de evaluación presentaron Grado I, en la semana 4 postquirúrgica todos los pacientes tuvieron Grado II, la evaluación radiológica posterior realizada en la semana 8 mostró que el paciente con AFEE presentó Grado II y de los pacientes a los que se les colocó tratamiento de clavo centromedular con AFEE, el 62.5 % mostró Grado III y 37.5 % fue Grado II, atribuyendo esta diferencia a que los pacientes con menor grado tenían mayor edad, sin ser considerados gerontes, y al finalizar la semana 12 de evaluación radiológica, la totalidad de pacientes presentó Grado IV de consolidación ósea. Decamp (2016) informa en sus estudios el inicio de osificación ósea dentro de las primeras 2 y 4 semanas postoperatorio, entre la semana 6 y 8 observo la formación de callo puente con línea de fractura visible, a la 8 y 10 observo callo denso de mayor tamaño, en sus resultados supone una situación de fractura en adultos normal con fijación estable y buena vascularización en los fragmentos de fractura.

Al obtener los datos de la subvariable consolidación ósea, se encontró que el 100 % de los pacientes, sin distinción de tratamiento empleado, mostró consolidación ósea a la semana 12 de evaluación postquirúrgica, valorada mediante estudios radiológicos, pues en la escala de Montoya a dicha semana, tenían Grado IV (Cuadro 5). lo que representa desaparición del trazo de fractura, es decir, consolidación, concuerda con el tiempo descrito por Zaera (2013), el menciona que el tiempo normal para que una fractura consolide es de 3 meses. Al igual que Lalzawmliana *et al.* (2018) reportaron consolidación ósea a las 11 semanas en promedio.

Cuadro 5. Formación de callo óseo en pacientes con en pacientes con osteosíntesis de fractura diafisaria de tibia utilizando clavo centro medular Steinmann con AFEE y AFEE simple.

Evaluación en formación de callo óseo

Semana	Clavo centromedular con AFEE								AFEE
	n 1	n 2	n 3	n 4	n 5	n 6	n 7	n 8	n 9
2	G I	G I	G I	G I	G I	G I	G I	G I	G I
4	G II	G II	G II	G II	G II	G II	G II	G II	G II
8	G III	G III	G III	G III	G III	G III	G III	G III	G III
12	G IV	G IV	G IV	G IV	G IV	G IV	G IV	G IV	G IV

n= Paciente G= Grado

VII. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas del presente estudio de osteosíntesis diafisaria de tibia en los perros tratados, nos demuestran que no se encontraron diferencias entre los tratamientos estudiados, clavo centromedular Steinmann en combinación con AFEE y el tratamiento testigo AFEE simple. En ambos estudios los resultados fueron similares, tanto en las variables de respuesta clínica (claudicación y tiempo de carga), y respuesta radiológica (formación de callo óseo y regeneración ósea). Es importante mencionar que la población de estudio fue pequeña, esto pudo haber influido en los resultados, sería de importancia ampliar el estudio con una población de mayor tamaño para constatar si existen similitudes.

Podemos decir que dichos tratamientos pueden ser viables y factibles debido a su fácil aplicación, tiempo de recuperación y bajo costo representando una alternativa para los propietarios de mascotas que puedan presentar este tipo de traumas.

VIII. LITERATURA CITADA

1. Alfonso, J, Reis, F. 2012. Dexmedetomidina: rol actual en anestesia y cuidados intensivos. *Revista Brasileira de Anestesiología*, 62(1),125-133. doi.org/10.1590/S0034-70942012000100015. ISSN 0034-7094
2. Akers, M. R., Denbow, M. D. 2013. Bones and Skeletal System. In *Anatomy and Physiology of Domestic Animals*; 2da edition; Wiley-Blackwell; pp. 133-168: ISBN: 978-1-118-35638-8
3. Álvarez, C.A., Guevara C.E., Valderrama S.L., Sefair C.F., Cortes, J.A., Jiménez, M.F., Cuella,r L.E. 2017. Recomendaciones prácticas para la antisepsia de la piel del paciente antes de cirugía. *Infection*, 21(3), 182-191. ISSN 0123-9392
4. Amaya, J. M. C., & Colorado, A. G. 2016. El fijador esquelético externo: aplicación clínica en perros y gatos. *Revista de Medicina Veterinaria*, (32), 109-120. ISSN 0122-9354
5. ASA Physical Status. 2014. American Society of Anesthesiologists. 2014. American Society of Anesthesiologists. <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-classification-system> (Consultado 16 abril de 2020).
6. Aspinall, V. y Cappello, M. 2015. Introduction to veterinary anatomy and physiology textbook. 3th Edición. Elsevier. Inglaterra. ISBN 978-0-7020-5735-9
7. Cardenas E.B. 2015. Manejo delicado de tejidos . (consultado 22 de noviembre 2019) <https://vdocuments.site/manejo-delicado-de-tejidos-56631c1859d38.html>
8. Calvo, A., Closa, J., Abarca Piedrafita, E., Font, A., Closa, J. M., Abarca, E. 2008. Diagnóstico y resolución quirúrgica de hiperparatiroidismo primario en un perro. *Clínica veterinaria de pequeños animales*, 28(1), 0061-61. ISSN 1130-7064

