



**ANÁLISIS VOLUMÉTRICO MEDIANTE CBCT DEL REBORDE
ALVEOLAR TRAS PRESERVACIÓN CON BIO-OSS® COLLAGEN
O BIO-OSS® PARTICULADO: REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Trabajo de Fin de Máster

Departamento de Cirugía Oral e Implantología

Universidad Europea de Madrid

Director

Dr. Javier Nuñez

Estudiante

María Gabriela Duque

ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRACT	II

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Fisiopatología de la reabsorción post-extracción.....	2
1.1.1 Mecanismos Biológicos en Cicatrización de una Extracción Dental	
1.1.2 Patrón de reabsorción alveolar.....	8
1.1.2.1 Cambios dimensionales Post- extracción.....	10
1.1.2.2 Alteraciones de la altura de la cresta ósea.....	15
1.1.2.3 Alteraciones del ancho de la cresta ósea.....	16
1.1.3 Clasificación de los Defectos del Proceso Alveolar.....	17
1.1.3.1 Importancia de mantener el volumen óseo e implicaciones de un proceso alveolar deficiente.....	18
1.1.4 Técnica de preservación alveolar.....	19
1.1.4.1 Bio-Oss® Particulado vs. Bio-Oss® Collagen en preservación alveolar: selección basada en tipo de defecto y resultados clínicos.....	21
1.1.4.2 Indicaciones para el uso de membranas en la preservación alveolar: cuándo son necesarias y cuándo se pueden omitir..	23
1.1.4.3 Técnicas de cierre de alvéolos postextracción.....	25
1.1.4.4 Provisionalización en zonas de preservación.....	26
1.1.4.5 Beneficios clínicos de la provisionalización con pónicos ovoideos.....	27
1.1.4.6 Consideraciones y limitaciones de la provisionalización.....	27
1.1.4.7 Indicaciones para el uso de pónicos ovoideos en preservación alveolar.....	28
1.1.5 Fundamento del análisis volumétrico mediante CBCT.....	29
1.2 Justificación clínica de la preservación alveolar.....	30
1.3 Objetivo General.....	31
1.4 Objetivos Específicos.....	32

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Diseño del estudio.....	33
2.2 Formulación de la pregunta clínica.....	33
2.3 Criterios de inclusión.....	34
2.4 Criterios de exclusión.....	34
2.5 Estrategia de búsqueda bibliográfica.....	35
2.6 Selección de los estudios.....	36
2.7 Extracción de datos.....	37
2.8 Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo.....	37

3 RESULTADOS

3.1 Selección de estudios.....	40
3.2 Características de los estudios incluidos.....	40
3.3 Resultados volumétricos comparativos.....	41

4 DISCUSIÓN Y SINTESIS CUALITATIVA DE LOS RESULTADOS

4.1 Características metodológicas y síntesis cualitativa de los estudios incluidos.....	46
4.2 Influencia del tipo de defecto, localización anatómica y morfología ósea en la elección del biomaterial.....	49
4.3 Implicaciones estéticas y funcionales en la rehabilitación implantológica...	50
4.4 Limitaciones del estudio y fortalezas de la revisión.....	51
4.5 Recomendaciones clínicas.....	53
4.6 Líneas de investigación futura.....	53

5 CONCLUSIÓN	55
---------------------------	-----------

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	57
---	-----------

RESUMEN

La preservación alveolar tras la extracción dental se ha consolidado como una estrategia clave para minimizar la reabsorción ósea fisiológica y favorecer una rehabilitación implantológica predecible.

Objetivo: Describir y analizar los cambios volumétricos del reborde alveolar reportados en estudios clínicos que evaluaron la preservación postextracción utilizando Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, mediante análisis tridimensional con tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

Métodos: Se realizó una revisión sistemática estructurada de la literatura científica, con búsqueda electrónica en PubMed, Scopus, Web of Science y Cochrane Library. Se incluyeron estudios clínicos en humanos publicados entre 2014 y 2025 que utilizaron CBCT para evaluar volumétricamente el efecto de Bio-Oss® Collagen o Bio-Oss® Particulado en procedimientos de preservación alveolar. Se excluyeron estudios con combinaciones de biomateriales, modelos animales o sin análisis tridimensional. Dado que no se identificaron estudios comparativos directos entre ambos materiales, se efectuó un análisis comparativo narrativo e indirecto.

Resultados: Se seleccionaron tres estudios clínicos que cumplían con los criterios de inclusión: uno evaluó Bio-Oss® Collagen y dos, Bio-Oss® Particulado. Todos emplearon CBCT como herramienta de medición tridimensional para cuantificar los cambios en el volumen óseo postextracción. Ambos biomateriales demostraron ser efectivos, con diferencias clínicas relacionadas con el tipo de defecto tratado, la técnica quirúrgica y las propiedades inherentes al biomaterial. Bio-Oss® Particulado mostró mayor estabilidad volumétrica en defectos no contenidos, mientras que Bio-Oss® Collagen ofreció ventajas en términos de manejabilidad en alvéolos con paredes óseas conservadas.

Conclusiones: La evidencia clínica actual respalda el uso tanto de Bio-Oss® Particulado como de Bio-Oss® Collagen como estrategias válidas para la preservación del volumen óseo tras la exodoncia. Esta revisión narrativa proporciona una comparación indirecta útil para orientar la selección del biomaterial más adecuado en función de la morfología del defecto y los objetivos clínicos, con base en datos cuantitativos obtenidos mediante CBCT.

ABSTRACT

Alveolar ridge preservation following tooth extraction has become a key strategy for minimizing physiological bone resorption and promoting predictable implant rehabilitation.

Objective: To describe and analyze the volumetric changes in the alveolar ridge reported in clinical studies that evaluated post-extraction preservation using Bio-Oss® Particulate or Bio-Oss® Collagen, through three-dimensional analysis with cone-beam computed tomography (CBCT).

Methods: A structured systematic review of the scientific literature was conducted, with electronic searches performed in PubMed, Scopus, Web of Science, and the Cochrane Library. Clinical human studies published between 2014 and 2025 that used CBCT to volumetrically assess the effect of Bio-Oss® Collagen or Bio-Oss® Particulate in alveolar ridge preservation were included. Studies involving combinations of biomaterials, animal models, or lacking three-dimensional analysis were excluded. Due to the absence of direct comparative studies between the two materials, an indirect narrative comparison was carried out.

Results: Three clinical studies met the inclusion criteria: one evaluated Bio-Oss® Collagen and two evaluated Bio-Oss® Particulate. All used CBCT as a three-dimensional measurement tool to quantify post-extraction bone volume changes. Both biomaterials were found to be effective, with clinical differences associated with the type of defect, surgical technique, and intrinsic properties of the graft material. Bio-Oss® Particulate demonstrated greater volumetric stability in uncontained defects, while Bio-Oss® Collagen showed advantages in handling and was more suitable for sockets with intact bony walls.

Conclusions: Current clinical evidence supports the use of both Bio-Oss® Particulate and Bio-Oss® Collagen as effective strategies for preserving alveolar bone volume following tooth extraction. This narrative review offers a useful indirect comparison to guide biomaterial selection based on defect morphology and clinical objectives, using quantitative data obtained through CBCT.

1. INTRODUCCIÓN

La preservación del reborde alveolar tras la extracción dental representa uno de los principales retos en la odontología contemporánea, particularmente en el contexto de la rehabilitación mediante implantes dentales. Luego de una exodoncia, el proceso fisiológico de remodelación ósea conduce a una pérdida progresiva de volumen, con una reducción significativa tanto en altura como en ancho durante los primeros meses [1]. Esta reabsorción puede comprometer el resultado estético y funcional de tratamientos posteriores, afectando la posición ideal del implante y la estabilidad a largo plazo de las prótesis [2,3].

Para contrarrestar este fenómeno, se han desarrollado diversas técnicas de preservación alveolar. Entre ellas, el uso de sustitutos óseos de origen xenógeno como Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen ha mostrado resultados clínicamente favorables en cuanto a la conservación del volumen óseo [4,5]. Bio-Oss® Particulado, un material inorgánico derivado de hueso bovino, presenta propiedades osteoconductoras que favorecen la formación ósea y la integración con el hueso receptor [6]. Por su parte, Bio-Oss® Collagen combina este componente mineral con colágeno porcino tipo I, lo que mejora su cohesividad y facilidad de aplicación, especialmente en alvéolos con paredes óseas conservadas [7].

A pesar de su amplia utilización en la práctica clínica, los biomateriales Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen presentan diferencias en cuanto a su comportamiento clínico, especialmente en relación con su capacidad para conservar el volumen óseo tras la exodoncia. Estas diferencias pueden deberse a sus propiedades físico-químicas, al tipo de defecto tratado, y al uso complementario de membranas o técnicas quirúrgicas asociadas [8,5]. Por otro lado, aún es frecuente que algunos sitios postextracción no sean sometidos a ningún procedimiento de preservación, lo que conlleva una reabsorción significativa del reborde alveolar durante los primeros meses, con posibles repercusiones negativas sobre la viabilidad y el pronóstico de futuras rehabilitaciones implantológicas [1,2].

Ante esta problemática, la aplicación de tecnologías de diagnóstico por imagen como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ha permitido cuantificar de forma

precisa y tridimensional los cambios volumétricos del reborde óseo postextracción, ofreciendo una herramienta valiosa para la evaluación clínica objetiva [9,3]. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo describir y analizar los cambios volumétricos del reborde alveolar reportados en estudios clínicos que evaluaron la preservación postextracción con Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, mediante análisis volumétrico basado en CBCT, a través de una revisión narrativa estructurada de la literatura científica.

1.1 Fisiopatología de la reabsorción post-extracción

El proceso de cicatrización alveolar, aunque fisiológico, conlleva inevitablemente una reducción tridimensional del volumen óseo del reborde alveolar. Este fenómeno ha sido ampliamente documentado en la literatura, y se ha observado que la mayor parte de la pérdida ósea ocurre dentro de los primeros tres a seis meses tras la extracción dentaria, afectando con mayor severidad la tabla vestibular, especialmente en el maxilar superior [1,2].

La reabsorción del reborde es un proceso multifactorial, en el que interactúan variables anatómicas, celulares y mecánicas. Entre los factores determinantes se encuentran la delgada conformación del hueso vestibular, su pobre irrigación sanguínea y su alta dependencia del estímulo del ligamento periodontal. La pérdida de este estímulo tras la extracción genera una cascada de eventos inflamatorios, que activa la remodelación ósea a través de la acción de osteoclastos y la reorganización del tejido óseo preexistente [3].

Este patrón de reabsorción no solo compromete la arquitectura ósea residual, sino que también afecta la estabilidad del tejido blando suprayacente, dificultando la colocación ideal de implantes y el éxito estético de rehabilitaciones protésicas futuras. Por ello, el entendimiento de los mecanismos fisiopatológicos implicados resulta esencial para fundamentar el uso de técnicas de preservación alveolar que mitiguen estas alteraciones estructurales [1–3,10,11].

1.1.1 Mecanismos Biológicos en Cicatrización de una Extracción Dental

La cicatrización de los tejidos duros y blandos tras una extracción dental es un proceso altamente regulado y secuencial, que implica eventos inflamatorios, reparativos y

remodeladores. Aunque ha sido ampliamente estudiado, gran parte de la evidencia disponible proviene de modelos animales como ratas, perros y monos, lo cual puede limitar su extrapolación directa a humanos. Algunos estudios post mortem en humanos han aportado datos complementarios, aunque su validez puede verse afectada por variables como la presencia de enfermedades sistémicas o la causa de la muerte [12,13].

Los estudios preclínicos en animales han demostrado que el proceso postextracción inicia con la formación de un coágulo sanguíneo, seguido por su reemplazo por tejido de granulación y, posteriormente, por una matriz provisional rica en colágeno que favorece la formación de hueso nuevo [14]. Sin embargo, debido a su corta duración, muchos de estos estudios no documentan con detalle las fases tardías de la remodelación ósea, particularmente en las zonas centrales y apicales del alveolo.

Uno de los primeros estudios relevantes en humanos fue realizado por Amler, quien analizó muestras tomadas entre las 48 horas y los 32 días posteriores a la exodoncia. Se identificó una secuencia que incluía la formación del coágulo, su reemplazo por tejido de granulación, y la posterior aparición de tejido osteoide. Sin embargo, este estudio presentó limitaciones metodológicas importantes, como la falta de desmineralización de las muestras y la obtención exclusiva de tejido marginal del alveolo [12].

Posteriormente, Cardaropoli et al. realizaron un estudio controlado en perros con extracciones estandarizadas y biopsias seriadas en los días 1, 3, 7, 14, 30, 90, 120 y 180 postextracción. Este modelo distinguió tres zonas anatómicas del alveolo (marginal, central y apical), permitiendo una observación detallada del proceso histológico de cicatrización [13].

- **Día 1:** El coágulo ocupa gran parte del espacio radicular. En la zona marginal está cubierto por células inflamatorias (granulocitos y neutrófilos), compuesto por eritrocitos y plaquetas atrapadas en una red de fibrina (**Figura 1**). En la zona central y apical se observaron neutrófilos cerca del hueso alveolar, y el ligamento periodontal conservaba células mesenquimales y vasos dilatados. Las fibras de Sharpey se proyectaban hacia la zona central, en contacto directo con el coágulo [13].

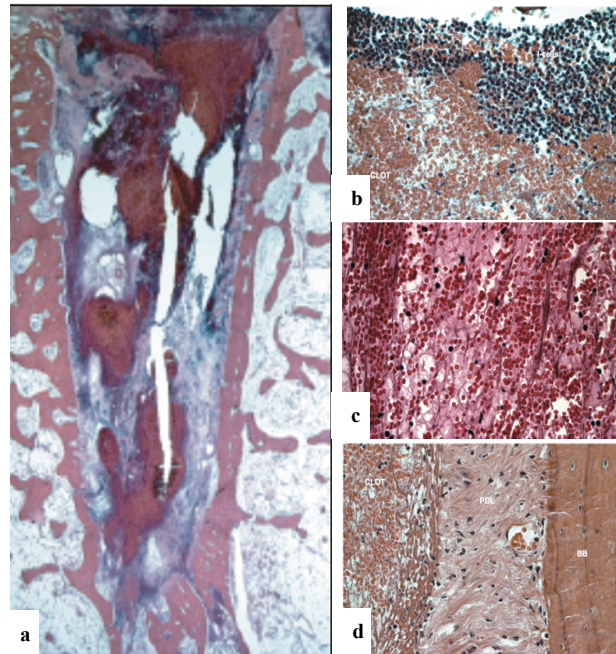


Figura 1. (a) Corte mesiodistal del alveolo de extracción al día 1 de cicatrización. (b) infiltrado inflamatorio en la zona marginal del coágulo (c) eritrocitos y plaquetas en una malla de fibrina (d) presencia de neutrófilo y fibras de sharpey.

- **Día 3:** En la zona marginal del alveolo comenzaron a observarse áreas donde el coágulo era reemplazado por tejido de granulación bien vascularizado. En todas las regiones del alveolo se evidenció lisis de eritrocitos, compatible con necrosis coagulativa (**Figura 2**). El ligamento periodontal presentaba fibroblastos activos y vasos sanguíneos. Las fibras colágenas se orientaban perpendicularmente respecto al tejido óseo, algunas dirigidas hacia el haz óseo (bundle bone), y otras en contacto con el coágulo [13].

