



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA
SEDE CONCEPCIÓN**

**INJERTOS ÓSEOS MÁS UTILIZADOS EN TRAUMATOLOGÍA DE
CANINOS DOMÉSTICOS (*Canis lupus familiaris*) REVISIÓN
BIBLIOGRÁFICA.**

Memoria de para optar al título de Médico Veterinario

Profesor tutor: MCs. Antonio Esteban Bizama Reyes. MV.
Estudiante: Francisca Alejandra San Martín Ramírez

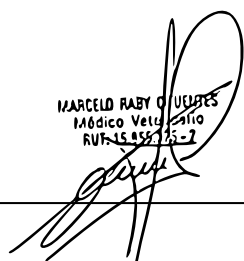
® Francisca Alejandra San Martín Ramírez, Antonio Bizama Reyes.

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya la cita bibliográfica del documento

**Concepción, Chile
2024**

CALIFICACIÓN DE LA MEMORIA

En Concepción, el día 08 de Julio de 2024, los abajo firmantes dejan constancia que la alumna Francisca Alejandra San Martín Ramírez de la carrera de MEDICINA VETERINARIA ha aprobado la memoria para optar al título de MÉDICO VETERINARIO con una nota de 6,0.



MARCELO RABY CIFUENTES
Médico Veterinario
RUT-15.958.735-7

Mg. Marcelo Alejandro Raby Cifuentes. MV.
Profesor evaluador



Mg. Edgardo Antonio Sepúlveda Navarrete. MV.
Profesor evaluador



MCs. Antonio Esteban Bizama Reyes
Médico Veterinario M.Sc.
RUT-11.098.370-3

MCs. Antonio Esteban Bizama Reyes MV.
Profesor tutor

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, gracias a todas las personas que me han apoyado durante el transcurso de mi carrera, ha sido un camino lleno de desafíos y obstáculos, pero sin duda, gratificante. Mis más sinceros agradecimientos a mis padres Cristina y Claudio, quienes me brindaron su amor y apoyo incondicional, aliento constante y consejos, los cuales han sido fundamentales para llegar hasta aquí. Su fe y ayuda inquebrantables me han motivado a dar lo mejor de mí en cada paso de este proyecto. Junto con esto, quiero agradecer a mi pololo por sus constantes palabras de apoyo y amor a la distancia. Además, quiero agradecer a mis amistades, quienes han sido un componente vital de este proceso, les agradezco su presencia y comprensión. También quisiera agradecer a mi casa de estudios, Universidad San Sebastián, que me ha brindado los recursos y la experiencia necesaria para lograr este objetivo académico. Gracias a mis profesores y mentores, en especial al docente Antonio Bizama Reyes, por su invaluable apoyo, orientación, arduo trabajo y dedicación a mi formación académica. Además, quiero mencionar el gran esfuerzo que ha requerido ser foránea durante estos años y sentirme sola en bastantes ocasiones, por venir de un lugar tan lejano como lo es la Región de Magallanes, específicamente Tierra del Fuego, mi querido pueblo Porvenir. Encontrarme lejos de mi familia y enfrentar los desafíos de la distancia, ha sido difícil, más no imposible.

En fin, gracias a quienes formaron parte de una u otra manera en este desafío, no hubiera sido lo mismo sin ustedes.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
RESULTADOS	11
DISCUSIÓN	16
CONCLUSIONES	18
REFERENCIAS	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados obtenidos

11

RESUMEN

El tejido óseo desempeña funciones vitales en el organismo, como el soporte estructural, la protección de órganos vitales y la facilitación del movimiento. Debido a su estructura y composición, este tejido posee una capacidad de reparación y regeneración cuando sufre lesiones traumáticas. En este contexto, los injertos óseos se han convertido en una opción terapéutica relevante en el ámbito de la cirugía traumatológica canina. La presente revisión bibliográfica narrativa tiene como objetivo general describir los diferentes tipos de injertos óseos utilizados en cirugías traumatológicas de caninos domésticos, así es como se plantea la pregunta de investigación ¿Cuáles son los injertos óseos más utilizados en traumatología de caninos domésticos? Para abordar esta temática, se realizó una íntegra búsqueda de estudios y artículos científicos en bases de datos como: PubMed, Scielo, Dialnet Plus, ResearchGate y Sciencedirect. Se utilizaron términos clave como "bone graft", "dog" y " Bone in canines" para la selección de los documentos. Los criterios de inclusión fueron: estudios en idioma español o inglés, publicados entre los años 2000 hasta el 2023, que aborden los injertos óseos más utilizados en cirugías traumatológicas caninas. Los criterios de exclusión fueron: estudios centrados en otras especies, artículos que no presentaran información relevante sobre los tipos de injertos óseos, o aquellos que no estuvieran enfocados en el ámbito médico veterinario. Se seleccionaron 20 artículos de los cuales 15 cumplían con los requisitos establecidos, y se descartaron 5 que no cumplían con los criterios, los estudios revisados nos demuestran que los injertos óseos autólogos (provenientes del mismo paciente) son los más utilizados en cirugía traumatológica canina, debido a su mayor capacidad osteogénica, osteoinductiva y osteoconductiva. Los aloinjertos (de otro individuo pero de la misma especie) y los injertos sintéticos también se emplean, pero con menor frecuencia. En conclusión, los injertos óseos autólogos siguen siendo la opción terapéutica preferida en el tratamiento de lesiones óseas en caninos.

Palabras claves: Tejido, injerto óseo, caninos, traumatología.