9. Decamp, J., Armagnat, P., Fang, B., Albert, M., Minguzzi, A., Vignolo, P. 2016. Exact density profiles and symmetry classification for strongly interacting multi-component Fermi gases in tight waveguides. *New Journal of Physics*, 18(5), 055011.
10. Del Gordo, R., Suárez, F.C., González A.H., Bernal R.R. 2008. Fracturas de tibia, tratamiento con CIMB no fresados. *Duazary: Revista Internacional de Ciencias de la Salud*, 5(1), 4-8: DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/2389783X.552>
11. Dyce, K. M., Sack W. O., Wensing C. J. 1996. The forelimb of the Carnivores. In W. B. Saunders (Ed.), Text book of veterinary anatomy (2th ed., pp. 455): [doi.org/10.1139/z99-082](http://dx.doi.org/10.1139/z99-082)
12. El-Warrak, A. D. O., y Schossler, J. E. W. 1998. Osteossíntese diafisiária de tibia em cães mediante inserção intramedular de pinos de steinmann pela crista tibial. *Ciência Rural*, 28(1), 77-82.
13. Escarparter, J. C. 1995. Fijación externa ósea: resultados y evaluación crítica de las complicaciones. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*, 9(1), 0-0; ISSN 1561-3100
14. Evans, H. E., y Lahunta, A. D. 2013. Miller's Anatomy of the Dog. pp. 148-152. St. Louis, Missouri: Saunders. ISBN: 978-143770812-7
15. Flores, J. P. 2016. Caracterización de fracturas para huesos largos en perros presentadas en el servicio radiológico de la Clínica Veterinaria Docente Cayetano Heredia - UPCH durante el periodo 2013 - 2015. Tesis para obtener la Lic. MVZ. Universidad Penuana Cayetano Heredia. Lima-Peru.
16. Flores, S A., Zerpa H. A., Ascanio E.R., Rojas J.A., Briceño E. D., Arrieta D., Maniglia, G. C. 2009. Evaluación de la inducción anestésica con tiletamina/zolazepam en perros sometidos a diferentes protocolos de premedicación. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV*, 50(1), 11-1
17. Fossum, T.W. 2008. *Cirugía en pequeños animales*. Elsevier Health Sciences; pp. 957-982: ISBN 978-84-8086-366-7
18. García, C., Ortega, D. 2005. Elementos de osteosíntesis de uso habitual en fracturas del esqueleto apendicular: evaluación radiológica. *Revista chilena de radiología*, 11(2), 58-70: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082005000200005>