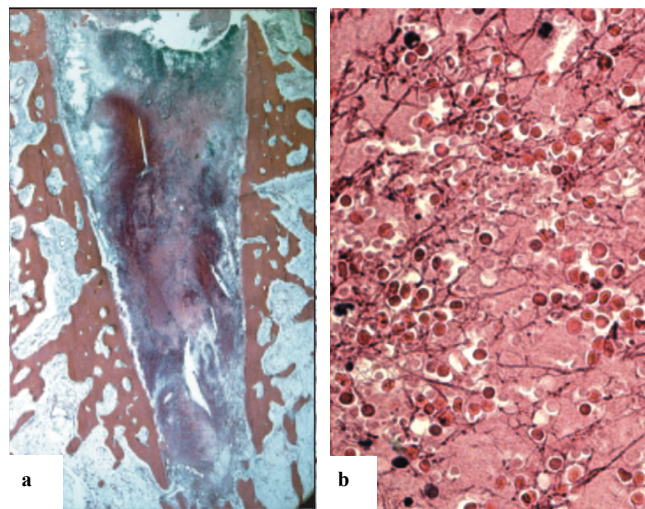


Figura 2. (a) Corte mesio-distal del alveolo de extracción al día 3 de cicatrización. (b) lisis de los eritrocitos

- **Día 7:** Se registraron cambios significativos con respecto al día 3. Se observó el inicio de la formación de una matriz provisional compuesta por fibras colágenas, vasos recién formados, leucocitos y células mesenquimales inmaduras. Esta matriz reemplazaba parcialmente el ligamento periodontal, el coágulo y el tejido de granulación (**Figura 3**).

Las fibras del antiguo ligamento, anteriormente ancladas en el bundle bone, se extendían hacia el tejido conectivo en formación, acercándose al centro del alveolo. En las regiones central y apical persistían zonas de necrosis coagulativa. En las paredes óseas del alveolo se identificaron espacios medulares con presencia de osteoclastos, tanto en la superficie como en los canales de Volkmann, lo que indica el inicio del proceso de remodelación ósea activa [13].

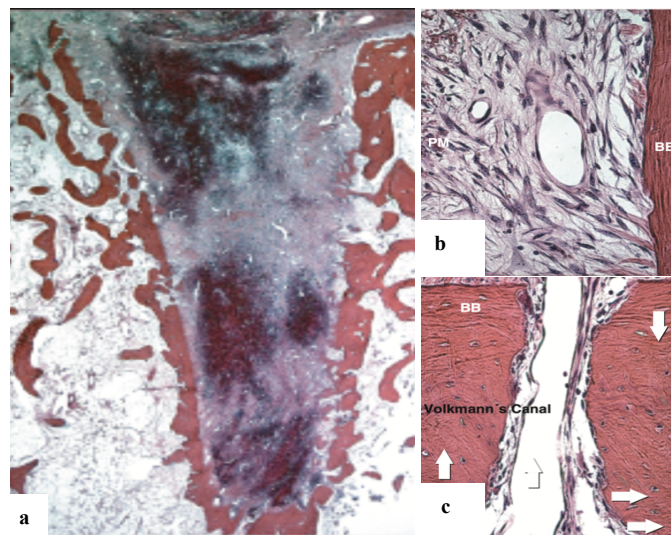


Figura 3. (a) Corte mesio-distal del alveolo de extracción al día 7 de cicatrización. (b) reemplazo de parte del ligamento periodontal por la matriz provisional. (c) presencia de abundantes osteoclastos tanto en el bundle bone como en los canales de Volkmann

- **Día 14:** La zona marginal se encontraba cubierta por tejido conectivo inflamatorio, con abundante vascularización, el cual comenzaba a ser recubierto por epitelio en regeneración. En esta etapa se evidenció la desaparición completa del ligamento periodontal. Además, se observó formación de hueso nuevo (woven bone), caracterizado por una arquitectura rica en vasos sanguíneos y células osteoprogenitoras. El bundle bone había desaparecido en la mayoría de las áreas, permitiendo la conexión entre los espacios medulares del alveolo y los del hueso interdental adyacente. Sin embargo, el centro del alveolo aún mostraba tejido conectivo provisional en estado de maduración (**Figura 4**) [13].

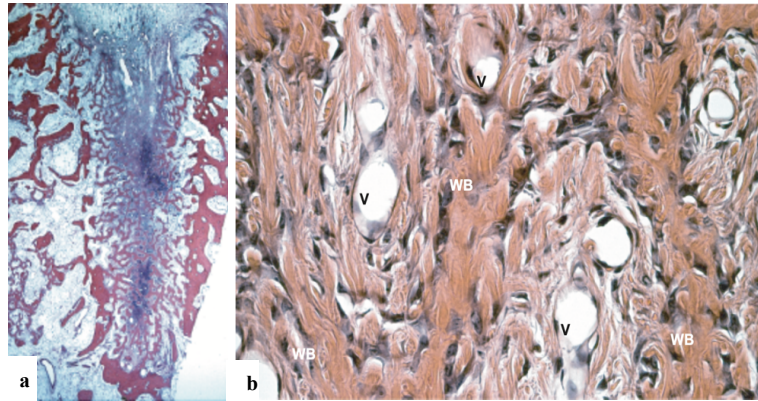


Figura 4. (a) Corte mesio-distal del alveolo de extracción al día 14 de cicatrización. (b) woven bone en la zona central del alveolo, se aprecia que el hueso se comenzó a depositar alrededor de los vasos sanguíneos (V).

- **Día 30:** En la zona marginal del alveolo, el tejido blando estaba compuesto por tejido conectivo fibroso recubierto por epitelio queratinizado (**Figura 5**). El espacio alveolar se encontraba mayoritariamente ocupado por hueso recién formado, con presencia de osteonas primarias y continuidad estructural con el hueso preexistente. Además, se observó actividad osteoclástica en el hueso laminar de la región crestal lateral, lo que sugiere el inicio de procesos de remodelación ósea en esa zona [13].

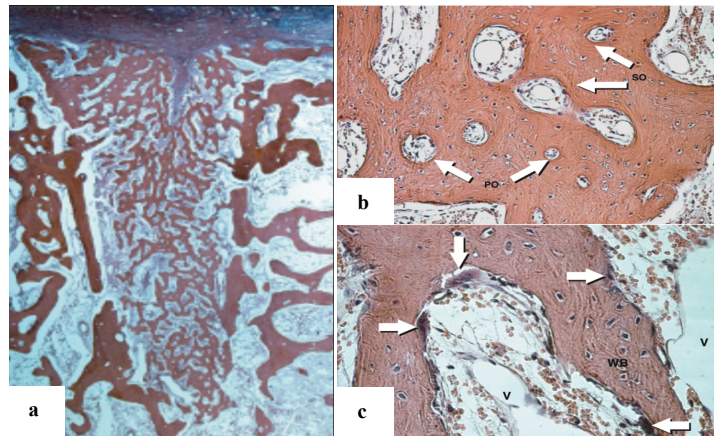


Figura 5. (a) Corte mesio-distal del alveolo de extracción al día 30 de cicatrización. (b) Hueso recién formado en la zona media del alveolo, se pueden observar osteonas primarias (PO) Y Secundarias (SO). (c) Woven bone con una gran cantidad de osteoclastos (proceso de remodelación).

- **Días 60–90:** El hueso neoformado progresó hasta conformar un puente de tejido óseo, compuesto principalmente por hueso inmaduro (woven bone) En la región apical predominaba tejido medular óseo, con médula activa que contenía vasos sanguíneos de gran calibre, adipocitos y células inflamatorias (**Figura 6**). Hacia el día 90, se comenzó a observar el reemplazo progresivo del woven bone por hueso laminar maduro (lamellar bone) en distintas regiones del alveolo.

Asimismo, las paredes óseas remanentes del alveolo mostraban evidencia clara de remodelación activa [13].

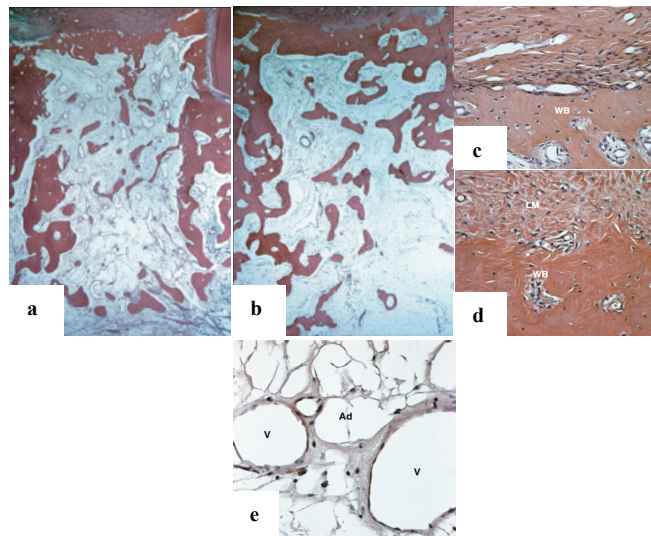


Figura 6. (a) Corte mesio-distal del alveolo de extracción al día 60 de cicatrización. (b) Corte mesio-distal del alveolo de extracción al día 90 de cicatrización. (c) corte de la porción marginal del alveolo que presenta el puente de tejido óseo que separa la mucosa de revestimiento (LM) del “woven bone” (WB) a los 60 días. (d) a los 90 días (e) Corte de la zona apical en donde se puede observar el tejido medular óseo con vasos sanguíneos amplios, células inflamatorias y adipocitos con una mala organización aún.

- **Días 120–180:** El puente óseo ya estaba conformado mayoritariamente por capas de lamellar bone, con fibras de la mucosa de revestimiento comenzando a insertarse en el hueso cortical neoformado, imitando funcionalmente al periostio (**Figura 7**). A los 180 días, el puente presentaba una mezcla de hueso inmaduro y maduro, mientras que la región apical mostraba tejido medular óseo organizado, con abundantes adipocitos, escasa celularidad inflamatoria y pocas trabéculas óseas, en señal de estabilización estructural [13].

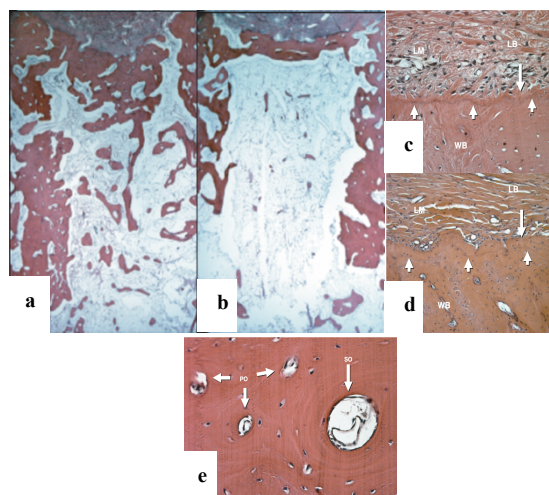


Figura 7. (a) Corte mesio-distal del alveolo de extracción al día 120 de cicatrización. (b) Corte mesio-distal del alveolo de extracción al día 180 de cicatrización. (c) corte de la porción marginal del alveolo que presenta el puente de tejido óseo que separa la mucosa de revestimiento (LM) del “woven bone” (WB) a los 120 días. (d) a los 180 días. Es de gran importancia notar la diferencia de incremento de “Lamellar bone” (LB) (e) Corte de la zona marginal del alveolo, en donde se aprecia hueso recién formado “cortical bone” con presencia de osteonas primarias (PO) y secundarias.

Cabe destacar que este proceso describe principalmente la evolución del componente óseo, pero el **tejido blando** también sufre transformaciones morfológicas y estructurales en paralelo, influenciadas por la remodelación ósea subyacente [3,13]. Por otra parte, diversos estudios han documentado que la magnitud y velocidad de la reabsorción postextracción difieren según la región anatómica. El **maxilar**, por su menor densidad y espesor óseo, es más susceptible a colapsos del reborde alveolar en comparación con la **mandíbula** [3,5].

1.1.2 Patrón de reabsorción alveolar

La reabsorción ósea alveolar es un fenómeno fisiológico inevitable tras la pérdida dentaria y constituye uno de los principales retos en la rehabilitación oral, especialmente en el contexto de tratamientos implantológicos o restauradores. Esta remodelación postextracción presenta un patrón anatómico y temporal bien documentado, aunque variable entre el maxilar superior y la mandíbula, lo cual tiene implicaciones terapéuticas relevantes [5,15] (**Tabla 1**).

En un modelo experimental en animales, Araújo y Lindhe documentaron una pérdida de hasta el 50 % del ancho del reborde alveolar durante un período de tres a seis meses, con una reabsorción más pronunciada en la tabla vestibular, atribuida a su menor grosor y composición predominantemente cortical [1]. En humanos, Schropp et al. reportaron una reducción promedio de 3.8 mm en el ancho y 1.24 mm en la altura del reborde a los seis meses postextracción, lo que confirma la tendencia hacia una reabsorción significativa, especialmente en el plano horizontal [2].

En el maxilar superior, la pérdida ósea suele ser más acelerada y extensa debido a su estructura predominantemente trabecular y a la delgadez de su cortical externa. Este tipo de reabsorción ocurre de forma centrípeta, es decir, hacia el paladar, generando pérdida tanto horizontal como vertical. Esta dinámica resulta particularmente crítica en zonas estéticas anteriores, donde la alteración del perfil óseo compromete directamente la arquitectura gingival y, en consecuencia, el resultado estético de futuras restauraciones [3,5].

En contraste, la mandíbula, con su composición más densa y mayor proporción de hueso cortical, presenta un patrón de reabsorción más lento, aunque sostenido en el tiempo. La pérdida de volumen es predominantemente vertical y de tipo centrífugo, es decir, hacia vestibular, comprometiendo la altura del reborde más que su espesor. En casos avanzados, especialmente en pacientes edéntulos, esta reabsorción puede ocasionar la exposición del nervio alveolar inferior e incluso predisponer a fracturas mandibulares [15,16].

Una revisión sistemática realizada por Van der Weijden et al. confirmó que los cambios dimensionales postextracción son más severos en el maxilar superior que en la mandíbula. Entre los factores determinantes se destacan el grosor de la tabla vestibular, el tipo de hueso alveolar y el grado de trauma quirúrgico inducido durante la exodoncia [15].

Desde la perspectiva clínica, este patrón de reabsorción justifica la implementación de intervenciones preventivas, tales como la preservación alveolar mediante el uso de injertos óseos, membranas reabsorbibles o técnicas de cierre primario sin tensión. Además, la planificación implantológica debe contemplar no solo la cantidad y calidad del hueso residual, sino también anticipar los cambios morfológicos que el reborde sufrirá en los meses posteriores a la extracción [3,8].

Característica	Maxilar Superior	Mandíbula
Composición ósea	Predominantemente trabecular	Predominantemente cortical
Grosor de la tabla vestibular	Delgado	Más grueso
Dirección de reabsorción	Centrípeta (hacia el paladar)	Centrífuga (hacia vestibular)
Velocidad de reabsorción	Rápida	Más lenta pero progresiva
Magnitud de pérdida	Alta (ancho y altura)	Moderada, principalmente en altura
Complicaciones potenciales	Estéticas (perfil gingival)	Funcionales (nervio alveolar, fracturas)

Tabla 1. Comparación del patrón de reabsorción ósea entre maxilar superior y mandíbula

1.1.2.1 Cambios dimensionales Post- extracción

La remodelación ósea posterior a la exodoncia provoca una serie de alteraciones morfológicas que comprometen la arquitectura del proceso alveolar, tanto en sentido horizontal como vertical. Estas modificaciones han sido documentadas desde hace décadas a través de estudios clínicos, radiográficos e histológicos [2,1,17].

