



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE ODONTOLOGÍA

Biomateriales en Odontología: Uso de Hidroxiapatita y Biovidrios en
Regeneración Ósea.

Trabajo de Titulación para optar al título de Odontólogo

Autor:

Portero Pérez David Alejandro

Tutor:

Dr. Xavier Guillermo Salazar Martínez

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, David Alejandro Portero Pérez, con cédula de ciudadanía 1805542659, autor(a) del trabajo de investigación titulado: Biomateriales en Odontología: Uso de Hidroxiapatita y Biovidrios en Regeneración Ósea, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 13 de febrero del 2026.



David Alejandro Portero Pérez

C.I: 1805542659

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Xavier Guillermo Salazar Martínez** catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Biomateriales en Odontología: Uso de Hidroxiapatita y Biovidrios en Regeneración Ósea”**, bajo la autoría de **David Alejandro Portero Pérez**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los **13** días del mes de **febrero** del **2026**



Xavier Guillermo Salazar Martínez

C.I: 0603009101

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“Biomateriales en Odontología: Uso de Hidroxiapatita y Biovidrios en Regeneración Ósea”** por **David Alejandro Portero Pérez**, con cédula de identidad número **1805542659**, bajo la tutoría de **Dr. Xavier Guillermo Salazar Martínez**; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 13 de mayo de 2026.

Dr. Cristian David Guzmán Carrasco
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Dr. Mauro Ramiro Costales Lara
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Dr. Manuel Alejandro León Velastegui
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **PORTERO PÉREZ DAVID ALEJANDRO** con CC: **1805542659**, estudiante de la Carrera **ODONTOLOGÍA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**BIOMATERIALES EN ODONTOLOGÍA: USO DE HIDROXIAPATITA Y BIOVIDRIOS EN REGENERACIÓN ÓSEA**", cumple con el **4 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 13 de febrero de 2026



Dr. Xavier Guillermo Salazar Martínez
TUTOR(A)

DEDICATORIA

A mi padres, Miriam y Danilo, por su amor y apoyo incondicional, quienes siempre confiaron en mí y con sus palabras de aliento me motivaron para seguir adelante, afrontando toda situación y a nunca rendirme.

A mis hermanas, Nayla y Michelle, quienes siempre han sido un ejemplo a seguir, tanto como estudiantes, personas y profesionales, por sus consejos y todo lo que me han enseñado a lo largo de mi vida.

A mi tía Esther que, a pesar de estar en el cielo, la llevo siempre en mi corazón. Su ejemplo y su cariño siguen presentes y me acompañan todos los días como mi fortaleza de siempre superarme y nunca dejar de avanzar.

A mis amigos, que se convirtieron en mi segunda familia en una ciudad desconocida, por todo su apoyo, cariño y confianza. Gracias por todas las risas, alegrías, tristezas y cada momento que compartimos juntos.

A toda mi familia, por ser el pilar fundamental de mi vida, por todos los valores y principios que me han enseñado y me convirtieron en la persona que soy ahora.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por acompañarme y guiarme en todo este camino, por ser mi apoyo, mi luz y siempre brindarme su ayuda en todo momento.

Expreso un profundo agradecimiento a mi tutor académico Dr. Xavier Guillermo Salazar Martínez, por ser mi guía en la realización de este trabajo, gracias a sus enseñanzas y paciencia, que permitieron desarrollar este proyecto de investigación.

A todos mis docentes, que compartieron no solo sus conocimientos sino una parte de ellos mismos a través de sus clases y experiencias, cuyas enseñanzas me permitieron crecer no solo de manera académica sino como persona.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORIA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo General.....	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Regeneración ósea	18
2.1.1 Regeneración ósea guiada	18
2.1.2 Membranas	18
Membranas reabsorbibles	19
Membranas no reabsorbibles	19
2.1.3 Indicaciones de regeneración en odontología.....	19
2.1.4 Defectos óseos	19
Tipos de defectos óseos	20
Clasificación de defectos óseos	20
2.1.5 Injertos óseos y biomateriales.....	21
2.1.6 Características de un injerto óseo	21
2.1.7 Tipos de Injertos	22

2.1.8	Tipos de biomateriales.....	23
2.2	Hidroxiapatita	23
2.2.1	Síntesis de hidroxiapatita.....	23
2.2.2	Hidroxiapatita de diferentes dimensiones.....	24
2.2.3	Hidroxiapatita Biomimética	24
2.3	Biovidrios	24
2.3.1	Tipos de Biovidrios	25
2.3.2	Actividad antibacteriana	26
3.	CAPÍTULO III. METODOLOGIA	27
3.1	Metodología PRISMA.....	27
3.2	Formulación de la pregunta PICO	27
3.3	Fuentes de información y estrategias de búsqueda.....	27
3.4	Criterios de Selección.....	29
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1	Resultados.....	32
4.2	Discusión	43
5.	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	45
5.1	Conclusiones.....	45
5.2	Recomendaciones	46
6.	BIBLIOGRAFÍA	47
7.	ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pregunta PICO.....	27
Tabla 2. Cadena de búsqueda para PubMed.....	28
Tabla 3. Cadena de búsqueda para Scopus.....	28
Tabla 4. Cadena de búsqueda para SciELO.....	28
Tabla 5. Criterios de inclusión.....	29
Tabla 6. Criterios de exclusión.....	29
Tabla 7. ¿Cuáles son los mecanismos de integración biológica de la hidroxiapatita y los biovidrios con el tejido óseo en los procedimientos de regeneración ósea en odontología?	32
Tabla 8. ¿Cuáles son las ventajas y limitaciones del uso de la hidroxiapatita y los biovidrios utilizados en la regeneración ósea en odontología?.....	36
Tabla 9. ¿Cuáles son las principales indicaciones clínicas y consideraciones para el uso adecuado de la hidroxiapatita y los biovidrios en procedimientos de regeneración ósea en odontología?	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Flujo PRISMA del proceso de selección de estudio	30
---	----

RESUMEN

La regeneración ósea en odontología se realiza con el propósito de recuperar el hueso perdido y evitar la formación de defectos óseos, para ello se requiere el uso de injertos óseos que pueden ser origen autólogo, aloinjerto, xenoinjerto o sintético según las condiciones y necesidades requeridas. La presente investigación tiene el objetivo de analizar el uso de biomateriales como la hidroxiapatita y los biovidrios como injertos óseos sintéticos en procedimientos de regeneración ósea en odontología, destacando sus mecanismos de integración, ventajas, limitaciones e indicaciones clínicas mediante una revisión sistemática siguiendo la metodología PRISMA. Para el desarrollo de la investigación se empleó fuentes bibliográficas actualizadas indexadas en bases de datos como PubMed, Scopus y Scielo correspondientes a los últimos 5 años tanto en inglés como en español. Los resultados demostraron que la hidroxiapatita debido a su gran similitud con el hueso natural actúa como andamio para generar hueso y se adhiere a los tejidos del cuerpo, así como los biovidrios, que son altamente bioactivos, tienen la capacidad de formar una capa de hidroxicarbonato apatita en la superficie del injerto gracias a su liberación iónica, lo que permite una mejor adhesión. En conclusión, se demostró que utilizar injertos aloplásticos como hidroxiapatita y biovidrios, es una manera viable de generar hueso y pueden reemplazar otro tipo de injertos, especialmente cuando son combinados con concentrados plaquetarios, ya que de esta manera favorecen una mayor proliferación de células osteogénicas, lo que a su vez permite una regeneración ósea efectiva.

Palabras claves: hidroxiapatita, biovidrios, regeneración ósea, odontología, biomateriales, injertos óseos.

ABSTRACT

Bone regeneration in dentistry is carried out for the purpose of restoring lost bone and preventing the formation of bone defects. For this purpose, bone grafts are required, which may be autologous, allogeneic, xenogeneic, or synthetic in origin, depending on the clinical conditions and specific needs of the patient. The present research aims to analyse the use of biomaterials, such as hydroxyapatite and bioactive glasses, as synthetic bone grafts in bone regeneration procedures in dentistry, highlighting their mechanisms of integration, advantages, limitations, and clinical indications through a systematic review following the PRISMA methodology.

For the development of this research, updated bibliographic sources indexed in databases such as PubMed, Scopus, and SciELO, corresponding to the last five years and published in both English and Spanish, were used. The results showed that hydroxyapatite, due to its great similarity to natural bone, acts as a scaffold for new bone formation and adheres to body tissues. Likewise, bioactive glasses, which are highly bioactive, can form a layer of hydroxycarbonate apatite on the surface of the graft because of ionic release, allowing better adhesion.

In conclusion, it was demonstrated that the use of alloplastic grafts, such as hydroxyapatite and bioactive glasses, is a viable method for bone formation and can replace other types of grafts, particularly when combined with platelet concentrates. This approach promotes greater proliferation of osteogenic cells and enables effective bone regeneration.

Keywords: hydroxyapatite, bio glass, bone regeneration, dentistry, biomaterials, bone grafts.



Revised by
Mario N. Salazar
0604069781

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

En odontología, cada vez se habla más sobre el uso de biomateriales para regeneración ósea en procedimientos quirúrgicos. Cuando nos referimos a regeneración ósea, estamos hablando de recuperar hueso que se ha perdido por diferentes situaciones. Existen diversas técnicas que se han desarrollado hasta hoy, esto incluye utilizar elementos que sean compatibles con la vida, es decir, con los propios tejidos del cuerpo, como injertos óseos. Su uso ayuda a evitar una mayor pérdida de hueso y a aumentar el porcentaje de tejido óseo que se va a conservar. (1)

El uso de técnicas de regeneración ósea se remonta a los años noventa donde se demostró su eficacia en la recuperación de tejido tanto de manera vertical como horizontal. Para cumplir dicho objetivo de una mejor manera se utilizan injertos óseos, los cuales incrementan la regeneración del hueso, otorgando soporte mecánico y evitando el colapso del coagulo para lograr un tratamiento exitoso. (2)

La búsqueda en los últimos años de alternativas a los injertos autólogos, que sean eficaces y seguras, ha permitido el desarrollo de materiales biocerámicos como la hidroxiapatita y los biovidrios con una amplia aplicación en odontología. Estos han sido utilizados cada vez con mayor frecuencia debido a su biocompatibilidad, bioactividad y capacidad bioreabsorbible, tanto en aplicaciones biomédicas como biológicas. Presenta una toxicidad bajo o insignificante en comparación con otro tipo de injertos y, además, son capaces de lograr una regeneración ósea media entre el 85% y el 95%, similar a la de los xenoinjertos. (3) (4)

En Latinoamérica, existe un incremento por el uso de hidroxiapatita y biovidrios para regeneración ósea en odontología, en la búsqueda de alternativas accesibles y biocompatibles para manejar defectos óseos. Un estudio realizado en Chile menciona que la hidroxiapatita se ha utilizado cada vez más en procedimientos periodontales, implantológicos y maxilofaciales gracias a sus características de osteoconductividad y estabilidad química. En cuanto al uso de biovidrios, se han incorporado micro y nano partículas combinadas con polímeros para mejorar su eficacia, lo que revela que producen deposición de colágeno y de hueso, y propiedades bacteriostáticas. Además, mostraron una mejor adherencia con el hueso en comparación con los demás biocerámicos en estudios in vitro e in vivo. (5) (6)

Estos materiales continúan evolucionando más para adaptarse de una mejor manera a los tejidos del cuerpo. Surgen como una vía de tratamiento para guiar e inducir la formación de hueso, pero deben contar con requisitos específicos para su elección. Se debe tomar en cuenta sus características en cuanto a su comportamiento. Actualmente, tienen un mejor desarrollo en cuanto a composición, estructura y funcionalidad, lo que ha permitido una mejor integración en los tejidos, además presentan una mejor capacidad para estimular la formación de nuevo tejido óseo. (7)

Cuando el hueso se encuentra intacto desempeña funciones vitales en el organismo, es el encargado de mantener la homeostasis mineral en el cuerpo y de proteger a los órganos

vitales. Los defectos óseos en la cavidad oral siempre han representado una problemática a nivel mundial, estos pueden ser ocasionados por diferentes situaciones, traumatismos, infecciones que no fueron debidamente controladas, neoplasias, afecciones de origen congénitas, enfermedad periodontal, extracciones múltiples e incluso se pueden producir a causa del envejecimiento. (8)

En un estudio realizado a 44 pacientes diagnosticados con periodontitis moderada y severa se determinó que la prevalencia de defectos óseos fue del 97 %. Los defectos óseos con mayor prevalencia fueron los defectos horizontales 91% y los verticales 9% y, dentro de estos, el defecto infraóseo más común fue el cráter interdental. Se estima que la enfermedad periodontal afecta a más de mil millones de personas alrededor del mundo, ocasionado principalmente por mala higiene oral y el consumo de tabaco. (9) (10)