ABSTRACT

Bone tissue performs vital functions in the body, such as structural support, protection of vital organs and facilitation of movement. Due to its structure and composition, this tissue has a capacity for repair and regeneration when it suffers traumatic injuries. In this context, bone grafts have become a relevant therapeutic option in the field of canine trauma surgery. The general objective of this narrative bibliographic review is to describe the different types of bone grafts used in trauma surgery of domestic canines, and thus the research question is: Which are the most commonly used bone grafts in domestic canine trauma surgery? To address this topic, a complete search of studies and scientific articles was carried out in databases such as: PubMed, Scielo, Dialnet Plus, ResearchGate and Scencedirect. Key terms such as “bone graft”, “dog” and “Bone in canines” were used to select the documents. Inclusion criteria were: studies in Spanish or English, published between 2000 and 2023, that addressed the most commonly used bone grafts in canine trauma surgery. The exclusion criteria were: studies focused on other species, articles that did not present relevant information on the types of bone grafts, or those that were not focused on the veterinary medical field. Twenty articles were selected, of which 15 met the established requirements, and 5 were discarded if they did not meet the criteria. The studies reviewed show that autologous bone grafts (from the same patient) are the most used in canine trauma surgery, due to their greater osteogenic, osteoinductive and osteoconductive capacity. Allografts (from another individual but from the same species) and synthetic grafts are also used, but less frequently. In conclusion, autologous bone grafts continue to be the preferred therapeutic option in the treatment of bone lesions in canines.

Keywords: Bone, bone graft, canines, traumatology.

INTRODUCCIÓN

En un estudio realizado por la Escuela de Medicina Veterinaria UC, en conjunto con el Programa Mascota Protegida de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), en Chile existen aproximadamente 12.482.679 de perros y gatos. Por lo anterior, es una realidad que debido a los hábitos practicados por los tutores y por distintas circunstancias, las mascotas están expuestas a sufrir traumas o injurias (Minar et al., 2013).

De forma genérica, es posible asignar tres funciones al tejido óseo: En primer lugar, posee una función estructural, la que provee un soporte interno del organismo y de protección a los órganos vitales (Guede et al., 2013). Otra función importante del hueso es su contribución al sistema locomotor, además el tejido óseo desempeña un papel crucial como depósito de fosfato y calcio, ayudando tanto en la movilización como en la acumulación de estos elementos, lo que contribuye al mantenimiento de la homeostasis (Ansari, 2019).

El hueso corresponde a un tejido conectivo altamente especializado que junto con el cartílago forman el sistema esquelético (Gartner, 2015). Este tejido óseo tiene particularidades, como su capacidad de regenerarse y repararse por sí mismo de una manera íntegra (Gerardo et al., 2003).

Desde el punto de vista celular este tejido está constituido por osteoblastos, osteocitos y osteoclastos, los que se encuentran inmersos en una matriz extracelular compuesta por material cristalino y fibras (Arvidson et al., 2011). Posee una sustancia orgánica, compuesta de proteínas, colágeno y células, además de una porción inorgánica, que contiene fósforo, calcio, hidroxipatita, entre otros (Gómez, 2019).

Los osteoblastos son originados desde células mesenquimales situadas en la capa interna del periostio y en la médula ósea, su función es secretar colágeno tipo I y

proteínas no colagenosas (López, 2018 y Remedios, 1999). Los osteocitos son las células más abundantes del tejido óseo, participan en la síntesis y mineralización de la matriz osteoide, pero su función principal es controlar el proceso de remodelación ósea (Fernández-Tresguerres et al., 2006). Por último, los osteoclastos son células multinucleadas originadas de un linaje hematopoyético de macrófagos, son los encargados de sintetizar y reabsorber elementos de la matriz regulando la calcemia (Lee y Cho, 2014).

El hueso está recubierto externamente por una estructura llamada periostio, compuesta por una capa fibrosa externa formada por tejido conectivo denso y una capa celular interna, que posee células de revestimiento óseo y osteoprogenitoras (Mastaglia, 2016). El endostio es una membrana delgada de tejido conectivo que recubre todas las concavidades del tejido óseo y consta de una sola capa de células osteoprogenitoras (Pachamé et al., 2022).

Cabe destacar que existen diferentes maneras de categorizar los injertos óseos, ya sea por su composición o por su origen (Góngora et al., 2005). En cuanto a su composición, existen injertos de hueso cortical, que son densos y proporcionan resistencia estructural, y los injertos de hueso esponjoso, porosos y promotores de la regeneración ósea, también hay injertos compuestos que combinan ambas características, en base al origen, están los autoinjertos, obtenidos del propio animal receptor, los aloinjertos, provenientes de la misma especie del receptor, y los xenoinjertos, derivados de especies diferentes. (Harasen, 2011).

Se pueden diferenciar dos tipos de hueso: el hueso esponjoso y el hueso cortical o compacto (Sikavitsas et al., 2001). Cuando nos referimos al hueso esponjoso hablamos de los extremos distales de huesos largos, el que representa sólo entre un 15 a 20% del volumen ya que el resto de la estructura se constituye de vasos sanguíneos, médula ósea y tejido conectivo lo que formará la matriz (Álvarez y Velutini, 2011).

Por otro lado, el hueso cortical se encuentra principalmente en la diáfisis de huesos largos y constituye aproximadamente el 80% del esqueleto, está formado

estructuralmente por células llamadas osteonas y molecularmente por hidroxapatita y colágeno (Villegas, 2021).

Cuando el hueso es sometido a cargas que exceden su capacidad física, este se daña y se fractura (Domínguez y Orozco, 2017). Sin embargo, el tejido óseo posee la capacidad de repararse con tejido óseo, osea sin un tejido de cicatrización y así recuperar su funcionalidad (Forriol, 2001).

Se sugiere clínicamente que el proceso de reparación ósea puede dividirse en tres fases distintas: la primera fase corresponde a la de inflamación, que se manifiesta al producirse la fractura y finaliza cuando el hematoma se convierte en cartílago; la segunda fase es la de reparación, que comienza cuando el cartílago se transforma en tejido de granulación y concluye con la formación de tejido óseo; y finalmente, la tercera fase de remodelación ósea (Ghiasi et al., 2017).