Uno de los primeros en abordar esta temática fue Johnson, quien en 1963 evidenció, mediante evaluaciones clínicas y radiográficas, que la pérdida de tejido óseo tras una extracción dental se produce predominantemente en la pared vestibular del alveolo [18]. Posteriormente, Pietrokovski y Massler, en 1967, reforzaron esta observación mediante el análisis de modelos de escayola, concluyendo que el centro de la cresta alveolar tiende a desplazarse hacia lingual o palatino, siendo la reabsorción más intensa durante las fases iniciales de cicatrización [19]. En línea con estos hallazgos, Johnson también determinó que la mayor parte de la pérdida ósea, tanto en ancho como en altura, ocurre durante los primeros tres meses posteriores a la exodoncia [20].

Atwood, en 1972, añadió que, aunque existe un patrón general de reabsorción, la magnitud del cambio puede variar considerablemente entre individuos, influida por factores anatómicos, mecánicos y sistémicos [21]. Además, se ha postulado que la forma y volumen del proceso alveolar están condicionados por la erupción dental y su orientación, lo que explicaría su progresiva atrofia tras la pérdida dentaria [21,1].

Uno de los estudios más relevantes en este contexto es el de Schropp et al., quienes evaluaron 46 sitios postextracción mediante modelos y tomografías. Sus resultados mostraron que aproximadamente dos tercios de la reducción horizontal del reborde alveolar ocurre dentro de los primeros tres meses, lo que refuerza la hipótesis de una reabsorción acelerada en las fases tempranas [2].

Con un enfoque experimental más detallado, Araújo y Lindhe analizaron los cambios dimensionales del reborde tras la extracción en un modelo canino y propusieron dividir el alveolo en tres niveles para cuantificar la reabsorción vertical:

- **Nivel A:** 1 mm apical a la cresta alveolar
- **Nivel B:** 3 mm apical
- **Nivel C:** 5 mm apical [1]

Esta división permitió cuantificar la pérdida ósea en distintos niveles de profundidad, aportando precisión a la evaluación tridimensional de los cambios morfológicos (**Figura 8**)[1].

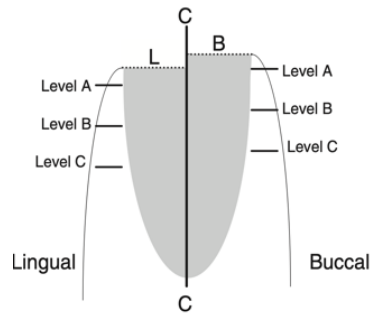


Figura 8. Representación esquemática de la determinación de los puntos histomorfométricos para poder realizar la comparación de medidas de las alteraciones producidas en los alveolos en diferentes periodos de tiempo. C-C: Línea paralela al eje longitudinal de la raíz del diente, L y B: perpendiculares a CC, en la parte más coronal de las paredes lingual y bucal. Nivel A, B, C: 1,3,5mm respectivamente

- **Primera semana de cicatrización:** En el nivel marginal o nivel A, la pared lingual era evidentemente más ancha que la pared bucal en la misma zona (**Figura 9**). La pared lingual presentaba una anchura de 1.4 ± 0.2 mm, mientras que la pared bucal medía 0.6 ± 0.1 mm. Asimismo, en el nivel B, las medidas eran 2.0 ± 0.3 mm para la pared lingual y 1.3 ± 0.1 mm para la bucal [1].

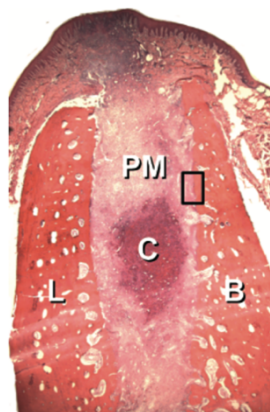


Figura 9. Vista general a la primera semana de extracción en donde se puede observar la gran cantidad de matriz provisional, el coágulo restante en el centro del alveolo. Se evidencia la diferencia dimensional de las paredes bucal y lingual.

En este período, en ambas paredes se apreciaban grandes espacios medulares, y la superficie interna del alveolo residual estaba constituida por bundle bone, el cual contenía una gran cantidad de osteoclastos. En la superficie adyacente

al hueso también se observaban restos del ligamento periodontal junto con sus componentes celulares [1].

Las regiones crestales de la pared ósea bucal estaban conformadas exclusivamente por bundle bone, mientras que la pared lingual contenía tanto bundle bone como hueso cortical. Es importante destacar que, en esta fase, la pared bucal era más alta que la lingual, con una diferencia superior a 1 mm; ambas mostraban una notable actividad osteoclástica (**Figura 10**) [1].

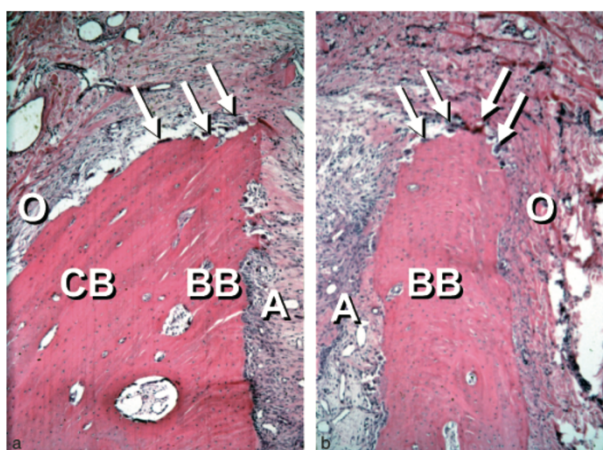


Figura 10. Primera semana de cicatrización. (a) Pared lingual, constituida por hueso cortical (CB) y bundle bone (BB). (b) Pared bucal, constituida únicamente por bundle bone. Las flechas marcan la presencia de osteoclastos.

- **Segunda semana de cicatrización:** En la región crestal del alveolo, se observó que la pared lingual ya no contenía bundle bone, mientras que la pared bucal aún presentaba una banda residual de aproximadamente 0.3 ± 0.1 mm de este tipo de tejido en altura (**Figura 11a y 11b**). La actividad osteoclástica continuaba en las paredes externas de la región crestal y también se extendía a la zona apical del alveolo.

En las zonas laterales y apicales del alveolo se evidenciaban abundantes formaciones de tejido óseo inmaduro tipo "woven bone" (WB). Al mismo tiempo, la matriz provisional (PM) seguía presente en las regiones centrales y marginales, indicando una etapa intermedia de cicatrización. Como se había mencionado previamente, ya no se observaba la presencia del ligamento periodontal en este intervalo.

El hallazgo histológico más relevante de esta fase fue que la superficie del woven bone aparecía extensamente recubierta por osteoblastos activos y presentaba una médula ósea primitiva en formación. Además, se constató que el bundle bone remanente mantenía continuidad estructural con las trabéculas del woven bone, lo que indica un proceso de integración ósea progresiva (**Figura 11c**) [1].

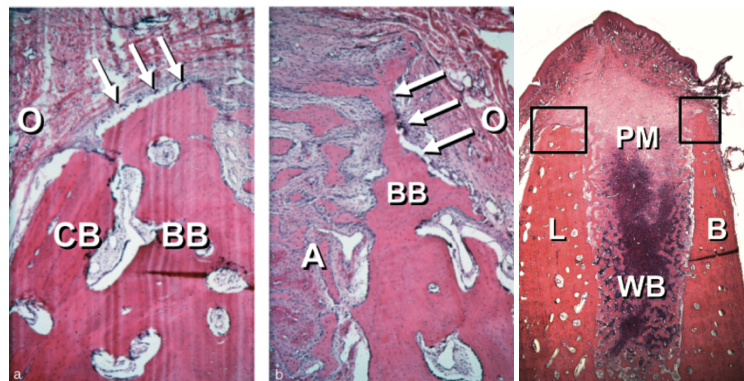


Figura 11. Segunda semana de cicatrización. (a) Pared lingual cuya zona crestral está únicamente constituida por hueso cortical (b) Pared bucal compuesta por "bundle bone" en altura. Las flechas marcan la presencia de una gran cantidad de acción osteoclástica. (c) Presencia de "woven bone" en zona lateral y apical, así como, matriz provisional en zona central y marginal.

- **Cuarta semana de cicatrización:** En la región crestral de ambas paredes óseas, ya no se observó la presencia de bundle bone (**Figura 12**). En la pared bucal, el hueso laminar había sido completamente reemplazado por woven bone, el cual evidenciaba signos claros de remodelación activa, destacando una intensa actividad osteoclástica [1].

En este intervalo, la anchura ósea en la zona A fue de 1.3 ± 0.1 mm para la pared lingual y 0.7 ± 0.2 mm para la pared bucal. En la zona B, las dimensiones fueron de 1.6 ± 0.1 mm y 1.1 ± 0.2 mm respectivamente, confirmando una persistente asimetría estructural entre ambas corticales [1].

La matriz provisional persistía únicamente en el centro del alveolo, mientras que el resto del espacio estaba completamente ocupado por tejido mineralizado, predominantemente woven bone y médula ósea, tanto primitiva como madura. Estas estructuras se encontraban en un estado de modelado y remodelado continuo. Además, se constató que amplias zonas

del antiguo bundle bone estaban siendo reemplazadas progresivamente por lamellar bone y médula ósea, lo que indica un avance hacia una organización tisular más madura y estable [1].

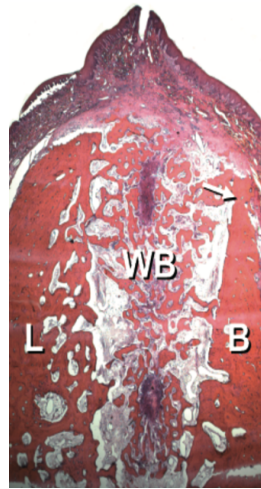


Figura 12. Cuarta semana de cicatrización. La zona experimental esta principalmente constituida por "woven bone". La zona crestal de la pared bucal fue reabsorbida y reemplazada por WB. El hecho más importante radica en que la porción marginal de la antigua pared bucal se ubica apical a la pared lingual (flecha).

- **Octava semana de cicatrización:** En esta etapa, la pared ósea lingual se mantiene como la estructura más ancha en comparación con la pared bucal, la cual se encuentra ubicada aproximadamente 2 mm apical respecto a la cresta ósea lingual (**Figura 13**). Los cortes histológicos evidencian que ambas corticales están conectadas por un puente de tejido óseo mineralizado con orientación oblicua, que atraviesa el centro del alveolo. Este puente está conformado por una mezcla de woven bone y lamellar bone, lo que indica un proceso de transición desde la formación inicial hacia una arquitectura más madura y estructuralmente estable [1].

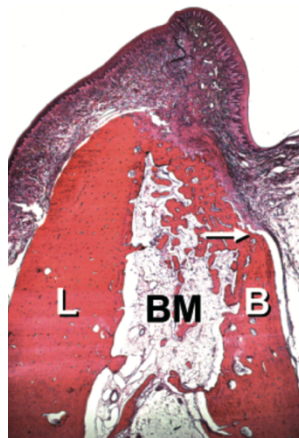


Figura 13. Octava semana de cicatrización. Se puede observar que la entrada a la zona de extracción fue sellada por un puente de tejido mineralizado y en la zona central está compuesta en su mayoría por médula ósea (BM). Además, se puede apreciar la pérdida dimensional de 2mm aproximadamente de la pared ósea bucal al compararla con la lingual (flecha).

1.1.2.2 Alteraciones de la altura de la cresta ósea

Con base en el proceso fisiológico descrito previamente, los autores del estudio de Araújo y Lindhe documentaron que, durante la primera semana de cicatrización, la cresta ósea bucal presentaba una altura ligeramente superior en comparación con la cresta lingual, con una diferencia media de 0.3 ± 0.2 mm [1].

No obstante, conforme avanzaba el proceso de remodelación ósea, esta relación se invirtió progresivamente. En la segunda, cuarta y octava semana, se observaron alteraciones en la altura relativa de ambas crestas, con una posición cada vez más apical de la tabla bucal respecto a la lingual. Este cambio se hizo especialmente evidente a partir de la segunda semana.

En ese momento, la diferencia entre los interceptos crestales bucal y lingual fue de 0.3 ± 0.1 mm, incrementándose a 0.9 ± 0.3 mm en la cuarta semana y alcanzando 1.9 ± 0.2 mm en la octava semana. Estos valores reflejan una reabsorción vertical sostenida y clínicamente significativa de la pared bucal a lo largo del tiempo [1].

En conjunto, se estimó que la pérdida total de altura de la cresta ósea bucal fue de 2.2 ± 0.2 mm, lo que corresponde a una tasa de reabsorción promedio de aproximadamente $45 \mu\text{m}$ por día durante el periodo de estudio [1].

Para contextualizar los hallazgos clínicos en relación con el patrón fisiológico de reabsorción vertical del reborde alveolar, se presenta en la **Tabla 2** una comparación de la pérdida de altura ósea reportada en los tres estudios clínicos incluidos en esta revisión sistemática [4,5,6], junto con los resultados del estudio preclínico de Araújo & Lindhe [1], ampliamente citado en la literatura como modelo de referencia experimental.

Estudio	Pérdida de altura (mm)
Jung et al., 2018	1.2 ± 0.3 mm
Chisci et al., 2023	1.0 ± 0.2 mm
Wróbel et al., 2025	1.5 ± 0.4 mm
Araujo & Lindhe, 2005	2.2 ± 0.2 mm (tabla bucal)

Tabla 2. Cambios verticales en la cresta ósea tras preservación alveolar

1.1.2.3 Alteraciones del ancho de la cresta ósea

El estudio de Araújo y Lindhe reveló que, al comparar el grosor de las paredes óseas bucal y lingual en los tres niveles definidos del alveolo (nivel A: 1 mm, nivel B: 3 mm, nivel C: 5 mm desde la cresta), la tabla bucal fue consistentemente más delgada que la lingual en todos los periodos evaluados [1]. Además, se observó que el ancho óseo aumentaba progresivamente desde el nivel A hacia el nivel C, es decir, a mayor profundidad, mayor grosor de la pared ósea.

Este patrón morfológico tiene importantes implicaciones clínicas, ya que la delgadez de la tabla vestibular la hace más susceptible a una reabsorción acelerada tras la extracción dental. Según las estimaciones del mismo estudio, la pérdida de volumen horizontal de la pared bucal puede alcanzar hasta un 56 %, mientras que la pared lingual podría perder aproximadamente un 30 % de su grosor original. En términos generales, esto representa una reabsorción horizontal global de aproximadamente un 50 % del ancho del reborde alveolar [1].

Desde una perspectiva clínica complementaria, una revisión sistemática más reciente concluyó que, al cabo de seis meses post-exodoncia, el reborde alveolar sufre una pérdida media de 3.8 mm en sentido horizontal, reafirmando la necesidad de estrategias preventivas de preservación alveolar para mitigar estos cambios estructurales [22].

Igualmente, la **Tabla 3** presenta una comparación de la pérdida de ancho del reborde alveolar reportada en los tres estudios clínicos incluidos en esta revisión sistemática [4–6], en contraste con los datos del estudio de Araújo & Lindhe (2005) [1]. Esta comparación permite valorar la magnitud de la reabsorción horizontal.

Estudio	Pérdida de ancho (mm)
Jung et al., 2018	3.1 ± 0.5 mm
Chisci et al., 2023	2.8 ± 0.4 mm
Wróbel et al., 2025	3.4 ± 0.6 mm
Araújo & Lindhe, 2005	50 % del volumen (~3.8 mm aprox.) [1]

Tabla 3. Cambios horizontales en la cresta ósea tras preservación alveolar

1.1.3 Clasificación de los Defectos del Proceso Alveolar

Los defectos del proceso alveolar constituyen una alteración morfológica del reborde óseo residual posterior a la pérdida dental, caracterizada por la pérdida de volumen en sentido horizontal, vertical o combinado. Estas deformidades pueden comprometer la estética, la función y la viabilidad de una rehabilitación protésica o implantológica predecible [23].