Tan solo 6 meses después de haber realizado una extracción de una pieza dental se produce una pérdida ósea horizontal y vertical de 3.79 mm y 1.24 mm respectivamente. Al ya no existir una estimulación de las fibras del ligamento periodontal, la pérdida ósea es irreversible y continua durante toda la vida. Para recuperar este tejido perdido se utilizan técnicas de regeneración ósea utilizando injertos óseos que logren brindar soporte mecánico, preserven el coágulo y sobre todo que estimulen el proceso de regeneración. (11)

En el tratamiento de defectos óseos se combinan principios de ingeniería de tejidos para inducir la formación de un nuevo tejido óseo. Sin embargo, como en todo tipo de tratamiento existen riesgos y complicaciones que pueden interferir en el éxito del tratamiento. El uso de injertos tanto de tipo biológico como sintético tienen posibilidades de causar infección o rechazo del mismo y de no integrarse efectivamente en el lecho del hueso receptor. (12)

En Latinoamérica, también se menciona a los defectos óseos como una problemática constante en el área de la salud. Los injertos óseos son cada vez más utilizados en procedimientos quirúrgicos, lo que permite aumentar o estimular la formación ósea en zonas con defectos o con una capacidad reducida de formar hueso. A pesar de que el injerto autólogo cuenta con las siguientes propiedades: osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción, también, incluye desventajas al presentar una limitada disponibilidad de uso, la morbilidad en cuanto a la zona de extracción del tejido y se aumenta el tiempo de duración de la intervención quirúrgica. (13)

Los biomateriales como la hidroxiapatita y los biovidrios, cuentan con una matriz orgánica, la cual se asemeja al del tejido original del huésped. Esto los convierte en elementos clave en procedimientos para la recuperación de tejido óseo, elevación de seno maxilar, tratamiento para defectos periodontales y en regeneración ósea guiada. El uso de este tipo de biomateriales busca mejorar no solo la función masticatoria sino también la estética de los pacientes que requieran este tipo de tratamientos. (7) (14)

Esta investigación, busca ser una guía que proporcione información actualizada a estudiantes y clínicos sobre el uso y la efectividad que tienen estos biomateriales en procedimientos de regeneración ósea en base a parámetros como la formación de hueso nuevo, su

compatibilidad con los tejidos, la estabilidad del injerto, la integración con el lecho receptor y la reducción de la pérdida ósea, destacando no solo sus propiedades sino también sus ventajas, mecanismos de integración, indicaciones y aplicaciones en el área odontológica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

- Analizar el uso de Hidroxiapatita y Biovidrios en los procesos de regeneración ósea en odontología para evaluar su eficacia, aplicaciones clínicas y beneficios comparativos mediante una revisión bibliográfica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Investigar los mecanismos de integración biológica de la hidroxiapatita y los biovidrios en procedimientos de regeneración ósea en odontología.
- Identificar las ventajas y limitaciones del uso de hidroxiapatita y biovidrios frente a otros biomateriales en la regeneración ósea.
- Determinar las indicaciones clínicas y el uso adecuado de la hidroxiapatita y biovidrios empleados en procedimientos de regeneración ósea en odontología.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Regeneración ósea

El desarrollo y la forma del alvéolo se da en conjunto con la erupción de los dientes, en el momento que se pierde una o varias piezas dentales, el proceso alveolar comienza a atrofiarse y la cresta alveolar pierde tanto alto y ancho. La mayor pérdida dimensional horizontal y vertical, se produce dentro de los primeros 3 meses, especialmente en la cortical vestibular. (15)

La regeneración ósea es una técnica que nos permite recuperar y preservar tejidos. El uso de biomateriales para este tipo de tratamientos es utilizado cada vez con mayor regularidad para garantizar la preservación de tejido óseo. Así también, busca evitar la formación de defectos óseos alrededor de los dientes, crestas alveolares atróficas, posibles lesiones de furca y preservación del alvéolo después de haber realizado una extracción. (16) (17)

Los procesos para generar hueso son utilizados para recuperar y disminuir la pérdida ósea que se produce durante la inflamación y cicatrización por la presencia de alguna anomalía en los tejidos del cuerpo. Para lograr recuperar el hueso perdido, se induce la formación ósea por parte del huésped sumado junto con un biomaterial que rellene el defecto. Además, se puede evitar una invasión de tejido epitelial añadiendo el uso de una membrana. (16) (17)

2.1.1 Regeneración ósea guiada

Es una técnica quirúrgica utilizada para recuperar altura y el volumen óseo, rehabilitar y regenerar hueso en defectos óseos horizontales y verticales localizados. Se basa en la utilización de sustitutos óseos y membranas para regenerar el tejido perdido a causa de dichos defectos. Para garantizar el éxito del tratamiento es importante que se cumplan con ciertos principios básicos.

- Cierre primario de la herida.
- Angiogénesis.
- Mantenimiento del espacio.
- Estabilidad del coágulo. (18)

2.1.2 Membranas

En regeneración ósea guiada se pueden utilizar 2 tipos diferentes de membranas que sean biocompatibles y que se puedan integrar adecuadamente a los tejidos del huésped. Son las encargadas de mantener y proteger al injerto óseo e impedir el crecimiento bacteriano en su sitio de acción, estas pueden ser de 2 tipos.

- Membranas reabsorbibles.
- Membranas no reabsorbibles. (18)

Membranas reabsorbibles

Son elaboradas con materiales biocompatibles con el cuerpo, es decir no interfieren en el proceso de cicatrizados y además promueven la regeneración ósea en los defectos óseos. Este tipo de membranas se reabsorben por medio de un proceso de hidrólisis, cuyos productos resultantes los absorben los tejidos.

- Membranas de colágeno.
- Membranas de ácido poliláctico.
- Membranas de Poliglactina.
- Membrana de Ácido Poli (Láctico-co-glicólico).
- Membrana de sulfato de calcio.
- Membrana de L-PRF. (19)

Membranas no reabsorbibles

El uso de este tipo de membranas tiene un uso muy amplio a pasar de requerir una intervención quirúrgica adicional para poder retirarlas. Estas membranas brindan soporte y aislamiento de tejidos blandos, acumulando solo sustancias y células que permiten la formación de tejido óseo.

- Politetrafluoroetileno extendido.
- Politetrafluoroetileno denso. (20)

2.1.3 Indicaciones de regeneración en odontología

- Preservación alveolar.
- Evitar la formación de defectos óseos.
- Defectos óseos periodontales.
- Extracciones múltiples.
- Extracciones traumáticas.
- Implantes.
- Crestas alveolares atróficas.
- Lesiones de furca.
- Recuperación de tejido óseo.
- Disminuir la pérdida ósea. (21)

2.1.4 Defectos óseos

Los defectos óseos pueden ser consecuencia de diferentes situaciones como enfermedades, lesiones óseas o cirugías traumáticas. La reabsorción ósea es variable según la ubicación, la pérdida de la función y el motivo por el cual se extrajo el diente. Estos defectos son un reto debido a su complejidad a la hora de tratarlos. La evolución de la medicina regenerativa ha permitido que surjan diferentes técnicas quirúrgicas que ofrecen mejores pronósticos. Esto

nos permite restaurar la estructura y recuperar la función para ayudar a los pacientes a tener una mejor calidad de vida. (22) (23)

La prevalencia de estos defectos puede variar considerablemente dependiendo de diferentes causas como pueden ser la edad, el sexo y los diversos factores de riesgo. Por ello, es fundamental considerar este tipo de detalles antes de establecer un plan de tratamiento, que permita la recuperación de la lesión ósea. Por lo tanto, es fundamental abordar el tratamiento desde su planificación hasta su rehabilitación. (23)

Tipos de defectos óseos

Los defectos óseos son provocados por la pérdida de una parte o segmento de tejido óseo, normalmente es ocasionada por la acción de traumas, quistes, tumores, osteomielitis crónica, osteoradionecrosis y osteonecrosis por medicamentos. Cuando este tipo de defectos involucra el tejido óseo alveolar y el hueso basal, y el defecto es igual o mayor a 2 cm, puede afectar las inserciones musculares, provocando alteraciones estéticas, funcionales y sensitivas. (24)

Clasificación de defectos óseos

La clasificación que realizaron Goldman y Cohen sobre defectos óseos es utilizada hasta el día de hoy. Ellos clasificaron los defectos según su ubicación en 2 grupos:

- Defectos supraóseos o defectos horizontales.
- Defectos infraóseos o defectos verticales.

Posteriormente, Papapanou y Tonetti añadieron un grupo más a la clasificación, los defectos interradiculares o de furcación. Los defectos supraóseos están ubicados sobre la cresta alveolar, en cambio los defectos infraóseos se ubican por debajo de la cresta alveolar. Sin embargo, los defectos infraóseos se subdividen en intraóseos, que afectan a un diente y en defectos tipo cráteres que afectan a 2 dientes. (25) (26)

Defectos de paredes

Pertenecen a la categoría de defectos intraóseos y se clasifican en:

- Defecto de una pared: Solo tiene una pared remanente.
- Defecto de 2 paredes: Cuenta con 2 paredes remanentes.
- Defecto de 3 paredes: Cuenta con 3 paredes remanentes.
- Cráter: No cuenta con ninguna pared remanente.

Los defectos de una pared y los defectos cráter son los que cuentan con el pronóstico más desfavorable, mientras que los defectos de 3 paredes tienen un pronóstico mucho más favorable. Un defecto estrecho, redondeado, profundo y con mayor cantidad de paredes remanentes presentan una perspectiva terapéutica más favorable ya que permiten la retención del material de regeneración. (25) (26)

Clasificación de Benic y Hämmerle

Esta clasificación es utilizada para evaluar si el tratamiento requiere regeneración ósea antes, durante o después del tratamiento de colocación de implantes.

- **Clase 0:** Defecto óseo vestibular con suficiente estructura remanente para la colocación de implantes.
- **Clase 1:** Defecto óseo intraalveolar ubicado entre el alvéolo y la superficie del implante. Cuando es menor a 2 mm no es necesario rellenar el defecto, pero si supera los 2 mm se debe rellenar.
- **Clase 2:** Dehiscencia rodeada por tejido óseo, se puede estabilizar el implante, pero existe un defecto óseo vestibular, en estos defectos se debe utilizar materiales de sustitución ósea.
- **Clase 3:** Dehiscencia sin tejido óseo alrededor, requiere un tratamiento de aumento óseo más extenso, se debe utilizar injertos óseos acompañado de una membrana para una buena cicatrización.
- **Clase 4:** Defecto óseo horizontal, el ancho del reborde alveolar es mínimo, por esta razón requiere aumento de tejido óseo previo a la colocación de implantes.
- **Clase 5:** Presenta un defecto óseo, se caracteriza por la pérdida de la altura del reborde alveolar. Son los menos comunes, es necesario el aumento de tejido óseo antes de la colocación de implantes (27) (28)

2.1.5 Injertos óseos y biomateriales

Los injertos óseos y los biomateriales están diseñados para ser compatibles con los tejidos propios del cuerpo y adaptarse de tal manera que eviten causar la menor irritación posible buscando recuperar los tejidos perdidos que se hayan perdido por alguna causa traumática. Los injertos óseos pueden ser de 4 tipos: autoinjertos, aloinjertos, xenoinjertos e injertos sintéticos. Son materiales biocompatibles utilizados para inducir la formación de tejido óseo. Los injertos presentan características biológicas y tasas de reabsorción que van a variar dependiendo el tipo de injerto que se vaya a utilizar. (29)

Los biomateriales óseos están diseñados para ser compatibles con los tejidos de la cavidad oral. El uso de estos materiales puede ayudar a regenerar los tejidos que se han perdido, devolviendo la funcionalidad, estética y mejorando la calidad de vida. Dentro de estos materiales podemos encontrar resinas compuestas, aleaciones para implantes y membranas regenerativas. (30)

2.1.6 Características de un injerto óseo

La eficacia de la selección del injerto óseo se basa en el conocimiento tanto de los mecanismos de interacción con el organismo como los de neoformación ósea, que se describen a continuación:

- **Osteogénesis:** se refiere a materiales que cuenten con la capacidad de contribuir en el proceso por el cual se forma y se desarrolla el tejido óseo, está conformado por células vivas y depende de las células trasplantadas, preosteoblastos y osteoblastos.
- **Osteoconducción:** requiere la participación de células mesenquimales diferenciadas que permitan la aposición superficial. El injerto sirve como andamio y como guía para la aposición de tejido óseo, progresivamente es perforado por vasos sanguíneos, reabsorbiéndose lentamente y depositando hueso nuevo.
- **Osteoinducción:** se inicia al inducir la transformación de células mesenquimáticas indiferenciadas en células osteoformadoras, las cuales se acompañan de proteínas morfogenéticas como PDGF, FGF, IGF, EGF, TGF y VEGF. (14) (31)

2.1.7 Tipos de Injertos

Injerto autólogo

Es el injerto de elección para todo tipo de defectos óseos, es proveniente del mismo paciente por lo que se evita la transmisión de enfermedades y es totalmente biocompatible, lo que evita el rechazo del injerto, además de brindar buenos resultados postoperatorios. Es el único tipo de injerto que posee los 3 mecanismos necesarios para regeneración ósea: osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción. (32)

