

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD DE POSGRADO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

INFORME DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

AVANCES, APLICACIONES Y COMPOSICIÓN DE BIOMATERIALES EN EL ÁMBITO
ODONTOLÓGICO: UN ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO.

Autor:

Jhonatan Adrian Cifuentes Moya

Director:

Msc. Rafael Lazo

Milagro, 2024

Derechos de autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejo

Rector de la Universidad Estatal de Milagro Presente.

Presente

Yo, **Jhonatan Adrian Cifuentes Moya** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magister en Biotecnología, como aporte a la Línea de Investigación **Prospectiva de la ciencia, tecnología e innovación** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Informe de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 31 de octubre de 2024



firmado electrónicamente por:
**JHONATAN ADRIAN
CIFUENTES MOYA**

Jhonatan Adrian Cifuentes Moya

0605347731

Aprobación del tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **Rafael Lazo** en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por **Jhonatan Adrian Cifuentes Moya**, cuyo tema es **Avances, aplicaciones y composición de biomateriales en el ámbito Odontológico: un estudio bibliométrico**, que aporta a la Línea de Investigación **Prospectiva de la ciencia, tecnología e innovación**, previo a la obtención del Grado Magister en biotecnología, Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 31 de octubre del 2024



Firmado electrónicamente por:
RAFAEL SELEYMAN
LAZO SULCA

Rafael Seleyman Lazo Sulca

0918859687

Aprobación del tribunal calificador



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO FACULTAD DE POSGRADO CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING CIFUENTES MOYA JHONATAN ADRIAN**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "AVANCES, APLICACIONES Y COMPOSICIÓN DE BIOMATERIALES EN EL ÁMBITO ODONTOLÓGICO: UN ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	58.33
SUSTENTACIÓN	37.33
PROMEDIO	95.67
EQUIVALENTE	Muy Bueno



Mgs. BARZALLO GRANIZO DIEGO GEOVANNY
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Mcimq HUILCAREMA ENRIQUEZ KEVIN XAVIER
VOCAL



Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi madre y padre por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y a Dios, por darme salud y permitirme cumplir este nuevo objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ayudarme a lograr este objetivo. A mis padres por todo su amor, cariño y apoyo en cada paso de mi vida. A la Universidad de Milagro, a los profesionales tanto al tutor como los docentes que impartieron su conocimiento.

RESUMEN

En el contexto de la odontología moderna, los biomateriales han emergido como un pilar fundamental para mejorar la calidad y efectividad de los tratamientos. Sin embargo, y a pesar de los avances, existe una falta de sistematización adecuada de la información reciente sobre estos materiales, lo cual puede obstaculizar tanto la innovación tecnológica como la adopción de mejores prácticas clínicas. A partir de esta problemática, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los avances, aplicaciones y composiciones más relevantes de los biomateriales en odontología según la evidencia científica disponible?

El objetivo de este estudio es realizar un análisis bibliométrico que permita identificar las tendencias actuales en la investigación sobre biomateriales en el ámbito odontológico, incluyendo sus avances, aplicaciones y composición. Para lograrlo, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en la base de datos Scopus, aplicando los criterios de selección de la metodología PRISMA, lo que permitió la inclusión de 1,134 artículos relevantes. El análisis bibliométrico se realizó utilizando el paquete "Bibliometrix" en el software R, procesando los datos obtenidos de manera sistemática.

Los resultados del estudio muestran un incremento sustancial en la producción científica sobre biomateriales en odontología, con especial énfasis en áreas como los implantes dentales y los materiales regenerativos. Las principales tendencias incluyen el desarrollo de biomateriales biocompatibles y bioactivos, con aplicaciones tanto en odontología restaurativa como regenerativa. Además, se observan avances significativos en la creación de materiales personalizados y regenerativos que responden a las necesidades específicas de los pacientes.

Los biomateriales siguen desempeñando un papel crucial en la evolución de la odontología, con una mayor tendencia hacia materiales regenerativos y personalizados. Este análisis bibliométrico ofrece una visión integral de la producción científica actual y destaca áreas para futuras investigaciones, enfocadas en la mejora de la biocompatibilidad y el rendimiento clínico de los biomateriales.

Palabras clave: Biomateriales, Bibliometría, Biocompatibilidad, Odontología.

ABSTRACT

In the context of modern dentistry, biomaterials have emerged as a fundamental pillar to improve the quality and effectiveness of treatments. However, despite the advances, there is a lack of adequate systematization of recent information on these materials, which can hinder both technological innovation and the adoption of better clinical practices. Based on this problem, the following research question is formulated: What are the most relevant advances, applications and compositions of biomaterials in dentistry according to the available scientific evidence?

The aim of this study is to carry out a bibliometric analysis to identify current trends in biomaterials research in the field of dentistry, including their advances, applications and composition. To achieve this, an exhaustive search was carried out in the Scopus database, applying the selection criteria of the PRISMA methodology, which allowed the inclusion of 1,134 relevant articles. The bibliometric analysis was carried out using the 'Bibliometrix' package in R software, processing the data obtained systematically.

The results of the study show a substantial increase in the scientific production of biomaterials in dentistry, with special emphasis on areas such as dental implants and regenerative materials. The main trends include the development of biocompatible and bioactive biomaterials, with applications in both restorative and regenerative dentistry. In addition, significant advances are seen in the creation of customized and regenerative materials that respond to specific patient needs.

Biomaterials continue to play a crucial role in the evolution of dentistry, with an increasing trend towards regenerative and customized materials. This bibliometric analysis provides a comprehensive overview of current scientific production and highlights areas for future research focused on improving the biocompatibility and clinical performance of biomaterials.

Keywords: Biomaterials, Bibliometrics, Biocompatibility, Dentistry.

Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo para revisiones sistemáticas PRISMA.....	25
Figura 2. Proceso de selección de artículos aplicando la metodología PRISMA.....	31
Figura 3. Producción científica anual (Q1)	32
Figura 4. Citas por año (Q1).....	33
Figura 5. Nube de palabras clave (Q1).....	34
Figura 6. Mapa temático basado en Keywords Plus (Q1).....	36
Figura 7. Mapa temático basado en Author's Keywords (Q1).....	39
Figura 8. Mapa temático basado en Titles (Q1).....	42
Figura 9. Mapa temático basado en Abstract (Q1)	45
Figura 10. Biomateriales más relevantes (Q1).....	48
Figura 11. Evolución de los biomateriales más relevantes (Q1)	49
Figura 12. Producción científica anual (Q2)	50
Figura 13. Citas por año (Q2)	51
Figura 14. Nube de palabras clave (Q2)	52
Figura 15. Mapa temático basado en Keywords Plus (Q2).....	53
Figura 16. Mapa temático basado en Author's Keywords (Q2).....	56
Figura 17. Mapa temático basado en Titles (Q2).....	60
Figura 18. Mapa temático basado en Abstract (Q2).....	64
Figura 19. Biomateriales más relevantes (Q2).....	67
Figura 20. Evolución de los biomateriales más relevante (Q2)	68
Figura 21. Producción científica anual (Q3)	70
Figura 22. Citas por año (Q3)	71
Figura 23. Número de palabras clave Q3	72
Figura 24. Mapa temático basado en Keywords Plus (Q3).....	73
Figura 25. Mapa temático basado en Author's Keywords (Q3).....	76

Figura 26. Mapa temático basado en Titles (Q3).....	80
Figura 27. Mapa temático basado en Abstracts (Q3).....	83
Figura 28. Biomateriales más relevantes (Q3).....	86
Figura 29. Evolución de los biomateriales más relevantes (Q3)	87
Figura 30. Producción científica anual (Q4)	88
Figura 31. Citas por año (Q4)	89
Figura 32. Nube de palabras clave (Q4)	90
Figura 33. Mapa temático basado en Keywords Plus (Q4).....	91
Figura 34. Mapa temático basado en Author's Keywords (Q4).....	94
Figura 35. Mapa temático basado en Titles (Q4).....	97
Figura 36. Mapa temático basado en Abstracts (Q4)	101
Figura 37. Biomateriales más relevantes (Q4).....	104
Figura 38. Evolución de los biomateriales más relevantes (Q4)	105
Figura 39. Producción científica anual (QI)	106
Figura 40. Citas por año (QI).....	107
Figura 41. Nube de palabras clave (QI).....	108
Figura 42. Mapa temático basado en Keywords Plus (QI).....	109
Figura 43. Mapa temático basado en Author's Keywords (QI).....	112
Figura 44. Mapa temático basado en Titles (QI).....	116
Figura 45. Mapa temático basado en Abstracts (QI)	120
Figura 46. Biomateriales más relevantes (QI).....	123
Figura 47. Evolución de los biomateriales más relevantes (QI)	124
Figura 48. Producción científica anual total.....	125
Figura 49. Términos considerados tendencia en las investigaciones.....	127
Figura 50. Biomateriales y materiales biocompatibles identificados en los estudios.....	131