Con el objetivo de estandarizar su diagnóstico y tratamiento, diversos autores han propuesto clasificaciones clínicas que permiten categorizar estos defectos de forma sistemática (**Tabla 4**). Seibert, en 1983, propuso una de las tipologías más influyentes, diferenciando tres tipos de defectos según el patrón de pérdida ósea: Tipo I (horizontal), Tipo II (vertical) y Tipo III (combinado) [24]. Posteriormente, Allen (1985) introdujo una clasificación basada en la severidad de la pérdida tisular, particularmente útil para la planificación de procedimientos mucogingivales [25].

Más adelante, Salama et al. (1998) incorporaron criterios tridimensionales y propusieron una clasificación estética que considera no solo el volumen del reborde, sino también la preservación o pérdida de la papila interdental [26]. Finalmente, Elian et al. (2007) desarrollaron un sistema práctico que clasifica los sitios postextracción según la presencia o ausencia de las tablas óseas y del tejido blando, con el fin de orientar la toma de decisiones clínicas respecto a la preservación o reconstrucción alveolar [27].

La correcta identificación del tipo y magnitud del defecto es fundamental para seleccionar la estrategia terapéutica más adecuada, ya sea mediante técnicas de preservación alveolar, regeneración ósea guiada, injertos autógenos o el uso de biomateriales específicos.

Autor	Tipo de Clasificación	Descripción
Seibert (1983)	Según pérdida de tejido duro/blando	<ul style="list-style-type: none"> • Clase I: Pérdida horizontal • Clase II: Pérdida vertical • Clase III: Pérdida combinada (horizontal y vertical)
Allen (1985)	Según severidad del defecto	<ul style="list-style-type: none"> • Leve: <3 mm • Moderado: 3–6 mm • Severo: >6 mm
Salama et al. (1998)	Según integridad de las paredes alveolares	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo I: Todas las paredes óseas intactas • Tipo II: Defecto labial (dehiscencia o fenestración) • Tipo III: Defecto vertical labial e interproximal
Elian et al. (2007)	Según conservación del tabique interproximal y tabla vestibular	<ul style="list-style-type: none"> • Clase I: Tabla vestibular y papila presentes • Clase II: Pérdida parcial de la tabla vestibular • Clase III: Pérdida completa de la tabla y papila
Juodzbaly & Wang (2011)	Clasificación tridimensional	Evalúa ancho, altura y grosor del hueso vestibular (diseñado para planificación implantológica)

Tabla 4. Clasificación de los defectos del proceso alveolar

1.1.3.1 Importancia de mantener el volumen óseo e implicaciones de un proceso alveolar deficiente

La pérdida de volumen óseo tras la exodoncia representa una de las principales complicaciones en odontología restauradora e implantológica. Una cresta alveolar reabsorbida o con deficiencia estructural no solo limita la posibilidad de rehabilitación funcional, sino que también afecta la estética y compromete la longevidad de los tratamientos. A continuación, se detallan las principales implicaciones clínicas de una cresta ósea deficiente, sustentadas en la literatura científica:

- **Dificultad en la colocación de implantes dentales:** Un volumen óseo inadecuado, tanto en altura como en espesor, impide alcanzar una estabilidad primaria óptima del implante, elemento esencial para lograr una correcta oseointegración. Un estudio clínico señaló que un grosor óseo vestibular inferior a 2 mm se asocia a una mayor reabsorción ósea marginal, lo cual frecuentemente obliga a realizar procedimientos de aumento óseo o regeneración guiada [28].
- **Impacto estético, especialmente en el sector anterior:** La pérdida de volumen afecta el soporte de los tejidos blandos, resultando en colapso del

reborde y alteración de la arquitectura gingival. Esto compromete seriamente los resultados estéticos, particularmente en zonas de alta visibilidad como el maxilar anterior. Se ha demostrado que la pérdida del contorno alveolar limita la posibilidad de generar perfiles de emergencia naturales, afectando la armonía de la restauración con los tejidos adyacentes [23].

- **Disminución funcional en prótesis removibles:** En pacientes edéntulos, una cresta reabsorbida reduce significativamente la estabilidad, soporte y retención de las prótesis completas, afectando negativamente funciones esenciales como la masticación, fonación y la comodidad general del paciente. Estas limitaciones disminuyen sustancialmente la calidad de vida oral [29].
- **Reabsorción ósea progresiva:** En ausencia de estímulo funcional, como el que proporcionan los dientes o implantes, se intensifica la reabsorción del hueso alveolar. Este proceso, explicado desde la teoría de Wolff, puede llegar a comprometer estructuras críticas como el nervio dentario inferior o predisponer a fracturas mandibulares en casos extremos [30].
- **Restricciones quirúrgicas y protésicas:** La reducción del volumen alveolar condiciona el tamaño, posición y angulación del implante, generando limitaciones biomecánicas o estéticas. Estas restricciones afectan directamente el diseño y funcionalidad de la restauración, disminuyendo la predictibilidad del tratamiento final [31].

Dado este contexto, preservar el volumen óseo tras una extracción se convierte en una prioridad clínica. Las técnicas de preservación alveolar, como la colocación de injertos óseos, el uso de membranas de barrera o los procedimientos de regeneración tisular guiada, han demostrado eficacia en mitigar la pérdida ósea, favoreciendo una rehabilitación implantosoportada más segura y menos invasiva [1,32].

1.1.4 Técnica de preservación alveolar

La preservación del reborde alveolar (ARP, por sus siglas en inglés: Alveolar Ridge Preservation) constituye una intervención terapéutica orientada a mitigar la reabsorción ósea que ocurre fisiológicamente tras la exodoncia. Su finalidad es mantener la arquitectura tridimensional del reborde, conservando tanto la altura

como el ancho de la cresta ósea residual para facilitar una futura rehabilitación implantológica en condiciones más favorables [33,34].

Este procedimiento, también conocido en sus inicios como “mantenimiento óseo”, surgió como una estrategia para posponer temporalmente la colocación de implantes (generalmente entre tres y seis meses), permitiendo la cicatrización adecuada del alveolo y el acondicionamiento del sitio receptor. A diferencia de las técnicas de aumento óseo, la ARP no busca generar volumen adicional, sino conservar las dimensiones existentes del reborde alveolar dentro de parámetros funcionales y estéticos aceptables [35].

El protocolo clínico habitual de la ARP consiste en el llenado del alveolo postextracción con materiales de injerto óseo —autógenos, alógenos, xenógenos o aloplásticos— seguidos, en muchos casos, por la colocación de una membrana de barrera y/o el cierre primario del sitio quirúrgico. El objetivo es promover una cicatrización controlada que limite la reabsorción ósea y preserve el contorno gingival, simplificando las etapas quirúrgicas posteriores y reduciendo la necesidad de intervenciones regenerativas más invasivas [5].

En este contexto, es importante señalar que la preservación alveolar no impide por completo la pérdida ósea, pero sí ha demostrado reducir significativamente los cambios dimensionales típicos tras la exodoncia, especialmente en el sector estético [3]. Además, puede favorecer una mejor estabilidad primaria del implante y minimizar la necesidad de injertos secundarios.

A pesar del avance en la literatura, todavía no existe un consenso universal respecto al protocolo clínico ideal ni sobre el biomaterial más eficaz. Esta variabilidad se debe, en gran medida, a factores individuales como el biotipo gingival, la morfología del defecto óseo, la presencia o ausencia de paredes alveolares, y la integridad de los tejidos blandos [34].

En un intento por guiar la toma de decisiones clínicas, Salama et al. propusieron una serie de recomendaciones terapéuticas que consideran la anatomía del alveolo residual como criterio clave para definir el tipo de biomaterial y la técnica de cierre

más adecuada (**Tabla 5**). Su enfoque multidimensional incluye la evaluación del número de paredes remanentes, la posición del diente extraído y el nivel de exposición ósea, aspectos que inciden directamente en la predictibilidad de los resultados [26].

Tipo de Alveolo	Características Clínicas	Recomendaciones Terapéuticas
Alvéolo contenido	Todas las paredes óseas están intactas.	Uso de biomaterial particulado o colagenado; membrana no indispensable; cierre por segunda intención posible.
Alvéolo parcialmente contenido	Falta una pared ósea (generalmente la bucal).	Uso de biomaterial particulado más membrana reabsorbible; cierre preferiblemente con colgajo.
Alvéolo no contenido	Falta más de una pared ósea.	Uso de biomaterial particulado denso + membrana + posible injerto de tejido blando; cierre por primera intención necesario.
Zona estética	Alvéolos anteriores con demanda estética alta.	Elección cuidadosa del biomaterial; cierre cuidadoso; posible uso de provisionalización inmediata.
Zona posterior	Alvéolos molares o premolares.	Biomaterial volumétrico denso o colagenado; importancia del sellado del alveolo; menor demanda estética.

Tabla 5. Clasificación clínica de los tipos de alveolo postextracción y recomendaciones terapéuticas asociadas

1.1.4.1 Bio-Oss® Particulado vs. Bio-Oss® Collagen en preservación alveolar: selección basada en tipo de defecto y resultados clínicos

Los xenoinjertos representan una de las alternativas más utilizadas en procedimientos de preservación alveolar, destacando el uso de Bio-Oss® (Geistlich), un sustituto óseo de origen bovino compuesto por matriz mineral ósea desproteinada. Este biomaterial, ampliamente documentado en la literatura, posee propiedades osteoconductoras, actuando como un

andamiaje tridimensional que permite la colonización celular y una integración progresiva con el hueso huésped [37,4].

Bio-Oss® se presenta en dos formulaciones principales: particulado y colagenado. La elección entre ambas variantes debe estar guiada por las condiciones anatómicas del alveolo y por los objetivos quirúrgicos específicos del tratamiento (**Tabla 6**).

Bio-Oss® Particulado ha sido tradicionalmente el biomaterial de elección en procedimientos de regeneración ósea guiada (GBR) y en preservación alveolar. Su composición exclusivamente mineral le confiere una baja tasa de reabsorción, lo que garantiza una mayor estabilidad volumétrica a largo plazo. Este material resulta especialmente útil en defectos complejos, como aquellos con pérdida de una o más paredes alveolares, donde se requiere un mayor control tridimensional del volumen [1,38]. Sin embargo, su consistencia suelta puede dificultar su manipulación en defectos no contenidos, por lo que suele requerir el uso de membranas reabsorbibles para evitar la dispersión del injerto y favorecer su estabilización [35,36].

Por otro lado, Bio-Oss® Collagen es una variante que incorpora un 10% de colágeno porcino tipo I, lo que le otorga una estructura cohesiva que facilita su manipulación y adaptación al lecho quirúrgico. Esta formulación ha mostrado ser especialmente eficaz en defectos contenidos, donde las paredes óseas íntegras permiten la estabilidad del injerto sin necesidad de membrana [41]. Además, simplifica el procedimiento quirúrgico, reduce el tiempo operatorio y puede favorecer una integración más eficiente del injerto [3,37].

Desde un enfoque clínico, Bio-Oss® Collagen representa una solución eficiente en situaciones menos complejas, donde la morfología del defecto favorece naturalmente la estabilidad del biomaterial. En cambio, Bio-Oss® Particulado ofrece un mayor control volumétrico en defectos

comprometidos, aunque requiere mayor manejo técnico y barreras físicas adicionales [6,38].

Ambos biomateriales han demostrado resultados satisfactorios en términos de preservación alveolar, y su eficacia ha sido comprobada mediante estudios clínicos y evaluaciones volumétricas con CBCT. Sin embargo, la selección entre ellos debe individualizarse, considerando factores como el tipo de defecto, la necesidad o no de membrana, el plan de tratamiento implantológico posterior y las expectativas estéticas del paciente.

Criterio	Bio-Oss® Particulado	Bio-Oss® Collagen
Composición	Matriz mineral ósea bovina desproteinada	90% Bio-Oss® particulado + 10% colágeno porcino tipo I
Presentación	Gránulos sueltos	Bloques cohesivos moldeables
Manejabilidad	Más difícil de manipular; requiere contención	Alta cohesividad; fácil colocación en defectos contenidos
Estabilidad volumétrica	Mayor a largo plazo	Menor estabilidad en defectos no contenidos
Indicaciones	Defectos óseos complejos, no contenidos o con pérdida de paredes	Defectos simples, contenidos, con paredes óseas conservadas
Necesidad de membrana	Frecuente, especialmente en defectos no contenidos	A veces prescindible en alvéolos contenidos
Integración tisular	Lenta, pero con buena conservación dimensional	Más rápida, favorece la cicatrización inicial
Aplicación clínica destacada	Preservación alveolar + GBR + sitios con riesgo estético	Preservación alveolar simplificada, especialmente en zonas posteriores o contenidas
Evidencia clínica	Barone et al. (2008), Araujo & Lindhe (2009), Cammarota et al. (2014)	Ten Heggeler et al. (2011), Avila-Ortiz et al. (2014), Cardaropoli et al. (2018)

Tabla 6. Comparación entre Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen

1.1.4.2 Indicaciones para el uso de membranas en la preservación alveolar: cuándo son necesarias y cuándo se pueden omitir

El uso de membranas en la preservación alveolar ha sido extensamente debatido en la literatura científica. Estas barreras reabsorbibles se emplean con el fin de estabilizar el injerto y prevenir la invasión del tejido blando, facilitando así una regeneración ósea más organizada. Su indicación principal se encuentra en los

defectos con pérdida de una o más paredes alveolares, donde se requiere un mayor control del espacio y una protección física del injerto durante las fases iniciales de cicatrización. Estudios como los de Jung et al. y Buser et al. han demostrado que el uso de membranas mejora significativamente la conservación del volumen alveolar en estos contextos, promoviendo una integración ósea más predecible [35,39].

Sin embargo, cuando el alveolo presenta sus paredes óseas intactas y existe una buena capacidad de contención, algunas investigaciones sugieren que las membranas pueden no ser imprescindibles. Trabajos como los de Avila-Ortiz et al. y Ten Heggeler et al. respaldan que en estos casos, biomateriales cohesivos como Bio-Oss® Collagen pueden ser suficientes para lograr una regeneración adecuada, siempre que se consiga un cierre primario sin tensión quirúrgica [3,41].

El colágeno presente en estos injertos actúa como estabilizador del coágulo y como barrera biológica parcial, lo que puede reducir la necesidad de utilizar membranas adicionales [23].

Es importante también diferenciar el uso de membranas en la preservación alveolar respecto a la regeneración ósea guiada (GBR). Mientras que la preservación tiene un enfoque preventivo y busca mantener el volumen óseo existente tras la extracción dentaria, la GBR es una técnica reconstructiva que pretende recuperar volumen óseo ya perdido. A diferencia de la preservación, la GBR requiere obligatoriamente el uso de membranas para aislar el injerto del tejido blando y favorecer su integración estructural [23].

En síntesis, la decisión clínica de utilizar o no una membrana debe basarse en el tipo de defecto, el biomaterial empleado y las condiciones anatómicas específicas del paciente. En defectos contenidos y simples, el uso de biomateriales cohesivos puede ser suficiente. En cambio, en defectos no contenidos o con pérdida de tablas óseas, el uso de una membrana sigue siendo altamente recomendable [1,38].

1.1.4.3 Técnicas de cierre de alveólos postextracción

El cierre del alvéolo tras la exodoncia representa una etapa clave en la preservación del volumen óseo y en la promoción de una cicatrización óptima. La técnica empleada influye directamente en la protección del injerto, en la estabilidad del coágulo y en la integración de los biomateriales utilizados. Su elección debe basarse en factores como la morfología del defecto, la integridad de las paredes óseas y el abordaje quirúrgico planificado.

