

Reabsorción de los injertos óseos: autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en la preservación alveolar

Resorption of bone grafts: autologous, xenograft and allograft in alveolar preservation

Blanca Cecilia Badillo Conde*

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
bbadillo@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9982-1041>

Dayana Carolina Guamán Lozada

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
dayana.guaman@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-6053-2714>

Verónica Alejandra Guamán Hernández

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
vguaman@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3476-192X>

Jessenia Belén Lescano Alvarado

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
jlescano@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-4385-7441>

*Correspondencia: bbadillo@unach.edu.ec

Cómo citar este artículo:

Badillo, B., Guamán, D., Guamán, V., & Lescano, J. (2025). Reabsorción de los injertos óseos: autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en la preservación alveolar. *Esprint Investigación*, 4(2), 207-225. <https://doi.org/10.61347/ei.v4i2.156>

Recibido: 19 de junio de 2025

Aceptado: 22 de julio de 2025

Publicado: 30 de julio de 2025

Copyright: Derechos de autor 2025 Blanca Cecilia Badillo Conde, Dayana Carolina Guamán Lozada, Verónica Alejandra Guamán Hernández, Jessenia Belén Lescano Alvarado.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0.

Resumen: En la preservación alveolar, la reabsorción de injertos óseos representa un desafío clínico importante. Los injertos autólogos, aloinjertos y xenoinjertos presentan distintas tasas de reabsorción y comportamiento biológico, lo que afecta la estabilidad del volumen óseo y el éxito de tratamientos futuros. Esta variabilidad genera incertidumbre sobre cuál tipo de injerto ofrece mejores resultados en términos de integración y mantenimiento del hueso. El objetivo de esta investigación es describir la reabsorción de injertos óseos autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en el contexto de la preservación alveolar; conceptualizar los diferentes tipos de injertos empleados en odontología; enunciar sus principales aplicaciones clínicas; e identificar cuál de ellos presenta el mejor pronóstico en términos de reabsorción, contribuyendo así al fortalecimiento de la práctica clínica basada en evidencia. Para ello, se realizó una revisión sistemática bajo los lineamientos PRISMA y el modelo PICO, consultando las bases de datos PubMed, Scopus, ScienceDirect y SciELO, con publicaciones entre 2013 y 2023. Se aplicaron criterios de inclusión, seleccionando 73 artículos científicos tras filtrar 1.292 estudios iniciales, priorizando calidad, relevancia clínica y acceso abierto. Los principales resultados fueron que: Los autoinjertos mostraron mayor reabsorción (hasta 30 % el primer año), los aloinjertos menor pérdida ósea inicial y buena integración, y los xenoinjertos ofrecieron mayor estabilidad dimensional con reabsorción lenta. Todos fueron viables para preservar la cresta alveolar, siendo la elección dependiente de las características clínicas del paciente y del tipo de injerto disponible.

Palabras clave: Aloinjertos, autólogos e implantología oral, injertos óseos, odontología, preservación alveolar, reabsorción ósea, xenoinjertos.

Abstract: In alveolar preservation, bone graft resorption represents a major clinical challenge. Autologous, allograft, and xenograft grafts exhibit distinct resorption rates and biological behavior, which impacts bone volume stability and the success of future treatments. This variability creates uncertainty about which injector type offers the best results in terms of bone integration and maintenance. The objective of this study is to describe the resorption of autologous, xenograft, and allograft bone grafts in the context of alveolar preservation; conceptualize the different types of injectors used in dentistry; outline their main clinical applications; and identify which one presents the best prognosis in terms of resorption, thus contributing to the strengthening of evidence-based clinical practice. To this end, a systematic review was conducted using PRISMA guidelines and the PICO model, consulting the PubMed, Scopus, ScienceDirect, and SciELO databases, with publications between 2013 and 2023. Inclusion criteria were applied, selecting 73 scientific articles after filtering 1,292 initial studies, prioritizing quality, clinical relevance, and open access. The main results were: Autografts showed greater resorption (up to 30% in the first year), allografts showed less initial bone loss and good integration, and xenografts offered greater dimensional stability with slow resorption. All were viable for preserving the alveolar ridge, the choice being dependent on the patient's clinical characteristics and the type of injection available.

Keywords: Allografts, alveolar preservation, autologous and oral implantology, bone grafts, dentistry, bone resorption, xenografts.

1. Introducción

La regeneración ósea es una práctica fundamental en odontología contemporánea, especialmente en el campo de la implantología. En este contexto, los injertos óseos son materiales biocompatibles utilizados para estimular la formación de nuevo tejido óseo, restaurar la arquitectura de la cresta alveolar y facilitar la integración de implantes dentales. Existen tres tipos principales: autoinjertos, aloinjertos y xenoinjertos, cada uno con propiedades biológicas particulares, aplicaciones clínicas específicas y diferentes tasas de reabsorción (Morad & Khojasteh, 2013; Ávila-Ortiz et al., 2014, 2019).

Los autoinjertos, provenientes del propio paciente, poseen capacidades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras, aunque su uso se ve limitado por la morbilidad del sitio donante y la necesidad de cirugías adicionales. Las zonas más comunes para su extracción incluyen la sínfisis mandibular y la cresta ilíaca (Jain et al., 2019). Los aloinjertos, obtenidos de individuos de la misma especie, son sometidos a procesos de descelularización y desproteínización para reducir su inmunogenicidad. Por su parte, los xenoinjertos, derivados de otras especies, presentan disponibilidad ilimitada, pero carecen de células osteoprogenitoras y proteínas osteoinductivas, lo que puede ralentizar su integración (Menoni et al., 2013; Chen et al., 2020).

Estos injertos se utilizan comúnmente en la reconstrucción de grandes defectos óseos, regeneración ósea guiada (ROG), procedimientos periimplantarios, deformidades orofaciales como hendiduras, mandíbulas o maxilares severamente atrofiados, y en la restauración de paladares edéntulos (Ávila-Ortiz et al., 2014; Kibe et al., 2021; Gultekin et al., 2016). Su propósito principal es incrementar el volumen óseo y facilitar una osteointegración efectiva (Jain et al., 2019; Morad & Khojasteh, 2013).

Uno de los principales desafíos clínicos radica en la reabsorción ósea postoperatoria, una variable crítica que afecta la estabilidad del injerto y el éxito de la rehabilitación. Diversos estudios han documentado que los injertos óseos presentan diferentes tasas de reabsorción: los autólogos hasta un 45%, los aloinjertos cerca del 21,7%, y los xenoinjertos con menor velocidad de reabsorción, pero mayor permanencia de biomaterial residual (Blume et al., 2023; Só et al., 2021; Fu et al., 2014; Jamjoom & Cohen, 2015). Esta variabilidad representa un obstáculo tanto clínico como científico, ya que afecta directamente la predictibilidad del tratamiento y la calidad de vida del paciente (Severi et al., 2022).

La eficacia y durabilidad de los injertos están influenciadas por múltiples factores: las características individuales del paciente, las propiedades intrínsecas del injerto y la técnica quirúrgica empleada. A pesar de los avances, persisten interrogantes y vacíos en el conocimiento que deben ser abordados (Severi et al., 2022). Comprender los mecanismos de resorción e identificar las variables que los afectan resulta esencial. La falta de un conocimiento profundo limita la toma de decisiones informadas en la selección de biomateriales, afectando directamente los resultados clínicos y la satisfacción del paciente (Jamjoom & Cohen, 2015).

En este sentido, se justifica realizar una revisión exhaustiva de la literatura enfocada en la reabsorción de injertos óseos autólogos, alogénicos y xenogénicos. Esta investigación busca llenar vacíos en el conocimiento, facilitar la toma de decisiones clínicas informadas y fortalecer la práctica basada en evidencia. Además, los resultados pueden mejorar la eficiencia de las técnicas quirúrgicas y optimizar los resultados funcionales y estéticos, con beneficios tanto para profesionales como para pacientes (El-Sioufi et al., 2023; Voss et al., 2016).

Desde una perspectiva formativa, esta revisión también contribuirá a la formación académica de estudiantes y especialistas en odontología, ofreciendo una visión clara y actualizada del uso de injertos óseos en diferentes escenarios clínicos. El estudio cuenta con el respaldo de profesionales

especializados en cirugía oral e implantología y acceso a bases científicas de alta calidad, lo que garantiza su viabilidad y rigurosidad metodológica.