Lista de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de las variables	6
Tabla 2. Tipos de indicadores bibliométricos.....	20
Tabla 3. Flujo de trabajo recomendado para el análisis científico	21
Tabla 4. Descripción de métricas, visualizaciones, dimensiones y análisis	22
Tabla 5. Lista de Verificación PRISMA 2020.....	23
Tabla 6. Criterios de búsqueda	28
Tabla 7. Estudios por cuartiles	28
Tabla 8. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q1)	37
Tabla 9. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (Q1).....	40
Tabla 10. Tendencias identificadas en base a Titles (Q1)	42
Tabla 11. Tendencias identificadas en base a Abstract (Q1)	45
Tabla 12. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q2)	53
Tabla 13. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (Q2)	56
Tabla 14. Tendencias identificadas en base a Titles (Q2)	60
Tabla 15. Tendencias identificadas en base a Abstracts (Q2).....	64
Tabla 16. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q3)	74
Tabla 17. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (Q3)	77
Tabla 18. Tendencias identificadas en base a Titles (Q3)	80
Tabla 19. Tendencias identificadas en base a Abstracts (Q3).....	84
Tabla 20. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q4)	91
Tabla 21. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (Q4)	94
Tabla 22. Tendencias identificadas basadas en Titles (Q4)	97
Tabla 23. Tendencias identificadas en base a Abstracts (Q4).....	101
Tabla 24. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q4)	109

Tabla 25. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (QI)	112
Tabla 26. Tendencias identificadas en base a Titles (QI)	116
Tabla 27. Tendencias identificadas en base a Abstracts (QI).....	120
Tabla 28. Evolución de los estudios por cuartil	126
Tabla 29. Tendencias identificadas a lo largo de los cuartiles	129
Tabla 30. Frecuencia de los principales biomateriales a lo largo de los cuartiles	132
Tabla 31. Lista de verificación PRISMA 2020	181

Índice/Sumario

Derechos de autor.....	ii
Aprobación del tutor del Trabajo de Titulación.....	iii
Aprobación del tribunal calificador.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: El problema de la investigación.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Delimitación del problema.....	4
1.3. Formulación del problema.....	5
1.4. Preguntas de investigación.....	5
1.5. Determinación del tema.....	5
1.6. Objetivo general.....	5
1.7. Objetivos específicos.....	5
1.8. Hipótesis.....	6
1.9. Operacionalización de las variables.....	6
1.10. Justificación.....	7
1.11. Alcance y limitaciones.....	8
CAPÍTULO II: Marco teórico referencial.....	10
2.1. Antecedentes.....	10
2.2. Contenido teórico que fundamenta la investigación.....	14
2.2.1. Biomaterial.....	14
2.2.2. Biomaterial en odontología.....	14

2.2.3.	Composición de los biomateriales	15
2.2.4.	Propiedades mecánicas de los biomateriales.....	16
2.2.5.	Propiedades físicas de los biomateriales	17
2.2.6.	Biocompatibilidad de biomateriales en odontología.....	18
2.2.7.	Factores que afectan la Biocompatibilidad.....	18
2.2.8.	Bibliometría	19
2.2.9.	Análisis del mapeo científico	21
2.2.10.	Método PRISMA	23
CAPITULO III: Diseño metodológico		27
3.1.	Tipo y diseño de investigación	27
3.2.	La población y la muestra	27
3.2.1.	Características de la población	27
3.2.2.	Delimitación de la población	27
3.2.3.	Tipo de muestra.....	28
3.2.4.	Tamaño de la muestra	28
3.2.5.	Proceso de selección de la muestra.....	29
3.3.	Los métodos y las técnicas	29
3.4.	Procesamiento estadístico de la información.....	30
CAPITULO IV: Análisis e interpretación de resultados.....		31
4.1.	Análisis de resultados.....	31
4.1.1.	Primer Cuartil.....	31
4.1.2.	Segundo Cuartil.....	49
4.1.3.	Tercer Cuartil	68
4.1.4.	Cuarto Cuartil.....	87
4.1.5.	Cuartil Indefinido	105
4.2.	Interpretación de los resultados	124

4.2.1.	Evolución temporal de la producción científica	124
4.2.2.	Análisis de las principales tendencias	126
4.2.3.	Identificación de los Biomateriales y materiales biocompatibles	130
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones.....		133
5.1.	Conclusiones	133
5.2.	Recomendaciones	134
Bibliografía		136
Anexos.....		181

Introducción

En las últimas décadas, los avances en la odontología han sido impulsados significativamente por el desarrollo y la aplicación de biomateriales, estos no solo deben ser biocompatibles para adecuarse sin reacciones adversas con los tejidos vivos, sino que también deben ofrecer propiedades mecánicas robustas y durabilidad a largo plazo (Razavi et al., 2015). Este enfoque integrador ha llevado al desarrollo de una variedad de biomateriales adaptados específicamente para aplicaciones odontológicas.

Los biomateriales han emergido como una opción prominente en la Odontología debido a su alta biocompatibilidad y resistencia mecánica ajustable mediante la manipulación de su composición y estructura porosa (Inchingolo et al., 2024). Estos materiales, se utilizan ampliamente en restauraciones dentales, implantes y revestimientos debido a sus propiedades estéticas superiores y su capacidad para imitar las características ópticas de los tejidos dentales naturales (Tatullo et al., 2020).

La investigación reciente también ha destacado la importancia de los biomateriales compuestos en odontología regenerativa, que combinan matrices poliméricas con carga cerámica o metálica para mejorar tanto las propiedades mecánicas como biológicas del material (Cosola et al., 2022). Estos materiales compuestos están diseñados para promover la regeneración tisular mediante la liberación controlada de factores bioactivos y la interacción con células madre derivadas dentales, abriendo nuevas fronteras en la medicina regenerativa oral.

La evolución hacia materiales bioactivos ha sido un paso significativo en la odontología regenerativa, donde se busca no solo reparar, sino también regenerar tejidos dentales y periodontales deteriorados. Los avances en la liberación controlada de factores de crecimiento y biomoléculas dentro de matrices poliméricas y compuestas han demostrado ser prometedores para la regeneración guiada de tejidos y la ingeniería de restauraciones biomiméticas (Romero-Resendiz et al., 2021).

Además de su función restauradora, los biomateriales en odontología también han evolucionado para abordar desafíos específicos relacionados con la estética dental. La demanda de materiales que imiten las propiedades ópticas de los tejidos naturales ha llevado al desarrollo de cerámicas dentales y composites que no solo son duraderos y resistentes, sino también estéticamente agradables (Tayebi & Moharamzadeh, 2017a).

La interdisciplinariedad también ha sido fundamental en el avance de los biomateriales odontológicos, con investigaciones que combinan conocimientos de odontología, ingeniería de materiales, biología celular y medicina regenerativa. Esta sinergia ha facilitado la innovación continua en el diseño de materiales que no solo satisfacen las necesidades clínicas actuales, sino que también anticipan y responden a futuros desafíos en la práctica odontológica (Cosola et al., 2022; Romero-Resendiz et al., 2021)

Los avances en biomateriales han transformado profundamente la odontología, sin embargo, el campo continúa evolucionando rápidamente, impulsado por la innovación en la ingeniería de superficies, la bioactividad de los materiales y la interdisciplinariedad en la investigación. A medida que se avanza hacia el futuro, se anticipa que los biomateriales seguirán desempeñando un papel crucial en la Odontología.

En este contexto existe la importancia de realizar un estudio bibliométrico sobre los avances, aplicación y composición de los biomateriales en el ámbito odontológico. Para ello se analiza la evolución temporal de la investigación sobre la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico. Se describe las principales tendencias actuales en la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en odontología. Y finalmente, se identifica los biomateriales y materiales biocompatibles que se presentan con mayor frecuencia en los estudios científicos recientes.