Xenoinjerto

Este tipo de injertos son de origen animal, pueden ser de especies bovinas, porcinas, equinas y coralinas. Son injertos sin componente orgánico con el objetivo de reducir la respuesta inmune del organismo, además poseen una estructura cristalina y porosa con minerales óseos similares al hueso humano. Aunque carecen de una propiedad osteogénica, debido a su parecido con el lecho receptor es una opción aceptable con resultados clínicos satisfactorios. (14) (33)

Aloinjerto

Es un tipo de injerto óseo proveniente de otro individuo de la misma especie. Es osteogénico, osteoconductor y osteoinductor, pero puede presentar problemas de compatibilidad, transporte y almacenaje. Se puede obtener de donantes vivos o también de cadáveres, el cual se esteriliza a una temperatura de -80°C , donde se elimina cualquier célula que no permita la compatibilidad con el lecho receptor. Esto provoca la pérdida de la capacidad osteogénica del injerto, pero conserva su capacidad mineral. (33) (34)

Aloplástico

Es de origen sintético, por lo que carece de propiedades osteogénicas y osteoinductivas. Es un material que cuenta con microporosidades, debido a esta característica favorece el paso de vasos sanguíneos hacia su interior, lo que permite que se desarrolle nuevo tejido óseo. Algunos ejemplos de este tipo de injertos son: Hidroxiapatita, Fosfato tricálcico y Biovidrios. (35)

2.1.8 Tipos de biomateriales

Es un biomaterial utilizado en regeneración ósea que, además de reemplazar el hueso que se ha perdido debe estimular el proceso de formación y reparación natural del tejido óseo, sin interferir en las actividades funcionales de vasos y nervios. (36)

Biomateriales cerámicos

Su composición química y estructural es parecida a la matriz mineralizada natural del hueso. Tienen propiedades biocompatibles y osteoinductivas. Pueden utilizarse de manera individual o en combinación con moléculas orgánicas. A su vez, los biocerámicos pueden ser clasificados en Bioinertes, Bioactivos y Bioabsorbibles. Algunos ejemplos son: (14) (36)

- Hidroxiapatita.
- Fosfato tricálcico (TCP).
- Vidrios bioactivos.

Biomateriales poliméricos

Pueden ser de dos tipos, biodegradables utilizados como andamios para la formación ósea, o no biodegradables que sirven para otorgar soporte estructural. (36)

- Ácido poliláctico.
- Polímero de ácido poliláctico-ácido glicólico.

2.2 Hidroxiapatita

El tejido óseo se encarga de otorgar resistencia mecánica a todo el organismo, interviene en la formación de células sanguíneas, así como en la regulación de iones calcio y fosfato, y almacenando grasas y minerales. Está formado por un componente orgánico, un componente inorgánico y agua. El principal componente inorgánico de huesos y dientes es la hidroxiapatita, lo que proporciona resistencia, rigidez, durabilidad y biocompatibilidad con el tejido óseo. En el esmalte, el componente inorgánico corresponde al 97%, en dentina al 70% y en hueso al 65%. (37) (38)

La hidroxiapatita (HA), a diferencia de los biomateriales tradicionales, tiene una mayor resistencia a la alta tensión. Por ello, al incorporar partículas de hidroxiapatita a los biomateriales normales, se mejora su integridad mecánica. Sin embargo, al incorporar hidroxiapatita en materiales compuestos, los investigadores han logrado mejorar su integridad mecánica. (37)

2.2.1 Síntesis de hidroxiapatita

La hidroxiapatita es un biomaterial muy valioso, cuenta con un comportamiento diferente influenciado por la composición química de su superficie, la estructura cristalina y el tamaño de partícula. Existen diferentes técnicas para sintetizar HA. Algunas técnicas son: (37) (39)

- Precipitación húmeda.
- Sol-Gel.
- Síntesis sonoquímica.
- Deposición biomimética.
- Deposición electroquímica.

2.2.2 Hidroxiapatita de diferentes dimensiones

- **Hidroxiapatita de dimensión 0:** Se forman mediante técnicas de precipitación, sol-gel o deposición biomimética. Son nanopartículas que cuentan con 3 dimensiones a escala nanométrica como partículas esféricas. Tienen aplicaciones en ingeniería tisular, relleno de materiales y en la administración de fármacos.
- **Hidroxiapatita unidimensional:** Tiene una dimensión más grande que la anterior, pueden ser nanobarras o nanotubos. Se forman utilizando métodos hidrotermales y electrohilado. Se utilizan en estructuras de andamiaje óseo y en administración de fármacos.
- **Hidroxiapatita bidimensional:** Presentan 2 dimensiones a escala nanométrica, resultando en formas planas. Para su formación se realizan procesos hidrotermales de materiales estratificados. Se suelen utilizar como recubrimiento para implantes, ingeniería tisular y en administración de fármacos.
- **Hidroxiapatita tridimensional:** Tiene sus 3 dimensiones a escala macro o micro. Se sintetizan mediante prensado en caliente e impresión 3D. Se utilizan en su mayoría como sustitutos óseos gracias a su soporte estructural, además de promover la regeneración tisular. (37)

2.2.3 Hidroxiapatita Biomimética

La combinación iónica de la hidroxiapatita en la red cristalina consigue una menor liberación de iones, permitiendo una correcta función biológica en los procesos de remodelación. Los iones más estudiados para sustituciones de HAp incluyen Sr^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Na^+ , K^+ , Li^+ , Ag^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} y Cu^{2+} . (38)

2.3 Biovidrios

Estos materiales se caracterizan por ser aparentemente duros y frágiles. La estructura de los vidrios ha sido ampliamente estudiada. La teoría que más destaca es propuesta por Zachariasen en 1932, la cual hace referencia que, a una misma composición, la rigidez de un sólido en estado vítreo y cristalino son muy similares dentro de un amplio rango de temperaturas. (40)

Se aplican ampliamente en la ingeniería de tejidos y recientemente se han mejorado mediante la incorporación de iones terapéuticos como óxidos metálicos, incluidos boro, cobre, cobalto, plata, zinc y estroncio. Estos materiales se disuelven al ser expuestos a fluidos corporales, esto permite que se formen cristales de apatita y que pueda unirse químicamente con los cristales de apatita de los tejidos óseos (41) (42)

Los biovidrios están formados por una combinación de sílice, óxido de sodio, óxido de calcio y pentóxido de fósforo. Su característica principal es la capacidad de unirse directamente tanto al tejido óseo como al tejido blando, lo cual favorece la regeneración ósea. Este tipo de material fue descubierto por Larry Hench en 1969, representando la primera alternativa frente a los implantes disponibles en esa época. (43) (44)

2.3.1 Tipos de Biovidrios

Biovidrio - 45S5

El vidrio bioactivo, 45S5 Bioglass está compuesto de 45% de óxido de silicio (SiO_2), 24,5% óxido de calcio (CaO), 24,5% óxido de sodio (Na_2O) y 6% óxido de fósforo (P_2O_5). Fue el primer material artificial en proporcionar un interfaz de enlace con el hueso y con los tejidos blandos. Los biovidrios tienen la capacidad de liberar de iones de Silicio (Si^{4+}) y Calcio (Ca^{2+}) lo que aumenta la expresión del factor de crecimiento de osteoblastos y estimula el crecimiento óseo alrededor del defecto. (43) (44)

Se realiza mediante procesos de fusión a una temperatura entre 100 °C y 200 °C lo que facilita la eliminación de gases atrapados dentro del material, facilitando la eliminación de burbujas. El proceso puede repetirse varias veces para alcanzar una calidad, homogeneidad y pureza superiores. La mayoría de los vidrios bioactivos se funden en crisoles de platino por su resistencia a la corrosión y la erosión, así como por su baja solubilidad al entrar en contacto con el vidrio fundido. (41)

PerioGlass (NovaBone)

Contiene partículas entre 90-710 μm , que se usan para tratar defectos óseos periodontales. Es efectivo principalmente en técnicas regenerativas para el periodonto, induciendo la formación de tejido óseo en zonas interdenciales debido a su capacidad para penetrar defectos óseos y estimular la regeneración ósea. Reduce la profundidad de sondaje al mejorar los niveles de inserción clínica en defectos intraóseos periodontales. (45)

Biovidrio S53P4 (BonAlive)

Biovidrio particulado con un tamaño de partícula de 1–4 mm. Es utilizado para tratar infecciones óseas crónicas como la osteomielitis y defectos óseos grandes mandibulares o las fracturas del suelo mastoideo u orbitario. Compuesto por 53% dióxido de silicio (SiO_2), 4% pentaóxido de difósforo (P_2O_5), 20% óxido de calcio (CaO) y 23% óxido de sodio (Na_2O). (46) (47)

Este material es osteoestimulante, eso quiere decir que tiene la capacidad de activar células formadoras de hueso, además, puede inhibir el crecimiento bacteriano, esto lo convierte en un elemento idóneo en procedimientos de regeneración ósea. BonAlive tiene la capacidad de adherirse químicamente a los tejidos y al hueso, lo que facilita su crecimiento. Los osteoblastos y osteoclastos son estimulados por los iones de silicio y calcio que son liberados para iniciar con el proceso de formación de hueso. (48)

Biovidrio - BG

Estimula células regenerativas, lo que lleva a la restauración de los tejidos periodontales y favorece la nueva inserción. Puede promover la diferenciación y proliferación celular al tiempo que proporciona una resistencia mecánica adecuada como los tejidos del huésped. Estudios previos han demostrado que pueden regular las respuestas celulares e inmunitarias del huésped hacia los materiales implantados, también tiene una característica de hemocompatibilidad, es decir, es adecuado para el contacto con la sangre. (45)

2.3.2 Actividad antibacteriana

El tamaño de partícula es determinante clave en la actividad antibacteriana, los diámetros de partícula más pequeños tuvieron una mayor efectividad. El vidrio bioactivo 45S5 y el S53P4 han demostrado que inhibe el crecimiento de *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus mutans* y *Acinetobacter baumannii* al causar deformación de las células y formación de agujeros en las membranas celulares. (49)

Los biovidrios son capaces de alcanzar a las bacterias que se encuentran dentro de la matriz protectora del biofilm, también pueden ser eficaces contra células que tienen baja actividad metabólica y que permanecen latentes en el biofilm. Cuando el biovidrio S53P4 entra en contacto con fluidos corporales, se empiezan a liberar iones de Sodio (Na), Calcio (Ca), Silicio (Si) y Fósforo (P), que transforman el ambiente en un pH alcalino, que no es favorable para el desarrollo de las bacterias. Esto ocasiona que la presión osmótica se eleve, convirtiéndose en un mecanismo eficaz en contra del crecimiento bacteriano. (48) (50)

3. CAPÍTULO III. METODOLOGIA

3.1 Metodología PRISMA

Page M. menciona que la metodología PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) detalla las fases desde la elección hasta la inclusión final de los documentos, lo que permite la recolección y análisis de los artículos y manuscritos que serán empleados para el desarrollo del proyecto de investigación. En base al autor mencionado, la investigación se realizará mediante las directrices PRISMA 2020, para garantizar la confiabilidad y la aplicabilidad de los hallazgos encontrados. (51)

3.2 Formulación de la pregunta PICO

El formato PICO surge con el objetivo de desarrollar una pregunta estructurada utilizando las variables de la investigación para elaborar una estrategia de búsqueda bibliográfica, que sea eficiente y que facilite el acceso a las fuentes bibliográficas. (52)

- **P:** Patient
- **I:** Intervention
- **C:** Comparison
- **O:** Outcomes

Tabla 1. Pregunta PICO

P	Pacientes con defectos óseos maxilares y mandibulares.
I	Uso de biomateriales como hidroxiapatita y biovidrios.
C	Uso de otros tipos de injertos. (Opcional)
O	Regeneración ósea.

Elaborado por el autor

Pregunta PICO: ¿En pacientes con defectos óseos maxilares y mandibulares, el uso de biomateriales como hidroxiapatita y biovidrios permite una regeneración ósea?