Esta investigación tiene como objetivo describir la reabsorción de injertos óseos autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en el contexto de la preservación alveolar; conceptualizar los diferentes tipos de injertos empleados en odontología; enunciar sus principales aplicaciones clínicas; e identificar cuál de ellos presenta el mejor pronóstico en términos de reabsorción, contribuyendo así al fortalecimiento de la práctica clínica basada en evidencia.

2. Metodología

Este estudio presenta un enfoque cualitativo y es de tipo descriptivo, ya que se centra en identificar, fundamentar y caracterizar la reabsorción de los injertos óseos en el contexto de la preservación alveolar. Se emplearon diversos instrumentos para recopilar, organizar y sistematizar la información obtenida. Además, posee un enfoque transversal, pues analiza datos e información disponibles en un momento determinado, sin realizar seguimiento en el tiempo. Finalmente, se trata de una investigación de carácter retrospectivo, dado que se recopiló y examinó información relevante publicada durante los últimos diez años.

La investigación consistió en una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Smeets et al., 2022). La búsqueda se enfocó en artículos científicos del área odontológica, publicados en los últimos diez años (2013–2023) en revistas indexadas y obtenidos de bases de datos como PubMed, ScienceDirect, Scopus y SciELO. Se abordaron la variable dependiente (preservación alveolar) y la independiente (reabsorción de injertos óseos), recopilándose un total de 73 estudios relevantes, 72 en inglés y 1 en español.

Las preguntas de investigación se formularon bajo el modelo PICO: ¿Cuál es la relación entre la reabsorción de los injertos óseos autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en la preservación alveolar? Los componentes de esta pregunta son: P (Población): injertos óseos autólogo, xenoinjerto y aloinjerto; I (Intervención): reabsorción de los injertos; C (Comparación): preservación alveolar; y O (Resultados): relación entre la reabsorción de los tres tipos de injerto en dicho contexto.

2.1. Criterios de inclusión y exclusión

La Tabla 1 presenta los criterios de inclusión y exclusión aplicados en la selección de estudios para esta revisión sistemática. Estos lineamientos fueron fundamentales para garantizar la pertinencia temática, actualidad y calidad científica de las fuentes consultadas, específicamente en relación con la reabsorción de injertos óseos en procedimientos de preservación alveolar.

Adicionalmente, para organizar, sistematizar y analizar la información recopilada, se emplearon diversos instrumentos metodológicos. Entre ellos se incluyen: artículos científicos publicados en revistas de alto impacto, una matriz de extracción de datos para el metaanálisis, una lista de cotejo para evaluar la calidad metodológica de los estudios, y una matriz comparativa de artículos que facilitó el análisis cruzado de resultados, enfoques y hallazgos.

Esta metodología integral contribuyó a construir una revisión estructurada, coherente y confiable, que ofrece una visión clara del comportamiento de los distintos tipos de injertos óseos en términos de reabsorción y eficacia clínica.

Tabla 1*Criterios de inclusión y exclusión*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> Se captaron fuentes bibliográficas que poseían información relevante sobre la reabsorción de los injertos óseos autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en la preservación alveolar Se empleó literatura de artículos científicos, intervenciones clínicas, revisiones sistemáticas y bibliográficas, estudios de casos y metaanálisis que fueron divulgados en los últimos 10 años. Se consideró aquellas fuentes bibliográficas cuyo factor de impacto SJR (Scimago Journal Ranking) y promedio de conteo de citas ACC (Average Count Citation) han conseguido el mínimo aceptable establecido para cada índice, pues estos valores avalan la calidad de su contenido académico. Artículos científicos de acceso gratuito y libre en idioma español e inglés. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuentes de literatura que no han sido publicados en los últimos 10 años. Artículos científicos que no brinden información destacada sobre el tema planteado en esta investigación. Tesis, monografías, páginas web, foros y opiniones sin aval académico.

2.2. Procedimiento de la recuperación de la información y fuentes documentales

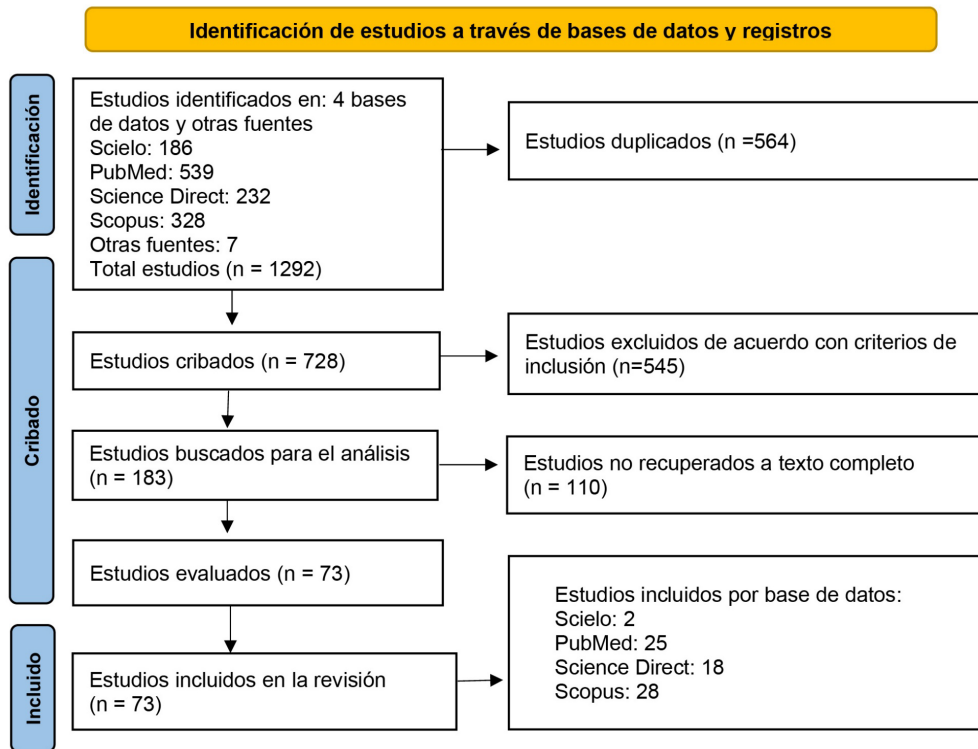
Para la búsqueda inicial de fuentes bibliográficas se emplearon operadores booleanos (“AND”, “OR”, “NOT”) en las bases de datos científicas previamente mencionadas. Estos se combinaron con palabras clave como: *reabsorción ósea, preservación alveolar, injertos óseos, odontología, aloinjertos, xenoinjertos, autólogos e implantología oral*, lo que permitió identificar un total de 1285 artículos científicos primarios. Posteriormente, se procedió a verificar los valores SJR (Scimago Journal Ranking) y ACC (Average Count Citation) de cada fuente, seleccionando únicamente aquellas que cumplieran con los estándares de calidad establecidos. Esta verificación aseguró la inclusión de literatura académica relevante y con alto impacto.

El índice SJR evalúa el factor de impacto de las revistas indexadas, clasificándolas en cuatro cuartiles (Q1 a Q4), siendo Q1 el de mayor prestigio. Por su parte, el ACC indica el promedio de citas recibidas por cada artículo, lo cual refleja su relevancia y reconocimiento en la comunidad científica. Finalmente, tras aplicar todos los criterios de selección, se obtuvo una muestra definitiva de 73 artículos científicos, a los cuales se añadieron otras fuentes bibliográficas complementarias que aportaron información relevante para el desarrollo de esta investigación.

En la Figura 1, se muestra el proceso metodológico seguido para la selección de estudios incluidos en el metaanálisis, de acuerdo con la guía PRISMA. Se identificaron un total de 1.292 registros a través de cuatro bases de datos (SciELO, PubMed, Science Direct y Scopus), de los cuales 728 fueron examinados tras la eliminación de duplicados. Posteriormente, se evaluó la elegibilidad de 183 textos completos, excluyendo aquellos que no cumplieran con los criterios establecidos o presentaban información incompleta. Finalmente, 73 estudios cumplieron con todos los requisitos metodológicos y fueron incluidos en el metaanálisis.