El documento se organiza de la siguiente manera: Capítulo I aborda el planteamiento del problema, destacando la importancia del estudio, identificando el problema central, y estableciendo las preguntas directrices y los objetivos de la investigación. Capítulo II detalla el marco conceptual o referencial, proporcionando un contexto teórico para el estudio. Capítulo III explica el marco metodológico, con un énfasis particular en la metodología PRISMA. Capítulo IV presenta y analiza los resultados obtenidos de la investigación. Finalmente, Capítulo V expone las conclusiones derivadas de los resultados y ofrece recomendaciones basadas en los hallazgos.

CAPÍTULO I: El problema de la investigación

1.1. Planteamiento del problema

El desarrollo de biomateriales en odontología ha revolucionado significativamente la práctica dental, mejorando la calidad y eficacia de los tratamientos. Según Heboyan et al. (2022), los biomateriales en odontología han avanzado notablemente, permitiendo el desarrollo de materiales con propiedades mejoradas que ofrecen cualidades sobresalientes como biocompatibilidad, no toxicidad y no corrosividad. A través de los años, se han introducido un gran número de nuevos biomateriales que se emplean ampliamente en áreas de la medicina, como la odontología.

La influencia de dichos biomateriales en tratamientos odontológicos es considerablemente significativa. Por ello, el desarrollo y aplicación de biomateriales son fundamentales para mejorar la eficacia de los tratamientos dentales, la biocompatibilidad con los tejidos orales y la durabilidad de las intervenciones (Yadav et al., 2022). La creciente diversidad ha expandido su aplicación en la práctica clínica. Este avance no solo implica la adopción de nuevos materiales que optimicen los resultados clínicos, sino también la implementación de protocolos fundamentados en la evidencia científica más reciente, con el fin de maximizar la seguridad y la efectividad de los tratamientos.

Sin embargo, a pesar de los avances significativos en la investigación y aplicación de biomateriales en odontología, existe una necesidad de evaluar y sintetizar la información disponible sobre estos materiales. Una comprensión clara y actualizada de los biomateriales puede ayudar a los profesionales a tomar decisiones informadas sobre las mejores opciones de tratamiento para sus pacientes, promoviendo así una atención dental más personalizada y eficaz (Alarcón-Sánchez et al., 2023).

Además, el desconocimiento y la falta de sistematización de la información sobre los avances, aplicaciones y composiciones de los biomateriales en odontología pueden ocasionar varias problemáticas. En primer lugar, los profesionales pueden estar utilizando materiales obsoletos o ineficaces, lo que repercute negativamente en la calidad del tratamiento y la seguridad del paciente (Fenton et al., 2018). Así mismo, la falta de acceso a información actualizada puede limitar la capacidad de los profesionales para innovar y aplicar las mejores prácticas basadas en los últimos desarrollos científicos, lo que puede

resultar en una menor satisfacción del paciente y un incremento en las complicaciones médicas (Shah et al., 2020).

Es crucial realizar estudios que sintetizen y evalúen la información disponible para identificar las áreas clave de desarrollo y aplicación de biomateriales en odontología. La incertidumbre sobre los avances afecta la investigación y el desarrollo continuo en dicho campo. Sin una comprensión clara de las tendencias actuales y las necesidades clínicas, los investigadores pueden enfocarse en áreas menos relevantes, desperdiciando recursos valiosos y tiempo (Komasa & Okazaki, 2022).

De igual manera, la falta de claridad sobre qué biomateriales y materiales biocompatibles se emplean actualmente en odontología puede generar confusión y errores en la selección de materiales para tratamientos específicos. El término biocompatibilidad no solo incluye a lo que comúnmente se entiende como “compatibilidad biológica”, sino también como una evaluación funcional de todo el sistema implantable (Todros et al., 2021). Por lo tanto, varios aspectos determinan la biocompatibilidad de un material, considerando también la duración del contacto con las contrapartes biológicas. Esta carencia de información precisa y actualizada sobre materiales más eficaces y seguros limita la capacidad de los profesionales para proporcionar tratamientos óptimos a sus pacientes (Hassan & Saeed, 2021).

Por lo tanto, surge la necesidad de abordar esta brecha de conocimiento a través de un estudio bibliométrico que permita identificar patrones en la producción científica relacionada con los biomateriales y materiales biocompatibles en odontología. Se plantea la necesidad de analizar cómo ha evolucionado la investigación a lo largo del tiempo, describir las tendencias actuales en la aplicación de estos materiales y determinar cuáles son los biomateriales más frecuentemente investigados en la literatura reciente.

1.2. Delimitación del problema

El presente estudio se centra en los biomateriales utilizados en odontología, abordando específicamente sus avances, aplicaciones y composición mediante la revisión científica de la literatura en bases de datos relevantes. Se pretende proporcionar una visión integral y actualizada de cómo estos biomateriales están transformando la práctica odontológica y cuáles son las áreas de interés para investigaciones futuras. La revisión abarcará publicaciones significativas, para identificar las tendencias actuales y los desarrollos más

importantes en este campo.

1.3. Formulación del problema

¿Cuáles son los avances, aplicaciones y composición de los biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico según la evidencia científica disponible en la literatura?

1.4. Preguntas de investigación

- ¿Cómo ha evolucionado la investigación sobre la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico a lo largo del tiempo?
- ¿Cuáles son las principales tendencias actuales en la implementación y aplicación de biomateriales y materiales biocompatibles en odontología?
- ¿Qué biomateriales y materiales biocompatibles se mencionan con mayor frecuencia entre los estudios científicos?

1.5. Determinación del tema

El objetivo principal de este estudio es explorar los avances, aplicaciones y composiciones de los biomateriales y materiales biocompatibles en el campo de la odontología. A través de una revisión exhaustiva de la literatura científica disponible, se busca proporcionar una visión integral y actualizada de cómo estos biomateriales están transformando la práctica odontológica.

1.6. Objetivo general

Realizar un estudio bibliométrico sobre los avances, aplicación y composición de los biomateriales en el ámbito odontológico.

1.7. Objetivos específicos

- Analizar la evolución temporal de la investigación sobre la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico.
- Describir las principales tendencias actuales en la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en odontología.

- Identificar los biomateriales y materiales biocompatibles que se presentan con mayor frecuencia en los estudios científicos recientes.

1.8. Hipótesis

Un estudio bibliométrico permitirá identificar los avances en la producción científica relacionada con la aplicación y composición de los biomateriales en el ámbito de la Odontología.

1.9. Operacionalización de las variables

A continuación, se presenta las hipótesis y variables en las que se basó la investigación.

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Objetivo General	Hipótesis	Variable Independiente	Variable dependiente
Realizar un estudio bibliométrico sobre los avances, aplicación y composición de los biomateriales en el ámbito odontológico	Un estudio bibliométrico permitirá identificar los avances en la producción científica relacionada con la aplicación y composición de los biomateriales en el ámbito de la Odontología.	Técnicas de bibliometría Metodología PRISMA	Evolución temporal y principales tendencias acerca de los avances, aplicaciones y composición de los biomateriales en Odontología
Objetivos Específicos Analizar la evolución temporal de la investigación sobre la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico	Hipótesis Un estudio bibliométrico permitirá examinar la evolución de la investigación sobre biomateriales en odontología	Variable Independiente Técnicas de bibliometría	Variable dependiente Evolución temporal de la investigación sobre la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico
Describir las principales tendencias actuales en la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico	Un estudio bibliométrico permitirá describir las principales tendencias actuales en la implementación y aplicación de biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico.	Técnicas de bibliometría	Principales tendencias actuales en la implementación y aplicación de los biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico
Identificar los biomateriales y materiales biocompatibles que se presentan con mayor frecuencia en los estudios científicos recientes	Un estudio bibliométrico permitirá identificar los biomateriales y materiales biocompatibles que se presentan con mayor frecuencia en los estudios científicos	Técnicas de bibliometría	Biomateriales y materiales biocompatibles que se presentan con mayor frecuencia en los estudios científicos recientes

1.10. Justificación

La investigación sobre biomateriales y materiales biocompatibles en odontología ha crecido significativamente en los últimos años, impulsado por la necesidad de mejorar los tratamientos y reducir los efectos adversos asociados con los materiales tradicionales. La odontología moderna se beneficia de los avances en la ciencia de los materiales, permitiendo la creación de soluciones más eficaces y seguras para el paciente.