3.3 Fuentes de información y estrategias de búsqueda

Se utilizaron términos de búsqueda MeSH (Medical Subject Headings) y términos DeCs (Descriptor en Ciencias de la Salud) de BIREME junto con operadores booleanos como “AND”, “OR”, “NOT” en diferentes bases de datos científicas reconocidas como Pubmed, Scopus y Scielo. La búsqueda de información se centró en publicaciones de los últimos 5 años tanto en idioma inglés y español para garantizar una información actualizada. La combinación de los términos de búsqueda y las palabras clave, junto con el uso de operadores booleanos incluyen:

Tabla 2. Cadena de búsqueda para PubMed

PubMed	
<i>("Bone grafts") AND (("Bone regeneration") OR ("Bone remodeling") OR ("Bone augmentation")) AND ("Dentistry") AND ("Hydroxyapatite")</i>	62
<i>("Bone grafts") AND ("Biomaterials") AND (("Bone regeneration") OR ("Bone remodeling") OR ("Bone augmentation")) AND ("Dentistry") AND ("Hydroxyapatite")</i>	21
<i>("Bone grafts") AND (("Bone regeneration") OR ("Bone remodeling") OR ("Bone augmentation")) AND ("Dentistry") AND (("Bioglass") OR ("Bioactive glass"))</i>	12

Elaborado por el autor

Tabla 3. Cadena de búsqueda para Scopus

Scopus	
<i>("Bone grafts") AND ("Human") AND ("Biomaterials") AND (("Bone regeneration") OR ("Bone remodeling") OR ("Bone augmentation")) AND ("Dentistry") AND ("Hydroxyapatite")</i>	23
<i>("Bone grafts") AND (("Bone regeneration") OR ("Bone remodeling") OR ("Bone augmentation")) AND ("Dentistry") AND (("Bioglass") OR ("Bioactive glass"))</i>	17

Elaborado por el autor

Tabla 4. Cadena de búsqueda para SciELO

SciELO	
<i>(Bone regeneration) AND (Hydroxyapatite)</i>	56
<i>(Bone regeneration) AND (Bioactive glass)</i>	16
<i>((Bone regeneration) OR (Bone remodeling)) AND (Dentistry) AND (Hydroxyapatite)</i>	2
<i>(injerto óseo) AND (regeneración ósea) AND (Hidroxiapatita)</i>	2

Elaborado por el autor

3.4 Criterios de Selección

Tabla 5. Criterios de inclusión

Criterios de Inclusión
<ul style="list-style-type: none">• Artículos científicos publicados en los últimos 5 años.• Artículos en el idioma español o inglés.• Artículos de acceso libre.• Artículos con texto completo.• Publicaciones de tipo sistemáticas, metaanálisis, estudios clínicos, experimentales o tesis.

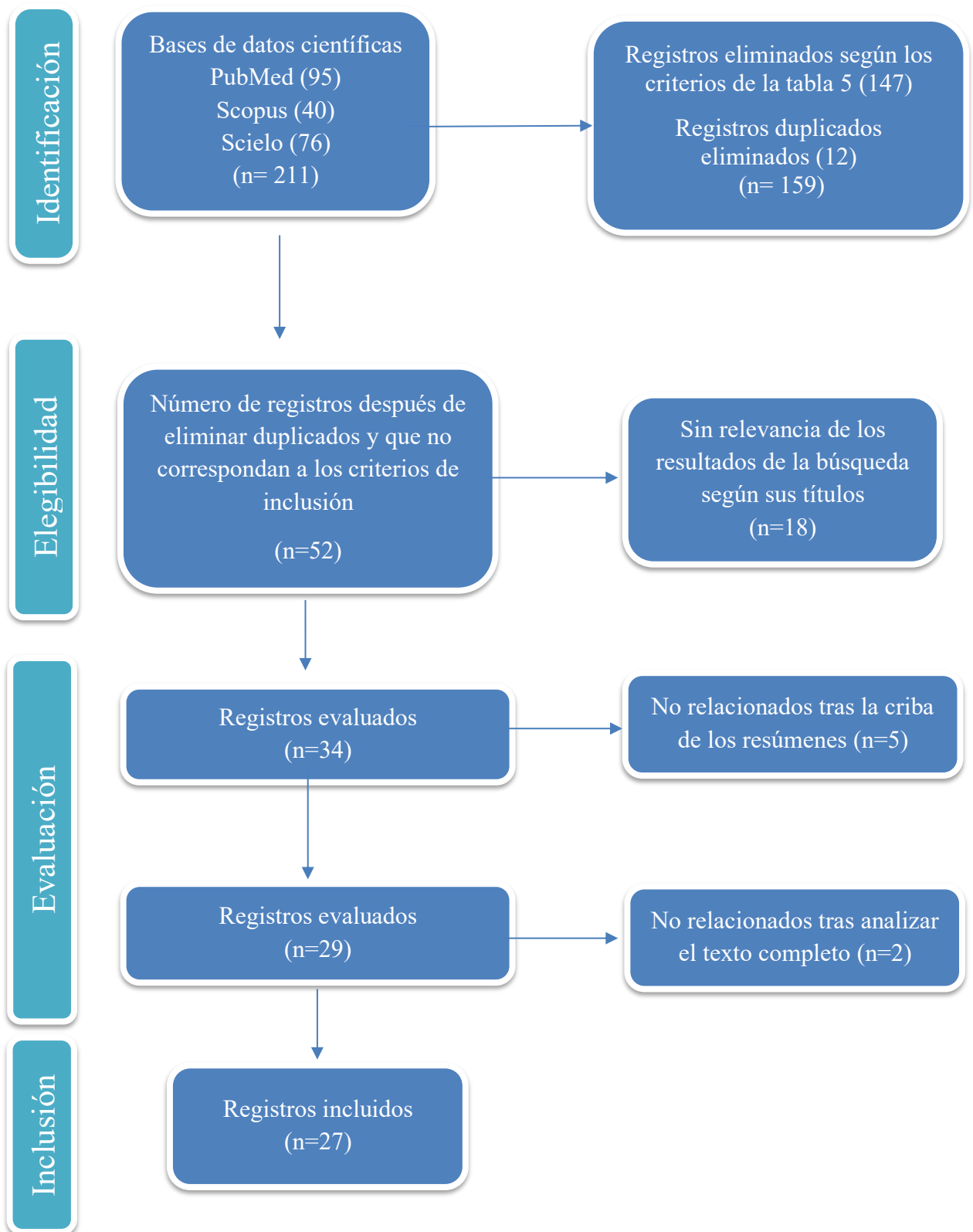
Elaborado por el autor

Tabla 6. Criterios de exclusión

Criterios de Exclusión
<ul style="list-style-type: none">• Artículos publicados hace más de 5 años.• Artículos de pago.• Artículos incompletos.• Artículos que no cumplan los criterios establecidos.

Elaborado por el autor

Figura 1. Diagrama de Flujo PRISMA del proceso de selección de estudio.



Elaborado por el autor

Descripción. La búsqueda exhaustiva de los artículos dio como resultado un total de 211 publicaciones de investigación en tres bases de datos importantes: 95 de PubMed, 40 de Scopus, y 76 de SciELO. En primer lugar, se aplicó los primeros filtros mencionados en la tabla 5, eliminando 147 publicaciones y obteniendo 64 artículos. En segundo lugar, se eliminaron 12 duplicados dejando 52 artículos para revisión. En tercer lugar, se evaluó la relevancia de los resultados de la búsqueda según sus títulos y se eliminaron 18 artículos, quedaron 34 estudios. En cuarto lugar, se eliminaron 5 artículos no relacionados tras la criba de los resúmenes y, por último, se leyeron y analizaron los textos completos eliminando 2 artículos, con un resultado final de 27 artículos para utilizar en los resultados.

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Tabla 7. ¿Cuáles son los mecanismos de integración biológica de la hidroxiapatita y los biovidrios con el tejido óseo en los procedimientos de regeneración ósea en odontología?

Autor	Tipo de material	Tipo de estudio	Complemento	Mecanismo de integración
Al-Harbi N, et al. (53)	Biovidrio	Revisión		Osteoinducción: Forma una capa de hidroxicarbonato apatita (HCA) biológicamente activa, química y estructuralmente similar al hueso entre el tejido y el material
Bellato C, et al. (54)	Biovidrio	Experimental	Terapia laser	Osteoconducción: actúa como una estructura para la infiltración celular de osteoblastos y osteoclastos. La acción del láser permite que exista proliferación vascular.
Buryanov O, et al. (55)	Biovidrio	Experimental	Aspirado de médula ósea Plasma rico en plaquetas Plasma rico en fibrina	Osteoinducción: forma una capa de apatita en la superficie y la liberación de iones de Si y Ca estimulan la regeneración ósea. Osteogénesis: El uso combinado de ingeniería de tejidos con biovidrio promueve la osteogénesis
Khayatan D, et al. (56)	Biovidrio	Revisión	SrO (BG6Sr)	Promueve la formación de hueso, es capaz de estimular la proliferación y diferenciación de células osteoblásticas mediante la liberación iónica de Si y Ca. Puede activar la vía de señalización Wnt/ β -catenina.
Kurokonda H, et al. (57)	Biovidrio	Experimental	Plata (Ag) + Gadolinio (Gd)	Su capacidad de liberar iones permite la generación de una respuesta bioactiva que induce a la formación de una capa de hidroxicarbonato

				<p>apatita (HCA) en la superficie del vidrio</p> <p>Las partículas de plata incrementan el potencial de formación de células óseas a través de vías de diferenciación y proliferación de células madre mesenquimales (MSC).</p> <p>Las partículas de gadolinio regulan el comportamiento celular, así como la regeneración ósea, acelerando la diferenciación osteogénica de MSC.</p>
Alves B, et al. (58)	Hidroxiapatita	Experimental	Alginato	Osteoconducción: Promueven la proliferación celular debido a que los andamios no son citotóxicos
Khayatan D, et al. (56)	Hidroxiapatita	Revisión		<p>Restablece los efectos ocasionados por los beta-agonistas y por la cortisona en los marcadores de muerte de los osteoblastos y diferenciación celular.</p> <p>La sinterización híbrida de HA por microondas al 100 % de potencia incrementa el número de marcadores osteogénicos y disminuye los marcadores relacionados con la resorción celular</p>
Liu Y, et al. (59)	Hidroxiapatita	Experimental	Notoginsenosido R1 (NGR1)	NGR1 incrementa la expresión de la vía de señalización MAPK/ERK y reduce los efectos de TNF- α , potenciando la formación de células osteogénicas y reduciendo la expresión de células inflamatorias. Acelera promueve la formación y diferenciación de osteoblastos y la calcificación de la matriz

				al regular la expresión de la vía de señalización del receptor de estrógeno. A su vez reduce el número de citocinas proinflamatorias. Reduce la apoptosis de las células β mediante la activación de la vía de señalización de Wnt/ β -catenina y PI3K/AKT/GSK3 β
Brassolatti P, et al. (60)	Hidroxiapatita	Experimental	Ácido poli(láctico-co-glicólico) (PLGA) + Bleed	Osteoconducción: la hidroxiapatita (HA) actúa como andamio ya que imitan la estructura mineral natural del hueso. (PLGA): biocompatible, biodegradable y amplia solubilidad en el agua, que contribuyen a la estabilidad del compuesto, favoreciendo la adhesión celular.
Ribeiro I, et al. (61)	Hidroxiapatita	Experimental	Alginato	Altamente osteoconductor, su combinación permite que se formen poros en la estructura al contactar con los líquidos de los tejidos, se evidencio la presencia de osteoblastos a los 15 días en los bordes del defecto.
Rossi J, et al. (62)	Hidroxiapatita	Experimental	Terapia láser	Esta combinación no ocasiona respuestas inflamatorias intensas, la hidroxiapatita es biocompatible y osteoconductor, sirve de soporte para crecimiento óseo, mientras que la terapia laser favorece la producción de células formadoras de hueso y estimula la cicatrización.
Santos A, et al. (63)	Hidroxiapatita	Experimental	Alginato + Gel	Su propiedad osteoconductor forma polímeros que pueden atraer moléculas que

				<p>intervienen en la diferenciación de osteoblastos, la presencia del alginato favorece la liberación iónica de Ca y PO₄ que se encuentran en HA, y el gel imita las fases naturales del hueso</p>
--	--	--	--	---

Elaborado por el autor

Descripción. Los principales mecanismos de integración de los biovidrios se basan en la liberación iónica de Si y Ca que permiten la formación de capa de hidroxicarbonato apatita (HCA) en la superficie del injerto, así como su capacidad osteoconductiva y osteoinductiva al funcionar como andamio durante la regeneración ósea. El 20% de los autores que mencionan a los biovidrios no mencionan ningún material como complemento, mientras que el 80% utilizan otro material para potenciar las propiedades de los biovidrios, lo que a su vez estimula la proliferación y diferenciación de células osteoblásticas. En cuanto a la hidroxiapatita, al ser similar al hueso favorece la adhesión a los tejidos y podemos destacar su propiedad osteoconductora al funcionar como andamio. El 42,86% de los autores, utilizaron alginato de manera complementaria para estimular la proliferación de osteoblastos, mientras que el resto de los autores utilizaron diferentes complementos como marcadores específicos o ingeniería de tejidos para estimular la formación de tejido óseo.

Tabla 8. ¿Cuáles son las ventajas y limitaciones del uso de la hidroxiapatita y los biovidrios utilizados en la regeneración ósea en odontología?