Figura 1

Diagrama PRISMA



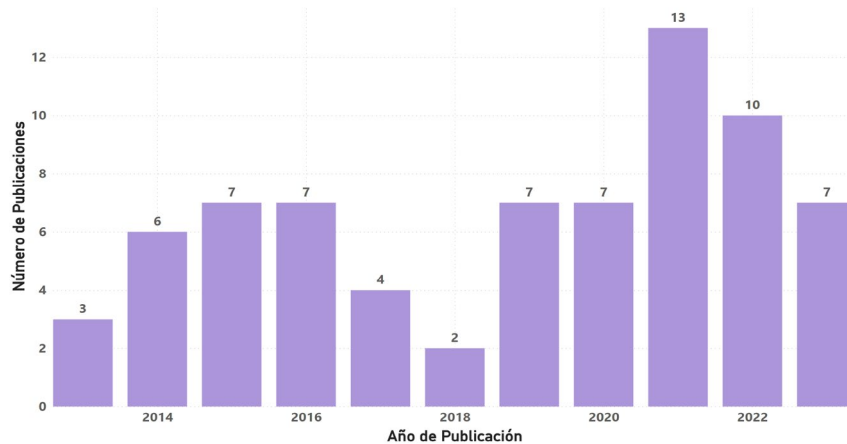
3. Resultados

3.1. Datos bibliométricos

La Figura 2 ilustra la distribución anual del número de estudios incluidos en el metaanálisis, permitiendo visualizar la evolución del interés científico en la temática abordada a lo largo del tiempo. Esta representación gráfica facilita identificar tendencias de crecimiento, estancamiento o disminución en la producción científica relacionada con la reabsorción de injertos óseos en la preservación alveolar. Además, permite evidenciar picos de publicación en determinados periodos.

Figura 2

Número de publicaciones por año



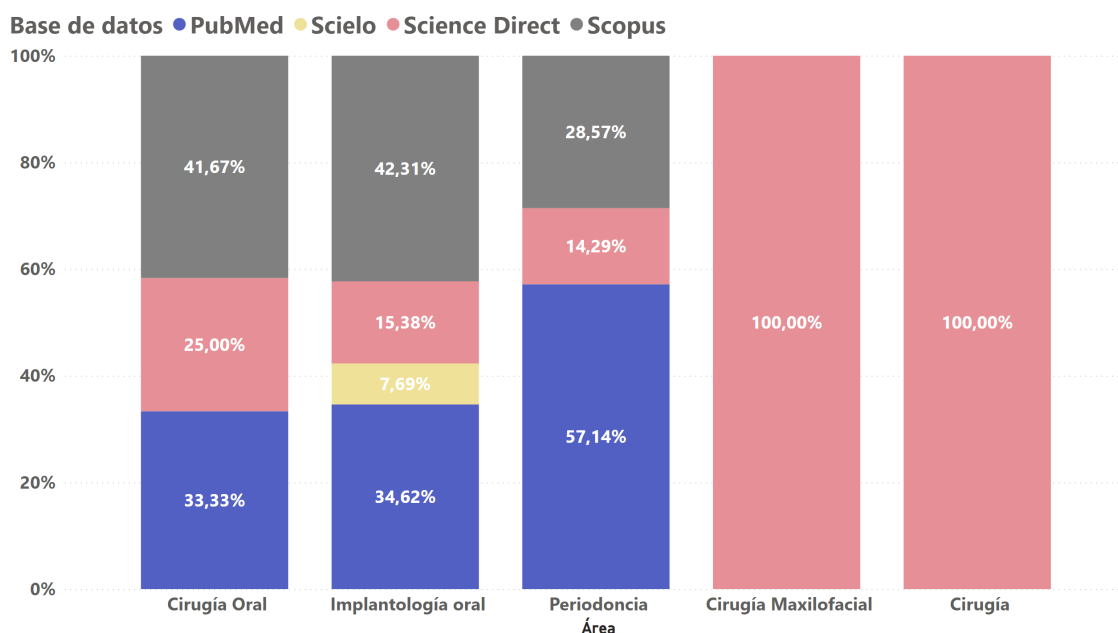
Se observa que el año 2021 presenta el mayor pico en la cantidad de publicaciones, lo que sugiere un aumento significativo en la producción científica relacionada con la reabsorción de injertos óseos en la preservación alveolar. En contraste, durante los demás años analizados, la producción se mantiene relativamente constante, evidenciando una línea de investigación estable y consolidada en el ámbito odontológico. Este comportamiento refleja un interés sostenido por parte de la comunidad científica, posiblemente motivado por la evolución de los biomateriales, la incorporación de nuevas tecnologías en cirugía regenerativa y la creciente demanda de tratamientos implantológicos eficaces. Además, el pico observado en 2021 podría estar vinculado a una reactivación de la actividad investigativa tras la pandemia de COVID-19, así como a la necesidad de optimizar protocolos clínicos que mejoren la predictibilidad y los resultados funcionales en rehabilitación oral.

Publicaciones por área y base de datos

La Figura 3 muestra la distribución de las bases de datos científicas consultadas según las distintas áreas odontológicas a las que pertenecen los estudios incluidos. Se evidencia una diversidad en el origen de las publicaciones, con un claro predominio de Science Direct en las áreas de Cirugía Maxilofacial y Cirugía, mientras que PubMed y Scopus destacan en disciplinas como Periodoncia, Cirugía Oral e Implantología Oral.

Figura 3

Publicaciones por área y base de datos



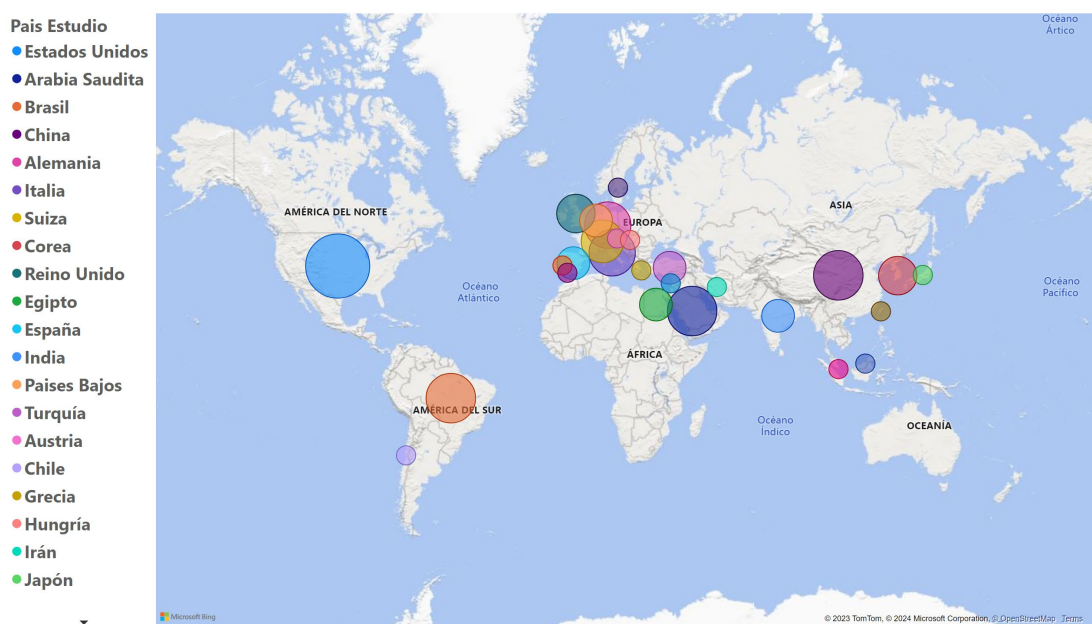
En el caso específico de Cirugía Oral, el 100 % de los estudios se obtuvo de tres fuentes principales: PubMed (33,33 %), Science Direct (25 %) y Scopus (41,67 %), lo que refleja una distribución equilibrada y una selección bibliográfica respaldada por bases de datos de alto impacto. Este patrón también se observa en otras especialidades odontológicas, lo que confirma una estrategia de búsqueda amplia y multidisciplinaria, orientada a asegurar la calidad, actualidad y representatividad de los estudios incluidos en esta revisión.

Publicaciones por país

La Figura 4 muestra la procedencia geográfica de las publicaciones científicas incluidas en el estudio, clasificadas por país de origen. Esta información se presenta sobre un mapa mundial, en el cual cada país está representado con un color distintivo y un tamaño proporcional al número de estudios registrados. Esta visualización permite identificar de manera clara la distribución internacional de la producción científica, destacando las regiones con mayor actividad investigativa

Figura 4

Publicaciones por país



Se identifica que los países con mayor número de contribuciones bibliográficas, destacándose Estados Unidos como el principal generador de fuentes, seguido por Arabia Saudita, Brasil, China y otros países. La distribución reflejada en el mapamundi revela un notable interés por parte de Europa y Asia en la producción de estudios relacionados con la temática abordada, evidenciado por la participación de un mayor número de países en estos continentes. No obstante, su intervención conjunta no constituye la mayoría absoluta del total de publicaciones analizadas.