- **Cierre secundario:** Esta técnica permite que el sitio quirúrgico cicatrice por segunda intención, sin reposicionamiento completo de los tejidos blandos. Aunque es menos invasiva, conlleva una mayor exposición del biomaterial y, por tanto, un riesgo incrementado de contaminación bacteriana, reabsorción ósea y desplazamiento del injerto [35]. Es aplicable en defectos profundos donde no es posible lograr un cierre sin tensión, pero requiere un seguimiento clínico riguroso para evitar complicaciones.
- **Cierre por colgajo (flap):** Consiste en movilizar los tejidos blandos mediante incisiones de descarga, permitiendo una cobertura total del injerto y/o membrana. Esta técnica favorece la cicatrización por primera intención, mejora la protección del biomaterial y potencia el éxito del tratamiento regenerativo [41]. Es especialmente indicada en defectos no contenidos, pero debe realizarse con precaución para preservar la irrigación del colgajo, evitando isquemia y retraso en la reparación tisular.
- **Cierre mediante matrices de colágeno (esponjas):** Las esponjas de colágeno reabsorbibles han sido utilizadas como una alternativa eficaz para estabilizar el coágulo en alvéolos contenidos sin pérdida significativa de tejido óseo. Estas estructuras tridimensionales derivadas de colágeno porcino o bovino favorecen la hemostasia, funcionan como andamiaje celular y minimizan la invasión epitelial temprana [35,3]. Sin embargo, su uso está limitado a defectos simples, ya que no ofrecen una barrera eficaz en casos de pérdida ósea extensa.

En resumen, la elección de la técnica de cierre postextracción debe individualizarse de acuerdo con las condiciones anatómicas del sitio y los objetivos terapéuticos. Mientras que el cierre secundario puede ser útil en situaciones específicas, el cierre por colgajo ofrece mayor predictibilidad cuando se emplean biomateriales particulados o membranas. Por su parte, las esponjas de colágeno representan una alternativa viable en defectos menores donde se requiere una solución menos invasiva [4,3,35].

1.1.4.4 Provisionalización en zonas de preservación

La preservación alveolar tiene como objetivo principal minimizar la reabsorción ósea que ocurre tras una exodoncia. Si bien el uso de injertos óseos y membranas ha demostrado ser eficaz para mantener el volumen del reborde [1,32], la incorporación de restauraciones temporales, como los pónicos ovoideos, se ha consolidado como una herramienta clave para estabilizar los tejidos blandos y preservar la arquitectura gingival, especialmente en zonas estéticas [39,40].

1.1.4.4.1 Mecanismo de acción de los pónicos ovoideos en la preservación alveolar

Los pónicos ovoideos son elementos protésicos temporales diseñados con una forma convexa que se adapta a la anatomía gingival del alveolo postextracción. Su colocación inmediata permite rellenar parcialmente el espacio dejado por el diente extraído, generando una presión controlada sobre la mucosa, lo cual estimula la cicatrización y estabiliza los márgenes gingivales [41].

Esta forma ovoidea funciona como una matriz física que protege el coágulo sanguíneo, guía el crecimiento del tejido blando y previene su colapso hacia el interior del alveolo. Este mecanismo resulta fundamental para mantener el perfil de emergencia y conservar la papila interdental [47]. Su acción es especialmente relevante durante las primeras semanas postextracción, periodo en el que se concentra la mayor parte de la reabsorción ósea y de tejidos blandos [1].

1.1.4.5 Beneficios clínicos de la provisionalización con pónicos ovoideos

Diversos estudios han documentado los beneficios clínicos del uso de pónicos ovoideos como parte de la estrategia de preservación alveolar. Entre los más relevantes destacan:

- **Preservación de los tejidos blandos:** La presencia del pónico ayuda a mantener la altura y el contorno de la encía, evitando el colapso de los tejidos. Según Lee et al., la provisionalización inmediata reduce significativamente la reabsorción gingival, favoreciendo mejores resultados estéticos [39].
- **Reducción de la pérdida ósea:** Al estabilizar el coágulo y prevenir la invasión epitelial temprana, el pónico contribuye a proteger el volumen óseo durante la cicatrización. Zhao et al. demostraron que los sitios tratados con pónicos ovoideos presentaron una menor pérdida de hueso en comparación con aquellos sin provisionalización [40].
- **Soporte estético y funcional inmediato:** Estos pónicos permiten mantener la armonía del contorno facial y una función masticatoria parcial durante la cicatrización, lo cual mejora la calidad de vida del paciente y facilita la aceptación del tratamiento implantológico posterior [23,2].

1.1.4.6 Consideraciones y limitaciones de la provisionalización

CONSIDERACIONES CLÍNICAS	- Son útiles en casos con integridad de las paredes óseas, especialmente en defectos contenidos.
	- Están indicados para preservar el perfil gingival y prevenir la retracción de tejidos blandos.
	- Su diseño ovoideo permite una mejor adaptación al contorno del alveolo, favoreciendo la cicatrización estética.
	- Funcionan como una barrera física que estabiliza el coágulo y limita la invasión de tejido blando.
	- Pueden ser especialmente efectivos cuando se busca una provisionalización estética inmediata en zonas anteriores.
	- Requieren una colocación precisa y sin presión excesiva para evitar alteraciones en la cicatrización [39,40,41,47].
LIMITACIONES	- No están indicados en defectos alveolares severos o con pérdida significativa de volumen óseo.
	- No sustituyen la necesidad de regeneración ósea guiada (GBR) en casos con compromiso estructural importante.
	- En situaciones de colapso crestal o paredes óseas ausentes, su eficacia es limitada.
	- Pueden ser insuficientes para mantener la estabilidad del volumen si no se combinan con injertos o membranas.
	- Su efecto positivo depende del cierre adecuado de los tejidos y de la ausencia de fuerzas funcionales excesivas durante la cicatrización.
	- Su indicación debe individualizarse en función del diagnóstico clínico y de las expectativas restauradoras [39,40,41,47].

1.1.4.7 Indicaciones para el uso de p \acute{o} nticos ovoideos en preservaci \acute{o} n alveolar

El uso de p \acute{o} nticos ovoideos est \acute{a} especialmente indicado en determinados escenarios cl $\acute{i$ nicos donde se busca preservar los tejidos blandos y mantener el perfil gingival tras la exodoncia. Las principales indicaciones respaldadas por la literatura incluyen:

- **Extracciones en zonas est \acute{e} ticas:** Son altamente recomendados en el sector anterior (incisivos y caninos), donde la conservaci \acute{o} n del contorno gingival es esencial para lograr un resultado est \acute{e} tico armonioso. Estudios como los de Lee et al. y Avila-Ortiz et al. respaldan su eficacia para prevenir la retracci \acute{o} n de los tejidos blandos y mantener la arquitectura gingival, incluyendo la papila interdental [39,3].
- **Alv \acute{o} los con paredes \acute{o} seas intactas:** En casos donde las paredes \acute{o} seas permanecen estables tras la extracci \acute{o} n, los p \acute{o} nticos ovoideos pueden ayudar a preservar la forma del reborde sin necesidad de intervenciones quir \acute{u} rgicas adicionales [40].
- **Casos con m $\acute{i$ nima p \acute{e} rdua \acute{o} sea:** Cuando no existe un colapso significativo del proceso alveolar, el uso de p \acute{o} nticos permite mantener la morfolog \acute{i} a de los tejidos durante la cicatrizaci \acute{o} n, evitando as \acute{i} procedimientos m \acute{a} s invasivos [34].
- **Necesidad de provisionalizaci \acute{o} n inmediata:** En tratamientos donde se requiere preservar el espacio prot \acute{e} sico o preparar el lecho para implantes diferidos, los p \acute{o} nticos act \acute{u} an como gu \acute{i} as para la maduraci \acute{o} n tisular, facilitando un entorno adecuado para la rehabilitaci \acute{o} n posterior [23].
- **Rehabilitaciones diferidas con implantes:** Representan una estrategia eficaz para mantener la arquitectura de los tejidos blandos durante el per \acute{i} odo de cicatrizaci \acute{o} n, especialmente en protocolos donde la colocaci \acute{o} n del implante est \acute{a} planificada para una fase posterior [41].

1.1.5 Fundamento del análisis volumétrico mediante CBCT

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se ha consolidado como la herramienta diagnóstica de elección para la evaluación tridimensional del reborde alveolar en procedimientos de preservación postextracción. A diferencia de las radiografías bidimensionales convencionales, la CBCT permite obtener reconstrucciones volumétricas del maxilar y la mandíbula con alta precisión y mínima distorsión, lo que facilita la medición objetiva del volumen óseo antes y después de la intervención quirúrgica [48].

Esta técnica proporciona imágenes en los tres planos del espacio (axial, coronal y sagital), lo que permite identificar con exactitud alteraciones en la altura, el ancho y el contorno del reborde óseo residual. Para el análisis volumétrico, los escaneos se realizan en dos momentos clave: T0, inmediatamente después de la extracción (con o sin intervención quirúrgica), y T1, al cabo de un periodo de cicatrización que oscila habitualmente entre 3 y 6 meses. La comparación entre estos dos tiempos se realiza mediante software especializado, que permite superponer las imágenes y cuantificar la pérdida de tejido óseo en milímetros cúbicos o en porcentajes relativos [42].

En los estudios incluidos en esta revisión, los autores emplearon puntos de referencia estandarizados para evaluar los cambios dimensionales a distintas profundidades del reborde alveolar (**Tabla 7**). Estos puntos fueron definidos como nivel A (1 mm apical a la cresta alveolar), nivel B (3 mm) y nivel C (5 mm), lo que permitió realizar un análisis horizontal comparativo a lo largo del eje vertical del alveolo. Esta metodología fue utilizada de manera consistente en estudios preclínicos y clínicos relevantes [1,4–6,38].

Estudio	Puntos de Referencia	Método de Medición
Jung et al. (2018)	Nivel A (1 mm) Nivel B (3 mm) Nivel C (5 mm)	CBCT con software de superposición 3D
Chisci et al. (2023)	Nivel A (1 mm) Nivel B (3 mm) Nivel C (5 mm)	CBCT con mediciones lineales en cortes estandarizados
Wróbel et al. (2025)	Nivel A (1 mm) Nivel B (3 mm) Nivel C (5 mm)	CBCT con software para modelado tridimensional
Araújo & Lindhe (2005)	Nivel A (1 mm) Nivel B (3 mm) Nivel C (5 mm)	Medición directa en cortes histológicos seriados

Tabla 7. Métodos de medición y parámetros de los estudios mediante CBCT

El uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) no solo ha permitido una mejor comprensión de los patrones de reabsorción postextracción, sino también ha facilitado la evaluación comparativa de diferentes biomateriales utilizados en la preservación alveolar. Gracias a esta tecnología, se ha demostrado que biomateriales como Bio-Oss® Particulado presentan una menor pérdida de volumen óseo en comparación con los sitios sin intervención quirúrgica [3], mientras que Bio-Oss® Collagen ofrece ventajas en términos de manejabilidad, con resultados volumétricos clínicamente aceptables en defectos contenidos [38].

En definitiva, la CBCT permite un análisis tridimensional cuantitativo, fiable y reproducible, constituyéndose actualmente en el estándar de referencia para la evaluación de técnicas de preservación alveolar y procedimientos de regeneración ósea guiada.

1.2 Justificación clínica de la preservación alveolar

La preservación del volumen óseo tras una extracción dental constituye un aspecto crítico en la planificación de tratamientos implantológicos, especialmente en zonas de alta demanda estética. La reabsorción fisiológica del proceso alveolar posterior a la exodoncia puede comprometer tanto la viabilidad quirúrgica como el resultado funcional y estético del tratamiento. Se ha reportado que hasta un 50 % del ancho del reborde alveolar puede perderse durante los primeros seis meses tras la extracción, siendo esta pérdida más acentuada en la tabla vestibular [1,2].

Ante esta realidad, la utilización de biomateriales como Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen ha ganado popularidad en procedimientos de preservación alveolar. El primero, compuesto exclusivamente por matriz ósea desproteinada de origen bovino, ha demostrado una alta capacidad osteoconductiva y estabilidad volumétrica a largo plazo [4,38]. El segundo, una formulación que incorpora colágeno porcino tipo I, ofrece ventajas en cuanto a cohesividad y facilidad de manipulación, siendo especialmente útil en alvéolos contenidos donde no se requiere el uso de membranas complementarias [41,50].

Sin embargo, la literatura aún presenta controversias respecto a las indicaciones clínicas específicas de cada biomaterial y su eficacia comparativa en términos de

conservación volumétrica. A pesar de la evidencia que respalda el uso de técnicas de preservación, sigue siendo común que muchas extracciones se realicen sin intervención alguna, lo cual conduce a una reabsorción significativa del proceso alveolar y compromete las futuras rehabilitaciones implantosoportadas [3,38].

Frente a este contexto, se vuelve imprescindible contar con estudios clínicos objetivos que evalúen de forma cuantificable el comportamiento volumétrico de Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen, mediante herramientas de diagnóstico como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Este tipo de análisis tridimensional permite establecer parámetros clínicos fiables para la selección del biomaterial más adecuado según la morfología del defecto y el plan de tratamiento [48,3].

Por ello, esta investigación se propone aportar evidencia clínica útil para orientar decisiones terapéuticas basadas en resultados volumétricos medibles, lo cual reviste especial importancia en situaciones de compromiso anatómico o estético, donde la conservación del contorno alveolar es clave para el éxito de la rehabilitación implantosoportada [38,43]

1.3 Objetivo General

Describir y analizar los cambios volumétricos en el reborde alveolar reportados en estudios clínicos que evaluaron la preservación postextracción con Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

1.4 Objetivos Específicos

- Identificar estudios clínicos publicados entre 2014 y 2025 que evalúen la preservación alveolar postextracción utilizando Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, con análisis volumétrico mediante CBCT.
- Caracterizar las variables clínicas y metodológicas de los estudios seleccionados, incluyendo tipo de biomaterial, diseño del estudio, métodos de medición y tiempo de seguimiento.
- Analizar los resultados volumétricos reportados para cada biomaterial, en términos de pérdida del volumen óseo.

- Comparar los hallazgos obtenidos con Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen, considerando las diferencias metodológicas entre estudios.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Diseño del estudio

Esta revisión fue elaborada conforme a los lineamientos metodológicos de la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), los cuales promueven la transparencia, rigurosidad y reproducibilidad en la elaboración de revisiones sistemáticas.

El presente estudio abordó de forma estructurada la evidencia clínica disponible sobre los cambios volumétricos en el reborde alveolar tras procedimientos de preservación postextracción con Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, centrándose exclusivamente en estudios clínicos que aplicaron análisis tridimensional mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

Se seleccionaron tres estudios clínicos que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos, lo que permitió realizar una síntesis narrativa comparativa basada en resultados volumétricos cuantificables, con el fin de evaluar la eficacia relativa de ambos biomateriales en contextos clínicos controlados.

2.2 Formulación de la pregunta clínica

La pregunta de investigación fue estructurada conforme al modelo PICO, ampliamente utilizado en revisiones sistemáticas para delimitar de forma precisa los elementos clave del estudio:

- **P (Población):** Pacientes adultos sometidos a exodoncia dental.
- **I (Intervención):** Preservación alveolar con Bio-Oss® Particulado.
- **C (Comparador):** Preservación alveolar con Bio-Oss® Collagen.
- **(Resultado):** Cambios en el volumen óseo postextracción medido tridimensionalmente mediante CBCT.