Autor	Tipo de material	Ventajas	Limitaciones	Conclusión
Al-Harbi N, et al. (53)	Biovidrio	Disolución de iones alcalinos Capacidad de dopar elementos antibacterianos Carga de antibiótico	Baja resistencia mecánica y alta fragilidad	Amplia actividad antibacteriana debido a la disolución de iones que provocan un aumento del pH y una mayor presión osmótica La liberación de antibióticos se realiza durante la degradación del material
Buryanov O, et al. (55)	Biovidrio + ingeniería de tejidos (Aspirado de médula ósea, Plasma rico en plaquetas, Plasma rico en fibrina)	Aumenta el crecimiento óseo Cicatrización más rápida al combinarla con ingeniería de tejidos Promueve la osteogénesis	Pacientes con trombocitopenia, hipofibrinogenemia, colapso, infecciones, hepatopatía crónica, anticoagulación y cáncer.	La combinación de biovidrios con ingeniería de tejidos estimula a las células osteogénicas, se puede observar una diferencia notable a partir de las 12 semanas.
Kurokonda H, et al. (57)	Biovidrio	Osteoconductor Osteoestimulante Actividad antibacteriana No citotóxica	Tasa de degradación retardada Baja resistencia mecánica Baja resistencia a la fractura	El uso de BG en defectos óseos periodontales es efectivo por sí solo o en combinación con otros materiales, la combinación de BG dopado con Ag y Gd permite superar las desventajas de usar BG solo, para ser utilizado como andamio en defectos óseos
Vijayalakshmi R, et al. (64)	Biovidrio	Alta bioactividad	Baja resistencia a la flexión	Su alta bioactividad estimula la

		<p>Estimula la concentración de proteínas utilizadas por los osteoblastos</p> <p>Fuerte unión con el hueso.</p>	<p>Deformación por fractura</p> <p>Tendencia a la fractura</p>	<p>proliferación de osteoblastos y factores de crecimiento para unirse a sus partículas, ocasionando que los defectos se rellenen más rápido en comparación con otros materiales menos bioactivos como la HA.</p>
<p>Brassolatti P, et al. (65)</p>	<p>Hidroxiapatita + Ácido poli(láctico-co-glicólico) (PLGA) + Bleed</p>	<p>Hemostasia</p> <p>Rápida respuesta celular</p> <p>Rápida activación de los osteoblastos</p> <p>No causa inflamación sistémica exacerbada.</p>		<p>En los primeros días la inflamación fue leve, al tercer día ya se podían observar células osteoblásticas</p> <p>Modula la actividad de algunos genes involucrados en el proceso de regeneración ósea</p>
<p>Patil R, et al. (66)</p>	<p>Hidroxiapatita + fibrina rica en plaquetas de titanio (T-PRF)</p>	<p>Liberación de factores de crecimiento</p> <p>Buena capacidad de osteointegración</p> <p>Promueve la formación de hueso</p> <p>T-PRF mejora la función de los injertos óseos</p> <p>Reduce la morbilidad del sitio donante</p> <p>Alta biocompatibilidad</p> <p>Similar al hueso natural</p>	<p>Dificultad de preparación de T-PRF</p> <p>Variación de factores personales y ambientales de los pacientes</p>	<p>Esta combinación es viable para preservar la cresta alveolar, reducir la reabsorción y promover la formación de tejido óseo.</p>

Santos A, et al. (63)	Hidroxiapatita	Biocompatible Bioactiva Osteoconductora	Malas propiedades mecánicas Baja solubilidad Baja tasa de absorción	Se puede combinar con otro tipo de materiales para mejorar sus propiedades de osteointegración, osteoconductividad, estabilidad, resistencia y promover la formación de tejido óseo
-----------------------	----------------	---	---	---

Elaborado por el autor

Descripción. En los biovidrios, las ventajas descritas son su alta bioactividad, su capacidad antibacteriana y su liberación iónica para estimular la proliferación de osteoblastos, además si este material se usa en combinación con otro elemento puede incrementar los niveles de formación de hueso. De igual manera, los autores coinciden con las limitaciones presentes en los biovidrios, baja resistencia mecánica, alta fragilidad, baja resistencia a la fractura, degradación lenta. En relación con la hidroxiapatita, las ventajas coinciden con biocompatibilidad y propiedad osteoconductiva, las limitaciones de este material se deben a sus deficientes propiedades mecánicas y absorción lenta, sin embargo, se menciona que al ser combinada con ingeniería de tejidos se puede mejorar la respuesta celular, reducir la inflamación y promover la formación de hueso.

Tabla 9. ¿Cuáles son las principales indicaciones clínicas y consideraciones para el uso adecuado de la hidroxiapatita y los biovidrios en procedimientos de regeneración ósea en odontología?

Autor	Tipo de material	Indicaciones clínicas	Complemento	Conclusión
Al-Harbi N, et al. (53)	Biovidrio	<p>Recubrimiento para implantes</p> <p>Defectos periodontales</p> <p>Apósito postexodoncia</p>		<p>Pueden formar una capa de hidroxiapatita entre el implante y el tejido, facilitando la integración del implante.</p> <p>Reduce la profundidad de la bolsa periodontal al sondaje y se aumenta el nivel de inserción.</p> <p>La liberación de iones por parte de BG es capaz de estimular factores de crecimiento, antiinflamatorios y angiogénicos.</p>
Pereira R, et al. (67)	Biovidrio	Elevación de seno maxilar	Injerto autólogo	<p>Al entrar en contacto con el organismo se empieza a formar una capa de gel de sílice y fosfato de calcio sobre la superficie de la partícula, y a medida que esta se desintegra, es colonizada por osteoblastos, a través de una disolución química y acción de los macrófagos.</p>
Vijayalakshmi R, et al. (64)	Biovidrio	Terapia regenerativa periodontal		Su liberación iónica le permite adherirse al hueso y al

		Defectos intraóseos Alveolos postextracción		colágeno del tejido conectivo, lo que estimula la formación de hueso dentro del alveolo, también induce la proliferación de proteínas morfogenéticas óseas y factores de crecimiento.
Gupta V, et al. (68)	Hidroxiapatita	Defectos óseos maxilomandibulares Post-enucleación de quistes maxilomandibulares Cirugía periapical Defectos infraóseos	Polímero de fibrina rica en plaquetas inyectable (i-PRF)	La combinación de i-PRF y HA producen una mejor cicatrización ósea, más rápida y eficaz en defectos óseos maxilomandibulares en comparación con el uso de hidroxiapatita sola
Koksi N, et al. (69)	Hidroxiapatita	Defectos óseos maxilares en niños Quistes postenucleación Lesiones periapicales Capacidad de cicatrización comprometida Defectos periodontales Alvéolos postextracción Planificación de implantes	PRP + β -TCP PRF + β -TCP	El PRF + nano HA + β -TCP fue capaz de formar tejido óseo de una manera más rápida y un tejido más denso. Además, optimiza la cicatrización de los tejidos y estimula la regeneración ósea debido a su propiedad de liberar factores de crecimiento, lo que a su vez mejora la unión y proliferación de osteoblastos. Esto estimula la producción de proteínas colágenas, permitiendo una regeneración ósea eficiente.

Mohd N, et al. (70)	Hidroxiapatita	<p>Aumento de la cresta ósea</p> <p>Alvéolos postextracción</p> <p>Defectos óseos</p> <p>Planificación de implantes</p>	TCP	<p>La combinación de estos dos elementos forma un compuesto similar al hueso esponjoso, seguro y biocompatible, con propiedades osteoconductoras y osteoinductivas.</p> <p>Si la HA se encuentra en mayor proporción, la estabilidad del injerto será más estable y resistente a la masticación.</p>
Patil R, et al. (66)	Hidroxiapatita	<p>Alvéolos postextracción</p> <p>Lesiones periapicales</p> <p>Preservación de la cresta alveolar</p> <p>Defectos periodontales</p>	Fibrina rica en plaquetas de titanio (T-PRF)	<p>Se pueden mantener la dimensión de la cresta alveolar postextracción, logrando una buena remodelación ósea y una cicatrización estable, sin embargo, requiere un mayor periodo de seguimiento.</p>
Rossi R, et al. (71)	Hidroxiapatita	<p>Alvéolos postextracción</p> <p>Preservación alveolar</p> <p>Planificación de implantes</p>		<p>Material osteoconductor que promueve la proliferación y colonización celular, se degrada de manera progresiva por los osteoclastos y forma un nuevo tejido en un periodo de 6-12 meses, permitiendo la preservación del alvéolo.</p>

Elaborado por el autor

Descripción. Se mencionan las principales indicaciones clínicas de los biovidrios y la hidroxiapatita dentro del campo odontológico. Los biovidrios están indicados principalmente en tratamiento de defectos óseos periodontales para una terapia regenerativa periodontal más eficiente, se utiliza también en tratamientos post exodoncia para preservar el alveolo y el porcentaje de hueso y como recubrimiento para implantes. También se menciona que los biovidrios pueden ser empleados en elevación del seno maxilar, pero en combinación con injerto autólogo para potenciar formación de células osteogénicas. La hidroxiapatita es ampliamente utilizada para tratar lesiones y defectos periodontales, defectos maxilomandibulares, también es utilizada en la planificación de implantes, y en la preservación alveolar. Se utiliza principalmente en combinación ingeniería de tejidos y fosfato tricálcico para potenciar su efectividad.

4.2 Discusión

Los injertos óseos pueden provenir de diferentes orígenes, de los cuales el injerto autólogo continúa siendo el estándar de oro, pero debido a que ocasiona morbilidad de la zona donante se han desarrollado otro tipo de injertos como los aloplásticos, injertos óseos sintéticos, los cuales poseen amplias propiedades para su utilización, por ello, esta revisión buscaba evaluar a los biovidrios y a la hidroxiapatita para ser utilizados como injertos óseos. Los resultados demostraron que la hidroxiapatita y los biovidrios son ampliamente utilizados en procedimientos de regeneración ósea por su elevada biocompatibilidad, bioactividad y su alta inmunogenicidad. Los biovidrios presentan varios mecanismos de integración, gracias a sus propiedades osteoconductoras y osteoinductivas, este material tiene la capacidad de liberar iones de Si y Ca para formar una capa de Hidroxicarbonato en la superficie del injerto, la cual le permite unirse al tejido y estimular la proliferación de células formadoras de hueso. De igual manera autores como Cheah C, coinciden en que los biovidrios pueden formar una capa de hidroxicarbonato apatita en la superficie al entrar en contacto con los fluidos de los tejidos, lo que a su vez interviene en el mecanismo de formación de hueso. (72) Asimismo, la hidroxiapatita al ser un material muy similar al hueso natural, presenta un mecanismo de integración osteoconductor principalmente y actúa como andamio en los procedimientos de regeneración, pero en base a los resultados se ha demostrado que su uso combinado con ingeniería de tejidos, o en conjunto con el láser de baja potencia puede mejorar las propiedades del injerto y su mecanismo de integración biológica, lo que promueve y estimula a las células osteoblásticas, acelerando el proceso de regeneración y cicatrización. Cabe añadir que, Fernández I, también menciona que la combinación de materiales biocerámicos a base de hidroxiapatita impresos en 3D, al ser combinado con PLA, puede potenciar la integración y el crecimiento de hueso en procedimientos de regeneración ósea. (73)

Al ser materiales óseos sintéticos, no presentan limitaciones en cuanto a la zona donante, la principal ventaja de los biovidrios es su amplia bioactividad, sumando su propiedad inmunogénica debido a su capacidad de liberación iónica, la cual ocasiona un aumento en los niveles de pH evitando la proliferación bacteriana, lo que a su vez estimula la proliferación de células osteoblásticas. En cuanto a las limitaciones, autores como Cheah C, coincide en cuanto a nuestros resultados que este material tiene baja resistencia mecánica, es un material frágil y tiene una baja resistencia a la fractura. (72) Utilizar hidroxiapatita como injerto óseo tiene ventajas relacionadas con su biocompatibilidad con los tejidos del cuerpo y su propiedad osteoconductoras. En cuanto a sus limitaciones, se deben por su deficiente resistencia mecánica y absorción lenta. Del mismo modo, Song, S, menciona que este material es susceptible a ser contaminado por patógenos y tiene una capacidad inmunomoduladora, por lo que en su estudio combinaron a la HA con una capa del probiótico *Akkermansia muciniphila* para evitar y combatir infecciones y regular el entorno biológico. (74) Por esta razón se destaca la importancia de combinar los injertos con otro material para superar las limitaciones de cada uno, sin embargo, también existen estudios como el de Santos G, que combinaron hidroxiapatita con magnesio (Mg) pero no se obtuvo una diferencia significativa de mayor neoformación de hueso ni resultados relevantes en comparación con utilizar hidroxiapatita sola. (75) Mientras que, en el estudio de Silva J, en

el que se combinó microesferas de hidroxiapatita con magnesio, en este caso la presencia de Mg estimulo una mayor formación de hueso en los primeros 15 días luego de aplicar el injerto. (76)

Las indicaciones clínicas del uso de biovidrios son varias, pero se utiliza principalmente para el tratamiento de defectos periodontales o en la preservación del alveolo posterior a una extracción, sin embargo, en los resultados encontramos que fue utilizado en combinación con un injerto autólogo para elevar el seno maxilar. Del mismo modo, Queiroz L, demostró que el biovidrio tiene el potencial de ser utilizado como una alternativa a los injertos autólogos, ya que este material favorece la formación de nuevo tejido óseo y se reabsorbe gradualmente. (77) La hidroxiapatita está indicada en planificación de implantes, preservación alveolar, tratamiento de defectos periodontales y maxilomandibulares. De manera similar, el estudio de Zhao R, coincide con nuestra investigación, menciona que la HA es un buen material para ser utilizado en la preservación del alvéolo alveolar antes de la colocación de implantes, de igual manera, indica que su combinación con PLGA favorece la proliferación de osteoblastos. (78) En el estudio de Whang Z, mencionan que la HA en combinación con PLGA puede ser utilizada para tratar defectos óseos craneofaciales por su capacidad de acelerar el proceso de regeneración ósea. (79)

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se determino que los principales mecanismos de integración de la hidroxiapatita y los biovidrios se deben a la osteoconducción y a la osteoinducción, La hidroxiapatita actúa principalmente como un andamio que favorece la adhesión, proliferación y diferenciación celular. Los biovidrios son materiales con una amplia bioactividad, caracterizados principalmente por su liberación iónica que estimula la proliferación de células osteogénicas y su capacidad de formar una capa de Hidroxicarbonato, que les permite una mejor adhesión a los tejidos. Estas características contribuyen a una mejor integración ósea.