Cuando se produce un traumatismo como una fractura, se desencadena una hemorragia localizada que impacta en el endostio, periostio, médula ósea y tejidos blandos circundantes a la lesión, este conjunto de eventos conduce a la activación de la cascada de coagulación, ocasionando un gran cuadro inflamatorio en la zona (Vertenten et al., 2010). Se reconoce científicamente que el hematoma formado posee propiedades osteogénicas que desempeñan un papel fundamental en la recuperación de un trauma óseo, dando inicio al proceso de reparación (Mizuno et al., 1990).

Con lo mencionado anteriormente, desde un punto de vista biológico, la inflamación es el momento más determinante para la reparación ósea ya que será la cascada bioquímica generada por esta la que inicie este proceso, sin embargo, estos factores se agotan con el pasar de los días, lo que clínicamente se puede traducir en un menor potencial del proceso de cicatrización óseo (Claes et al., 2012).

Muchos de estos pacientes accidentados presentan fracturas que requieren cirugías traumatológicas (Cortez, 2021). Sin embargo, en cirugía ortopédica, por distintas causas clínicas muchas veces se requiere de injertos óseos o trasplantes de hueso para colaborar en la consolidación, reparar anomalías óseas, ya sean congénitas,

postraumáticas, ablaciones quirúrgicas o posteriores a extirpación de tumores, como una ayuda extra para tener éxito en su recuperación (Góngora et al., 2005). En este contexto nos referimos como primera medida terapéutica al uso complementario de injertos óseos durante la cirugía traumatológica (Ansari, 2019).

Un injerto consiste en un fragmento de tejido vivo que se trasplanta a otra ubicación, ya sea dentro del mismo organismo o en otro, con el propósito de corregir algún defecto (Martínez y Walker, 1999). Una función de los injertos óseos es fomentar la osteogénesis, bloquear o inmovilizar una articulación, también como componente osteogénico que rellena concavidades o para promover a la osteogénesis (Tatay et al., 2008).

Por otra parte, los injertos efectúan la osteoinducción, que es el proceso en el que las células madre mesenquimatosas son incorporadas en las zonas receptoras para diferenciarse en osteoblastos y condroblastos (Pereira y Oliva, 2014). Finalmente, los injertos óseos llevan a cabo la osteoconducción, proceso que autoriza la formación de hueso nuevo, determinado por la composición biológica del injerto y el ambiente mecánico de la interacción huésped – injerto (Zárate y Reyes, 2006).

Frente a una situación clínica, en la cual el Médico Veterinario se vea enfrentado a una condición que requiera el uso terapéutico de injertos óseos, nos surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los injertos óseos más utilizados en traumatología de caninos domésticos?

OBJETIVOS

Objetivo general

- Describir los tipos de injertos óseos más utilizados en traumatología de caninos domésticos, a través de una revisión bibliográfica.

Objetivos específicos

- Clasificar los injertos óseos según su origen para uso en traumatología de caninos domésticos.
- Definir las indicaciones clínicas para el uso de injertos óseos seleccionados.
- Describir el mecanismo de acción de cada uno de los injertos óseos seleccionados.
- Clasificar los injertos óseos seleccionados según su función biológica en traumatología de caninos domésticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de revisión bibliográfica

La investigación se clasifica como una revisión narrativa. En este trabajo, se llevó a cabo una recopilación y análisis de estudios y artículos científicos relevantes sobre el tema de injertos óseos en cirugías traumatológicas en perros domésticos.

Fuentes de información

Para llevar a cabo esta revisión, se implementó un proceso exhaustivo de obtención, recopilación y localización del material bibliográfico necesario. Para ello, se utilizaron diversas fuentes de información disponibles a través de la Biblioteca de la Universidad San Sebastián, incluyendo reconocidas bases de datos como PubMed, Scielo, Dialnet Plus, ResearchGate y Sciencedirect. Además, se utilizaron motores de búsqueda especializados como Google Académico.

Términos de búsqueda

Para la ubicación de los artículos en las mencionadas bases de datos, se utilizaron los siguientes términos de búsqueda:

- Tejido óseo medicina veterinaria / Bone tissue veterinary medicine
- Hueso en caninos / Bone in canines
- Fisiopatología tejido óseo / Bone tissue pathophysiology
- Traumas óseos en caninos / Bone trauma in canines
- Injerto óseo / Bone grafts
- Injerto óseo en caninos / Bone grafts in canines
- Injerto óseo medicina veterinaria / Bone graft veterinary medicine

Los términos de búsqueda mencionados anteriormente fueron empleados utilizando combinaciones de los operadores booleanos AND y OR, para especificar y limitar la cantidad de resultados, según las necesidades y objetivos de la búsqueda.

Términos MeSH

Para la obtención de los artículos en las bases de datos mencionadas, se emplearon los siguientes términos MeSH como criterios de búsqueda específicos. Estos términos MeSH permiten una recuperación eficiente de información científica en el campo de la Medicina Veterinaria y se maximiza la relevancia de los resultados obtenidos.

- Animals
- Dogs
- Bone grafting
- Bone remodeling
- Bone and bones / Pathophysiology
- Bone substitutes / therapeutic use
- Bone transplantation
- Indication for bone grafting
- Disease models, animals
- Fracture Healing / physiology

Ventana temporal de búsqueda

Se estableció una ventana temporal específica para la inclusión de artículos, abarcando el periodo comprendido entre los años 2000 y 2023. Al limitar la búsqueda a este intervalo temporal, se garantiza una visión de la investigación realizada en el área de interés

Criterios de inclusión

Se incluyeron revisiones y artículos científicos publicados que estén dentro de la ventana temporal, que contengan algunas de las combinaciones de términos de búsqueda, ya sea en los títulos o como palabra clave y que se refieran a los injertos óseos más utilizados en cirugías traumatológicas de caninos domésticos en los idiomas español e

inglés.