En el contexto de investigación, los biomateriales desempeñan un papel crucial en el desarrollo de nuevas técnicas de tratamiento dental, como los implantes y las prótesis dentales. Según Najeeb et al. (2019), los avances en los biomateriales han permitido el desarrollo de implantes dentales con mejores propiedades mecánicas y biocompatibilidad, reduciendo significativamente los problemas de rechazo y mejorando la integración con el tejido óseo. Este tipo de avances no solo mejora la calidad de vida de los pacientes, sino que también incrementa la eficiencia y la efectividad de los tratamientos odontológicos.

Además, la creciente preocupación por la seguridad y la biocompatibilidad de los materiales utilizados en odontología resalta la necesidad de un estudio exhaustivo sobre las tendencias y avances en esta área. El uso de biomateriales biocompatibles puede reducir las reacciones adversas y mejorar los resultados a largo plazo de los tratamientos dentales. Kumar et al. (2020) destaca que la evaluación de la biocompatibilidad es esencial para asegurar que los materiales utilizados no provoquen respuestas inmunológicas adversas, lo cual es crucial para la aceptación y el éxito de los tratamientos.

Otro aspecto importante es la sostenibilidad y la innovación en la fabricación de biomateriales. Los investigadores han estado explorando materiales naturales y sintéticos que no solo son efectivos sino también sostenibles desde el punto de vista ambiental. Biswal et al. (2020) subraya que el desarrollo de biomateriales sostenibles y biodegradables es una tendencia creciente que busca minimizar el impacto ambiental de los materiales utilizados en odontología, sin comprometer su rendimiento y efectividad. Hasta la fecha, se han diseñado y desarrollado varios biomateriales que se han aplicado

con éxito en diferentes campos biomédicos como una alternativa potencial a los materiales tradicionales.

Ante el incremento exponencial de publicaciones sobre el tema de biomateriales y su considerable importancia, realizar un estudio bibliométrico sobre los avances, aplicaciones y composición de los biomateriales en odontología permite identificar las áreas de mayor investigación y desarrollo, así como las lagunas en el conocimiento que necesitan ser abordadas. Este tipo de análisis proporciona una visión integral de las tendencias de investigación y puede guiar futuras investigaciones hacia áreas de alta relevancia y potencial de impacto. Yin et al. (2022) enfatiza que los estudios bibliométricos son herramientas valiosas para mapear el panorama de la investigación y para ayudar a los investigadores y profesionales a entender las dinámicas y direcciones emergentes en su campo.

1.11. Alcance y limitaciones

Se define el alcance de esta investigación utilizando un criterio de búsqueda específico en la base de datos Scopus, resultando en un total inicial de 1,146 artículos relacionados con los biomateriales en odontología. El criterio de selección se limita a las publicaciones cuyos títulos, resúmenes o palabras clave contienen los términos “biomateriales” y estén vinculados al área de odontología. Esto asegura que las publicaciones incluidas en el análisis estén directamente relacionadas con los avances, aplicaciones y composición de biomateriales en el campo odontológico, proporcionando una visión integral y actualizada del tema.

Sin embargo, es fundamental reconocer las limitaciones inherentes a este método de búsqueda. A pesar de que se ha realizado un esfuerzo significativo para seleccionar publicaciones relevantes mediante criterios específicos, es posible que algunas investigaciones importantes no hayan sido incluidas debido a los filtros aplicados. Además, el análisis se basa en la disponibilidad y la calidad de los datos presentes en la base de datos Scopus, lo cual puede afectar la representatividad y la exhaustividad de los resultados obtenidos.

Finalmente, cabe señalar que el presente trabajo no abarca un estudio de metaanálisis. Esta limitante implica que los resultados y conclusiones presentados se basan en un análisis bibliométrico de la literatura disponible y no en una síntesis cuantitativa de datos

derivados de múltiples estudios individuales. Por lo tanto, aunque se ofrece una visión amplia y detallada del estado actual de la investigación en biomateriales odontológicos, no se proporciona una evaluación combinada de los resultados de diferentes estudios clínicos o experimentales, lo que podría limitar la profundidad del análisis en términos de eficacia clínica o resultados específicos de tratamientos.

CAPÍTULO II: Marco teórico referencial

2.1. Antecedentes

Patrón et al. (2014) llevaron a cabo un análisis cuantitativo de la producción científica de la revista *Odontoestomatología*. Empleando métodos estadísticos, evaluaron la cantidad de las publicaciones, la frecuencia de citas y la evolución de la producción a lo largo del tiempo. Los artículos y referencias bibliográficas analizadas fueron aquellos publicados en *Odontoestomatología* durante 2009 y 2012. Un total de 45 estudios fueron descargados a texto completo en formato XML para posteriormente ser procesados en una plantilla de cálculo. Se calculó el Índice de Bradford para determinar el núcleo de revistas citadas. Este enfoque permitió identificar las tendencias en la investigación odontológica, destacando las áreas de mayor interés y producción científica, lo que contribuye significativamente a la evaluación de la calidad y el impacto de la revista en la comunidad científica.

En un estudio similar, Jain et al. (2015), realizaron un análisis bibliométrico de la sección de odontología de la revista *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, con el objetivo de evaluar su impacto y la relevancia de los artículos publicados durante el período 2007-2014. La búsqueda fue realizada electrónicamente en todos los números de la revista publicados entre este periodo, los cuales fueron evaluados por el investigador principal. Los artículos se clasificaron en tres dominios principales: estudios epidemiológicos, estudios clínicos y artículos relacionados. Los datos recuperados se ingresaron en una hoja de cálculo de Excel y fueron organizados y analizados utilizando el software SPSS para un análisis estadístico descriptivo. En total, se analizaron 602 artículos, mostrando un aumento en el número total de artículos publicados en la sección de Odontología, pasando de solo 2 artículos en 2007 a 328 artículos en 2014.

Corrales-Reyes et al. (2017) enfocaron su análisis en la participación de estudiantes de pregrado en el IV Encuentro Iberoamericano de Estudiantes de Odontología, celebrado del 2 al 16 de noviembre del 2015. Mediante técnicas bibliométricas, cuantificaron la participación, los temas tratados y el impacto de este encuentro en la formación de los estudiantes. Este estudio bibliométrico descriptivo incluyó 40 investigaciones presentadas por 34 estudiantes, cuya información fue exportada a un documento de Excel para posteriormente ser analizada utilizando un enfoque estadístico descriptivo,

mostrando los resultados en tablas. Esta investigación mostró una visión detallada sobre la dinámica de la investigación odontológica a nivel estudiantil y su contribución al desarrollo profesional en la región.

Otro estudio, Aquino et al. (2021), examinó la producción científica de tres revistas odontológicas en Perú entre 2015 y 2019. Se revisaron un total de 491 artículos, clasificados según el tipo de publicación, año, área temática y características de los autores. Los datos fueron registrados en una hoja de Excel y después se realizó la cuantificación estadística utilizando el software SPSS. El análisis descriptivo incluyó el cálculo de porcentajes, medidas de frecuencia y puntajes promedio de las variables. El estudio empleó la bibliometría para cuantificar la producción y evaluar la calidad de la investigación odontológica en el país, identificando los temas más investigados y la participación de diferentes instituciones. Se concluyó que la mayor producción de literatura científica correspondió a la revista Estomatológica Herediana, predominando los estudios descriptivos y las investigaciones en ciencias básicas.

Por otro lado, Jiang et al. (2021) realizaron un análisis bibliométrico para examinar la literatura científica sobre el uso del fluoruro diamínico de plata (SDF) en odontología. La búsqueda se llevó a cabo en la base de datos Web of Science Core Collection, identificando un total de 259 publicaciones. Los datos bibliométricos fueron exportados y analizados utilizando el software Bibliometrix Biblioshiny R-package. Los resultados indicaron un incremento significativo en la producción científica anual de estudios sobre SDF, particularmente en los últimos cinco años, con un enfoque central en la caries dental.

Liu et al. (2022) revisaron artículos publicados en la revista Journal of Dental Sciences entre 2009 y 2020. Los datos fueron extraídos de ScienceDirect hasta el 23 de julio de 2021, obteniéndose un total de 770 artículos. El análisis bibliométrico descriptivo incluyó la revisión del número de artículos, tipo, categoría y distribución geográfica. Los estudios fueron clasificados en 17 categorías de investigación, y los datos fueron transferidos a una hoja de cálculo en Excel para el análisis. Se aplicaron pruebas de chi-cuadrado y Fisher para analizar variables categóricas como el tipo de artículo y el factor de impacto, utilizando el software estadístico SPSS. Los resultados mostraron que las principales categorías de investigación estaban relacionadas con cirugía oral y maxilofacial,

periodontología, endodoncia, patología oral y prostodoncia.