3.2. Tipos de injertos óseos utilizados en la preservación alveolar

La preservación alveolar constituye un pilar fundamental en la odontología contemporánea, particularmente en el campo de la implantología. Este procedimiento tiene como objetivo conservar la arquitectura ósea del alveolo tras una extracción dental, con el fin de garantizar condiciones óptimas para la colocación futura de implantes. En este contexto, la utilización de injertos óseos desempeña un rol esencial, no solo por sus implicaciones clínicas, sino también por la diversidad de materiales disponibles. Comprender las distintas tipologías de injertos resulta indispensable, ya que estos varían en origen, técnica de aplicación y propiedades biológicas y biomecánicas (Jafer et al., 2022).

Desde una perspectiva funcional, los materiales de injerto se clasifican en tres categorías principales. Los injertos osteogénicos poseen la capacidad intrínseca de formar nuevo tejido óseo mediante la actividad de osteoblastos viables. En cambio, los injertos osteoinductivos promueven la diferenciación de células progenitoras en osteoblastos, proceso comúnmente mediado por factores de crecimiento

como la proteína morfogenética ósea-2 (BMP-2). Por último, los injertos osteoconductores actúan como andamios biológicos, proporcionando soporte estructural y favoreciendo la formación de nuevo hueso al estabilizar el área del defecto (Donkiewicz et al., 2021).

La Tabla 2 presenta una comparación estructurada de los principales tipos de injertos óseos utilizados en procedimientos de preservación alveolar: autólogos, aloinjertos y xenoinjertos. Esta clasificación permite visualizar de manera concisa sus diferencias en cuanto a origen, propiedades biológicas, ventajas, desventajas y aplicaciones clínicas más comunes. El análisis comparativo resulta fundamental para comprender las características intrínsecas de cada tipo de injerto, facilitando la toma de decisiones clínicas informadas según las necesidades del paciente y el contexto quirúrgico.

Tabla 2

Tipos de injertos óseos utilizados en la preservación alveolar

Tipo de Injerto	Autologo (AUT)	Xenoinjerto (XEN)	Aloinjerto (ALL)
Origen	Del mismo paciente	Especie diferente (bovino, equino, etc.)	De otro humano (misma especie).
Propiedades	Osteogénico, osteoinductivo, osteoconductor.	Osteoconductor	Osteoconductor, algunos con posible osteoinducción.
Ventajas	Alta biocompatibilidad, contiene células viables, adecuado para grandes defectos.	Abundante, estructura similar a hueso humano, buena integración.	Alta disponibilidad, evita morbilidad del sitio donante.
Desventajas	Morbimortalidad del sitio donante, disponibilidad limitada, dolor.	No osteoinductivo, posible rechazo o infección.	Riesgo de transmisión de enfermedades, menor regeneración ósea.
Ejemplos/Usos	Cresta ilíaca, mentón, rama mandibular; bloque o particulado.	DBBM, DEB, EDEB, Activabone®, elevación de seno, preservación alveolar.	FDBA, DFDBA; bloques corticales o esponjosos.
Estudios que lo mencionan	Urban et al., 2019; Kang et al., 2015; Donkiewicz et al., 2021; Pereira et al., 2015; Só et al., 2021; Elamrousy et al., 2021; Caponio et al., 2023; Severi et al., 2022; Gurler et al., 2017; Atieh et al., 2021; Martínez et al., 2018; Mckenna et al., 2022; Ersanli et al., 2016; Schlee et al., 2014; Alzahrani et al., 2017; Liu et al., 2023; Sverzut et al., 2015; Shaikh et al., 2021; Bozkaya et al., 2016	Urban et al., 2019; Fischer et al., 2022; Kang et al., 2015; Mae et al., 2021; Papageorgiou et al., 2016; Di Stefano et al., 2017; Di Stefano et al., 2019; Só et al., 2021	Só et al., 2021; Morad & Khojasteh, 2013; Papageorgiou et al., 2016; El-Sioufi et al., 2023; Chen et al., 2020; Urban et al., 2019; Jafer et al., 2022; Liu et al., 2023; Atieh et al., 2021; Deluiz et al., 2025; Eskow et al., 2014; Blume et al., 2023; Voss et al., 2016; Wahaj et al., 2016; Solyom et al., 2023

3.3. Reabsorción de los injertos óseos autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en la preservación alveolar

En odontología, la evaluación del nivel de reabsorción ósea es fundamental para planificar tratamientos restaurativos. Por ello, la colocación de injertos óseos autógenos, aloinjertos y xenoinjertos constituye una práctica común para preservar o restaurar el alveolo tras la pérdida dental. La reabsorción de estos injertos es un proceso multifactorial influido por factores como la periodontitis, traumatismos, estímulos térmicos y causas biológicas.

Los estudios muestran que la preservación alveolar (ARP) es eficaz para limitar la reducción fisiológica de las crestas óseas en comparación con la simple extracción dental. En promedio, se reporta una reducción de 1,89 mm en el ancho vestibulolingual, 2,07 mm en la altura mediobucal, 1,18 mm en la mediolingual, 0,48 mm en la altura mesial y 0,24 mm en la distal. Estos resultados son consistentes con metaanálisis previos (Jain et al., 2019). A pesar del beneficio clínico de la ARP, persiste cierto grado de pérdida ósea horizontal y vertical. La reabsorción ósea labial, por ejemplo, se ha estimado en $1,55 \pm 0,10$ mm, atribuida a la pérdida de inserción perióstica, reducción del suministro vascular, trauma quirúrgico y el proceso de remodelación del hueso cortical delgado (Elamrousy et al., 2021; Severi et al., 2022).

Las tasas de reabsorción del injerto varían ampliamente debido a diferencias en el tipo de injerto, período de observación, uso de prótesis provisionales y localización del sitio donante. No obstante, existe consenso en que: (i) la mayor reabsorción ocurre en el primer año; (ii) los injertos de calvaria presentan menor reabsorción que los de cresta ilíaca; (iii) los injertos deben ser sobredimensionados; (iv) es preferible utilizar bloques corticocancelosos; y (v) deben evitarse las prótesis removibles durante la cicatrización (Severi et al., 2022).

El 15º Taller Europeo de Periodoncia concluyó que la ARP puede prevenir reducciones óseas de entre 1,5 a 2,4 mm en sentido horizontal, y entre 1 a 2,5 mm en vertical vestibular. Con xenoinjertos, se ha observado una pérdida de 1,3 mm en ancho horizontal y 0,57 mm en altura medio bucal a las 12 semanas (El-Sioufi et al., 2023). Un análisis histológico reciente reveló que los aloinjertos óseos humanos mineralizados mantienen una buena integridad estructural a las 16 y 27 semanas postimplante, sin diferencias estadísticamente significativas en la formación de hueso nuevo ni en las partículas residuales del injerto (Fischer et al., 2022; Adel-Khattab et al., 2020).

La reabsorción de autoinjertos puede alcanzar hasta el 30% en el primer año, estabilizándose posteriormente (Liu et al., 2023). Esta reabsorción suele ser más significativa en el cuerpo mandibular. Para mitigarla, se ha propuesto el uso de xenoinjertos de reabsorción lenta combinados con membranas de colágeno, aprovechando sus propiedades osteoconductoras (Chiapasco et al., 2020). La cresta ilíaca anterior proporciona hueso esponjoso abundante y un acceso quirúrgico conveniente, con alto potencial osteogénico en la fase inicial. Sin embargo, su recolección puede causar complicaciones como hematomas, dolor, dificultad para caminar y hospitalización prolongada (Ersanli et al., 2016; Schlee et al., 2014; Gultekin et al., 2016).