19. Kronenberg, H.M. 2003. Developmental regulation of the growth plate. *Nature*, 423(6937), 332: doi 10.1038/nature01657
20. Laredo, F, Belda E, Granados, M. 2014. Actualización en anestesia y analgesia. Asociación de médicos veterinarios españoles especialistas en pequeños animales. (Consultado 28 abril de 2020). https://avepa.org/pdf/proceedings/ANESTESIA_PROCEEDINGS2014.pdf
21. Martí, J.M. 1999. Opciones quirúrgicas en fracturas femorales conminutas. *Clínica Veterinaria de pequeños animales*, 19(3), 0181-186. <https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/11307064v19n3/11307064v19n3p181.pdf>
22. Meinberg, E. G., Agel, J., Roberts, C. S., Karam, M. D., Kellam, J. F. (2018). Fracture and dislocation classification compendium—2018. *Journal of orthopaedic trauma*, 32, S1-S10
23. Melé, E. 2007. Osteosíntesis con clavos acerrojados. *Acta scientiae veterinariae*. 35 (2), 294-295: ISSN 1678-0345;
24. Moreira, V., Pons, G., Castillo, I., Álvarez, J., González, A. 2001. Experiencia de 20 años de trabajo con el empleo de la fijación externa. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 30(2), 81-86: ISSN 1561-3046
25. Nallar, R. 2010. Comparación de dos protocolos de inmovilización con ketamina+ medetomidina vs. tiletamina/zolazepam + medetomidina en ocelotes (*Leopardus pardalis*) de vida silvestre en el Parque Nacional Madidi, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 45(1), 55-63. ISSN; 2075-5023
26. Osuna, R.Y., Gaxiola, C. S., Pérez, C. J. A. y Castro, del C. N. 2020. Frecuencia de fracturas en perros traumatizados atendidos en el HVPE-UAS (2014-2019). *Memorias del IV Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Pesquero y Acuícola 2020*. (Resumen).
27. Piermattei D.L., Flo, G.L., DeCamp, C.E. 2006. *Manual de ortopedia y reparación de fracturas en pequeños animales (4th ed.)*: Elsevier; pp 47-53: ISBN: 978-950-555-330-3
28. Pulgar, R., Coleccio, G., Aldana, M., Pulgar, J. 2009. Estudio comparativo del efecto de las asociaciones anestésicas atropina-tiletamina/zolazepam y atropina-ketamina/diazepam en emúes (*Dromaius novaehollandiae*) adultos. *Archivos de medicina veterinaria*, 41(2), 149-155. ISSN 0301-732X

29. Ramírez, J., Ramírez G. 2011. Fijación esquelética externa. 22 de Diciembre de 2018, de congreso veterinario Norvet Sitio web: <http://www.norvet.com.mx/congreso2011/Clavo%2520Intramedular%2520Steimann.pdf>
30. Ruiz del Pino, M., Hazañas, S., Conde, M., Enríquez, E., Jiménez P. D. 2008. Fracturas: conceptos generales y tratamiento. *Málaga: Málaga*. <http://www.medynet.com/usuarios/jraquilar/Manual%20de%20urgencias%20y%20Emergencias/fractgen.pdf>
31. Saavedra, C. A. 2011. Dexmedetomidina. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 12(6), 1-11. ISSN: 1695-7504
32. Serracanta, J., Bertrana M.C., Durall I. 2007. Fijador externo acrílico con tornillos percutáneos para el tratamiento de fracturas de huesos largos en perros miniatura. *Clínica veterinaria de pequeños animales*, 27(2), 0127-136; ISSN 1130-7064
33. Tanner, J., Swarbrook S., Stuart, J. 2008. Antisepsia manual quirúrgica para reducir la infección del sitio quirúrgico (Revisión Cochrane traducida). En: La Biblioteca Cochrane Plus, 2008 Número 2. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>. (Traducida de The Cochrane Library, 2008 Issue 2. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.). <http://www.amepreventiva.es/docinteres/antisepsiamanualquirurgica.pdf>
34. Uthoff, H.K., Backman, D.S. 2006. Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments. *Journal of orthopaedic science*, 11(2), 118-126: <https://doi.org/10.1007/s00776-005-0984-7>
35. Carter, D.R., Beaupré G.S., Wong M., Smith R.L., Andriacchi, T. P., Schurman D.J. 2004. The mechanobiology of articular cartilage development and degeneration. *Clinical orthopaedics and related research*, 427, S69-S77. doi: 10.1097
36. Davies, J. E., Hosseini, M.M. 2000. Histodynamics of endosseous wound healing. *Bone engineering*, 1, 1. (Consultado en febrero de 2019). https://www.researchgate.net/profile/John_Davies/publication/255964870_Histodynamics_of_Endosseous_Wound_Healing/links/54dd0e120cf28a3d93f88e92.pdf