En un análisis más reciente, Xie et al., (2024) ofrecen un análisis bibliométrico exhaustivo sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) y su transformación en la práctica clínica de la odontología. El estudio incluyó publicaciones sobre IA en odontología entre 2000 y 2023, recuperadas de la Web of Science Core Collection. Se identificaron 651 publicaciones, centrándose principalmente en el análisis de datos de imágenes y las enfermedades dentales más comunes, como la periodontitis, fracturas óseas y caries dentales. Los parámetros bibliométricos se extrajeron y se realizó un análisis utilizando los softwares VOSviewer, Pajek y CiteSpace, revelando tendencias clave y proporcionando información valiosa para los odontólogos sobre el desarrollo de esta tecnología en su campo.

Abordando la bibliometría con un enfoque en los biomateriales, Zhu et al. (2021) presentan un panorama bibliométrico de los avances en materiales para la salud avanzada. Su estudio se centra en la aplicación de biomateriales para promover la salud humana, abarcando áreas como biomateriales, biointerfaces, nanomedicina y nanotecnología, ingeniería de tejidos y medicina regenerativa, biofabricación y dispositivos para aplicaciones sanitarias. Se analizaron un total de 2072 documentos, que incluyen artículos y reseñas, con registros datan de 2012 hasta 2019. Este análisis proporciona una visión general sobre la evolución de la investigación en este campo, con el objetivo de identificar las principales tendencias de investigación en la ingeniería de los materiales para aplicaciones biológicas y biomédicas.

En estudios más recientes, Shi et al. (2023) llevaron a cabo un análisis bibliométrico para evaluar el estado actual y las tendencias emergentes en la investigación de materiales de perovskita en aplicaciones clínicas. Este análisis incluyó 1852 publicaciones obtenidas de la base de datos Web of Science, abarcando el periodo de 1983 y 2022 y limitándose a publicaciones en inglés. Para describir las características de la literatura relacionada, los autores emplearon Bibliometrix y CiteSpace, utilizando técnicas de análisis de redes y mapeo de palabras clave. Este enfoque permitió identificar temas de interés en el uso de biomateriales en la medicina, resaltando su potencial en nuevas terapias y diagnósticos.

Asimismo, Silva & Plaine, (2023) exploraron las tendencias de investigación en la

corrosión electroquímica de biomateriales mediante un análisis bibliométrico basado en co-words. Un total de 2221 documentos de la base de datos Web of Science desde 2013 hasta 2021 fueron incluidos para el análisis con el software SciMAT. A través de un análisis de palabras clave, los autores identificaron las áreas de investigación más activas y emergentes. Su análisis reveló 5 áreas de interés que se mantuvieron activas durante todo el período: aleaciones de magnesio biodegradables, titanio y sus aleaciones, recubrimientos de hidroxiapatita, caracterización general de biomateriales y el uso de espectroscopia de impedancia electroquímica.

Adentrándose en el contexto de la presente investigación, que relaciona los biomateriales en odontología con un enfoque bibliométrico, Sousa et al. (2024) realizaron un estudio bibliométrico centrándose en los artículos más citados relacionados con las terapias pulpares vitales. Este análisis incluyó temas como la pulpotomía total o parcial, la cobertura directa de la pulpa y el uso de biomateriales dentales en estos tratamientos en dientes permanentes. La investigación se llevó a cabo mediante la identificación y clasificación de los artículos más influyentes en el campo, utilizando la base de datos Web of Science. Además, se evaluó y visualizó los datos seleccionados mediante herramientas como MS Excel, Microsoft Word, Google Open Refine, BibExcel y VOS Viewer. Los resultados indicaron que, entre los biomateriales utilizados en terapias pulpares vitales, el agregado de trióxido mineral (MTA) fue discutido en 37 artículos (74%), seguido del hidróxido de calcio, mencionado en 30 estudios (60%). Este análisis proporciona una valiosa fuente de información para investigadores, estudiantes y médicos en el campo de la endodoncia.

En la misma línea de investigación, Dos Reis-Prado et al. (2024) realizaron un análisis bibliométrico donde examina los 100 artículos más citados en el campo de la endodoncia regenerativa, abarcando publicaciones desde 2019 hasta 2023. Este estudio se centra en la evaluación de biomateriales y el diseño de andamios utilizados en endodoncia regenerativa. La metodología implicó la recopilación de datos de citas y su análisis cuantitativo para identificar patrones en la producción científica. Se utilizó el software VOSviewer para generar redes bibliométricas. Los resultados indican que la investigación en biomateriales para endodoncia regenerativa ha aumentado significativamente, centrándose en la evaluación de nuevos biomateriales y estrategias de diseño de andamios en contacto con poblaciones de células madre.

En conjunto, los estudios revisados destacan la importancia de los análisis bibliométricos como herramienta esencial para evaluar la producción científica y las tendencias de investigación en el campo de la odontología. A través de enfoques cuantitativos y el uso de software especializado, estos estudios han permitido identificar áreas clave de interés, la evolución de la producción académica, y el impacto de diversas publicaciones y eventos científicos en la comunidad odontológica. La diversidad de temas abordados, desde el uso de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial hasta la respuesta académica en situaciones de crisis, subraya la relevancia y el dinamismo de la investigación en odontología. Estos análisis no solo contribuyen a la mejora continua de la calidad y la pertinencia de las publicaciones, sino que también ofrecen valiosas perspectivas para orientar futuras investigaciones y políticas en el ámbito odontológico.

2.2. Contenido teórico que fundamenta la investigación

2.2.1. Biomaterial

En los últimos años, los biomateriales han experimentado un crecimiento exponencial y actualmente desempeñan un papel integral en el ámbito médico. Según Wong-Hernández et al, (2019), han pasado de ser dispositivos específicamente implantables, a convertirse en interfaces multifuncionales y complejas, que permite la interacción dinámica con el cuerpo y es capaz de activar el potencial regenerativo innato de los seres vivos. Desde este punto, se puede definir a los biomateriales como elementos diseñados a partir de procesos químicos naturales y utilizados por científicos biomédicos como herramientas de diagnóstico, soluciones terapéuticas o sustitutos de tejidos (Rahmati et al., 2020).

Estos materiales poseen propiedades que los hacen ideales y únicos, como la no toxicidad, biodegradación, bioactividad, biocompatibilidad, entre otras (Reyes-Blas et al., 2019). Son esenciales para el desarrollo de la medicina regenerativa porque apoyan eficazmente el cultivo celular o el trasplante de células, proporcionando alta viabilidad o actividad celular. Estos materiales permiten obtener información en cultivos celulares y en el cribado de fármacos similar a la de los estudios preclínicos o clínicos, además de asistir en la actividad celular y en el potencial de curación natural, facilitando la reparación eficiente de tejidos dañados (Nii & Katayama, 2021).

2.2.2. Biomaterial en odontología

Los biomateriales en odontología desempeñan un papel crucial en la sustitución y reparación de tejidos mediante la interacción con sistemas biológicos. Estos materiales se utilizan en una amplia gama de aplicaciones clínicas, que incluyen material de moldeo, resinas compuestas, hilos de sutura, coronas, facetas, implantes e injertos. Para cumplir con su función, estos biomateriales, fabricados a partir de polímeros, cerámicas y metales, deben poseer propiedades específicas, tales como biocompatibilidad, elasticidad y resistencia a la corrosión (Oliveira et al., 2022)

Además, algunos biomateriales, como los silicatos de calcio y los fosfopéptidos de caseína-fosfato de calcio amorfo, se utilizan con el propósito de promover la remineralización del esmalte dental y la dentina. La creciente popularidad de estos tratamientos en odontología se debe a su enfoque mínimamente invasivo y a su bajo costo (Jiménez, 2021). En consecuencia, La capacidad de estos biomateriales para estimular el proceso natural de remineralización en los tejidos dentales los posiciona como herramientas prometedoras para mejorar la salud bucal y conservar la estructura dental.