Criterios de exclusión

Se excluyeron los artículos que no se refieran a perros domésticos, artículos que no estén en idioma español e inglés; publicaciones donde los autores declaren conflictos de interés. Por otro lado, no se consideraron aquellos que no se encuentren dentro de la ventana temporal de búsqueda.

Selección de la bibliografía

Para llevar a cabo la selección de la bibliografía, se siguió un proceso sistemático. En primer lugar, se recopilaron los artículos científicos relevantes mediante la utilización de los términos de búsqueda y la ventana temporal establecida. Una vez obtenidos los artículos, se procedió a realizar una lectura exhaustiva de los títulos y resúmenes (abstracts). Durante esta etapa, se seleccionaron aquellos artículos que cumplan con los criterios de inclusión previamente establecidos.

Posteriormente, los artículos seleccionados se leyeron en su totalidad para una evaluación más detallada y una posterior inclusión en la revisión bibliográfica.

Presentación de resultados

Los resultados de este estudio se presentaron de manera organizada en una tabla que clasifica los tipos de injertos óseos seleccionados más utilizados en traumatología de caninos domésticos. Esta tabla incluye información sobre el origen de los injertos, su función biológica, mecanismo de acción e indicaciones clínicas. Además, se proporciona información sobre los autores que han citado cada tipo de injerto.

RESULTADOS

Resultados obtenidos

A través de una búsqueda bibliográfica comprendida entre los años 2000 al 2023, se seleccionaron los principales injertos óseos utilizados en cirugías traumatológicas de caninos domésticos. La búsqueda arrojó un total de 20 artículos, de los cuales luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se descartaron 5 publicaciones.

Finalmente, con las 15 publicaciones obtenidas, se consiguen los resultados presentados y resumidos en la tabla 1.

Tabla 1: Resultados obtenidos

N°	Título	Autor	Año	Origen	Indicación Clínica	Mecanismo de Acción	Función Biológica
1	Mesenchymal stem cell-based bone tissue engineering for veterinary practice.	Sirirat et al.	2019	Médula ósea canina, tejido adiposo y tejido dental.	Tratamiento de defectos óseos en perros, incluyendo fracturas complejas, defectos óseos postquirúrgicos, osteomielitis y otras enfermedades óseas.	Diferenciación en osteoblastos, secreción de factores de crecimiento y citoquinas, efecto quimiotáctico, modulación del microambiente inmune y efecto anti apoptótico.	Reparación y regeneración de tejido óseo dañado o perdido.
2	Análisis morfológico de los canales vasculares óseos durante la biointegración de injertos óseos autólogos.	Petrescu et al.	2013	Injerto autólogo obtenido de hueso iliaco.	Reparación de defectos óseos en perros en radio y diáfisis femoral.	Factor de crecimiento endotelial y factor de crecimiento de fibroblastos, que genera angiogénesis.	Vascularización del injerto óseo y formación de tejido óseo nuevo.

3	Injectable, compression-resistant polymer/ceramic composite bone grafts promote lateral ridge augmentation without protective mesh in a canine model.	Talley et al. 2018	Polímero derivado de lisina sintetizado en el laboratorio, cerámica y colágeno de origen animal canino.	Aumento en de la cresta lateral mandibular canino.		Proteínas morfogenéticas (BMPs).	Promover la formación de nuevo hueso en la reparación de defectos óseos mandibulares.
4	Treatment of experimental peri-implantitis using autogenous bone grafts and platelet-enriched fibrin glue in dogs.	Younis et al. 2007	Canino (injerto autólogo).	Tratar periimplantitis experimental en perros.	la	Pegamento de fibrina enriquecido con plaquetas.	Capacidad de re-osteointegración del injerto.
5	Stem cells in veterinary medicine	Fortier y Travis. 2011	Injertos autólogos de caninos, obtenidos de humero proximal, fémur proximal tubérculo coxofemoral y médula ósea tejido adiposo	Reparación de lesiones musculoesqueléticas tendones, ligamentos y cartílagos, también tratamiento de la osteoartritis.		Células madre mesenquimales (MSCs), células madre embrionarias (ES), células madre pluripotentes inducidas (IPS), células Madres mesenquimales de médula ósea y células de fracción vascular derivadas de tejido adiposo (AD-FVS).	Diferenciación a células del sistema musculoesquelético - Secreción de factores inmunomoduladores y tróficos.
6	Application of Bonelike® as synthetic bone graft in orthopedic and oral surgery in veterinary clinical cases.	Campos et al. 2018	Sustituto óseo sintético de hidroxipatita reforzado con vidrio, injerto óseo autólogo obtenido de hueso esponjoso y PRP.	Defectos óseos como pseudoartrosis, uniones retrasadas, defectuosas, quistes óseos y artrodesis, además de defectos orales en pacientes caninos.		Proteínas morfogénicas y fosfato tricálcico beta (Bonlike), hidroxipatita (HA) y biovidrio.	Promover la Integración entre Hueso y futuros implantes dentales, mediante osteoinducción, osteoconducción y osteointegración