Los injertos aloplásticos, hidroxiapatita y biovidrios presenta varias ventajas que permiten el desarrollo de una regeneración ósea efectiva. La hidroxiapatita tiene gran biocompatibilidad y similitud con el hueso natural, sin embargo, al ser un material sintético presenta limitaciones en cuanto a su tasa de reabsorción y sus propiedades mecánicas. Los biovidrios se distinguen por su alta bioactividad, efecto antibacteriano y capacidad para estimular la regeneración ósea, aunque de manera similar que la hidroxiapatita, su fragilidad mecánica puede limitar su uso y aplicación. Sin embargo, en base a la evidencia encontrada, la combinación de estos biomateriales con concentrados plaquetarios o materiales complementarios, les permiten superar sus limitaciones individuales y optimizar los resultados regenerativos.

En base a los estudios analizados, se concluye que la hidroxiapatita es un material indicado en procedimientos odontológicos como la preservación alveolar, la planificación de implantes y la regeneración de defectos óseos maxilomandibulares, debido a su estabilidad y compatibilidad con los tejidos propios del organismo. Los biovidrios, presentan un potencial prometedor en el tratamiento de defectos óseos periodontales y alveolos postextracción, los cuales requieren una mayor estimulación biológica y control de la inflamación. A pesar de ello, la selección del material se debe basar en el tipo de defecto, el entorno y si requiere o no el uso de materiales complementarios.

5.2 Recomendaciones

Realizar más estudios directamente en pacientes utilizando hidroxiapatita y biovidrios como injertos óseos considerando el tipo de defecto óseo, el entorno biológico del paciente y los objetivos terapéuticos para obtener resultados más claros y específicos sobre su comportamiento y eficacia

Se recomienda el uso de hidroxiapatita y biovidrios en combinación con concentrados plaquetarios para optimizar la regeneración ósea y compensar las limitaciones propias a cada biomaterial cuando se utilizan de forma aislada.

La selección del material se debe basar en la evidencia científica disponible, de esta manera podemos garantizar los resultados de un tratamiento y el desarrollo de tejido óseo nuevo, sin embargo, se debe obtener un buen control de los factores del paciente como del entorno para un resultado favorable.

Se recomienda investigar más sobre el uso de injertos óseos sintéticos, en especial cuando son utilizados en combinación con otro tipo de materia que permitan adaptar las propiedades mecánicas y biológicas del injerto a las necesidades específicas del defecto óseo.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Paredes M, Reinoso E, Aldaz E, Arcos K. Implementación de las células madre en la regeneración ósea en la cavidad oral. Univ Médica Pinareñ [Internet]. 2024;20(2024). Disponible en: <https://revgaleno.sld.cu/index.php/ump/article/view/1160/pdf>
2. Avila Narváez JT, Mora Cajilima SM, Carpio Cedillo CP. Injertos, sustitutos óseos, mediadores bioactivos para regeneración ósea: Una revisión actualizada. Res Soc Dev. 23 de junio de 2024;13(6):e14113646042. doi:10.33448/rsd-v13i6.46042
3. Filip DG, Surdu VA, Paduraru AV, Andronescu E. Current Development in Biomaterials—Hydroxyapatite and Bioglass for Applications in Biomedical Field: A Review. J Funct Biomater. 16 de noviembre de 2022;13(4):248. doi:10.3390/jfb13040248 PubMed PMID: 36412889; PubMed Central PMCID: PMC9680477.
4. Bozza B, Pesce P, Baldi D, Bagnasco F, Migliorati M, De Angelis N. Synthetic Biomaterials for Alveolar Bone Regeneration: A Systematic Review of Clinical Evidence. Materials. enero de 2025;18(23):5328. doi:10.3390/ma18235328
5. Rojas R, Sepúlveda N, Cartes-Velásquez R. Uso de hidroxiapatita como recubrimiento en odontología. Una revisión breve. Appl Sci Dent. 28 de diciembre de 2020;1(3). doi:10.22370/asd.2020.1.3.2482
6. Almulhim KS, Syed MR, Alqahtani N, Alamoudi M, Khan M, Ahmed SZ, et al. Bioactive Inorganic Materials for Dental Applications: A Narrative Review. Materials. enero de 2022;15(19):6864. doi:10.3390/ma15196864
7. Menéndez L, Miranda A, Guamán A, Triguero E. Uso de biomateriales para regeneración ósea y dental en malformaciones craneofaciales: una revisión bibliográfica. Rev Cuba Investig Bioméd [Internet]. 2024;43(0). Disponible en: <https://revbiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/3461>
8. Girón J, Kerstner E, Medeiros T, Oliveira L, Machado GM, Malfatti CF, et al. Biomaterials for bone regeneration: An orthopedic and dentistry overview. Braz J Med Biol Res. 2021;54(9). doi:10.1590/1414-431X2021E11055
9. Sachdeva S, Phadnaik MB, Mani A, Saluja H, Singh M. “Prevalence and distribution of bone defects associated with moderate and severe periodontitis patients”. Clin Epidemiol Glob Health. 1 de septiembre de 2020;8(3):712-7. doi:10.1016/j.cegh.2020.01.007
10. WHO. Salud bucodental [Internet]. 2025. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
11. Avila J, Mora S, Carpio C. Grafts, bone substitutes, bioactive mediators for bone regeneration: An updated review. Res Soc Dev. 2024;13(6). doi:10.33448/RSD-V13I6.46042
12. Arroyo B, Moreno A, Velasco A, Pérez L. Avances en la regeneración ósea guiada (GBR) y su aplicación en odontología. Revisión sistemática. Sanitas Rev Arbitr Cienc Salud. 2024;3:181-6.
13. Ravelo V, Torres H, Olate S, Parra M. Utilization of Different Biomaterials in Bone Reconstructions in Ovariectomized Animal Models. Int J Odontostomat. 2024;18(3):298-304.
14. Martínez C, Ozols A. Biomateriales utilizados en cirugía ortopédica como sustitutos del tejido óseo. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol. 2022;77:140-6.
15. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. J Clin Periodontol. febrero de 2005;32(2):212-8. doi:10.1111/j.1600-051X.2005.00642.x

16. Grau León I, Guerra Cobian O, Sánchez Silot C, García Rome J, Peña Ruiz T, Habana L, et al. Regeneración ósea con hueso bovino mineralizado y membrana de colágeno en el tratamiento del alveolo postextracción. Vol. 40. 2024;40:138-44.
17. Correa C, Caballero AD, Mira JF, Salgado RC. Biología del tejido óseo y cambios morfológicos en su regeneración.
18. Ponce O. Regeneración ósea guiada como tratamiento de defectos óseos periimplantarios. Revisión bibliográfica. Universidad Nacional Autónoma de México; 2025.
19. Bances Cecilia LI, Sarmiento Cespedes ND. Uso de injertos óseos y epiteliales en cirugía oral y maxilofacial (2020 - 2023): un análisis bibliométrico. Repos Inst - USS [Internet]. 2024 [citado 2 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/12858>
20. Shu Ya C, Virgilito A, Brusca MI, Garzon ML, Vela Ferreira A. Guided bone regeneration. Health Leadersh Qual Life. 2023;2:148. doi:10.56294/hl2023148
21. Andrés C, Correa P, Caballero AD, Franco Mira J, Salgado RC. Biología del tejido óseo y cambios morfológicos en su regeneración. Rev Cuba Estomatol [Internet]. 2022;59(2). Disponible en: <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/3402>
22. Ramírez D, Azkue A, González M, Ortiz-Vigón A. Defectos de cresta severos en sectores posteriores maxilares y mandibulares. 2025;(374).
23. Maldonado Maldonado DA, Ojeda Maldonado DI, Guerrón Robles SE, Serrano Tufiño EJ, Céspedes Riofrío AE, Falconi Noriega BV. Actualización en el manejo de los defectos óseos: Artículo de revisión. LATAM Rev Latinoam Cienc Soc Humanidades. junio de 2024;5(3). doi:10.56712/latam.v5i3.2181
24. Contreras PT, Delgado PA, Sebastián ;, Cucurella M, Christopher ;, Araya R, et al. Neo Bone Formation of the Mandibular Branch and Body After the Use of a Non-Vascularized Iliac Crest Graft in Immediate Reconstruction after Resection of Follicular Ameloblastoma in an 11-Year-Old Patient. Clinical Case. Int J Odontostomat. 2021;15(3):569-73.
25. Herrera K. Tratamiento quirúrgico del defecto periodontal intraóseo [Internet]. 2022. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/4586/TRABAJO%20DE%20SUFICIENCIA%20PROFESIONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
26. Nibali L, Sultan D, Arena C, Pelekos G, Lin GH, Tonetti M. Periodontal infrabony defects: Systematic review of healing by defect morphology following regenerative surgery. J Clin Periodontol. enero de 2021;48(1):100-13. doi:10.1111/JCPE.13381
27. Regidor E, Ortiz A, Lorenzo R, Montero E. Eficacia clínica de los procedimientos de aumento vertical de la cresta ósea [Internet]. 2019. Disponible en: <https://periocentrum.com/wp-content/uploads/2020/09/articulo-DM-regeneraci%C3%B3n-vertical-PerioCentrum-2.pdf>
28. Ortiz A, Regidor E, Lorenzo R, Oteo A, Gómez D, Vignoletti F. Aumento óseo horizontal de la cresta alveolar atrófica. Revisión de la literatura.
29. Badillo Conde BC, Guamán Lozada DC, Guamán Hernández VA, Lescano Alvarado JB. Reabsorción de los injertos óseos: autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en la preservación alveolar. Esprint Investig. 2025;4(2):207-25.
30. Acurio-Monar JO, Cáseres-León GI, Cazorla-Solís NJ, Paredes-Herrera ME. Biomateriales utilizados en odontología. Rev Arbitr Interdiscip Cienc Salud Salud Vida. 8(1):1559-64. doi:10.35381/s.v.v8i1.3968
31. Chilinguina BRC, Cordova BRG, Delgado ERE, Gómez JLT. Injertos óseos para implantología oral, técnicas y protocolos. Polo Conoc. 21 de marzo de 2024;9(3):3. doi:10.23857/pc.v9i3.6851