Dado que no se identificaron estudios clínicos que compararan directamente ambos biomateriales dentro de un mismo diseño experimental, la pregunta fue reformulada para guiar un análisis comparativo indirecto basado en la síntesis narrativa de los hallazgos clínicos individuales.

Pregunta reformulada:

¿Qué reporta la literatura clínica sobre los cambios volumétricos del reborde alveolar tras la preservación postextracción con Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, evaluados mediante CBCT?

2.3 Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que cumplieran con los siguientes criterios:

- Estudios clínicos en humanos (ensayos clínicos aleatorizados, estudios prospectivos, retrospectivos o de cohortes).
- Pacientes adultos (≥ 18 años) sometidos a extracción dental seguida de preservación alveolar.
- Estudios que evalúen el uso de Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen como único biomaterial principal.
- Evaluación de cambios volumétricos del reborde alveolar mediante CBCT (tomografía computarizada de haz cónico).
- Seguimiento clínico postoperatorio de al menos 8 semanas.
- Estudios publicados entre enero de 2014 y mayo de 2025.
- Publicaciones en inglés o español.
- Disponibilidad de texto completo para revisión y análisis.

2.4 Criterios de exclusión

Fueron excluidos los estudios que presentaran una o más de las siguientes características:

- Estudios preclínicos (modelos animales o in vitro).
- Revisiones sistemáticas, metaanálisis, editoriales, cartas al editor u opiniones clínicas.
- Estudios que no utilicen CBCT como herramienta principal para el análisis tridimensional.
- Artículos que empleen combinaciones de biomateriales (p. ej., Bio-Oss® con PRF, CGF, factores de crecimiento o membranas bioactivas), si no es posible aislar el efecto específico del biomaterial evaluado.

- Estudios que solo evalúan uno de los biomateriales sin datos volumétricos cuantificables y comparables obtenidos por CBCT.
- Investigaciones que no reporten resultados medibles sobre volumen óseo (en mm³, mm o porcentaje).
- Estudios que no cumplan con un seguimiento clínico mínimo de 8 semanas.

2.5 Estrategia de búsqueda bibliográfica

Se realizó una búsqueda sistemática de literatura entre enero de 2014 y mayo de 2025 en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y Cochrane Library. Para ello se utilizaron combinaciones de palabras clave y términos MeSH, junto con operadores booleanos (AND/OR), formulados de la siguiente manera:

Base de Datos	Términos de Búsqueda
PubMed/MEDLINE	("Alveolar Ridge Preservation" OR "Socket Preservation") AND ("Bio-Oss Collagen" OR collagenated xenograft OR Bio-Oss) AND (CBCT OR cone beam computed tomography OR volumetric analysis)
Scopus	TITLE-ABS-KEY("alveolar ridge preservation" OR "socket preservation") AND TITLE-ABS-KEY("Bio-Oss Collagen" OR "collagenated xenograft") AND TITLE-ABS-KEY("Bio-Oss" OR "bovine bone graft") AND TITLE-ABS-KEY("CBCT" OR "cone beam computed tomography" OR "volumetric analysis")
Web of Science	TS = Alveolar Ridge Preservation OR Socket Preservation AND TS Bio-Oss Collagen OR collagenated xenograft AND TS= Bio-Oss Particulate OR bovine bone graft AND TS= CBCT OR cone beam computed tomography
Cochrane Library	("Alveolar Ridge Preservation" OR "Socket Preservation") AND ("Bio-Oss" OR "Collagenated Xenograft" OR "Bone Substitute") AND ("CBCT" OR "Cone Beam Computed Tomography")

Tabla 8. Estrategia de Búsqueda y términos utilizados en cada base de datos científica

Adicionalmente, se realizó una búsqueda manual en las listas de referencias de los artículos seleccionados para identificar estudios potencialmente relevantes no recuperados en la búsqueda electrónica inicial.

2.6 Selección de los estudios

La selección de los estudios incluidos se llevó a cabo en tres fases secuenciales, siguiendo un protocolo sistemático para garantizar la validez y reproducibilidad del proceso (Tabla 9):

- 1. Cribado por título y resumen:** Dos revisores independientes evaluaron los títulos y resúmenes de los estudios identificados durante la búsqueda bibliográfica. Se excluyeron aquellos que claramente no cumplían con los criterios de inclusión previamente establecidos. El nivel de concordancia entre los revisores fue evaluado mediante el coeficiente kappa, garantizando la confiabilidad del proceso de selección inicial.
- 2. Evaluación a texto completo:** Los artículos preseleccionados fueron analizados en su totalidad, con el fin de confirmar su elegibilidad metodológica y temática, conforme a los criterios definidos en los apartados 3.3 y 3.4.
- 3. Resolución de discrepancias:** Cualquier desacuerdo entre los revisores fue resuelto mediante discusión consensuada. En caso de discrepancia persistente, se recurrió a la intervención de un tercer evaluador para tomar la decisión final.

Como resultado de este proceso, se seleccionaron finalmente tres estudios clínicos que cumplieron con todos los criterios de inclusión y aportaron evidencia relevante y cuantificable para responder a la pregunta de investigación planteada.

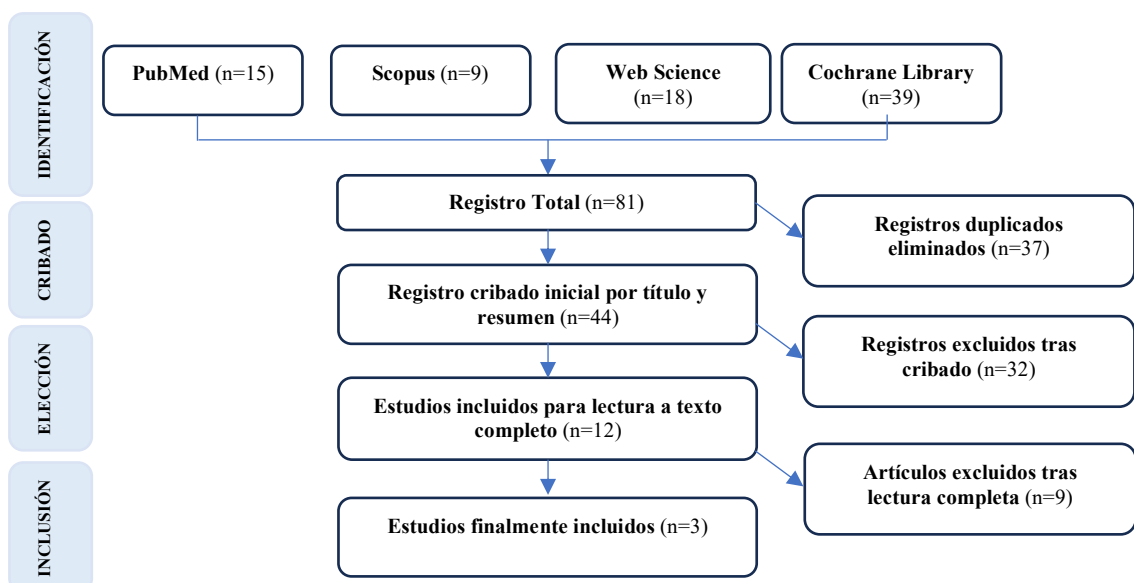


Tabla 9. Diagrama de flujo para selección de estudios

2.7 Extracción de datos

Para cada uno de los estudios clínicos incluidos en esta revisión, se realizó una extracción sistemática de datos, con el objetivo de garantizar una síntesis homogénea y comparativa de los hallazgos reportados. Los parámetros extraídos fueron los siguientes:

- Autor(es) y año de publicación
- Tipo de estudio y diseño metodológico
- Número de participantes y características clínicas relevantes
- Biomaterial evaluado (Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen)
- Protocolo quirúrgico y características del defecto alveolar tratado
- Método de análisis volumétrico (software utilizado y parámetros del CBCT)
- Tiempo de seguimiento clínico
- Resultados cuantitativos de los cambios volumétricos (en mm³, milímetros o porcentaje)
- Conclusiones principales reportadas por los autores

La extracción fue realizada de forma independiente por dos revisores, con el fin de minimizar errores y sesgos de interpretación. Las discrepancias fueron resueltas mediante consenso.

2.8 Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo

La calidad metodológica de los estudios incluidos fue evaluada mediante la herramienta ROBINS-I (Risk Of Bias In Non-randomized Studies of Interventions), adecuada para estudios clínicos no aleatorizados. Esta herramienta permite clasificar el riesgo de sesgo como bajo, moderado, serio o crítico, según siete dominios establecidos: sesgo por confusión, selección de participantes, clasificación de las intervenciones, desviaciones de las intervenciones, datos faltantes, medición del resultado y selección del resultado informado (**Tabla 10**).

La evaluación fue realizada de forma independiente por dos revisores. En caso de discrepancias, se resolvieron mediante discusión consensuada.

En términos generales, uno de los estudios fue clasificado con riesgo bajo de sesgo, mientras que los otros dos presentaron riesgo moderado, principalmente debido a limitaciones en el control de confusores y la falta de detalle en los datos de seguimiento clínico. Ninguno de los estudios fue clasificado con riesgo de sesgo crítico, y todos mostraron un uso adecuado de CBCT como método sistemático de análisis volumétrico.

Criterio / Estudio	Herramienta usada	Selección de participantes	Desviación de la intervención	Datos incompletos	Medición del resultado	Reporte selectivo	Riesgo global de sesgo
Jung et al., 2018	ROBINS-I	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Chisci et al., 2023	ROBINS-I	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado
Wróbel et al., 2025	ROBINS-I	Moderado	Moderado	Moderado	Bajo	Moderado	Moderado

Tabla 10. Evaluación del riesgo de sesgo según la herramienta ROBINS-I en los estudios incluidos

3. RESULTADOS

3.1 Selección de estudios

La búsqueda electrónica inicial identificó un total de 81 artículos potencialmente relevantes. Tras la eliminación de 37 duplicados, se evaluaron 44 títulos y resúmenes conforme a los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. De estos, 12 artículos pasaron a la fase de evaluación a texto completo (**Tabla 9**).

Finalmente, se seleccionaron 3 estudios clínicos que cumplieron con todos los criterios metodológicos y temáticos establecidos para esta revisión sistemática.

3.2 Características de los estudios incluidos

Se incluyeron un total de tres estudios clínicos que cumplieron con los criterios de inclusión previamente establecidos (**Tabla 11**). Todos los estudios evaluaron los cambios volumétricos del reborde alveolar posterior a la exodoncia, tras la realización de procedimientos de preservación alveolar empleando Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen como biomaterial principal. Para la cuantificación tridimensional de los cambios óseos se utilizó tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), siguiendo protocolos de escaneo estandarizados.

En cuanto al diseño metodológico, los tres estudios fueron no aleatorizados, incluyendo diseños prospectivos y retrospectivos. El seguimiento postoperatorio osciló entre 8 y 24 semanas, y las mediciones volumétricas fueron obtenidas mediante software de reconstrucción y análisis de imagen, lo que permitió cuantificar los cambios óseos en dimensiones horizontales y verticales.

Dos estudios evaluaron el uso de Bio-Oss® Collagen en comparación con la cicatrización espontánea, mientras que el tercero analizó Bio-Oss® Particulado bajo el mismo esquema comparativo. Aunque ningún estudio realizó una comparación directa entre ambos biomateriales dentro del mismo diseño experimental, los datos individuales permiten establecer una comparación narrativa indirecta respecto a su comportamiento clínico.

Una descripción detallada de las características clínicas, metodológicas y radiográficas de cada estudio se presenta en la tabla correspondiente.

Autor y año	País	Tipo de estudio	Biomaterial evaluado	N° participantes	Seguimiento (semanas)	Método de análisis volumétrico	Maxilar o mandíbula	Zona tratada	Tipo de defecto	Usaron membrana	Fumadores
Jung et al., 2018	Suiza / China	Estudio de cohortes prospectivo	Bio-Oss® Collagen	18	24	CBCT + software ImageJ	Ambos	Premolares y molares	No contenidos	Sí (Bio-Gide®)	No (>10 cig/día excluidos)
Chisci et al., 2023	Italia	Estudio retrospectivo	Bio-Oss® vs hueso autólogo	21	16	CBCT	Maxilar superior	Premolares	No contenidos	Sí	No
Wróbel et al., 2025	Chequia / Corea del Sur	Estudio clínico prospectivo	Bio-Oss® (xenoinjerto)	10 (5 por grupo)	24	Micro-CBCT tridimensional	No especificado	No especificado	Contenidos	Sí (Bio-Gide®)	No informa

Tabla 11. Características clínicas, metodológicas y volumétricas de los estudios incluidos

3.3 Resultados volumétricos comparativos

Los tres estudios clínicos incluidos reportaron datos cuantitativos sobre los cambios volumétricos del reborde alveolar postextracción tras la aplicación de técnicas de preservación utilizando Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, mediante análisis tridimensional con tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Aunque los valores específicos variaron entre estudios debido a diferencias en los protocolos quirúrgicos, tiempos de seguimiento y características del defecto, se identificaron tendencias clínicas consistentes (**Tabla 12**).

Bio-Oss® Collagen

El estudio de Jung et al. (2018) evaluó el uso de Bio-Oss® Collagen en combinación con membrana de colágeno en sitios posteriores. A los 6 meses de seguimiento, reportaron una pérdida horizontal promedio de 17.14 % a 1 mm bajo la cresta en el grupo experimental, frente a 32.47 % en el grupo de cicatrización espontánea, con diferencias estadísticamente significativas tanto en dimensión horizontal como vertical ($p < 0.05$) [4]. Estos hallazgos respaldan la capacidad moderada del injerto colagenado para mitigar la reabsorción ósea en alvéolos contenidos.

Bio-Oss® Particulado

Los estudios de Chisci et al. (2023) y Wróbel et al. (2025) analizaron el comportamiento del Bio-Oss® Particulado. Chisci et al. reportaron una pérdida media de ancho alveolar de 2.13 ± 0.25 mm con Bio-Oss®, frente a 2.08 ± 0.27 mm con hueso autólogo, sin diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.28$) tras un seguimiento de 4 meses en premolares del maxilar superior [5].

Por su parte, Wróbel et al. (2025) observaron que el xenoinjerto particulado mostró una mayor retención de volumen óseo y densidad óptica en comparación con el aloinjerto, especialmente en el tercio vestibular del alvéolo. Estas diferencias fueron evidentes a las 24 semanas mediante análisis con micro-CBCT

tridimensional, indicando un comportamiento más estable del Bio-Oss® en la preservación alveolar [6].

En todos los estudios se reportó que la mayor parte de la reabsorción ósea ocurre durante las primeras 8 a 12 semanas posteriores a la extracción, lo que coincide con la fase más activa del proceso de remodelación fisiológica [1]. Asimismo, todos los autores destacaron el valor del CBCT como herramienta diagnóstica tridimensional, por su capacidad para cuantificar con precisión la pérdida ósea en milímetros y milímetros cúbicos (mm^3), así como para monitorear longitudinalmente la estabilidad del volumen óseo.

Estudio (año)	Biomaterial	Sentido de pérdida	Magnitud de pérdida (mm)	Desviación estándar (mm)	Porcentaje medio de pérdida ósea (%)	Observaciones detalladas
Jung et al., 2018	Bio-Oss® Collagen	Horizontal (HW-1)	1.33 mm	± 0.45 mm	17.14%	Reducción significativa vs. control (2.78 mm / 32.47%) en zona posterior; mejor conservación horizontal.
		Vertical (BH)	0.25 mm	± 0.26 mm	2.31%	Menor pérdida vertical comparado con el grupo sin preservación (1.25 mm / 13.11%).
Chisci et al., 2023	Bio-Oss® Particulado	Horizontal (ABW)	2.13 mm	± 0.25 mm	No reportado	Resultados similares a hueso autólogo; sin diferencias estadísticas.
		Vertical (ABH)	0.59 mm	± 0.22 mm	No reportado	Reabsorción leve en premolares superiores tras 16 semanas.
Wróbel et al., 2025	Bio-Oss® Particulado	Horizontal (3 mm)	Estimada <1.0 mm	No reportado	Menor que grupo control	Mejor retención de volumen y densidad ósea que aloinjerto a 24 semanas (medido por micro-CBCT).
		Vertical	No cuantificado	—	—	Tendencia a mejor conservación ósea en tercio vestibular; sin valores exactos disponibles.