7	Alternatives to autogenous bone graft efficacy and indications.	Nandi et al.	2010	Injertos óseos autólogos (cresta iliaca y parte distal de radio o tibia), alógenos y sustitutos de injertos a base de factores de crecimiento, cerámica y a base de polímeros.	Tratamiento de problemas como la unión retardada, mala unión y pseudoartrosis.	de Proteínas morfogenéticas óseas (BMPs), factor de crecimiento transformante beta (TGF-B) y factor de crecimiento similar a la insulina (IGF) y	Proporcionar un soporte estructural y promover la regeneración ósea, mediante osteoinducción, osteoconducción y osteogénesis.
8	Bone Grafting, Its Principle and Application: A Review	Fesseha, H. y Fesseha, Y.	2020	Injerto óseo autólogo de hueso esponjoso (obtenido de cresta tibial, cresta iliaca, , tibio, fémur o húmero proximal) y aloinjerto.	Indicaciones clínicas de reparación, y estabilización de tejido óseo en uniones defectuosas, retrasadas y refractarias, pseudoartrosis y defectos mandibulares.	Factor de crecimiento transformante beta (TGF-B), factor de crecimiento similar a la insulina (IGF) y proteínas morfogenéticas óseas (BMPs).	Ofrecen regeneración ósea, osteogénesis, osteoinducción, osteoconducción y facilitación del crecimiento de nuevo tejido óseo.
9	Bone Grafting and Bone Graft Substitutes.	Kamran et al.	2010	Injerto óseo autólogo (d e hueso cortical y esponjoso recolectado de cresta iliaca, cresta tibial y tubérculo mayor del húmero),	Reparación de fracturas, defectos óseos como retraso en uniones u osteotomías correctivas, estabilización articular y reconstrucción post-tumoral,	de Células madre mesenquimales (MSCs), factor de crecimiento transformante beta (TGF-BETA) y factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF).	Soporte mecánico y estructural al hueso afectado, osteogénesis, osteoinducción, osteoconducción y crecimiento de tejido óseo nuevo.

				médula ósea e injertos sintéticos.				
10	Bone Grafts in Veterinary Orthopedic Surgery (Injertos óseos en Cirugía Ortopédica Veterinaria).	Yaprakci.	2015	Injerto óseo autólogo de hueso cortical, esponjoso, aloinjerto, xenoinjerto Y sintéticos	Fracturas conminutas, uniones, artrodesis, reconstrucción de articulaciones, complicaciones de implantes metálicos y aplicaciones en odontología veterinaria.	Células madre e mesenquimales (MSCs), factor de crecimiento transformante beta (TGF-BETA) y factor derivado de plaquetas (PDGF).	Promueve la osteoconducción, osteoinducción y osteogénesis.	
11	Early Induced Adipose-Derived Stem Cells and Bone Regeneration Potential Analyzed Using Biodegradable Scaffolds.	Yun et al.	2023	Injerto óseo autólogo.	Tratamiento de enfermedades óseas, medicina regenerativa y defectos femorales en caninos.	Células madre derivadas de tejido adiposo y (ADMSC) y angiogénesis.	Fomentar la regeneración ósea en defectos osteogénesis,	
12	Massive reconstruction with Heat-Treated BoneGraft Loaded Autologous Bone Marrow-Derived Stromal Cells and b-Tricalcium Phosphate Composites in Canine Models.	Hirota et al.	2013	Injerto óseo autólogo desvitalizado con calor e injertos óseos sintéticos,	Método utilizado para la reconstrucción de defectos óseos, como los asociados con tumores óseos, reabsorción ósea y pseudoartrosis.	Células osteogénicas, fosfato tricálcico beta (TCP-BETA) y diferenciación de células madre mesenq. Derivadas de Médula ósea (BMSCs).	Evaluación de Defectos de composit derivados de la médula ósea y fosfato tricálcico.	
13	Histomorphometric description of allograft bone remodeling and union in a canine segmental femoral defect model: a comparison of rhBMP-2, cancellous bone graft, and absorbable collagen sponge.	Zabka et al.	2001	Aloinjerto, injerto óseo autólogo de hueso esponjoso e injertos óseos sintéticos.	Defecto segmental femoral en perros, reconstrucción y reparación primaria y aloinjertos fallidos.	Proteína morfogenética ósea humana recombinante tipo 2 (rhBMP-2), células madre (MSCs) y esponjas de colágeno absorbible (ACS).	Remodelación osteogénesis osteoinducción.	

14	Therapeutic Effects of Zheng et al. 2020	Revascularisation on the Healing of Free bonegrafts in dogs.	Injerto óseo autólogo y aloinjerto.	Fracturas abiertas en radio y osteomielitis,	Fosfatasa y alcalina específica de los huesos (B-ALP) y péptido carboxiterminal del procolágeno canino tipo I.	Reparación defectos recambios óseos.
15	Histometric analyses icellous and cortical interface in autogenous bone grafting.	Netto et al. 2013	Injertos autólogos de hueso cortical y esponjoso obtenido de hueso parietal.	Reparación de defectos óseos.	Células precursoras de osteoblastos.	Osteoconducción, Osteoinducción y osteogénesis.

Fuente: Elaboración Propia.

Entre los artículos excluidos de acuerdo a los criterios de exclusión destaca el artículo de (Cha et al., 2017) y (Bigam-Sadegh et al., 2013), si bien abordan el uso de injertos óseos en caninos, no se enfocan específicamente en los términos de búsqueda de "Bone in canines", ya que los injertos utilizados pertenecen a porcino y bovino, por otra parte, los artículos de (Burchardt et al., 1978), (Haam et al., 2024) y (Lee y Kang, 2024), fueron descartados debido a que se encuentran fuera de la ventana temporal definida para la revisión, que abarca publicaciones desde el año 2000 hasta 2023

DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue identificar cuáles son los injertos óseos más utilizados en traumatología de caninos domésticos, conforme a la bibliografía internacional de referencia.

Los autores citados en la tabla 1, señalan que los injertos óseos autólogos son el tratamiento preferido sobre otras opciones. El motivo de esta selección es que promueve el crecimiento, la regeneración y la reparación del tejido óseo, a través de sus propiedades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras. Es importante destacar que estos injertos se obtienen del mismo individuo, lo que disminuye el riesgo de rechazo y reduce las complicaciones asociadas.