Respecto a la técnica quirúrgica, se ha evidenciado que el uso de partículas de mineral óseo bovino como cobertura de bloques corticales puede reducir la reabsorción del injerto. La técnica de “tienda de campaña” mostró menor reabsorción ($1,176 \pm 0,41$ mm) que la técnica “onlay” ($1,756 \pm 1,08$ mm), aunque sin significancia estadística (Ávila-Ortiz et al., 2019; Zhang et al., 2022). Asimismo, los injertos corticales muestran una menor pérdida de altura ósea que los esponjosos, correlacionándose con una mayor formación de hueso nuevo en el sitio receptor (Eskow et al., 2014). Los injertos de cresta ilíaca presentan una mineralización inferior y mayor reabsorción que los de mentón, lo cual podría explicarse por sus distintos orígenes embrionarios (Pereira et al., 2015).

La remodelación de los bloques corticoesponjosos es más lenta debido a su baja vascularización. Estudios indican mayor reabsorción en los aloinjertos de cresta ilíaca en comparación con los de cabeza femoral (Liu et al., 2023). Los injertos liofilizados, aunque osteoconductores, presentan una resorción rápida y variabilidad funcional por el proceso de procesamiento y la edad del donante (Monje et al., 2015). El injerto de calvario ofrece ventajas estéticas y quirúrgicas, aunque con limitaciones como escaso hueso esponjoso y riesgo de complicaciones intracraneales. El injerto tibial, por su parte, ha ganado relevancia en cirugía maxilofacial (Ersanli et al., 2016).

En relación con el comportamiento clínico, tanto los xenoinjertos como los aloinjertos mostraron pérdidas de hueso crestal dentro de rangos aceptables de 1 a 2 mm. A los 6 meses, los aloinjertos presentaron menor reabsorción que los xenoinjertos, aunque esta tendencia se revirtió a los 8 meses sin diferencias estadísticamente significativas (Mae et al., 2021; Voss et al., 2016). Estudios reportan mayores tasas de reabsorción en el maxilar superior (92,2%) frente al inferior (72,9%). El hueso autólogo particulado presenta mayor pérdida de volumen tras la consolidación, siendo los injertos ilíacos más susceptibles a la reabsorción temprana (Kang et al., 2015).

Las tasas de reabsorción a largo plazo varían entre el 12% y 60% para injertos ilíacos, y entre 0% y 15% para injertos de calvario. Los injertos mandibulares, por su osificación membranosa, presentan menor pérdida ósea y menor incidencia de problemas periodontales (Solyom et al., 2023). El tiempo de espera prolongado entre etapas quirúrgicas puede favorecer la integración, pero también incrementar la reabsorción del injerto (Deluiz et al., 2025). La vascularización del lecho receptor es otro factor clave para el éxito del injerto. En general, los injertos maxilares muestran mejores resultados que los mandibulares, siendo recomendable emplear técnicas que estimulen la angiogénesis (Martínez et al., 2018).

Finalmente, el uso inadecuado de prótesis removibles durante la cicatrización puede provocar reabsorción completa del injerto. La estabilidad del injerto, la vascularidad del lecho y el potencial osteogénico son factores determinantes en la supervivencia del injerto y la calidad ósea del sitio del implante (Wen et al., 2020; Liu et al., 2023; Deluiz et al., 2025).

La elección de sustitutos óseos reabsorbibles cobra relevancia como una alternativa eficaz frente a los no reabsorbibles para preservar el volumen óseo tras la extracción dental. Seleccionar adecuadamente este tipo de biomateriales puede favorecer la integridad estructural y la estabilidad de la masa ósea en el tiempo, contribuyendo a mitigar los desafíos asociados a la osteogenicidad y a la reabsorción observados en los injertos óseos convencionales (Arabadzhiev et al., 2021).

3.4. Aplicaciones de los injertos óseos en odontología

El uso de injertos óseos en odontología ha transformado significativamente las opciones terapéuticas, mejorando notablemente la eficacia en la rehabilitación oral. Estos procedimientos se han consolidado como herramientas fundamentales para abordar defectos óseos, optimizar la estabilidad de los implantes dentales y promover la regeneración de tejidos.

Uno de los principales objetivos de la preservación de la cresta alveolar mediante injertos óseos es prevenir su atrofia tras la extracción dental, manteniendo un volumen óseo adecuado que facilite la colocación de implantes (Mae et al., 2021). Los injertos óseos también se emplean en la reconstrucción de grandes defectos óseos y en el aumento de la dimensión vertical en maxilares o mandíbulas atróficas (Chen et al., 2020), contribuyendo al mantenimiento del volumen y contorno de la cresta alveolar inmediatamente después de la extracción (El-Sioufi et al., 2023).

Asimismo, se utilizan en la reconstrucción de crestas edéntulas y atróficas (Chiapasco et al., 2020), ya que reducen significativamente la reabsorción ósea posterior a la extracción dental (Zhang et al.,

2022), mejoran la regeneración ósea y la osteointegración del implante, y previenen la pérdida ósea en el momento de la extracción (Fischer et al., 2022). Los autoinjertos, aloinjertos y xenoinjertos se emplean ampliamente para aumentar defectos óseos (Adel-Khattab et al., 2020), mejorando tanto el volumen como la calidad del hueso antes de la colocación de implantes (Papageorgiou et al., 2016). El uso de injertos autógenos ha demostrado ser eficaz para incrementar la altura y el ancho del hueso alveolar (Gultekin et al., 2016), siendo la preservación de la cresta alveolar un aspecto clave en estos tratamientos (Jain et al., 2019).

Estos injertos permiten minimizar la pérdida dimensional de la cresta alveolar tras la extracción dental (Ávila-Ortiz et al., 2014) y son comúnmente utilizados en procedimientos de implantes dentales para corregir deficiencias óseas, asegurar una función a largo plazo y alcanzar resultados estéticamente satisfactorios (Pereira et al., 2015). También desempeñan un papel central en procedimientos de regeneración ósea guiada (ROG) para tratar defectos periimplantarios como dehiscencias y fenestraciones (Jamjoom & Cohen, 2015), así como en el aumento vertical de crestas alveolares (Caponio et al., 2023), en casos de atrofia severa (Severi et al., 2022), en la reconstrucción de malformaciones por hendidura (Alzahrani et al., 2017), y en la expansión horizontal de la cresta alveolar mandibular (Morad & Khojasteh, 2013).

La reconstrucción de la hendidura alveolar representa una de las aplicaciones más relevantes de los injertos óseos en odontología (Ersanli et al., 2016). Estos injertos desempeñan un papel fundamental en el aumento horizontal de la cresta alveolar (Voss et al., 2016), así como en el tratamiento de pacientes con labio y paladar hendido, tanto unilateral como bilateral (Wahaj et al., 2016). Además, son esenciales para la reconstrucción horizontal de crestas alveolares y cumplen una función clave en el aumento vertical de la cresta en mandíbulas posteriores atróficas (Laino et al., 2014).

3.5. Injerto con el mejor pronóstico en términos de reabsorción entre autólogos, xenoinjertos y aloinjertos.

La selección del tipo de injerto óseo en procedimientos de regeneración es clave para la preservación alveolar exitosa, y uno de los factores más críticos es la tasa de reabsorción. Desde el punto de vista biológico, los injertos deben cumplir funciones de osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción. Según Só et al. (2021), un injerto ideal debe ser abundante, no inmunogénico, revascularizarse rápidamente, inducir y conducir la formación ósea, ser reemplazado por hueso vital y favorecer la osteogénesis.

Los autoinjertos continúan siendo el estándar de oro por sus propiedades biológicas completas (Elamrousy et al., 2021; Chiapasco et al., 2020; Kibe et al., 2021; Chen et al., 2020). No obstante, presentan limitaciones como disponibilidad limitada, necesidad de segunda cirugía y riesgo de complicaciones en el sitio donante (Voss et al., 2016). A pesar de ello, son preferidos en casos de defectos óseos grandes.

Los aloinjertos, obtenidos de tejido cadavérico humano, ofrecen buena biocompatibilidad y baja morbilidad. Estudios han demostrado que pueden reabsorberse completamente y tienen una tasa media de reabsorción inferior (21.7%) respecto a los autoinjertos (Fu et al., 2014; El-Sioui et al., 2023; Severi et al., 2022). Se destacan por mantener el espacio, su rápida integración y similitud fisicoquímica con los autoinjertos (Eskow et al., 2014; Donkiewicz et al., 2021). Además, los bloques alogénicos permiten esculpir el volumen óseo deseado sin necesidad de membranas (Liu et al., 2023; Mckenna et al., 2022; Ersanli et al., 2016). Sin embargo, su alto costo y escasa evidencia histológica limitan su uso extendido (Blume et al., 2023; Morad & Khojasteh, 2013).