32. Bermúdez C, Zambrano J. Avances y desafíos en la Odontología Clínica. Primera. Uleam; 2025.
33. Guamán D. Reabsorción de los injertos óseos: autólogo, xenoinjerto y aloinjerto en la preservación alveolar. 2024.
34. Borrell-Escudé A, Roca-Millan E, Moreno SE, López-López J, Roselló-Llabrés X. ¿Tiene el material de aloinjerto mejores resultados que otros biomateriales en la preservación alveolar? Revisión sistemática y metaanálisis. *Av EN Odontoestomatol.* 2024.
35. González F, Tejo C, Klahn B, Fuentes H. Optimizando la regeneración ósea: Análisis de parámetros determinantes. *Revisión Sistemática [Internet].* 2023 [citado 25 de junio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unab.cl/handle/ria/59273>
36. Arróniz E. Biomateriales para regeneración ósea [Internet]. 2024 [citado 25 de junio de 2025]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/handle/11000/31768>
37. Mondal S, Park S, Choi J, Vu TTH, Doan VHM, Vo TT, et al. Hydroxyapatite: A journey from biomaterials to advanced functional materials. *Adv Colloid Interface Sci.* 2023;321. doi:10.1016/J.CIS.2023.103013
38. Ressler A, Žužić A, Ivanišević I, Kamboj N, Ivanković H. Ionic substituted hydroxyapatite for bone regeneration applications: A review. *Open Ceram.* 2021;6. doi:10.1016/J.OCERAM.2021.100122
39. López Z. Síntesis de hidroxiapatita a partir de cáscaras de huevo de gallina. Universidad Nacional Autónoma de México; 2024.
40. Jaramillo N. Desarrollo de un scaffold para regeneración ósea mediante impresión 3D de una pasta cerámica compuesta de una mezcla de fosfatos de calcio y biovidrio. Universidad Nacional de Colombia; 2021.
41. Santos KW, Costa KJSG, Gonçalves IS, Alves M, Lauda DP, Vasconcellos LMR, et al. Influence of manufacturing parameters on bioactive glass 45S5: Structural analysis and applications in bone tissue engineering. *Ceram Int.* 1 de diciembre de 2024;50(23, Part B):51043-54. doi:10.1016/j.ceramint.2024.10.014
42. Jafari N, Habashi MS, Hashemi A, Shirazi R, Tanideh N, Tamadon A. Application of bioactive glasses in various dental fields. *Biomater Res.* 6 de julio de 2022;26:31. doi:10.1186/s40824-022-00274-6 PubMed PMID: 35794665; PubMed Central PMCID: PMC9258189.
43. Rattanpornsompong K, Rattanaprukskul K, Prachanukoon S, Sriwangyang K, Rinkrathok M, Tagami J, et al. Influence of alloplastic materials, biologics, and their combinations, along with defect characteristics, on short-term intrabony defect surgical treatment outcomes: a systematic review and network meta-analysis. *BMC Oral Health.* 20 de marzo de 2025;25:413. doi:10.1186/s12903-025-05782-0 PubMed PMID: 40114125; PubMed Central PMCID: PMC11927257.
44. Motta C, Cavagnetto D, Amoroso F, Baldi I, Mussano F. Bioactive glass for periodontal regeneration: a systematic review. *BMC Oral Health.* 8 de mayo de 2023;23:264. doi:10.1186/s12903-023-02898-z PubMed PMID: 37158885; PubMed Central PMCID: PMC10169491.
45. Thomas NG, Junior FG de S, Ninan N, Anil S, Raju RS, Varghese N, et al. Bioglass in dentistry: A comprehensive review of current applications and innovative frontiers. *J Dent.* 1 de noviembre de 2025;162:106017. doi:10.1016/j.jdent.2025.106017
46. Skallevoid HE, Rokaya D, Khurshid Z, Zafar MS. Bioactive Glass Applications in Dentistry. *Int J Mol Sci.* 27 de noviembre de 2019;20(23):5960. doi:10.3390/ijms20235960 PubMed PMID: 31783484; PubMed Central PMCID: PMC6928922.

47. Jin Z, Neuville DR, Brauer DS. Glasses for bone regeneration: structural features controlling physical properties and ion release of bioactive glasses 45S5, S53P4 and 13-93. *RSC Adv.* 13 de febrero de 2025;15(7):4997-5006. doi:10.1039/D4RA06081D
48. Reis GNBD, CUBA GT, TARGA WHDC, MIRAS PSC, BONGIOVANNI JC, SALLES MJ, et al. S53p4 bioactive glass putty in the local treatment of cavitary chronic osteomyelitis. *Acta Ortop Bras.* 2023;31(1). doi:10.1590/1413-785220233101e258453 PubMed PMID: 36844131; PubMed Central PMCID: PMC9949206.
49. Zhou P, Garcia BL, Kotsakis GA. Comparison of antibacterial and antibiofilm activity of bioactive glass compounds S53P4 and 45S5. *BMC Microbiol.* 2 de septiembre de 2022;22(1):212. doi:10.1186/s12866-022-02617-8
50. Müller N, Kollert M, Trampuz A, Gonzalez Moreno M. Efficacy of different bioactive glass S53P4 formulations in biofilm eradication and the impact of pH and osmotic pressure. *Colloids Surf B Biointerfaces.* 1 de julio de 2024;239:113940. doi:10.1016/j.colsurfb.2024.113940
51. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ.* 29 de marzo de 2021;372:n160. doi:10.1136/bmj.n160 PubMed PMID: 33781993; PubMed Central PMCID: PMC8005925.
52. Sánchez-Martín M, Plana MP, Gea AIP, Navarro-Mateu F. And, at first, it was the research question... The PICO, PECO, SPIDER and FINER formats [Y, al principio, fue la pregunta de investigación ... Los formatos PICO, PECO, SPIDER y FINER]. *ESPIRAL Cuad Profr.* 23 de marzo de 2023;16(32):126-36. doi:10.25115/ecp.v16i32.9102
53. Al-Harbi N, Mohammed H, Al-Hadeethi Y, Bakry AS, Umar A, Hussein MA, et al. Silica-Based Bioactive Glasses and Their Applications in Hard Tissue Regeneration: A Review. *Pharm Basel Switz.* 20 de enero de 2021;14(2):75. doi:10.3390/ph14020075 PubMed PMID: 33498229; PubMed Central PMCID: PMC7909272.
54. Bellato CP, Oliveira DL de, Kasaya MVS, Moreira D, Cini MA, Saraiva PP, et al. Effect of S53P4 bioactive glass and low-level laser therapy on calvarial bone repair in rats submitted to zoledronic acid therapy. *Acta Cirúrgica Bras.* 2021;36:e360603. doi:https://doi.org/10.1590/ACB360603
55. Buryanov OA, Chorny VS, Dubok VA, Savosko SI, Vakulych MV, Protsenko VV, et al. Regeneración Reparadora Mediante Sustitución de Defectos del Tejido Óseo por Biovidrio, Utilizando Tecnologías de Regeneración. *Int J Morphol.* febrero de 2021;39(1):186-91. doi:10.4067/S0717-95022021000100186
56. Khayatan D, Bagherzadeh Oskouei A, Alam M, Mohammadikhah M, Badkoobeh A, Golkar M, et al. Cross Talk Between Cells and the Current Bioceramics in Bone Regeneration: A Comprehensive Review. *Cell Transplant.* 18 de marzo de 2024;33:09636897241236030. doi:10.1177/09636897241236030 PubMed PMID: 38494898; PubMed Central PMCID: PMC10946075.
57. Korukonda HV, Suresh N, K S. Fabrication and Characterization of an Innovative Silver- and Gadolinium-Doped Bioglass for Bone Regeneration. *Cureus.* diciembre de 2023;15(12):e51086. doi:10.7759/cureus.51086 PubMed PMID: 38274939; PubMed Central PMCID: PMC10808893.
58. Alves BC, Miranda R de S, Frigieri BM, Zuccari DAPC, Moura MR de, Aouada FA, et al. A 3D Printing Scaffold Using Alginate/Hydroxyapatite for Application in Bone Regeneration. *Mater Res.* 2023;26:e20230051. doi:https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2023-0051
59. Liu Y, Zhang Y, Zheng Z, Zhong W, Wang H, Lin Z, et al. Incorporation of NGR1 promotes bone regeneration of injectable HA/nHAp hydrogels by anti-inflammation

- regulation via a MAPK/ERK signaling pathway. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10:992961. doi:10.3389/fbioe.2022.992961 PubMed PMID: 36213055; PubMed Central PMCID: PMC9537692.
60. Brassolatti P, Bossini PS, Andrade ALM de, Luna GLF, Silva JV da, Almeida-Lopes L, et al. Comparison of two different biomaterials in the bone regeneration (15, 30 and 60 days) of critical defects in rats. *Acta Cirúrgica Bras.* 2021;36:e360605. doi:https://doi.org/10.1590/ACB360605
 61. Ribeiro Í dos A, Almeida R dos S, Silva AMGB da, Barbosa Júnior A de A, Rossi AM, Miguel FB, et al. Biological evaluation of critical bone defect regeneration using hydroxyapatite/ alginate composite granules. *Acta Cirúrgica Bras.* 2024;39:e392824. doi:https://doi.org/10.1590/acb392824
 62. Rossi J de O, Araujo EMC, Camargo MEC, Ferreira Junior RS, Barraviera B, Miglino MA, et al. Effectiveness of the Association of Fibrin Scaffolds, Nanohydroxyapatite, and Photobiomodulation with Simultaneous Low-Level Red and Infrared Lasers in Bone Repair. *Mater Basel Switz.* 3 de septiembre de 2024;17(17):4351. doi:10.3390/ma17174351 PubMed PMID: 39274741; PubMed Central PMCID: PMC11395849.
 63. Santos AC dos, Aroni MAT, Pigossi SC, Lopes MES, Cerri PS, Miguel FB, et al. A new hydroxyapatite-alginate-gelatin biocomposite favor bone regeneration in a critical-sized calvarial defect model. *Braz Dent J.* 2024;35:e24. doi:https://doi.org/10.1590/0103-6440202405461
 64. Vijayalakshmi R, Srinivasan S, N A. A short note on bioglass in Periodontics. *Bioinformation.* 2023;19(3):341-4. doi:10.6026/97320630019341 PubMed PMID: 37808378; PubMed Central PMCID: PMC10557441.
 65. Brassolatti P, Castro CA de, Santos HL dos, Simões IT, Almeida-Lopes L, Silva JV da, et al. Systemic and local inflammatory response after implantation of biomaterial in critical bone injuries. *Acta Cirúrgica Bras.* 2023;38:e383823. doi:https://doi.org/10.1590/acb383823
 66. Patil RT, Dhadse PV, Salian SS, Punse SD, Bajaj P, Oza R. Evaluation of Effectiveness of Nanocrystalline Hydroxyapatite and Demineralized Bone Matrix Combined with Titanium-platelet Rich Fibrin for Ridge Preservation: A Randomized Controlled Clinical Trial. *J Contemp Dent Pract.* 2024;25(11):1069-76. doi:10.5005/jp-journals-10024-3786
 67. Pereira R dos S, Bonardi JP, Ouverney FRF, Campos AB, Griza GL, Okamoto R, et al. The new bone formation in human maxillary sinuses using two bone substitutes with different resorption types associated or not with autogenous bone graft: a comparative histomorphometric, immunohistochemical and randomized clinical study. *J Appl Oral Sci.* 2021;29:e20200568. doi:https://doi.org/10.1590/1678-7757-2020-0568
 68. Gupta V, Haidry N, Sinha U, Shivhare P, Xavier F, Sah N. Clinicoradiographic evaluation of polymer of injectable platelet rich fibrin (i-PRF) and hydroxyapatite as bone graft substitute in maxillomandibular bony defects: A double blinded randomised control trial. *Natl J Maxillofac Surg.* 2025;16(2):307-14. doi:10.4103/njms.njms_136_24 PubMed PMID: 41019699; PubMed Central PMCID: PMC12469142.
 69. Koksi N, Yadav G, Saha S, Dhinsa K, Sharma A, Rai A. To Analyze the Efficacy of Platelet-rich Plasma in Contrast to Platelet-rich Fibrin along with Synthetic Nanocrystalline Hydroxyapatite and β -tricalcium Phosphate Bone Graft in Regeneration of Bony Defects in Children. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2023;16(6):842-9. doi:10.5005/jp-journals-10005-2710 PubMed PMID: 38344365; PubMed Central PMCID: PMC10854244.

70. Mohd N, Razali M, Ghazali MJ, Abu Kasim NH. 3D-Printed Hydroxyapatite and Tricalcium Phosphates-Based Scaffolds for Alveolar Bone Regeneration in Animal Models: A Scoping Review. *Mater Basel Switz.* 2 de abril de 2022;15(7):2621. doi:10.3390/ma15072621 PubMed PMID: 35407950; PubMed Central PMCID: PMC9000240.
71. Rossi R, Carli E, Bambini F, Mummolo S, Licini C, Memè L. The Use of Nano-Hydroxyapatite (NH) for Socket Preservation: Communication of an Upcoming Multicenter Study with the Presentation of a Pilot Case Report. *Med Lith.* 2023;59(11). doi:10.3390/medicina59111978
72. Cheah CW, Al-Namnam NM, Lau MN, Lim GS, Raman R, Fairbairn P, et al. Synthetic Material for Bone, Periodontal, and Dental Tissue Regeneration: Where Are We Now, and Where Are We Heading Next? *Mater Basel Switz.* 15 de octubre de 2021;14(20):6123. doi:10.3390/ma14206123 PubMed PMID: 34683712; PubMed Central PMCID: PMC8537464.
73. Fernández I, Haugen H, López M, González A, Muñoz F. Use of 3D-printed polylactic acid/bioceramic composite scaffolds for bone tissue engineering in preclinical in vivo studies: A systematic review - PubMed [Internet]. [citado 6 de enero de 2026]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37454707/>
74. Song S, Zhang W, Zhuang H, Wei W, Cheng S, Qiao D, et al. Dual functional properties of a probiotic biofilm-decorated bone substitute to combat infection and promote osteoimmunomodulation. *Bioact Mater.* marzo de 2026;57:457-73. doi:10.1016/j.bioactmat.2025.11.019 PubMed PMID: 41334377; PubMed Central PMCID: PMC12666132.
75. Santos GG, Nunes VLC, Marinho SMOC, Santos SRA, Rossi AM, Miguel FB. Biological behavior of magnesium-substituted hydroxyapatite during bone repair. *Braz J Biol.* 2021;81:53-61. doi:<https://doi.org/10.1590/1519-6984.217769>
76. Silva J de A, Santos GG dos, Ribeiro Í dos A, Silva AMGB da, Barreto IC, Matos MA, et al. Histomorphometric Study of Non-critical Bone Defect Repair after Implantation of Magnesium-substituted Hydroxyapatite Microspheres. *Rev Bras Ortop.* 2024;59:519-25. doi:<https://doi.org/10.1055/s-0044-1787768>
77. Queiroz L, Cardoso L, Gonçalves M, Ferreira A, Ferreira R, Silva T, et al. Biogran Grafting in Rat Tibia Defects - A Model of High Bone Metabolism Site [Internet]. [citado 6 de enero de 2026]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/babt/a/VQ8GHH3frcwdGvJMc5zWVC/?lang=en>
78. Zhao R, Meng X, Pan Z, Li Y, Qian H, Zhu X, et al. Advancements in nanohydroxyapatite: synthesis, biomedical applications and composite developments. *Regen Biomater.* 2025;12. doi:10.1093/rb/rbae129
79. Wang FZ, Liu S, Gao M, Yu Y, Zhang WB, Li H, et al. 3D-Printed Polycaprolactone/Hydroxyapatite Bionic Scaffold for Bone Regeneration. *Polymers.* 23 de marzo de 2025;17(7):858. doi:10.3390/polym17070858 PubMed PMID: 40219249; PubMed Central PMCID: PMC11991156.