La clasificación de los injertos óseos se basó en su origen, indicaciones clínicas, mecanismos de acción y función biológica. Los injertos autólogos descritos por Petrescu et al. (2013), You et al. (2007), Fortier y Travis (2011), Netto et al. (2013), Zheng et al. (2020) e Hirotaka et al. (2013), son altamente efectivos en la reparación de fracturas, defectos óseos y lesiones musculoesqueléticas, ya que pueden promover la angiogénesis y la diferenciación celular, lo que estaría asociado al uso de factores de crecimiento.

Otros artículos mencionados han optado por los injertos alogénicos, que corresponden a injertos óseos de la misma especie, pero de un individuo diferente, como los descritos por Zabka et al. (2001) y Zheng et al. (2020), los cuales se utilizaron para la reconstrucción de defectos óseos complejos, lo que se vería facilitado por la participación de proteínas morfogenéticas y factores de crecimiento para favorecer la osteoinducción y osteoconducción.

Los xenoinjertos, como declaró Yaprakci (2015), son injertos de material de diferentes especies, donde el donante pertenece a una especie distinta al receptor, siendo

utilizados en aplicaciones ortopédicas y odontológicas. Estos tipos de injertos pueden ser una interesante herramienta en traumatología por sus potenciales usos clínicos, sin embargo, la publicación revisada es a nivel experimental y su uso clínico aún no está masificado. No obstante, el desarrollo de nuevas técnicas y nuevos fármacos pueden convertir este tipo de injertos en una herramienta terapéutica en un futuro cercano.

Los injertos sintéticos, como los mencionados por Talley et al. (2018) y Campos et al. (2018), combinan polímeros, cerámicas y compuestos bioactivos que promueven la formación de hueso nuevo, a través de mecanismos de osteoinducción y osteoconducción. De este modo, la medicina regenerativa utiliza estos injertos para tratar defectos óseos en caninos, como lo demuestran los trabajos de Yun et al. (2023), Nandi et al. (2010) y Kamran et al. (2010), quienes destacan el uso de células madre mesenquimales, factores de crecimiento transformante beta y derivados de plaquetas para facilitar la regeneración ósea. Finalmente, la clasificación y comprensión de los mecanismos de acción de los injertos óseos son cruciales para fundamentar la prescripción de acuerdo con las particularidades clínicas de cada caso, según las necesidades específicas de este, promoviendo la reparación y regeneración del tejido óseo.

CONCLUSIONES

Los injertos óseos más utilizados en traumatología de caninos domésticos, según las revisiones encontradas corresponden a injertos autólogos, alógenos, sintéticos y xenoinjertos. Dentro del origen de cada uno de ellos están los que se obtienen del mismo animal, los que se adquieren de un donante de la misma especie pero que se utilizan en diferente receptor, los que corresponden a injertos de una especie distinta al paciente y por último los de origen sintético.

Respecto de los mecanismos de acción de cada injerto mencionado, depende mayormente del tipo de lesión o defecto que se quiera tratar, los autólogos promueven principalmente la osteogénesis y osteoinducción, los alógenos poseen mecanismos de osteoinducción, los sintéticos funcionan a partir de osteoconducción y por último los xenoinjertos que actúan a través de osteoconducción.

Sobre las funciones biológicas que lleva a cabo cada injerto, se debe tener en cuenta información clínica del paciente, la injuria que este presenta, el tratamiento más adecuado y el compromiso que está dispuesto a tener el tutor. En la mayoría de los casos los injertos óseos son utilizados en casos de fracturas de fémur, radio, casos de pseudoartrosis, tumores, fracturas conminutas, mal uniones y finalmente en complicaciones odontológicas

REFERENCIAS

- Álvarez San Martín, R., y Velutini Kochen, J. A. (2011). Anatomy of the Human Femoral Head: Orthopedic Issues, Part II. Biomechanics and Microscopic Morphology. *International Journal of Morphology*, 29(2), 371-376. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022011000200010>
- Ansari, M. (2019). Bone tissue Regeneration: Biology, *Strategies and Interface Studies*. *Progress in Biomaterials*, 8(4), 223-237. <https://doi.org/10.1007/s40204-019-00125-z>
- Arvidson, K., Abdallah, B. M., Applegate, L. A., Baldini, N., Cenni, E., Gómez-Barrena, E., Granchi, D., Kassem, M., Konttinen, Y. T., Mustafa, K., Pioletti, D. P., Sillat, T., & Finne-Wistrand, A. (2011). Bone regeneration and stem cells. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 15(4), 718-746. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2010.01224.x>
- Bigham-Sadegh, A., Karimi, I., Alebouye, M., Shafie-Sarvestani, Z., y Oryan, A. (2013). Evaluation of bone healing in canine tibial defects filled with cortical autograft, commercial-DBM, calf fetal DBM, omentum and omentum-calf fetal DBM. *Journal of Veterinary Science*, 14(3), 337-343. <https://doi.org/10.4142/jvs.2013.14.3.337>
- Burchardt, H., Jones, H., Glowczewskie, F., Rudner, C., y Enneking, W. F. (1978). Freeze-dried allogeneic segmental cortical-bone grafts in dogs. The Journal of Bone and Joint Surgery. *American Volume*, 60(8), 1082-1090. PMID: 363723.
- Campos JM, Sousa AC, Pinto PO, Ribeiro J, França ML, Caseiro AR, Branquinho MV, Pedrosa SS, Mendonça C, Brandão A, Santos JD, Afonso A, Atayde LM, Luís AL, Maurício AC. (2018). Application of Bonelike® as synthetic bone graft in orthopaedic and oral surgery in veterinary clinical cases. *Biomater* 29;22:38. PMID: 30619619; PMCID: PMC6310926.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6310926/>