Por su parte, los xenoinjertos, en especial los bovinos, muestran una reabsorción más lenta y buena integración a largo plazo, incluso hasta tres años (Wang et al., 2022). El xenoinjerto porcino cortico-esponjoso colagenado ha mostrado menos pérdida de volumen a los tres meses. En comparación con aloinjertos, los xenoinjertos combinados con injerto gingival han demostrado mejor preservación de la altura y ancho alveolar (Rodrigues et al., 2023; Ávila-Ortiz et al., 2014; Di Stefano et al., 2019). Aunque Papageorgiou et al. (2016) señalaron a los aloinjertos como los menos favorables en términos de reabsorción y formación ósea, los xenoinjertos se ubicaron en una categoría intermedia.

A pesar de estas diferencias, la eficacia general de aloinjertos y xenoinjertos es comparable. La decisión debe considerar factores clínicos individuales, disponibilidad del material y experiencia del profesional tratante (El-Sioufi et al., 2023; Mae et al., 2021; Wahaj et al., 2016; Canullo et al., 2022). Aunque los autoinjertos presentan el mejor perfil biológico, su riesgo de reabsorción y morbilidad asociada hacen que aloinjertos y xenoinjertos sean alternativas viables con ventajas logísticas y clínicas importantes.

4. Discusión

La preservación alveolar es una intervención clave en implantología para evitar la reducción fisiológica de la cresta ósea tras la extracción dental. Estudios como los de Chiapasco et al. (2020), Zhang et al. (2022) y Fischer et al. (2022) han mostrado que los aloinjertos presentan menor reabsorción en comparación con autoinjertos y xenoinjertos. Mientras que los autólogos pueden reabsorberse hasta un 30% en el primer año, investigaciones de Di Stefano et al. (2017), Monje et al. (2015) y Yu et al. (2020) advierten que los aloinjertos también sufren degradación de sus propiedades biológicas y mecánicas durante la integración. Por su parte, los xenoinjertos han demostrado mantener mejor las dimensiones del reborde alveolar postextracción (Arabadzhev et al., 2021; Kim et al., 2023; Jonker et al., 2021).

La elección del injerto depende de las condiciones clínicas del paciente y del tipo de defecto óseo. Adel-Khattab et al. (2020) y Shaikh et al. (2022) subrayan que los injertos intraorales presentan mayor tasa de éxito que los extraorales como los de cresta ilíaca. La técnica quirúrgica y el uso de membranas también influyen: Pereira et al. (2015) y Elamrousy et al. (2021) reportan buenos resultados con membranas reabsorbibles y virutas de hueso autólogo en regeneración guiada.

Como señalan Chen et al. (2020) y El-Sioufi et al. (2023), la preservación alveolar permite mantener la arquitectura ósea del alveolo y mejorar las condiciones para implantes. Los injertos óseos, clasificados en autólogos, alogénicos y xenogénicos, tienen indicaciones específicas. Los autólogos destacan por su capacidad osteogénica, osteoinductiva y osteoconductiva (Papageorgiou et al., 2016; Gurler et al., 2017; Caponio et al., 2023), pero presentan limitaciones como escasa disponibilidad, morbilidad del sitio donante y discomfort posoperatorio.

Severi et al. (2022) y Atieh et al. (2021) consideran que aloinjertos y xenoinjertos son biocompatibles y similares al hueso humano, aunque carentes de osteoinducción en humanos. Mae et al. (2021) señala que su elección debe basarse en factores como morbilidad, disponibilidad, velocidad de reabsorción e integración. Alzahrani et al. (2017), Blume et al. (2023) y Mckenna et al. (2022) señalan que la reabsorción también depende del tamaño de las partículas del injerto. Además, la vascularización insuficiente puede comprometer la integración.

Solyom et al. (2023) y Bozkaya et al. (2016) han reportado el uso exitoso de injertos microvasculares femorales en reconstrucciones complejas como paladares hendidos. La implementación de injertos ha transformado la práctica odontológica, permitiendo abordar defectos severos, aumentar volumen óseo y mejorar la estabilidad implantar (Kibe et al., 2021; Gultekin et al., 2016; Jain et al., 2019).

Morad y Khojasteh (2013) destacan que los injertos óseos son fundamentales para alcanzar funcionalidad y estética a largo plazo. Según Ersanli et al. (2016) y Voss et al. (2016), la selección entre autólogos, aloinjertos y xenoinjertos debe responder a los requerimientos clínicos. Estudios de Fu et al. (2014), Ávila-Ortiz (2019), Jamjoom y Cohen (2015), Martínez et al. (2018) y Só et al. (2021) indican que los bloques alogénicos se reabsorben en promedio un 21,7%, mientras que los autólogos alcanzan el 45%. Además, los aloinjertos se integran en 51 días frente a los 121 días de los xenoinjertos. La pérdida ósea horizontal fue de 1,3 mm con xenoinjertos a las 12 semanas, y con aloinjertos a las 24; verticalmente, fue de 0,57 mm y 0,69 mm respectivamente.

Liu et al. (2023) y Schlee et al. (2014) reportan que tanto aloinjertos como xenoinjertos ofrecen resultados similares, con una ligera ventaja para los xenoinjertos en cuanto a menor reabsorción bucal. Sin embargo, Kang et al. (2015), Donkiewicz et al. (2021), Jafer et al. (2022), Wen et al. (2020) y Deluiz et al. (2025) siguen considerando a los autoinjertos como el estándar de oro. Aun así, Voss et al. (2016) y Wahaj et al. (2016) sostienen que aloinjertos y xenoinjertos son opciones válidas para preservar la cresta frente a los cambios morfológicos postextracción.

5. Conclusiones

La reabsorción ósea posterior a un trasplante ya sea mediante injerto autólogo, alogénico o xenogénico, constituye un factor determinante en la eficacia de los procedimientos de preservación alveolar. La selección del tipo de injerto más adecuado debe basarse en diversos factores, entre los cuales destacan la técnica quirúrgica empleada, el tipo de membrana utilizada y la localización anatómica del defecto. En este contexto, los injertos autólogos ofrecen una excelente biocompatibilidad y una alta capacidad osteogénica, lo que los posiciona como una opción preferente en múltiples escenarios clínicos.

El concepto de injertos óseos se clasifica principalmente en tres categorías: autólogos, aloinjertos y xenoinjertos. Cada uno presenta propiedades biológicas específicas. Los autoinjertos, al provenir del mismo individuo, conservan células vivas osteoprogenitoras y factores de crecimiento que facilitan los procesos de osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción. En contraste, aunque los aloinjertos y xenoinjertos presentan similitudes estructurales con el tejido óseo humano, carecen de propiedades osteoinductivas intrínsecas. Por tanto, la elección del tipo de injerto depende de variables clínicas como la disponibilidad del material, el riesgo de morbilidad en el sitio donante y el potencial de revascularización del injerto.

En odontología, los injertos óseos desempeñan un papel crucial en la resolución de defectos óseos, la mejora de la estabilidad de los implantes dentales y la promoción de la regeneración tisular. Sus aplicaciones clínicas incluyen la prevención de la atrofia de la cresta alveolar, la reconstrucción de grandes defectos óseos y el aumento de la dimensión vertical y/o horizontal de la cresta ósea. La selección del injerto debe adaptarse a las necesidades específicas de cada caso clínico, evaluando cuidadosamente las condiciones anatómicas y los objetivos terapéuticos.

Las comparaciones entre los distintos tipos de injertos han revelado diferencias significativas en cuanto a su comportamiento frente a la reabsorción ósea. Tanto los aloinjertos como los xenoinjertos han mostrado eficacia en diversos contextos clínicos, siendo el xenoinjerto particularmente valorado por su lenta tasa de reabsorción. A pesar de que los autoinjertos continúan siendo considerados el estándar de oro, existe un creciente consenso en cuanto a la idoneidad de los injertos heterólogos (alogénicos y xenogénicos) para la preservación de la cresta alveolar, especialmente en casos donde se busca minimizar la morbilidad del procedimiento. En consecuencia, la decisión sobre el tipo de injerto debe fundamentarse en una evaluación integral que considere el riesgo de reabsorción ósea y las particularidades clínicas del paciente.