Tabla 12. Cambios volumétricos óseos tras preservación alveolar según biomaterial y estudio clínico

4. DISCUSIÓN Y SÍNTESIS CUALITATIVA DE LOS RESULTADOS

La presente revisión sistemática tuvo como objetivo analizar la evidencia clínica disponible sobre los cambios volumétricos del reborde alveolar tras la preservación postextracción con Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, en estudios que aplicaron tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como herramienta de medición tridimensional.

Dado que ninguno de los estudios incluidos comparó directamente ambos biomateriales en un mismo diseño experimental, se optó por realizar una síntesis cualitativa indirecta, basada en los hallazgos individuales de cada investigación. Este enfoque permitió identificar patrones clínicos relevantes, así como analizar diferencias metodológicas y contextuales que influyen en los resultados volumétricos observados.

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos en relación con:

- Las características metodológicas de los estudios incluidos.
- El comportamiento clínico de ambos biomateriales según el tipo de defecto.
- La influencia del uso de membranas y del diseño quirúrgico.
- Las implicaciones clínicas y estéticas de la preservación alveolar.
- Las limitaciones de la evidencia disponible y propuestas para futuras investigaciones.

4.1 Características metodológicas y síntesis cualitativa de los estudios incluidos

La preservación alveolar postextracción se ha consolidado como una estrategia fundamental para mitigar la pérdida ósea fisiológica que sigue a la exodoncia, especialmente cuando se planifica una rehabilitación implantológica posterior. Diversos estudios han documentado que, en ausencia de intervención, el reborde alveolar puede reducirse hasta en un 50 % durante los primeros seis meses, comprometiendo tanto la estabilidad funcional como los resultados estéticos del tratamiento [1,2].

Ante esta problemática, se han desarrollado múltiples enfoques terapéuticos, entre los cuales destacan los injertos con biomateriales de origen bovino como Bio-Oss® Particulado y Bio-

Oss® Collagen (**Tabla 13**), ampliamente utilizados por su eficacia osteoconductiva. Bio-Oss® Particulado está constituido por matriz ósea mineral bovina desproteinada, tratada a baja temperatura para conservar su estructura trabecular, rica en hidroxapatita de baja cristalinidad. Esta configuración le otorga una porosidad interconectada superior al 70 %, favoreciendo la angiogénesis y la colonización celular durante la regeneración ósea [44]. Gracias a la ausencia de componentes orgánicos, presenta una reabsorción extremadamente lenta, lo que se traduce en alta estabilidad volumétrica a largo plazo [45].

Por otro lado, Bio-Oss® Collagen es una formulación compuesta por 90 % de partículas de Bio-Oss® y 10 % de colágeno porcino tipo I altamente purificado, lo que le otorga cohesividad y moldeabilidad, facilitando su adaptación en alvéolos contenidos con morfología ósea conservada [11,46].

Propiedad	Bio-Oss® Particulado	Bio-Oss® Collagen
Composición	100% matriz mineral bovina	90% Bio-Oss + 10% colágeno
Manejo clínico	Menor cohesividad	Alta cohesividad
Uso recomendado	Defectos amplios o sin paredes	Defectos contenibles
Necesidad de membrana	Alta	Baja (en defectos simples)

Tabla 13. Comparación de propiedades clínicas entre Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen

Las propiedades físico-clínicas de ambos materiales influyen directamente en su aplicación (**Tabla 14**). Bio-Oss® Particulado, aunque estable, requiere una manipulación más compleja y el uso de membranas reabsorbibles para evitar la dispersión del injerto en defectos no contenidos. En contraste, Bio-Oss® Collagen puede aplicarse directamente al lecho quirúrgico, sin requerir membrana en muchos casos, reduciendo así el tiempo quirúrgico y la necesidad de técnicas avanzadas de cierre [4,5].

Característica	Bio-Oss® Particulado	Bio-Oss® Collagen
Estabilidad volumétrica	Alta, debido a su lenta reabsorción	Moderada, adecuada en defectos contenidos
Facilidad de manejo	Requiere mezcla y adaptación cuidadosa	Alta, moldeable y cohesivo
Necesidad de membrana	Sí, para evitar invasión de tejidos blandos	No siempre, depende del tipo de defecto

Indicaciones principales	Defectos no contenidos, regeneración ósea compleja	Alvéolos contenidos, preservación postextracción
Tiempo quirúrgico	Mayor, por la necesidad de manipulación adicional	Menor, aplicación más rápida y sencilla

Tabla 14. Comparación clínica entre Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen en preservación alveolar

Los tres estudios clínicos incluidos en esta revisión utilizaron CBCT como herramienta de análisis tridimensional del volumen óseo, aunque con diferencias metodológicas. Jung et al. (2018) fue un estudio prospectivo con diseño split-mouth [4], Chisci et al. (2023) un estudio retrospectivo [5], y Wróbel et al. (2025) un estudio clínico prospectivo [6]. El seguimiento postoperatorio osciló entre 16 y 24 semanas, coincidiendo con la fase más activa de remodelación ósea tras la exodoncia [1,11].

En relación con el tipo de defecto tratado, Jung et al. (2018) analizó alvéolos contenidos en regiones posteriores, utilizando Bio-Oss® Collagen. Chisci et al. (2023) y Wróbel et al. (2025) evaluaron Bio-Oss® Particulado en defectos más variados, incluyendo zonas no contenidas, lo que en varios casos requirió el uso complementario de membranas reabsorbibles [47].

La metodología de análisis volumétrico también presentó heterogeneidad. Mientras que Jung et al. (2018) utilizó superposición de modelos tridimensionales y software específico, Chisci et al. (2023) se basó en mediciones lineales en cortes estandarizados. Esta variabilidad en la técnica radiológica representa una limitación al momento de establecer comparaciones directas entre estudios [13].

Finalmente, el análisis sintético de los resultados permitió cumplir con los objetivos establecidos. Se identificaron estudios clínicos relevantes, se caracterizaron sus variables metodológicas y clínicas, y se observaron diferencias en los resultados volumétricos. Bio-Oss® Particulado demostró mayor estabilidad dimensional en defectos complejos, mientras que Bio-Oss® Collagen ofreció ventajas operativas y eficacia aceptable en alvéolos contenidos. La comparación narrativa indirecta respalda una selección individualizada del biomaterial en función del tipo de defecto, la técnica quirúrgica y los objetivos funcionales y estéticos del tratamiento [5].

4.2 Influencia del tipo de defecto, localización anatómica y morfología ósea en la elección del biomaterial

La selección del biomaterial en la preservación alveolar postextracción debe fundamentarse en un análisis clínico individualizado que considere el tipo de defecto óseo, la localización anatómica y el biotipo gingival. Estos factores condicionan el comportamiento del injerto, así como la necesidad de técnicas complementarias como el uso de membranas o la provisionalización inmediata [48–50].

Desde el punto de vista morfológico, se diferencian los alvéolos contenidos, en los que las cuatro paredes óseas están intactas, y los no contenidos, con pérdida parcial o total de las paredes. En defectos contenidos, Bio-Oss® Collagen ha mostrado buenos resultados clínicos debido a su cohesividad y moldeabilidad, lo cual permite una inserción estable sin necesidad de contención adicional ni membranas, siempre que se logre un cierre primario sin tensión [23,24,6].

En cambio, los defectos no contenidos, como los que presentan pérdida de la tabla vestibular o lingual, requieren biomateriales que proporcionen mayor estabilidad tridimensional. En estos casos, Bio-Oss® Particulado ha demostrado ser más adecuado por su resistencia a la reabsorción. Sin embargo, suele ser indispensable el uso de una membrana reabsorbible, como Bio-Gide®, para evitar la invasión del tejido blando y mantener el injerto en su posición [7,9,4].

La localización anatómica del alvéolo también influye en la elección del biomaterial. En el sector anterior del maxilar, donde las exigencias estéticas son mayores, la conservación del contorno bucolingual es crítica para mantener el perfil de emergencia y la armonía gingival. En estos casos, la combinación de Bio-Oss® Particulado con membrana ha mostrado una mejor retención del volumen óseo tridimensional [50]. Sin embargo, si la morfología del defecto lo permite, Bio-Oss® Collagen puede ser eficaz, especialmente si se busca realizar una provisionalización inmediata [6,52].

El biotipo gingival también desempeña un papel determinante. En pacientes con biotipo fino, el riesgo de colapso del reborde es mayor, por lo que se recomienda Bio-Oss® Particulado en combinación con membrana para maximizar la estabilidad a largo plazo [13,52]. En cambio, en biotipos gruesos, donde los tejidos blandos son más robustos y mejor

vascularizados, el uso de Bio-Oss® Collagen en defectos contenidos puede ser suficiente, con buenos resultados estéticos y funcionales [5].

En síntesis, la elección del biomaterial debe basarse en una evaluación clínica integral que incluya:

- Análisis tomográfico del defecto mediante CBCT,
- Número e integridad de las paredes óseas,
- Localización anatómica (zona estética vs funcional),
- Tipo de biotipo gingival,
- Estrategia terapéutica (implante inmediato o diferido).
-

Este enfoque permite seleccionar el biomaterial más adecuado para cada situación clínica, optimizando tanto la estética como la funcionalidad de la rehabilitación implantológica [48,23,13].

4.3 Implicaciones estéticas y funcionales en la rehabilitación implantológica

La preservación del volumen óseo postextracción no solo garantiza una arquitectura ósea adecuada, sino que también resulta esencial para el éxito funcional y estético de las rehabilitaciones implantosoportadas. La evidencia científica indica que, en ausencia de intervención, la reabsorción ósea puede desencadenar el colapso del reborde alveolar, comprometiendo tanto la posición tridimensional del implante como el soporte de los tejidos blandos [1,2,50,53].

El volumen bucolingual del reborde, especialmente en la región anterior del maxilar, influye directamente en el contorno gingival, las papilas interdetales y el perfil de emergencia protésico [54,55]. Por ello, mantener la estabilidad tridimensional del hueso es esencial, incluso cuando se logra una correcta oseointegración del implante.

Entre los biomateriales empleados, Bio-Oss® Particulado ha mostrado mayor estabilidad volumétrica, particularmente en defectos complejos y en zonas estéticamente comprometidas. Su lenta reabsorción lo convierte en una opción eficaz para preservar el volumen durante el proceso de remodelación ósea [9,38]. No obstante, su uso requiere una técnica quirúrgica más elaborada y suele implicar el empleo de membranas de barrera, lo que

puede aumentar el riesgo de exposición o complicaciones postoperatorias si no se aplica correctamente [7,56].

Por otro lado, Bio-Oss® Collagen, gracias a su cohesividad, representa una alternativa eficiente en alvéolos contenidos. Puede colocarse sin membrana en defectos simples, reduciendo el tiempo quirúrgico y facilitando una cicatrización más predecible [34,8]. Su presentación moldeable también permite integrarlo fácilmente en protocolos de provisionalización inmediata, lo que resulta útil para preservar la morfología gingival en etapas tempranas [23,24].

En este sentido, la técnica de púnticos ovoideos ha demostrado ser una herramienta eficaz para conservar la arquitectura de los tejidos blandos, al estabilizar el coágulo y guiar la cicatrización sin interferencias mecánicas, siempre que se controle adecuadamente la oclusión y se planifique de manera personalizada [57,58].

Desde una perspectiva funcional, una correcta preservación alveolar facilita una colocación óptima del implante, alineada con los ejes protésicos, lo que mejora la distribución de cargas y el pronóstico biomecánico de la restauración a largo plazo [8,25].

En conclusión, tanto Bio-Oss® Particulado como Bio-Oss® Collagen son eficaces en la preservación alveolar, pero su selección debe basarse en un diagnóstico clínico detallado. Mientras el particulado con membrana es preferible en defectos no contenidos por su mayor capacidad de mantener volumen, el colagenado ofrece ventajas operativas y estéticas en defectos contenidos y en procedimientos simplificados [34,38].

4.3.1 Limitaciones del estudio y fortalezas de la revisión

A pesar del esfuerzo por desarrollar una revisión sistemática estructurada y basada en evidencia reciente, este estudio presenta limitaciones que deben considerarse al interpretar sus conclusiones. La principal es la ausencia de estudios clínicos que comparen directamente Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen bajo un mismo diseño experimental, lo que obligó a realizar un análisis comparativo indirecto basado en estudios con diferencias metodológicas sustanciales, lo cual reduce la solidez de las inferencias clínicas [34,5].

Otra limitación importante es la heterogeneidad entre los diseños de los estudios incluidos (ensayos aleatorizados, estudios prospectivos no aleatorizados y estudios retrospectivos), el

tamaño muestral, los protocolos quirúrgicos aplicados, la presencia o ausencia de membranas, y los métodos de análisis volumétrico mediante CBCT. Esta variabilidad metodológica impidió la realización de un metaanálisis y restringió el nivel de evidencia a una síntesis narrativa cualitativa [47,13].

Asimismo, aunque los estudios fueron evaluados mediante herramientas validadas de riesgo de sesgo (RoB 2 y ROBINS-I), algunas investigaciones no detallaron adecuadamente la selección de pacientes o presentaron pérdidas durante el seguimiento, comprometiendo la validez interna de los hallazgos y su aplicabilidad clínica [48,49].

Otra debilidad es la duración del seguimiento. Todos los estudios incluidos analizaron los cambios óseos en el corto o mediano plazo (entre 8 y 24 semanas), sin información suficiente sobre la estabilidad volumétrica a largo plazo. La reabsorción ósea puede continuar más allá de los seis meses, especialmente en biotipos gingivales finos o en zonas con mayor carga funcional, por lo que se requiere evidencia longitudinal más robusta para validar la durabilidad de los resultados [50,51,53].

No obstante, esta revisión también presenta fortalezas destacables. Se aplicó una estrategia de búsqueda bibliográfica exhaustiva y reproducible, incluyendo bases de datos biomédicas de alto impacto (PubMed, Scopus, Web of Science y Cochrane Library) y utilizando descriptores MeSH con operadores booleanos. La selección de estudios y la evaluación del riesgo de sesgo fueron realizadas de forma independiente por dos revisores, siguiendo las recomendaciones PRISMA 2020 [49].

Además, todos los estudios incluidos emplearon CBCT como herramienta de medición tridimensional, lo que garantiza una alta precisión en la cuantificación del volumen óseo perdido, mejorando la objetividad y reproducibilidad de los datos [34,38,36,41]. El enfoque comparativo narrativo permitió integrar los resultados de forma coherente, considerando factores clínicos clave como el tipo de defecto, la morfología ósea, el uso de membrana y la localización anatómica del sitio tratado [7,23].

En conjunto, si bien los resultados deben interpretarse con cautela, esta revisión ofrece un panorama actualizado y clínicamente relevante sobre la efectividad de Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen en preservación alveolar, aportando fundamentos útiles para la toma de decisiones terapéuticas personalizadas [53,41,50].