- Cha, J. K., Joo, M. J., Yoon, S., Lee, J. S., Choi, S. H., y Jung, U. W. (2017). Sequential healing of onlay bone grafts using combining biomaterials with cross-linked collagen in dogs. *Clinical Oral Implants Research*, 28(1), 76-85. <https://doi.org/10.1111/clr.12763>
- Claes, L., Recknagel, S., y Ignatius, A. (2012). Fracture healing under healthy and inflammatory conditions. *Nature Reviews Rheumatology*, 8(3), 133-143. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2012.1>
- Cortés Aguilar, A. E. (2021). Ingeniería de tejidos: desarrollo de nuevo biomaterial sustentable para la regeneración de hueso. *RD-ICUAP*, 7(21), 173-184. <http://rd.buap.mx/>
- De Long, W. G., Einhorn, T. A., Koval, K., McKee, M., Smith, W., Sanders, R., y Tracy, W. (2017). Reseña sobre conceptos actuales injertos óseos y sustitutos de injerto óseo en la cirugía traumatológica ortopédica. Análisis crítico. Temple University School of Medicine, Marlton, NuevaJersey. <https://cdnlinks.lww.com/>
- Domínguez, L. y Orozco, S. (2017). Frecuencia y tipos de fracturas clasificadas por la asociación para el estudio de la osteosíntesis en el Hospital General de León durante un año. *Acta médica Grupo Ángeles*, 15(4), 276. <https://www.scielo.org.mx/>
- Fernández-Tresguerres Hernández-Gil, Isabel, Alobera Gracia, Miguel Angel, Canto Pingarrón, Mariano del, y Blanco Jerez, Luis. (2006). Bases fisiológicas de la regeneración ósea I: Histología y fisiología del tejido óseo. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 11(1), 47-51. <https://scielo.isciii.es/>
- Fesseha, H., y Fesseha, Y. (2020). Bone grafting, its principle and application: A review. *Osteology and Rheumatology Open Journal*, 3(1), 7-14. <https://doi.org/10.17140/ORHOJ-3-113>
- Fortier, L. A., y Travis, A. J. (2011). Stem cells in veterinary medicine. *Stem Cell*

Research & Therapy, 2(1), 9. <https://doi.org/10.1186/scri50>

Forriol, F. (2001). Respuesta ósea a las solicitaciones mecánicas en condiciones fisiológicas. *Revista de Ortopedia y Traumatología*, 45(3), 258-265. <https://www.elsevier.es/>

Gartner, L. P. (2015). *Textbook of Histology*. (5a ed.). Elsevier Health Sciences. <https://books.google.cl/>

Ghiasi, M., Chen, J., Vaziri, A., Rodriguez, E. K., y Nazarian, A. (2017). Bone fracture healing in mechanobiological modeling: A review of principles and methods. *Bone Reports. Elsevier Science Direct*, 6, 87-100. <https://www.sciencedirect.com/>

Gómez, E. (2019). *Traumatología y Ortopedia Generalidades* (1a ed.). Elsevier Castellano. <https://books.google.cl/>

Góngora, S., y Taxis González, M. G. (2005). Injertos óseos: Una alternativa efectiva y actual para la reconstrucción del complejo craneofacial. *Revista Cubana de Estomatología*, 42(1).<http://scielo.sld.cu/> Guede, D., González, P., y Caeiro, J. (2013). Biomecánica y hueso (I): conceptos básicos y ensayos mecánicos clásicos. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 5(1), 43-50. <https://scielo.isciii.es/pdf/romm/v5n1/revision1.pdf>

Gerardo, E., Díaz-Martín, A., Arrabal, M., Cifuentes, M., Andrades, J. y Becerra, J. (2003). Células madre e ingeniería tisular ósea. Bases celulares y perspectivas terapéuticas. *Elsevier*, 47(5), 362-374. <https://www.elsevier.es/>

Haam, D. W., Bae, C. S., Kim, J. M., Hann, S. Y., Yim, C. R., Moon, H. S., y Oh, D. S. (2024). Reconstruction of Segmental Bone Defect in Canine Tibia Model Utilizing Bi-Phasic Scaffold: Pilot Study. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(9), 4604. <https://doi.org/10.3390/ijms25094604>

Harasen G. (2011). Stimulating bone growth in the small animal patient: Grafts and beyond! *The Canadian Veterinary Journal La Revue Veterinaire Canadienne*, 52(2), 99-200. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

- Kamran, K., Rashid, I., Mohd, Z., y Tengku, A. I. (2010). Bone grafting and bone graft substitutes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(6), 1055-1067. <https://www.researchgate.net/>
- Koyanagi, H., Ae, K., Maehara, H., Yuasa, M., Masaoka, T., Yamada, T., y Okawa, A. (2013). Massive bone reconstruction with heat-treated bone graft loaded autologous bone marrow-derived stromal cells and β -tricalcium phosphate composites in canine models. *Journal of Orthopaedic Research*, 31(8), 1308-1316. <https://doi.org/10.1002/jor.22368>
- Lee, J., y Cho, J. (2014). Proteomics approaches for the studies of bone metabolism. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 47(3), 141-148. <https://doi.org/10.5483/bmbrep.2014.47.3.270>
- Lee, S., y Kang, B. J. (2024). Surgical Reconstruction of Canine Nonunion Fractures Using Bone Morphogenetic Protein-2-loaded Alginate Microbeads and Bone Allografts. *In Vivo*, 38(2), 611-619. <https://doi.org/10.21873/invivo.13480>
- López, A. (2018). *Tratamiento con células madre mesenquimales en un modelo experimental ovino de osteonecrosis de cabeza femoral* [Tesis para optar a grado de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10803/666932>
- Martinez, S. A., y Walker, T. M. (1999). Bone grafts. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 29(5), 1207-1219. <https://www.sciencedirect.com>
- Mastaglia, S. (2016). Periostina: su expresión en los procesos de reparación ósea. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 50(3), 367-373. <http://www.scielo.org.ar/>
- Minar, M., Hwang, Y., Park, M., Kim, S., Cheongjin, O., Choi, S., y Kim, G. (2013). Retrospective study on fractures in dogs. *Journal of biomedical research*, 14(3), 140-144. <https://www.researchgate.net/>
- Mizuno, K., Mineo, K., Tachibana, T., Sumi, M., Matsubara, T., y Hirohata, K. (1990). The osteogenetic potential of fracture Haematoma. Subperiosteal and