Referencias

- Adel-Khattab, D., Afifi, N. S., El Sadat, S. M. A., Aboul-Fotouh, M. N., Tarek, K., & Horowitz, R. A. (2020). Bone regeneration and graft material resorption in extraction sockets grafted with bioactive silica-calcium phosphate composite versus non-grafted sockets: clinical, radiographic, and histological findings. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 50(6), 418. <https://doi.org/10.5051/jpis.2000040002>
- Alzahrani, A. A., Murriky, A., & Shafik, S. (2017). Influence of platelet rich fibrin on post-extraction socket healing: A clinical and radiographic study. *The Saudi dental journal*, 29(4), 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.07.003>
- Arabadzhiev, I. H., Maurer, P., & de Lima Stevao, E. L. (2021). Buccal periosteal inversion (BUPI) for defect closure and keratinized gingiva width preservation after tooth extraction—technique modification. *The Saudi Dental Journal*, 33(8), 1049-1054. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2021.05.004>
- Atieh, M. A., Alsabeeha, N. H., Payne, A. G., Ali, S., Faggion, C. M. J., & Esposito, M. (2021). Interventions for replacing missing teeth: alveolar ridge preservation techniques for dental implant site development. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (4). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010176.pub3>
- Ávila-Ortiz, G., Elangovan, S., Kramer, K. W. O., Blanchette, D., & Dawson, D. (2014). Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research*, 93(10), 950-958. <https://doi.org/10.1177/0022034514541127>
- Ávila-Ortiz, G., Chambrone, L., & Vignoletti, F. (2019). Effect of alveolar ridge preservation interventions following tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology*, 46, 195-223. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13057>
- Blume, O., Back, M., Dinya, E., Palkovics, D. y Windisch, P. (2023). Efficacy and volume stability of a customized allogeneic bone block for the reconstruction of advanced alveolar ridge deficiencies at the anterior maxillary region: a retrospective radiographic evaluation. *Clinical Oral Investigation*, 27(7), 3927-3935. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05015-0>
- Bozkaya, S., Durmuşlar, M. C., Çakir, M., & Erkmen, E. (2016). Use of alveolar distraction osteogenesis for implant placement: a case report with eight-year follow-up. *Australian Dental Journal*, 61(2), 252-256. <https://doi.org/10.1111/adj.12366>
- Canullo, L., Pesce, P., Antonacci, D., Ravidà, A., Galli, M., Khijmatgar, S., ... & Del Fabbro, M. (2022). Soft tissue dimensional changes after alveolar ridge preservation using different sealing materials: a systematic review and network meta-analysis. *Clinical oral investigations*, 26(1), 13-39. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04192-0>
- Caponio, V. C. A., Baca-Gonzalez, L., Gonzalez-Serrano, J., Torres, J., & Lopez-Pintor, R. M. (2023). Effect of the use of platelet concentrates on new bone formation in alveolar ridge preservation: a systematic review, meta-analysis, and trial sequential analysis. *Clinical Oral Investigations*, 27(8), 4131-4146. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05126-8>
- Chen, J., Yuan, X., Li, Z., Bahat, D. J., & Helms, J. A. (2020). Bioactivating a bone substitute accelerates graft incorporation in a murine model of vertical ridge augmentation. *Dental Materials*, 36(10), 1303-1313. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.06.003>

- Chiapasco, M., Tommasato, G., Palombo, D., & Del Fabbro, M. (2020). A retrospective 10-year mean follow-up of implants placed in ridges grafted using autogenous mandibular blocks covered with bovine bone mineral and collagen membrane. *Clinical Oral Implants Research*, 31(4), 328-340. <https://doi.org/10.1111/clr.13571>
- Deluiz, D., Oliveira, L. S., Pires, F. R., & Tinoco, E. M. B. (2015). Time-dependent changes in fresh-frozen bone block grafts: Tomographic, histologic, and histomorphometric findings. *Clinical implant dentistry and related research*, 17(2), 296-306. <https://doi.org/10.1111/cid.12108>
- Di Stefano, D. A., Arosio, P., Cinci, L., & Pieri, L. (2019). Ridge preservation using an innovative enzyme-deantigenic equine bone paste: a case report with 36-month follow-up. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(10), 1230. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2664>
- Di Stefano, D. A., Garagiola, U., & Bassi, M. A. (2017). Preserving the bone profile in anterior maxilla using an equine cortical bone membrane and an equine enzyme-treated bone graft: a case report with 5-year follow-up. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 18(7), 614-621. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2094>
- Donkiewicz, P., Benz, K., Kloss-Brandstätter, A., & Jackowski, J. (2021). Survival rates of dental implants in autogenous and allogeneic bone blocks: a systematic review. *Medicina*, 57(12), 1388. <https://doi.org/10.3390/medicina57121388>
- Elamrousy, W., Osama, M., & Issa, D. R. (2021). Autogenous bone and bioactive glass around implants placed simultaneously with ridge splitting for the treatment of horizontal bony defects: a randomised clinical trial. *International Journal of Dentistry*, 2021(1), 2457328. <https://doi.org/10.1155/2021/2457328>
- El-Sioufi, I., Oikonomou, I., Koletsi, D., Bobetsis, Y. A., Madianos, P. N., & Vassilopoulos, S. (2023). Clinical evaluation of different alveolar ridge preservation techniques after tooth extraction: a randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 27(8), 4471-4480. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05068-1>
- Ersanli, S., Arısan, V., & Bedeloğlu, E. (2016). Evaluation of the autogenous bone block transfer for dental implant placement: Symphysal or ramus harvesting?. *BMC Oral Health*, 16(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0161-8>
- Eskow, A. J., & Mealey, B. L. (2014). Evaluation of healing following tooth extraction with ridge preservation using cortical versus cancellous freeze-dried bone allograft. *Journal of periodontology*, 85(4), 514-524. <https://doi.org/10.1902/jop.2013.130178>
- Fischer, K. R., Solderer, A., Arlt, K., Heumann, C., Liu, C. C., & Schmidlin, P. R. (2022). Bone envelope for implant placement after alveolar ridge preservation: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Implant Dentistry*, 8(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s40729-022-00453-z>
- Fu, J. H., Oh, T. J., Benavides, E., Rudek, I., & Wang, H. L. (2014). A randomized clinical trial evaluating the efficacy of the sandwich bone augmentation technique in increasing buccal bone thickness during implant placement surgery: I. Clinical and radiographic parameters. *Clinical Oral Implants Research*, 25(4), 458-467. <https://doi.org/10.1111/clr.12171>
- Gultekin, B. A., Bedelöglu, E., Kose, T. E., & Mijiritsky, E. (2016). Comparison of bone resorption rates after intraoral block bone and guided bone regeneration augmentation for the reconstruction of horizontally deficient maxillary alveolar ridges. *BioMed research international*, 2016(1), 4987437. <https://doi.org/10.1155/2016/4987437>