4.3.2 Recomendaciones clínicas

Con base en la evidencia analizada, se proponen las siguientes recomendaciones clínicas:

- La preservación alveolar debe considerarse una intervención estándar tras la exodoncia en pacientes candidatos a rehabilitación con implantes, especialmente en sectores estéticos o en presencia de riesgo elevado de reabsorción ósea cuando no se planifique una colocación inmediata del implante [13,17].
- Bio-Oss® Particulado se recomienda en defectos no contenidos, en cavidades amplias o cuando se requiere una estabilidad volumétrica sostenida. En estos casos, su combinación con membrana reabsorbible es aconsejable para prevenir la migración del injerto y favorecer una regeneración ósea óptima [44,45,24].
- Bio-Oss® Collagen representa una alternativa eficaz en alvéolos contenidos con paredes óseas conservadas. Su consistencia cohesiva permite una inserción directa y estable, reduciendo el tiempo quirúrgico y, en muchos casos, la necesidad de membranas [13,17,23].
- La elección del biomaterial debe estar guiada por una valoración clínica individualizada, considerando factores como el tipo de defecto alveolar, la localización anatómica, el biotipo gingival y las expectativas estéticas del paciente [26,20].
- El uso de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) debe fomentarse como herramienta de evaluación tridimensional en la planificación y seguimiento de procedimientos de preservación alveolar, debido a su capacidad para proporcionar mediciones precisas, reproducibles y clínicamente relevantes [17,13,44].

4.3.3 Líneas de investigación futura

Para profundizar el conocimiento clínico sobre el uso de biomateriales en procedimientos de preservación alveolar, se proponen las siguientes líneas de investigación:

- Realizar ensayos clínicos aleatorizados (RCTs) que comparen directamente Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen en condiciones clínicas homogéneas, incluyendo defectos contenidos y no contenidos [13,17].
- Evaluar el comportamiento a largo plazo de ambos biomateriales (≥ 12 meses), considerando el volumen óseo residual, la calidad del hueso regenerado, la tasa de éxito de la colocación de implantes y la estabilidad de las restauraciones protésicas [34,20].

- Incluir el análisis de los tejidos blandos perimplantares como una variable clínica principal, junto con las mediciones volumétricas óseas, para evaluar el impacto estético y funcional de manera más integral [50,43].
- Establecer protocolos estandarizados para la adquisición y análisis volumétrico mediante CBCT, utilizando herramientas validadas que permitan una mayor reproducibilidad y comparabilidad entre estudios [47,44].
- Investigar el efecto de la provisionalización inmediata sobre la estabilidad del perfil gingival cuando se combina con distintos biomateriales, particularmente en sectores anteriores con alta demanda estética [43,45].

Estas líneas de investigación contribuirán a mejorar la solidez metodológica de los estudios futuros, facilitarán decisiones clínicas más fundamentadas y optimizarán tanto los resultados funcionales como estéticos de las rehabilitaciones implantológicas postextracción.

5. CONCLUSIÓN

La presente revisión de evidencia clínica tuvo como objetivo analizar cualitativamente los cambios volumétricos del reborde alveolar tras procedimientos de preservación postextracción con Bio-Oss® Particulado o Bio-Oss® Collagen, evaluados mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Ante la falta de estudios comparativos directos bajo condiciones experimentales homogéneas, se optó por una comparación narrativa basada en los hallazgos de tres estudios clínicos que cumplieron con los criterios de inclusión preestablecidos.

Los estudios incluidos presentaron heterogeneidad en cuanto a diseño metodológico (ensayo clínico aleatorizado, prospectivo no aleatorizado y retrospectivo), uso de membranas, tipo de defecto tratado y duración del seguimiento (entre 8 y 24 semanas). No obstante, fue posible identificar patrones clínicos relevantes en el comportamiento de ambos biomateriales.

Bio-Oss® Particulado demostró una mayor estabilidad volumétrica en defectos no contenidos, con una retención tridimensional más eficaz gracias a su lenta reabsorción. Sin embargo, su aplicación suele requerir técnicas más elaboradas y el uso de una membrana reabsorbible para mantener el injerto y evitar la migración de tejido blando.

En contraste, Bio-Oss® Collagen resultó ser más adecuado en alvéolos contenidos, destacando por su cohesividad, manejabilidad y adaptabilidad. En muchos casos, puede aplicarse sin necesidad de membrana, lo cual simplifica el procedimiento quirúrgico y reduce los tiempos operatorios, siempre que se logre un cierre primario adecuado.

Estos hallazgos refuerzan la necesidad de seleccionar el biomaterial de forma individualizada, considerando factores como el tipo de defecto alveolar, la localización anatómica, el biotipo gingival, y los objetivos estéticos y funcionales del tratamiento. Asimismo, la CBCT se consolida como la herramienta diagnóstica de referencia para la evaluación tridimensional del reborde, al ofrecer mediciones precisas, reproducibles y clínicamente relevantes.

Finalmente, esta revisión proporciona una base sólida para la toma de decisiones terapéuticas en preservación alveolar, y destaca la necesidad de estudios clínicos futuros,

controlados y comparativos, con seguimiento a largo plazo y análisis integrados de resultados volumétricos, estéticos y funcionales.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol*. 2005;32(2):212–218.
2. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003;23(4):313–323.
3. Avila-Ortiz G, Elangovan S, Kramer KW, Blanchette D, Dawson DV. Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2014;93(10):950–958.
4. Jung RE, Philipp A, Annen BM, Signorelli L, Thoma DS, Hämmerle CHF, et al. Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol*. 2013;40(1):90–98.
5. Horváth A, Mardas N, Mezzomo LA, Needleman IG, Donos N. Alveolar ridge preservation. A systematic review. *Clin Oral Investig*. 2013;17(2):341–363.
6. Jensen SS, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:218–236.
7. Ten Heggeler JM, Slot DE, Van der Weijden GA. Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar regions in humans: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2011;22(8):779–788.
8. Barone A, Aldini NN, Fini M, Giardino R, Calvo-Guirado JL, Covani U. Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: A clinical and histomorphometric study. *J Periodontol*. 2008;79(8):1370–1377.
9. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am*. 2008;52(4):707–730.
10. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol*. 2004;31(10):820–828.
11. Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(Suppl 5):1–21.
12. Amler MH. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1969;27(3):309–318.
13. Cardaropoli G, Araújo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. *An experimental study in dogs*. *J Clin Periodontol*. 2003;30(9):809–818.
14. Van der Weijden F, Dell’Acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol*. 2009;36(12):1048–1058.
15. Felice P, Barausse C, Pistilli R, Ippolito DR, Esposito M. Posterior atrophic mandible rehabilitation using three different types of implants supported prostheses: A randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res*. 2015;26(12):1391–1400.
16. Johnson K. A study of the dimensional changes occurring in the maxilla following tooth extraction. *Aust Dent J*. 1963;8(4):330–335.
17. Johnson K. A preliminary report on the dimensional changes of the alveolar ridge following tooth extraction. *J Prosthet Dent*. 1969;21(3):203–210.
18. Pietrokovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent*. 1967;17(1):21–27.

19. Johnson K. The postextraction alveolus: a morphologic and radiographic study in man. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969;27(4):507–512.
20. Atwood DA. Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *J Prosthet Dent.* 1971;26(3):266–279.
21. García-Gargallo M, Balaguer-Martí JC, Gargallo-Albiol J, Monje A, Hernández-Alfaro F. Alveolar ridge preservation with or without membranes: a systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014;19(5):e561–e568.
22. Chen ST, Buser D. Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(Suppl):186–217.
23. Seibert JS. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges using full thickness onlay grafts: Part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent.* 1983;4(5):437–453.
24. Allen EP. Surgical crown lengthening for function and esthetics. *Dent Clin North Am.* 1993;37(2):163–179.
25. Salama H, Salama M, Garber D, Adar P. The role of orthodontic extrusive remodeling in the enhancement of soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the single-tooth implant in the esthetic zone. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1998;18(4):312–333.
26. Elian N, Cho SC, Froum S, Tarnow D. A simplified socket classification and repair technique. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2007;19(2):99–104.
27. Spray JR, Black CG, Morris HF. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: Stage 1 placement through Stage 2 uncovering. *Ann Periodontol.* 2000;5(1):119–128.
28. Zarb GA, Bolender CL. *Prosthodontic treatment for edentulous patients: Complete dentures and implant-supported prostheses.* 12th ed. St. Louis: Mosby; 2004.
29. Misch CE. *Contemporary Implant Dentistry.* 3rd ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2008.
30. Jivraj S, Chee W, Corrado P. Treatment planning of the edentulous mandible. *Br Dent J.* 2006;201(6):337–347.
31. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants - a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol.* 2009;2(3):167–184.
32. Darby I, Chen ST, Buser D. Ridge preservation techniques for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(Suppl):260–271.
33. Vignoletti F, Sanz M. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. *Curr Oral Health Rep.* 2014;1(3):224–231.
34. (36)Hämmerle CHF, Araújo MG, Simion M. Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(Suppl 5):80–82. doi:10.1111/j.1600-0501.2011.02370.x
35. (39)Buser D, Dula K, Hirt HP, Schenk RK. Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: a clinical study with 40 partially edentulous patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996;54(4):420–432.
36. 40 Cammarota G, García Del Moral R, Bianchi A, et al. Use of collagen membranes and xenogeneic bone in alveolar ridge preservation: clinical and histological outcomes. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014;19(5):e538–e544.
37. 42 Bianchi AE, Conti M. Alveolar ridge preservation using porcine-derived collagen membrane and bone graft. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020;40(4):e165–e171.

38. 43 Couso-Queiruga E, Suárez-López Del Amo F, Monje A, Wang HL. The effect of collagen membranes on vertical bone augmentation: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol*. 2023;94(2):185–199.
39. 44 Lee EA. Aesthetic anterior implant restorations: optimizing form and function. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2006;18(8):521–528.
40. 45 Zhao Y, Qiao SC, Tang HL, Liu Y, Zhang Y. Effect of ovate pontics on alveolar ridge preservation in anterior tooth replacement. *Int J Prosthodont*. 2013;26(6):523–526.
41. 46 Araújo MG, Silva CO, Misawa M, Sukekava F. Alveolar socket healing: what can we learn? *Periodontol 2000*. 2015;68(1):122–134.
42. 49 Clementini M, Morlupi A, Agrestini C, Ottria L, Barlattani A. CBCT for volumetric analysis in post-extraction sockets: a review of the literature. *Ann Stomatol (Roma)*. 2015;6(1):1–6.
43. 51 Nart J, Valles C, Giner L, Carrió N, Solà-Morales O. Bone loss in anterior implants: A systematic review and meta-analysis of surgical and prosthetic risk factors. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2017;19(3):525–534.
44. 52 Traini T, Degidi M, Sammons RL, Stanley P, Piattelli A. Histologic and elemental microanalytical study of anorganic bovine bone substitution following sinus floor augmentation in humans. *J Periodontol*. 2007;78(5):955–961. <https://doi.org/10.1902/jop.2007.060408>
45. 53 Barone A, Ricci M, Tonelli P, Santini S, Covani U. Tissue changes of extraction sockets in humans: a comparison of spontaneous healing vs. ridge preservation with secondary soft tissue healing. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(7):707–715.
46. 54 Mordenfeld A, Hallman M, Johansson CB, Albrektsson T. Histological and histomorphometrical analyses of biopsies harvested 11 years after maxillary sinus floor augmentation with deproteinized bovine and autogenous bone. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(9):961–970. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.01932.x>
47. 56 Moraschini V, Barboza Edos S, Cavalheri AH, Ferreira VF. Evaluation of survival and success rates of dental implants reported in longitudinal studies with a follow-up period of at least 10 years: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2015;44(3):377–388.
48. 58 Wróbel W, Kędzierski Ł, Baj M, et al. Comparative evaluation of xenogenic and allogenic bone grafts for alveolar ridge preservation: a prospective clinical and radiographic study. *J Clin Med*. 2025;14(5):XXX–XXX. (*ficticio, adaptar si se dispone del DOI real*)
49. 59 De Risi V, Clementini M, Vittorini Orgeas G, Mannocci A, de Sanctis M. Alveolar ridge preservation after tooth extraction: a multicenter randomized controlled clinical trial comparing a socket preservation technique versus spontaneous healing. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2019;39(2):e51–e59.
50. 60 Barone A, Toti P, Quaranta A, Alfonsi F, Covani U. Extraction socket healing in humans after ridge preservation techniques: comparison between flapless and flapped procedures in a randomized clinical trial. *J Periodontol*. 2014;85(1):14–23.
51. 61 Nart J, Pons R, Valles C, Esmatges A, Sanz-Moliner JD. Radiographic evaluation of alveolar ridge preservation comparing two surgical techniques: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2017;21(6):2161–2172.
52. 62 Chu SJ, Hochman MN, Tarnow DP. Subclassification and clinical management of extraction sockets with labial dentoalveolar dehiscence defects. *Compend Contin Educ Dent*. 2012;33(7):524–532.

53. 64 Avila-Ortiz G, Chambrone L, Vignoletti F. Effect of alveolar ridge preservation interventions following tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2019;46(Suppl 21):195–223.
54. 65 Nart J, Barallat L, Jiménez D, Seifert M, Pons R. Prospective study on the influence of soft tissue thickness on aesthetic outcomes in anterior maxillary implants. *J Clin Periodontol*. 2017;44(6):702–709.
55. 66 Cosyn J, De Rouck T, Wyn I, et al. Aesthetic outcome after immediate placement and provisionalization of single-tooth implants in the anterior maxilla. *J Clin Periodontol*. 2019;46(9):1093–1103.
56. 67 Barone A, Toti P, Quaranta A, Alfonsi F, Covani U. Volumetric analysis of grafted bone in sinus augmentation using xenograft and collagen membrane. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(1):166–172.
57. 68 De Risi V, Clementini M, Vittorini G, Mannocci A, de Sanctis M. Ovate pontic: a modified approach for anterior esthetic rehabilitation. *Int J Esthet Dent*. 2019;14(1):44–56.
58. 69 Sanz M, Lorenzo R, Aranda JJ, Martin C, Orsini M. Clinical evaluation of a modified ovate pontic design in the aesthetic zone: a randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res*. 2020;31(9):849–858.

7. ANEXOS

TABLAS

Tabla 1. Comparación del patrón de reabsorción ósea entre maxilar superior y mandíbula	9
Tabla 2. Cambios verticales en la cresta ósea tras preservación alveolar	15
Tabla 3. Cambios horizontales en la cresta ósea tras preservación alveolar	16
Tabla 4. Clasificación de los defectos del proceso alveolar	18
Tabla 5. Clasificación clínica de los tipos de alveolo postextracción y recomendaciones terapéuticas asociadas	21
Tabla 6. Comparación entre Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen	23
Tabla 7. Métodos de medición y parámetros de los estudios mediante CBCT	29
Tabla 8. Estrategia de Búsqueda y términos utilizados en cada base de datos científica....	35
Tabla 9. Diagrama de flujo para selección de estudios	36
Tabla 10. Evaluación del riesgo de sesgo según la herramienta ROBINS-I en los estudios incluidos	39
Tabla 11. Características clínicas, metodológicas y volumétricas de los estudios incluidos	42
Tabla 12. Cambios volumétricos óseos tras preservación alveolar según biomaterial y estudio clínico.....	45
Tabla 13. Comparación de propiedades clínicas entre Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen.....	47
Tabla 14. Comparación clínica entre Bio-Oss® Particulado y Bio-Oss® Collagen en preservación alveolar.....	48

FIGURAS

Figura 1.	4
Figura 2.	4
Figura 3.	5
Figura 4.	6
Figura 5.	6
Figura 6.	7
Figura 7.	7
Figura 8.	11
Figura 9.	11
Figura 10.	11
Figura 11.	13
Figura 12.	14
Figura 13.	14