- intramuscular transplantation of the haematoma. *The journal of bone and joint surgery*, 72(5), 822-829. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.72B5.2211764>
- Nandi, SK; Roy, S.; Mukherjee, P.; Kundu, B.; De, DK; Basu, D. (2010). Aplicaciones ortopédicas de injertos óseos y sustitutos de injertos.: una revisión. *Indian Journal of Medical Research*, 132(1),15-30. <https://journals.lww.com/>
- Nantavisai, S., Egusa, H., Osathanon, T., y Sawangmake, C. (2019). Mesenchymal stem cell-based bone tissue engineering for veterinary practice. *Heliyon*, 5(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02808>
- Netto, H. D., Olate, S., Klüppel, L., do Carmo, A. M., Vásquez, B., y Albergaria-Barbosa, J. (2013). Histometric analyses of cancellous and cortical interface in autogenous bone grafting. *International Journal of Clinical and Experimental Pathology*, 6(8), 1532–1537. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Pachamé, A. V., Laube, P. F. A., y Scianda, M. D. (2022). Tejidos cartilaginoso y óseo. En: C. G. Barbeito y M. E. Diessler (Eds.), *Tejidos cartilaginoso y óseo* (pp. 119-140). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/>
- Pereira, A., y Oliva, P. (2014). Eficacia de la Hidroxiapatita en la cicatrización de injertos óseos e implantes dentales: Una revisión sistemática de la literatura. *Revista Internacional de Odontostomatología*, 8(3), 425-432. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2014000300017>
- Petrescu, H. P., Dinu, G., Nodiți, G., Craina, M., Berceanu-Văduva, D., Berceanu-Văduva, M., y Vermeșan, D. (2013). Morphometric analysis of bone vascular channels during the biointegration of autologous bone grafts. *Romanian Journal of Morphology and Embryology*, 54(3), 613-616. <https://www.scielo.cl/>
- Remedios, A. M. (1999). Bone and bone healing. *Veterinary Clinics of North America-small Animal Practice*, 29(5), 1029-1044. <https://www.sciencedirect.com/>
- Sikavitsas, V. I., Temenoff, J. S., y Mikos, A. G. (2001). Biomaterials and bone mechanotransduction. *Biomaterials*, 22(19), 2581-2593.

<https://www.sciencedirect.com>

- Talley, A. D., Boller, L. A., Kalpakci, K. N., Shimko, D. A., Cochran, D. L., y Guelcher, S. A. (2018). Injectable, compression-resistant polymer/ceramic composite bone grafts promote lateral ridge augmentation without protective mesh in a canine model. *Clinical Oral Implants Research*, 29(6), 592-602. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Tatay, A., Pérez, J., Ribera, J., Cordero, J y Mella, M. (2008). Sustitutos óseos. *Revista de la Sociedad Andaluza de Traumatología y Ortopedia*, 26(1-2). <https://www.elsevier.es/>
- Vertenten, G., Gasthuys, F., Cornelissen, M., Schacht, E., y Vlamincx, L. (2010). Enhancing bone healing and regeneration: Present and future perspectives in veterinary orthopaedics. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 23(3), 153-162. <https://www.thieme-connect.de>
- Villegas, E. (2021). *Relación entre las características del hueso cortical, morfometría ósea y mineralización en pollos de carne*. Universidad Nacional Agraria] <https://repositorio.lamolina.edu.pe/>
- Yaprakci, M. V. (2015). Bone Grafts in Veterinary Orthopedical Surgery. *Kocatepe Veterinary Journal*, 8(2), 87-92. <https://dergipark.org.tr>
- You, T. M., Choi, B. H., Zhu, S. J., Jung, J. H., Lee, S. H., Huh, J. Y., y Li, J. (2007). Treatment of experimental peri-implantitis using autogenous bone grafts and platelet-enriched fibrin glue in dogs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 103(1), 34-37. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.01.005>
- Yun, H. H., Kim, S. G., Park, S. I., Jo, W., Kang, K. K., Lee, E. J., y Jeong, K. S. (2023). Early Osteogenic-Induced Adipose-Derived Stem Cells and Canine Bone Regeneration Potential Analyzed Using Biodegradable Scaffolds. *Bioengineering*, 10(11), 1311. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10111311>

- Zabka, A. G., Pluhar, G. E., Edwards, R. B., Manley, P. A., Hayashi, K., Heiner, J. P., y Markel, M. D. (2001). Histomorphometric description of allograft bone remodeling and union in a canine segmental femoral defect model: a comparison of rhBMP-2, cancellous bone graft, and absorbable collagen sponge. *Journal of Orthopaedic Research*, 19(2), 318-327. [https://doi.org/10.1016/S0736-0266\(00\)90003-2](https://doi.org/10.1016/S0736-0266(00)90003-2)
- Zárate, B., y Reyes, A. (2006). Injertos óseos en cirugía ortopédica. *Artemisa*, 74 (3) 217-222. <https://www.medigraphic.com/>
- Zheng, J. S., Ruan, H. R., Shuang-Qiu, Jing-Nie, Hou, K. W., y Rui-Wu. (2020). Therapeutic Effects of Revascularisation on the Healing of Free Bone Grafts in Dogs. *Journal of Veterinary Research*, 64(1), 175-180. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2020-0023>