- Gurler, G., Delilbasi, C., Garip, H., & Tufekcioglu, S. (2017). Comparison of alveolar ridge splitting and autogenous onlay bone grafting to enable implant placement in patients with atrophic jaw bones. *Saudi Medical Journal*, 38(12), 1207. <https://doi.org/10.15537/smj.2017.12.21462>
- Jafer, M. A., Salem, R. M., Hakami, F. B., Ageeli, R. E., & Alhazmi, T. A. (2022). Techniques for extraction socket regeneration for alveolar ridge preservation. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 23(2), 245-250. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3247>
- Jain, D., Mohan, R., & Singh, V. D. (2019). Comparison of microsurgical and macrosurgical technique using bioactive synthetic bone graft and collagen membrane for an implant site development: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 23(5), 448-460. https://doi.org/10.4103/jisp.jisp_738_18
- Jamjoom, A., & Cohen, R. E. (2015). Grafts for ridge preservation. *Journal of functional biomaterials*, 6(3), 833-848. <https://doi.org/10.3390/jfb6030833>
- Jonker, B. P., Gil, A., Naenni, N., Jung, R. E., Wolvius, E. B., & Pijpe, J. (2021). Soft tissue contour and radiographic evaluation of ridge preservation in early implant placement: a randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 32(1), 123-133. <https://doi.org/10.1111/clr.13686>
- Kang, Y. H., Kim, H. M., Byun, J. H., Kim, U. K., Sung, I. Y., Cho, Y. C., & Park, B. W. (2015). Stability of simultaneously placed dental implants with autologous bone grafts harvested from the iliac crest or intraoral jaw bone. *BMC oral health*, 15(1), 172. <https://doi.org/10.1186/s12903-015-0156-x>
- Kibe, T., Maeda-Iino, A., Takahashi, T., Kamakura, S., Suzuki, O., & Nakamura, N. (2021). A follow-up study on the clinical outcomes of alveolar reconstruction using octacalcium phosphate granules and atelocollagen complex. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 79(12), 2462-2471. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2021.09.017>
- Kim, K. M., Choi, S. Y., Park, J. H., Kim, H. Y., Kim, S. J., & Kim, J. W. (2023). Six-month stability following extensive alveolar bone augmentation by sausage technique. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 45(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40902-023-00384-8>
- Laino, L., Iezzi, G., Piattelli, A., Lo Muzio, L., & Cicciù, M. (2014). Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with sandwich technique: bone block from the chin area versus corticocancellous bone block allograft—clinical and histological prospective randomized controlled study. *BioMed research international*, 2014(1), 982104. <https://doi.org/10.1155/2014/982104>
- Liu, J., Hua, F., Zhang, H., & Hu, J. (2023). Influence of using collagen on the soft and hard tissue outcomes of immediate dental implant placement: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 124(1), 101385. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2023.101385>
- Mae, C. X., Shetty, N. Y., & Patil, P. G. (2021). Radiographic evaluation of crestal bone level changes for allografts or xenografts placed during implant placement: a retrospective study. *Dent Pract*, 22(10), 1082-1086. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3195>
- Martínez, O., Barone, A., Covani, U., Fernández, A., Jiménez, A., Monsalve, L., & Velasco, E. (2018). Injertos óseos y biomateriales en implantología oral. *Avances en odontoestomatología*, 34(3), 111-119. <https://hdl.handle.net/11441/161428>
- Mckenna, GJ, Gjengedal, H., Harkin, J., Holland, N., Moore, C. y Srinivasan, M. (2022). Effect of

- autogenous bone graft site on dental implant survival and donor site complications: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 22(3), 101731. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2022.101731>
- Menoni, A., Bernardello, F., Spinato, S., & Zaffe, D. (2013). Full-arch vertical reconstruction of an extremely atrophic mandible with “box technique.” A novel surgical procedure: A clinical and histologic case report. *Implant Dentistry*, 22(1), 2-7. <https://doi.org/10.1097/id.0b013e318278fa1c>
- Monje, A., Chan, H. L., Galindo-Moreno, P., Elnayef, B., Suarez-Lopez del Amo, F., Wang, F., & Wang, H. L. (2015). Alveolar bone architecture: a systematic review and meta-analysis. *Journal of periodontology*, 86(11), 1231-1248. <https://doi.org/10.1902/jop.2015.150263>
- Morad, G., & Khojasteh, A. (2013). Cortical tenting technique versus onlay layered technique for vertical augmentation of atrophic posterior mandibles: a split-mouth pilot study. *Implant Dentistry*, 22(6), 566-571. <https://doi.org/10.1097/01.id.0000433590.33926.af>
- Papageorgiou, S. N., Papageorgiou, P. N., Deschner, J., & Götz, W. (2016). Comparative effectiveness of natural and synthetic bone grafts in oral and maxillofacial surgery prior to insertion of dental implants: Systematic review and network meta-analysis of parallel and cluster randomized controlled trials. *Journal of dentistry*, 48, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.03.010>
- Pereira, E., Messias, A., Dias, R., Judas, F., Salvoni, A., & Guerra, F. (2015). Horizontal resorption of fresh-frozen corticocancellous bone blocks in the reconstruction of the atrophic maxilla at 5 months. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17, e444-e458. <https://doi.org/10.1111/cid.12268>
- Rodrigues, MTV, Guillén, GA, Macêdo, FGC, Goulart, DR y Nóia, CF (2023). Comparative effects of different materials on alveolar preservation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 81 (2), 213-223. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2022.10.008>
- Schlee, M., Dehner, J. F., Baukloh, K., Happe, A., Seitz, O., & Sader, R. (2014). Esthetic outcome of implant-based reconstructions in augmented bone: comparison of autologous and allogeneic bone block grafting with the pink esthetic score (PES). *Head & face medicine*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.1186/1746-160X-10-21>
- Severi, M., Simonelli, A., Farina, R., Tu, Y. K., Lan, C. H., Shih, M. C., & Trombelli, L. (2022). Effect of lateral bone augmentation procedures in correcting peri-implant bone dehiscence and fenestration defects: a systematic review and network meta-analysis. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 24(2), 251-264. <https://doi.org/10.1111/cid.13078>
- Shaikh, M. S., Zafar, M. S., & Alnazzawi, A. (2021). Comparing nanohydroxyapatite graft and other bone grafts in the repair of periodontal infrabony lesions: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(21), 12021. <https://doi.org/10.3390/ijms222112021>
- Smeets, R., Matthies, L., Windisch, P., Gosau, M., Jung, R., Brodala, N., ... & Knipfer, C. (2022). Horizontal augmentation techniques in the mandible: a systematic review. *International journal of implant dentistry*, 8(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40729-022-00421-7>
- Só, B. B., Silveira, F. M., Llantada, G. S., Jardim, L. C., Calcagnotto, T., Martins, M. A. T., & Martins, M. D. (2021). Effects of osteoporosis on alveolar bone repair after tooth extraction: A systematic review of preclinical studies. *Archives of Oral Biology*, 125, 105054. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2021.105054>

- Solyom, E., Szalai, E., Czumbel, M. L., Szabo, B., Vánca, S., Mikulas, K., ... & Fazekas, R. (2023). The use of autogenous tooth bone graft is an efficient method of alveolar ridge preservation—meta-analysis and systematic review. *BMC Oral Health*, 23(1), 226. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02930-2>
- Sverzut, C. E., Trivellato, A. E., & Sverzut, A. T. (2015). Use of a Titanium Mesh" Shelter" Combined with the Soft Tissue Matrix Expansion (Tent Pole) Grafting in the Reconstruction of a Severely Resorbed Edentulous Mandible. Technical Note. *Brazilian Dental Journal*, 26(2), 193-197. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201301957>
- Urban, I. A., Montero, E., Monje, A., & Sanz-Sánchez, I. (2019). Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: a systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology*, 46, 319-339. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13061>
- Voss, J. O., Dieke, T., Doll, C., Sachse, C., Nelson, K., Raguse, J. D., & Nahles, S. (2016). Retrospective long-term analysis of bone level changes after horizontal alveolar crest reconstruction with autologous bone grafts harvested from the posterior region of the mandible. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 46(2), 72-83. <https://doi.org/10.5051/jpis.2016.46.2.72>
- Wahaj, A., Hafeez, K., & Zafar, M. S. (2016). Role of bone graft materials for cleft lip and palate patients: A systematic review. *The Saudi Journal for Dental Research*, 7(1), 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.sjdr.2015.02.001>
- Wang, B., Feng, C., Liu, Y., Mi, F., & Dong, J. (2022). Recent advances in biofunctional guided bone regeneration materials for repairing defective alveolar and maxillofacial bone: A review. *Japanese Dental Science Review*, 58, 233-248. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2022.07.002>
- Wen, S. C., Barootchi, S., Huang, W. X., & Wang, H. L. (2020). Time analysis of alveolar ridge preservation using a combination of mineralized bone-plug and dense-polytetrafluoroethylene membrane: a histomorphometric study. *Journal of Periodontology*, 91(2), 215-222. <https://doi.org/10.1002/JPER.19-0142>
- Yu, X., Guo, R., & Li, W. (2020). Comparison of 2-and 3-dimensional radiologic evaluation of secondary alveolar bone grafting of clefts: a systematic review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 130(4), 455-463. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.04.815>
- Zhang, H., Wei, Y., Xu, T., Zhen, M., Wang, C., Han, Z., ... & Chung, K. H. (2022). Assessment of soft and hard tissue characteristics of ridge preservation at molar extraction sites with severe periodontitis: a randomized controlled trial. *BMC Oral Health*, 22(1), 511. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02544-0>

Transparencia

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

Los autores financiaron completamente la investigación.

Contribución de autoría

Blanca Cecilia Badillo Conde: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Dayana Carolina Guamán Lozada: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, recursos, supervisión.

Verónica Alejandra Guamán Hernández: Conceptualización, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, supervisión.

Jessenia Belén Lescano Alvarado: Conceptualización, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, supervisión.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.