37. Dural, I.I., Diaz, M.C., Morales I. 1994. Interlocking nail stabilisation of humeral fractures. Initial experience in seven clinical cases. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 7(01), 3-8. DOI: 10.1055
38. Drapé, J., de la Fuente J. 2015. *Atlas de casos clínicos: Fracturas en el perro y el gato* (No. 636.70897 D7A8). ISBN: 978-950-555-435-5
39. Lee, N.K., Sowa, H., Hinoi E., Ferron M., Ahn J.D., Confavreux C., Zhang Z. 2007. Endocrine regulation of energy metabolism by the skeleton. *Cell*, 130(3), 456-469. doi.org/10.1016/j.cell.2007.05.047
40. Martí, J.M. 1999. Opciones quirúrgicas en fracturas femorales conminutas. *Clínica Veterinaria de pequeños animales*, 19(3), 0181-186. ISSN 1130-7064
41. Masquijo, J.J., Lanfranchi, L., Allende V. 2015. Fracturas fisarias Salter-Harris VI de tobillo y pie. *Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología*, 80(2), 104-112. Doi: <https://doi.org/10.15417/369>
42. Meinberg, E.G., Agel, J., Roberts, C.S., Karam, M.D, Kellam, J.F. 2018. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018 Jan;32 Suppl 1: S1-S170. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063. PMID: 29256945.
43. Piermattei, D.L., Flo G.L., DeCamp, C.E. 2006. Manual de ortopedia y reparación de fracturas en pequeños animales (4th ed.). ISBN: 978-950-555-330-3 N°
44. Provot, S. y Schipani, E. 2005. Molecular mechanisms of endochondral bone development. *Biochemical and biophysical research communications*, 328(3), 658-665. Doi.org/10.1016/j.bbrc.2004.11.068
45. Ramos, E., García, F., Domínguez, C., Chávez, G., Meza, G., Buffo-Sequeira I. 2016. Principios biomecánicos para la osteosíntesis, re-evolución. *Acta Ortopédica Mexicana*, 30(S1), 1-8
46. Sánchez, M.A., García, M.D., Hernández S.R., Lobato E.E., González I.F., Ramírez, J.Z. 2002. Tratamiento de las fracturas no-unión y en el retardo de la consolidación con aplicación de la magnetoterapia. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 14(1), 26-30. <https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2002/mf021e.pdf>
47. Sesman, A.L., León, J. A., Fernández G. 2007. Actualidades en regeneración y remodelación ósea craneal. Revisión de la literatura. *Acta*

48. Uhthoff, H. K., Poitras, P., & Backman, D. S. 2006. Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments. *Journal of orthopaedic science*, 11(2), 118-126. Doi.org/10.1007/s00776-005-0984-7
49. Valdivieso, S. 2017. Caracterización de los tipos de fracturas por imagen radiológica en perros traumatizados, atendidos en los centros veterinarios de la ciudad de Guayaquil.
50. Zaera, J. 2013. Traumatología en pequeños animales: Resolución de las fracturas más frecuentes. Zaragoza, España: SERVET. ISBN 978-84-940402-4-5

IX ANEXOS

Anexo 1



Universidad Autónoma de Sinaloa
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Posgrado en Ciencias Agropecuarias
Expediente clínico



No. Paciente _____ Fecha _____

Nombre del paciente _____

Estudio radiográfico: _____

Tipo de fractura: _____ Clasificación de fractura: _____

Examen Físico

EC:	CP:
MM:	PP:
TLLC:	PA:
LN:	% DH:
RT:	Pulso:
RD:	Peso:
FC:	Temp:
FR:	

Examen ortopédico

Estática:
Dinámica:
Claudicación (grado):
Palpación:

Observaciones:

--

IX ANEXOS

Anexo 2



Universidad Autónoma de Sinaloa
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Posgrado en Ciencias Agropecuarias
Seguimiento



No. Paciente _____ Fecha _____

Implante _____

Nombre del paciente _____

Estudio radiográfico: _____

Tipo de fractura: _____

Grado de claudicación: _____ Formación de callo óseo: _____

Grado formación de callo óseo _____ Grado de regeneración ósea _____

Examen Físico

EC:	CP:
MM:	PP:
TLLC:	PA:
LN:	% DH:
RT:	Pulso:
RD:	Peso:
FC:	Temp:
FR:	

EC: Estado de Conciencia, MM: Membranas Mucosas, TLLC: Tiempo de llenado capilar, LN: Linfonódulos, RT: reflejo tusígeno, RD: Reflejo deglutorio, FC: Frecuencia Cardíaca, FR: Frecuencia Respiratoria, CP: Campos pulmonares, PP: Palmo Percusión, PA: Palpación abdominal, CC: Condición Corporal, %DH: % Deshidratación. Temp. Temperatura

Medicación	
Antibioterapia	
AINE	

Observaciones

Anexo 3



Evolución radiográfica a las 2, 4 y 8 semanas postoperatorio en canino, utilizando clavo centromedular Steinmann con aparato de fijación esquelética externa.

Anexo 4

Preparación de paciente previo a cirugía y procedimiento quirúrgico de osteosíntesis diafisaria de tibia utilizando clavo centromedular con aparato de fijación externa.