2.2.3. Composición de los biomateriales

El análisis de la composición química y física de los biomateriales utilizados en odontología es fundamental para entender su biocompatibilidad y eficacia en tratamientos dentales. Estos biomateriales dentales se clasifican según su función y propiedades físicas, lo que permite identificar las características específicas de cada material. Conocer la estructura y las propiedades de cada biomaterial es importante para determinar sus ventajas y desventajas en tratamientos específicos. Entre las propiedades más relevantes se encuentran la resistencia, ductilidad, dureza y color, las cuales son determinantes en la selección del material adecuado para cada procedimiento odontológico (Apaza & Bustamante, 2013).

En este contexto, estudios recientes han evidenciado un creciente interés en el uso de biomateriales poliméricos. En el ámbito médico, se ha observado un aumento del interés en la aplicación de polímeros biocompatibles en diversas áreas, incluyendo implantes, prótesis, suturas reabsorbibles, películas para piel sintética, injertos vasculares, administración de medicamentos y restauraciones dentales. Este aumento de interés se debe, en parte, a la investigación conjunta entre instituciones académicas, lo que ha

permitido actualizar el conocimiento sobre estos biomateriales y su aplicación en tratamientos estomatológicos (Armijos et al., 2022).

Sin embargo, a pesar de las propiedades deseadas, es importante considerar las posibles reacciones adversas que pueden ocasionar los biomateriales. Por ejemplo, se han documentado reacciones liquenoides en la mucosa oral, lo que subraya la necesidad de realizar una evaluación exhaustiva los efectos de los materiales dentales en los tejidos. Evaluar un biomaterial es esencial para garantizar la seguridad y eficacia de los tratamientos (Pérez et al., 2018).

2.2.4. Propiedades mecánicas de los biomateriales

Las propiedades mecánicas típicas de los biomateriales incluyen resistencia, tenacidad, elasticidad y adhesión. Estas propiedades son fundamentales para asegurar que los biomateriales puedan soportar las cargas mecánicas a las que están expuestos en aplicaciones biomédicas, como implantes dentales, prótesis y dispositivos médicos (Serra, 2020). En el contexto odontológico, estas características son cruciales para garantizar el desempeño adecuado de los materiales en la cavidad oral.

La resistencia se refiere a la capacidad de los biomateriales dentales para soportar las las fuerzas de masticación y otras cargas aplicadas en la cavidad bucal, es fundamental que estos materiales sean lo suficientemente duros para evitar deformaciones o fracturas durante su uso (Torres del Castillo, 2016). Por otro lado, la tenacidad es la capacidad de un material para absorber energía antes de fracturarse (Soubelet, 2022). En odontología, esta propiedad es crucial para los materiales utilizados en implantes y prótesis, ya que una alta tenacidad ayuda a prevenir fracturas y prolonga la vida útil de los dispositivos.

Además de la resistencia y la tenacidad, la elasticidad también forma parte de las propiedades mecánicas de lo biomateriales. Los materiales dentales deben tener cierto grado de elasticidad para permitir la distribución adecuada de las fuerzas masticatorias y evitar la concentración de tensiones que podrían llevar a la fractura del material o a daños en el diente natural circundante (Vidalón, 2019). Del mismo modo, la adhesión es una propiedad fundamental, puesto que, en muchos casos, los biomateriales dentales deben adherirse efectivamente al tejido dental existente o a otras superficies para asegurar una restauración efectiva y duradera. Por lo tanto, se puede definir la resistencia adhesiva como la fuerza máxima por unidad de área requerida para romper una unión, ocurriendo

una fractura en la interfase adhesivo/adherente (Noriega-Muro et al., 2018).

2.2.5. Propiedades físicas de los biomateriales

Las propiedades físicas se refieren a características más generales del material, como color y estética, textura superficial, permeabilidad y biodegradabilidad. Estas propiedades físicas afectan cómo interactúa el biomaterial con su entorno, incluyendo la respuesta del tejido circundante, la capacidad de integración, la respuesta inmunológica y la degradación del material (Scougall, 2021). En el campo odontológico, estas características son fundamentales para garantizar el éxito de los tratamientos y la satisfacción de los pacientes.

En cuanto al color y estética, los biomateriales utilizados en restauraciones dentales, como resinas compuestas y cerámicas, deben tener una apariencia natural que se integre estéticamente con los dientes naturales circundantes. Esto es crucial para la satisfacción estética del paciente y para asegurar que las restauraciones sean indistinguibles de los dientes naturales (Masson & Armas, 2019). Una apariencia natural y estéticamente agradable es un factor clave para la aceptación de los tratamientos dentales por parte de los pacientes.

Por otro lado, la textura superficial de los biomateriales dentales afecta la interacción con el tejido oral y la acumulación de placa bacteriana. Materiales como cerámicas y composites se diseñan con texturas que imitan la superficie del esmalte natural para promover una interacción biológica favorable y facilitar la limpieza dental (Linares & Smith, 2021). En consecuencia, textura adecuada contribuye a mantener la salud de los tejidos orales y previene la formación de biofilm bacteriano.

En cuanto a la permeabilidad, algunos biomateriales deben ser permeables al flujo de saliva y otros fluidos orales para mantener la salud del tejido subyacente y evitar la acumulación de bacterias (Lobo et al., 2019). Finalmente, la biodegradabilidad es otra propiedad física de los biomateriales que ha ganado especial atención en odontología, especialmente en aplicaciones temporales como suturas y andamios para regeneración tisular. Estos materiales deben descomponerse gradualmente en el cuerpo sin generar productos tóxicos ni interferir con el proceso de curación natural (Uscategui et al., 2018). La biodegradabilidad permite que el biomaterial sea reemplazado por tejido natural a medida que este se regenera.

2.2.6. Biocompatibilidad de biomateriales en odontología

La biocompatibilidad es una característica fundamental de los biomateriales utilizados en odontología, y se define como la capacidad de un material para desempeñar su función deseada sin causar una respuesta adversa en el tejido circundante. Esta propiedad implica varios aspectos críticos que garantizan tanto la seguridad como la efectividad de los biomateriales en aplicaciones clínicas (Marin et al., 2020)

Según Moreno & Freire (2023), la biocompatibilidad se refiere a la capacidad de los biomateriales, ya sean sintéticos o naturales, para interactuar de manera segura y efectiva con células, tejidos u órganos del cuerpo humano. En el contexto odontológico, la biocompatibilidad es esencial para asegurar que estos materiales puedan integrarse adecuadamente con los tejidos vivos en la cavidad bucal. Además, esta propiedad también implica consideraciones ambientales, ya que la degradación de materiales, como el cobre, puede generar productos que contaminen el medio ambiente y afecten negativamente a los organismos vivos (Bertuola, 2019).

Dentro de este marco, los materiales biocerámicos juegan un papel crucial en el campo odontológico debido a su capacidad para sellar y proteger la pulpa dental en tratamientos como la Terapia Vital Pulpar (TVP). Dada la importancia de estos dispositivos, destinado a interactuar con sistemas biológicos, los estudios in vitro e in vivo se han convertido en métodos estándar para evaluar cómo los biomateriales interactúan con las células y tejidos dentales. Estos estudios son importantes para asegurar que los biomateriales no causen efectos adversos, como inflamación excesiva o toxicidad celular (Lozano, 2024).

La evaluación in vitro con Células Madre Pulpares Dentales Humanas (HDPSC) permite simular cómo estos materiales pueden afectar la viabilidad y función celular en condiciones controladas de laboratorio. Por otra parte, los estudios in vivo en animales, como ratas, proporcionan información valiosa sobre el comportamiento de los biomateriales biocerámicos en un entorno más cercano a las condiciones reales. Estos estudios permiten evaluar la respuesta inflamatoria y la formación de tejido duro después de aplicaciones directas en los dientes expuestos (Lozano, 2024).

2.2.7. Factores que afectan la Biocompatibilidad

La biocompatibilidad de los biomateriales es un aspecto crítico en su aplicación médica, especialmente en odontología. Diversas investigaciones han identificado factores que afectan esta biocompatibilidad.

En primer lugar, la composición química de un biomaterial es crucial para determinar su biocompatibilidad. Los materiales deben ser inertes o biocompatibles, lo que significa que no deben causar reacciones adversas en los tejidos circundantes. Por ejemplo, la presencia de metales pesados o componentes alergénicos puede desencadenar respuestas inmunitarias o inflamatorias no deseadas. Es fundamental seleccionar materiales con composiciones que minimicen el riesgo de toxicidad o reacciones alérgicas (Karakullukcu et al., 2023).