7. ANEXOS

Anexo 1. Artículos analizados para resultados y discusión.

TÍTULO ARTICULO	Nº CITACIONES Scopus	Año de Publicación	ACC	Revista	es de investigación	Cover II	LUGAR DE BUSQUEDA	Tipo de estudio	Participación	Contacto estudio	País Estudio	Descarga en Scopus	Palabra clave	Matemática	Objetivo	Autor(es)	
3D-Printed bioactive glasses and their applications in hard tissue regeneration: A Review	0	2023		Pharmacokinetics		01	Scopus	Revisión			Arabia Saudita	Scopus	Vitric bioactivo; Regeneración de tejidos duros; Aplicación			Al-Horani, M., Mohammed, H.,	
Cellulose-Based Directed Bioceramics in Regeneration of Bone, Dentistry, and Tissue Engineering: A Systematic Review	15	2024		Journal of Functional Biomaterials		02	Scopus	Revisión sistemática			Malasia	Scopus	biomateriales regeneración de hueso; biomateriales regeneración			Al-Faraj, R. A., Al-Faraj, M.,	
3D-Printed Cellulose-Based Bioceramics for Applications in Bone Regeneration	4	2023		Materials Research Express		03	Scopus	Experimental			Brazil	Scopus	hidroxiapatita; biocerámicas regeneración de hueso; biocerámicas			Alves, Bruno G., Pimenta, R.	
Prophetic Evaluation of Human Mandibular Ridge by Two-Stage Split-Thickness A Case Study of the Resorbability, Biocompatibility and Antimicrobial Properties of a Zinc Oxide and Calcium Hydroxide Composite for Bone Regeneration	1	2023		Cosmetics		02	Scopus	Experimental			Brazil	Scopus	biomateriales; biocerámicas regeneración de hueso; biocerámicas regeneración de hueso			Barbosa, A. A., A. A. A.	
Effect of CSF4 Bioactive Glass and Formed Layer Therapy on Calcium Bone Regeneration in Rats Submitted to Hydroxyapatite Therapy	4	2023		Acta Cirurgica Brasiliense		03	Scopus	Experimental			Brazil	Scopus	Disparadores; Laxos; Bone Regeneration; Biocerámicas			Beilato, Caio Pater, V. O.	
Comparison of Two Different Biomaterials in the Bone Regeneration (10, 20 and 40 Days) of Critical Defects and Local Inflammation: A Systematic Review of Hydroxyapatite in Critical Bone Defects	5	2024		Acta Cirurgica Brasiliense		03	Scopus	Experimental			Brazil	Scopus	Biocerámicas; Hidroxiapatita; Biocerámicas; Biocerámicas; Biocerámicas			Beppoloni, Patricia, C. C.	
Reparative Regeneration by Substitution of Bone Tissue Defects with Bioglass, Using Regeneration Technologies	2	2023		International Journal of Hematology		03	Scopus	Experimental			Uruguay	Scopus	Regeneración ósea; Vitric bioactivo; Farmaco regeneración			Chaves, Olivander A.	
Optimal Material for Bone, Periodontal, and Dental Tissue Regeneration: Where Are We Now, and Where Are We Heading Next?	51	2024		Materials (Basel)		02	Pubmed	Revisión narrativa			Malasia	Pubmed	biocerámicas regeneración de hueso; hidroxiapatita; polimerización			Chen, Cui, Al-Namoon, H.	
The Uniform Distribution of Hydroxyapatite in a Polyethylene Foam-Based Scaffold (PUMAF) to Enhance Bone Regeneration in a Cranial Defect Model																	
Multifunctional peptide nanofiber coating enhances bone regeneration on porous material																	
Degradation of 3D-printed magnesium phosphate ceramics in vitro and a prognosis on their bone regeneration potential																	
Use of 3D-printed polymeric scaffolds for bone tissue engineering in preclinical in vivo studies: A systematic review	25	2023		Acta Biomater		01	Pubmed	Revisión sistemática			Egipto	Pubmed	Tecnología de impresión 3D; Modelos animales; Biocerámicas			Almaraz-Fernández, L. H.,	
A Novel Calcium Phosphate-Based and Drug-Eluting Scaffold for Maxillary Bone	4	2023		Materials (Basel)		02	Pubmed	Experimental			Egipto	Pubmed	Inyección de células; Células madre; Hidroxiapatita			Almaraz-Fernández, L. H.,	
Biomaterials for bone regeneration: An orthopedic and dentistry overview	82	2023		Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials		02	Scopus	Revisión narrativa			Brazil	Scopus	Biocerámicas; Regeneración de hueso; Hidroxiapatita; Metalos			Almeida, J. K., Karam, E. M.,	
A Novel Calcium Phosphate-Based and Drug-Eluting Scaffold for Maxillary Bone	2	2023		Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials		02	Pubmed	Experimental			India	Pubmed	Defectos de hueso; Defectos de hueso nuevos; Hidroxiapatita; FN			Gupta, V., Malhotra, N., Sankar, S.	
Reconstruction of Segmental Bone Defect in Canine Tibia Model Utilizing Bi-Phase Scaffold: Pilot Study	1	2024		International Journal of Molecular Sciences		01	Pubmed	Experimental			Marro	Pubmed	medula ósea; cerámicas; hidroxiapatita; regeneración			Alam, D. W., Guo, C., Kim, J. H.	
Effect of Tooth Brushing Biomaterial for Bone Regeneration: A Systematic Review and the Role of Microbiota in Regenerative Dentistry: A Systematic Review	40	2023		Journal of Functional Biomaterials		02	Scopus	Revisión sistemática			India	Scopus	Inyección de células; Biomateriales regeneración de hueso; Regeneración			Inchingolo, A. M., Palanca, V.,	
Cross-Talk Between Cells and the Dental Biomaterials in Bone Regeneration: A Comprehensive Review	10	2024		Cell Transfection		01	Pubmed	Revisión			Irán	Pubmed	Defectos de hueso; Diferenciación; Biocerámicas; Células			Khayat, D., Bagheri, S.	
To Analyze the Efficiency of Platelet-Rich Plasma in Contrast to Platelet-Rich Fibrin along with Synthetic Hydroxyapatite Hydroxyapatite and Calcium Phosphate Bone Graft in Regeneration of Bone Defects in Children	3	2023		International Journal of Clinical Pediatric Dentistry		02	Pubmed	Ensayo clínico comparativo			India	Pubmed	Inyección de células; Regeneración de hueso; Fibrina rica en plaquetas			Kumar, S., Sankar, N. M.	
Fabrication and Characterization of an Innovative Silver- and Gadolinium-Doped Bioglass for Bone Regeneration	2	2023		Cosmos		02	Pubmed	Experimental			India	Pubmed	biocerámicas; regeneración de hueso; gadolinio; calcio de vidrio			Karandak, M., Sankar, N. M.	
Improvement of BMP2 Promotes Bone Regeneration of Rabbit's BMSCs Hydrogels by Anti-Inflammation Regulation via a MAPK/ERK Signaling Pathway	5	2023		Frontiers in Bioengineering and Biotechnology		01	Pubmed	Experimental			China	Pubmed	regeneración de hueso; Sulfato hidroxiapatita; Inyección de células; Hidroxiapatita			Karandak, M., Sankar, N. M.	
Relative Therapeutic Use of Alveolar Bone Grafting on Orthodontic Tooth Movement	8	2023		Frontiers in Bioengineering and Biotechnology		01	Pubmed	Revisión			Etiopía	Pubmed	BMP-2; Inyección de células; Vitric bioactivo; material			Miao, T., Chen, Y. C., Tang, N.	
The Application of Hydroxyapatite Bone Grafting in Maxillary and Mandibular Defects: A Systematic Review																	
3D-Printed Hydroxyapatite and Tricalcium Phosphate-Based Scaffolds for Alveolar Bone Regeneration in Animal Models: A Scoping Review	24	2023		Materials (Basel)		02	Pubmed	Revisión			Malasia	Pubmed	3D printing; biomaterials; bone regeneration; hydroxyapatite			Moh, H., Razali, M., Ghazali, M.	
A Novel Calcium Phosphate-Based Bioceramics Functional Biomaterials for Potential Bone Tissue Regeneration	3	2024		Frontiers in Medicine		01	Scopus	Experimental			Egipto	Scopus	biomateriales; biomateriales regeneración de hueso; regeneración de hueso			Mohamed, H., Haidar, Z. S.,	
Combined with Thymus-plasmin Rich Fibrin for Ridge Preservation: A Randomized Controlled Trial	2	2024		Journal of Contemporary Dental Practice		02	Scopus	Ensayo clínico controlado aleatorizado			India	Scopus	Autogéneo; Inyección de células; Alérgico de extracción; Conos			Mohtashim, T. P., Prasad, V. D.	
The Bone Bone Formation in Human Maxillary Sinuses Using Two Bone Substitutes with Different Resorbable Types Associated or not with Autogenous Bone Grafts: a Comparative Histomorphometric, Immunohistochemical and Radiological Clinical Study	10	2023		Journal of Applied Oral Science		01	Scopus	Ensayo clínico aleatorizado			Brazil	Scopus	Biomateriales; Bone substitute; Sinus floor augmentation			PEREIRA, Rodrigo do	
Histomorphometric evaluation of human extraction sockets treated with autologous fibrin, sticky bone or hydroxyapatite calcium phosphate	14	2023		Acta Odontológica Latinoamericana		03	Scopus	Experimental			Brazil	Scopus	plasma; fibrina rica; materiales biocerámicos			Posto, José S. Pérez-Gu	
Digitally Designed Bone Grafts for Alveolar Defects: A Scoping Review of CBCT-Based CAD/CAM Workflows																	
A Short Note on Bioglass in Periodontics		2023		Bioinformatics			Pubmed	Meta-análisis			India	Pubmed	Inyección de células; biocerámicas; inyección de células; defecto lateral			Ravi, Srinivas S. N.	
Effect of subcritical solvent-dried hydroxyapatite on bone substitute in regenerative dentistry	3	2025		Journal of Applied Biomaterials and Functional Materials		02	Scopus	Experimental			Nuevo Zelanda	Scopus	biocerámicas; inyección de células; regeneración de hueso; hidroxiapatita			Ratnayaka, J., Ramya, N. G.	
Influence of porosity on the biomineralizing potential of bone-like apatite on the surface of calcium phosphate-calcium silicate-alumina composite	3	2024		Acta Cirurgica Brasiliense		03	Scopus	Experimental			Brazil	Scopus	Alérgico; Biocerámicas; Metalos; Poro; Disparadores; Bone			Ribeiro, Ioranna Fedra	
Effectiveness of the Association of Fibrin Scaffolds, Nanohydroxyapatite, and Photobiomodulation with Simultaneous Low-Level Red and Infrared Lasers in Bone Repair	3	2023		Drugs		04	Scopus	Experimental			Colombia	Scopus	aplicaciones biomédicas; pigmentación; porosidad			Riosero-Alonso, Erika L.	
The Use of Nano-Hydroxyapatite (NH) for Socket Preservation: Comparison of an Upcoming Biomaterial with Hydroxyapatite in Bone Regeneration	2	2024		Medicina (Lisboa)		01	Pubmed	Experimental			Brazil	Pubmed	regeneración de hueso; regeneración de hueso; biocerámicas de fibrina			Rizzi, J. O., Araújo, E. H. G.,	