La superficie de un biomaterial también influye significativamente en su interacción con los tejidos biológicos. Factores como la rugosidad, la carga y la energía superficiales juegan un papel crucial. Las superficies lisas tienden a reducir la acumulación de placa bacteriana y facilitan la limpieza, lo cual es beneficioso para aplicaciones dentales. Por otro lado, las superficies rugosas pueden promover una mejor integración con los tejidos óseos (osteointegración), facilitando la estabilidad y durabilidad de los implantes dentales (Siswomihardjo, 2016).

Otro factor importante es la degradación y productos de descomposición de los biomateriales. Algunos de estos materiales se degradan con el tiempo en el entorno biológico y es importante que este proceso sea controlado, generando subproductos que sean biocompatibles y no tóxicos. Los productos de descomposición pueden afectar la respuesta inmune y la salud general de los tejidos circundantes. Por lo tanto, los biomateriales diseñados para aplicaciones dentales deben ser capaces de mantener su integridad estructural durante un período prolongado, al mismo tiempo que minimizan cualquier impacto negativo derivado de su descomposición (Karakullukcu et al., 2023).

2.2.8. Bibliometría

Según García-Villar & García-Santos (2021), se puede definir la bibliometría como la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos a publicaciones científicas y a los autores que la producen, con el propósito de clasificar y evaluar la actividad científica. Este análisis permite examinar el crecimiento, tamaño y distribución de los documentos científicos, así como evaluar la estructura y dinámica de los grupos que generan y utilizan

estos documentos. Las principales bases de datos que ofrecen análisis bibliométricos y búsquedas de citas incluyen Scopus, Web of Science y Google Scholar, cada una de las cuales presenta sus propias métricas académicas.

Además, Llerena & Arévalo (2021) destacan que la bibliometría se utiliza para conocer la producción científica de los investigadores, identificar la producción científica de un país y determinar los autores representativos en un área de estudio, así como la dispersión de la literatura científica. Al analizar las redes de colaboración, se puede observar la dinámica de la producción al examinar las contribuciones de autores, instituciones y países. En este contexto, los Indicadores Bibliométricos (IB) se refieren a los cuantificadores de la información bibliográfica disponible en los documentos académicos y científicos, la cual es apta para ser analizada en términos de producción y consumo (Wilches & Castillo-Pedraza, 2022).

Los IB se utilizan para expresar cuantitativamente las características bibliográficas, ya que son datos numéricos que representan diferentes rasgos de la actividad científica de un documento o grupo de documentos. Según García-Villar & García-Santos (2021), generalmente se puede dividir los IB en cualitativos y cuantitativos. Los valores cualitativos están relacionados con la calidad de una revista, como el factor de impacto, mientras que los cuantitativos se pueden evaluar numéricamente, como el índice *h*. Sin embargo, en la mayoría de los casos, para obtener el índice cualitativo se deben emplear criterios cuantitativos.

Desde la perspectiva de Joshi (2014), los IB pueden ser clasificados en tres tipos: indicadores cuantitativos, indicadores de desempeño e indicadores estructurales. La tabla 2 muestra cómo se pueden agrupar cada uno de estos indicadores y cuál es su propósito dentro de la investigación científica, facilitando la comprensión del impacto y la relevancia de la producción científica en múltiples campos

Tabla 2. Tipos de indicadores bibliométricos

Tipo de Indicador	Propósito	Características
Cuantitativo	Se utilizan para medir la productividad de un investigador	<ul style="list-style-type: none"> Número de publicaciones. Número de publicaciones en revistas de alto nivel
Desempeño	Mide la calidad de la revista o del investigador	Indicadores de rendimiento de las revistas <ul style="list-style-type: none"> Factor de impacto de una revista (IF) Especialidad temática de la

		<ul style="list-style-type: none"> • revista • Número de autores • Tipo de publicación • Tamaño de la revista • Uso correcto de las palabras en el resumen y el título • Relación entre el numerador y el denominador del artículo • Título del artículo e idioma • Puntuación de citas normalizada por campos. • H index • M Quotient • Existen otros índices, como las variantes del índice h.
	Indicadores de rendimiento de los investigadores	
Estructural	Establece un vínculo entre la publicación, los autores y los campos de investigación	<ul style="list-style-type: none"> • Redes de citación • Scimago Journal Rank (SJR)

Nota: Información recuperada del estudio de Indicadores bibliométricos para evaluar la calidad de las publicaciones científicas (Joshi, 2014).

2.2.9. Análisis del mapeo científico

El mapeo científico es una técnica que permite visualizar y analizar la estructura y el desarrollo del conocimiento científico a través del tiempo. Este proceso involucra la recopilación y organización de información sobre la producción científica en un campo específico, generalmente a través de publicaciones académicas, citas, palabras clave y coautorías. El objetivo principal es identificar patrones, tendencias, redes de colaboración, áreas emergentes de investigación y la relación entre diferentes conceptos o disciplinas. En la tabla 3, se muestra el flujo de trabajo recomendado para la cartografía científica, según (Aria & Cuccurullo, 2017).

Tabla 3. Flujo de trabajo recomendado para el análisis científico

Etapa	Descripción
Diseño del estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Definir la pregunta o preguntas de investigación • Seleccionar los métodos bibliométricos apropiados para responder las preguntas de investigación • Seleccionar las bases de datos que contienen los datos bibliométricos
Recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Filtrar el conjunto de documentos básicos • Exportar los datos de la base de datos seleccionada • Este paso puede implicar construir una base de datos propia

Análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Emplear una o varias herramientas de software bibliométrico o estadístico • Se puede escribir el código informático que se adecue a las necesidades
Visualización de los datos	<ul style="list-style-type: none"> • Decidir el método de visualización a utilizar para los resultados. • Emplear el software de mapeo científico adecuado
Interpretación	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar y describir los resultados

Nota: Información extraída del análisis científico realizado por Aria & Cuccurullo (2017).

Posterior a la recolección y el análisis de los datos, el investigador puede proceder a la visualización de los datos como resultado de un análisis de mapeo científico (Pessin et al., 2022). La tabla 4 muestra las visualizaciones que puede generar en base a los índices bibliométricos, destacando las visualizaciones y las métricas de las dimensiones de análisis.

Tabla 4. Descripción de métricas, visualizaciones, dimensiones y análisis

Análisis	Métrica	Visualización	Dimensiones
Investigación global	Número de autores Número de citas Número de registros	Gráfico de barras apiladas Nube de palabras Mapa	Autores Países Palabras clave
Autores y coautores	Número de autores Número de citas Número de registros Índice inteligente	Lista Gráfico de barras apiladas Matriz	Autores Grupos de investigación Título del artículo
Revistas	Número de autores Número de citas Número de registros	Gráfico de barras apiladas Narrativa inteligente (Inteligencia artificial)	Revista Autores
Editorial, revistas y series temporales	Número de autores Número de citas Número de registros	Diagrama de tornado Mapa de árbol Gráfico de columnas apiladas	Editorial Revista Año
Idioma	Número de autores Número de citas Número de registros	Diagrama de Sankey Gráfico de viaje	Tipo de documento Idioma Grupos Autores
Gráficos inteligentes	Número de autores Número de citas Número de registros Índice inteligente	Navegador de red Matriz	Título Resumen Enlace de descarga Revistas Clústeres Palabras clave
Exportar datos	Número de autores Número de citas Número de registros Índice inteligente Factor de impacto	Nube de palabras Tabla	Año Título Revista Resumen Enlace de descarga o ID
Factor de impacto	Porcentaje de estratos	Gráfico de embudo	Revista

Número de autores Número de citas Número de registros de factor de impacto	Tabla	Área temática Factor de impacto
---	-------	------------------------------------

Nota: Información obtenida del estudio bibliométrico realizado por Pessin et al. (2022)

2.2.10. Método PRISMA

El método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) es una metodología ampliamente utilizada en revisiones sistemáticas y metaanálisis para asegurar la transparencia y el rigor en el proceso de selección de estudios. Según Andreo-Martínez et al. (2022), la metodología PRISMA ofrece un enfoque sistemático para identificar, seleccionar y evaluar críticamente la investigación primaria relevante para sintetizar la información científica reportada, fortalecer la validez de las conclusiones de estudios separados y resaltar las áreas de incertidumbre en las que es necesaria una mayor investigación..

La metodología PRISMA proporciona asistencia para autores en revisiones sistemáticas y estudios bibliométricos. Además, incluye una lista de verificación para orientar la presentación de publicaciones basadas en el metaanálisis (Page et al., 2021). La tabla 5 muestra la lista de verificación PRISMA 2020, la cual incluye 7 dominios con 27 ítems.

Tabla 5. Lista de Verificación PRISMA 2020

Sección	Ítem	Descripción
1. Título	1. Título	Identificar el informe como una revisión sistemática, un metaanálisis, o ambos.
2. Resumen	2. Resumen estructurado	Proveer un resumen que incluya objetivos, métodos, resultados y conclusiones.
	3. Justificación	Explicar el contexto y la importancia de la revisión.
3. Introducción	4. Objetivos	Indicar claramente los objetivos de la revisión, incluyendo preguntas específicas y marcos conceptuales.
	5. Criterios de elegibilidad	Describir los criterios de inclusión y exclusión de los estudios.
	6. Fuentes de información	Listar todas las bases de datos y otras fuentes de información.
4. Métodos	7. Estrategia de búsqueda	Proveer detalles completos de las estrategias de búsqueda utilizadas.
	8. Proceso de selección de estudios	Explicar el proceso de selección de estudios, desde la búsqueda inicial hasta la inclusión final.
	9. Proceso de extracción de datos	Describir los métodos de recolección de datos de los estudios incluidos.
	10. Lista de los datos	Listar los datos extraídos de cada estudio.

5. Resultados	11. Evaluación del riesgo de sesgo en estudios individuales	Explicar cómo se evaluó el riesgo de sesgo en los estudios incluidos.
	12. Medidas de efecto	Indicar las medidas estadísticas utilizadas para resumir los resultados de los estudios.
	13. Métodos de síntesis	Describir los métodos utilizados para sintetizar los datos.
	14. Evaluación del riesgo de sesgo en la publicación	Explicar cualquier evaluación del riesgo de sesgo entre los estudios.
	15. Evaluación de la certeza de la evidencia	Describir los métodos para evaluar la certeza
	16. Selección de estudios	Proveer un diagrama de flujo que ilustre el proceso de selección de estudios.
	17. Características de los estudios	Cite cada estudio incluido
	18. Riesgo de sesgo de los estudios individuales	Presentar las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada estudio
	19. Resultados de los estudios individuales	Presentar los estadísticos de resumen y la estimación del efecto y su precisión.
	20. Resultados de la síntesis	Resumir las características y el riesgo de sesgo entre estudios.
6. Discusión	21. Sesgos en la publicación	Presentar la evaluación del riesgo de sesgo
	22. Certeza de la evidencia	Presentar la evaluación de la confianza
	23. Discusión	Interpretar los resultados, argumentar limitaciones e implicaciones de los resultados
7. Otra información	24. Registro y protocolo	Proporcionar información sobre el registro de la revisión, donde acceder al protocolo.
	25. Financiación	Describir las fuentes de financiación y otros apoyos para la revisión.
	26. Conflictos de interés	Declarar cualquier conflicto de interés potencial.
	27. Disponibilidad de datos	Proveer información sobre la disponibilidad de los datos utilizados en la revisión.

Nota: Información extraída de la guía para publicación de revisiones sistemáticas de Page et al. (2021)

El diagrama de flujo de la metodología PRISMA evidencia el flujo de información a través de las diferentes fases de una revisión sistemática. Indica el número de registros identificados, incluidos y excluidos, y las razones de las exclusiones. La figura 1 muestra la versión del diagrama de flujo recomendado por la actualización de PRISMA 2020, donde pretende facilitar la comprensión rápida de la metodología básica de la revisión.

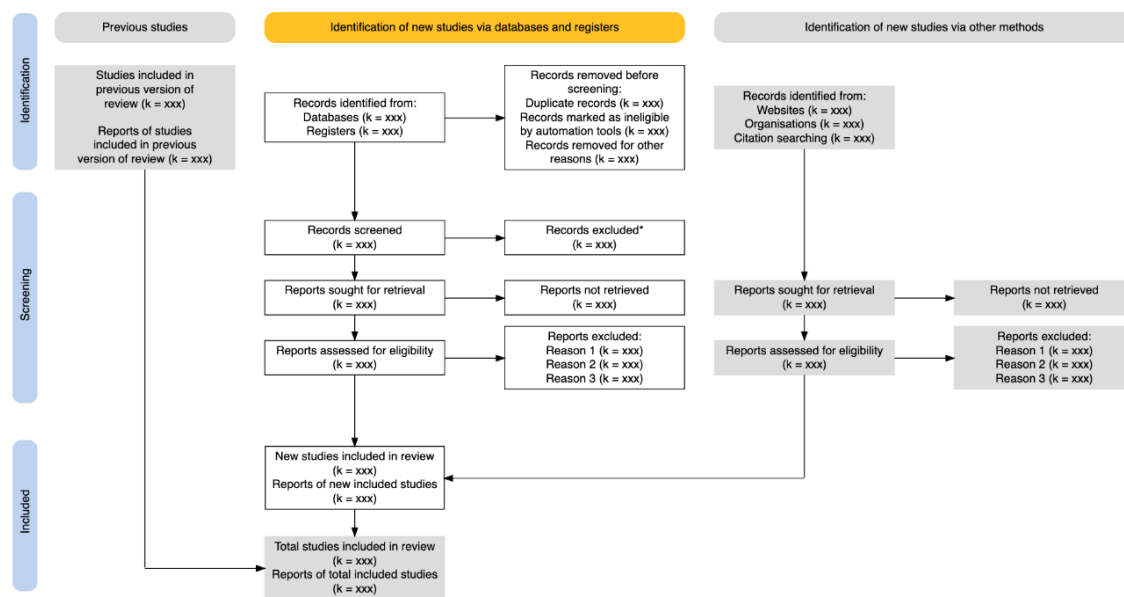


Figura 1. Diagrama de flujo para revisiones sistemáticas PRISMA

Nota: Referencia obtenida del Paquete R y la aplicación Shiny para crear diagramas de flujo PRISMA 2020 (Haddaway & Westgate, 2023)

Varios investigadores utilizan la metodología PRISMA para asegurar la rigurosidad y transparencia en sus revisiones sistemáticas. En el estudio sobre nanopartículas en odontología, la metodología PRISMA 2020 fue utilizada para seleccionar y evaluar la relevancia de los estudios sobre materiales de obturación dental, destacando sus aplicaciones clínicas (Guamán et al., 2024). De manera similar, en la revisión sobre los factores que influyen en la restauración de dientes anteriores, PRISMA facilitó la evaluación de la evolución de los materiales restaurativos, mejorando la comprensión de sus aplicaciones en odontología estética (Lozada López, 2024). Por último, la investigación sobre la eficacia de tratamientos estéticos para la fluorosis dental utilizó la declaración PRISMA 2020 para guiar la inclusión y análisis de estudios relevantes, contribuyendo a la aplicación clínica de estos tratamientos en odontología (Medina, 2024)

Otras investigaciones describen el uso de la metodología PRISMA para análisis bibliométrico en el campo médico. Por ejemplo, Gronthy et al. (2023) empleó la metodología PRISMA para seleccionar y filtrar 238 publicaciones relevantes sobre la detección y clasificación de arritmias, abarcando investigaciones entre 2005 y 2022. La metodología PRISMA permitió un análisis sistemático de la literatura utilizando técnicas

bibliométricas como el análisis de rendimiento y el mapeo científico. Estos métodos ayudaron a identificar los principales países, investigadores y temas en la investigación de arritmias, proporcionando una visión integral de las tendencias y direcciones futuras en este campo

De igual manera, Ullah et al. (2023) utilizó una metodología integrada que incluye PRISMA para realizar un análisis bibliométrico de las investigaciones sobre el Internet de las Cosas (IoT) en aplicaciones de salud. PRISMA se utilizó para establecer criterios de inclusión/exclusión y para seleccionar estudios de las principales bases de datos como Scopus y Web of Science. Esta metodología permitió una evaluación exhaustiva de la literatura relevante, identificando tendencias de investigación clave y proponiendo futuras direcciones de investigación en el campo de IoT enfocada a las ciencias médicas.

CAPITULO III: Diseño metodológico

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente estudio adopta un enfoque descriptivo y exploratorio para caracterizar y documentar el estado actual del conocimiento sobre biomateriales en odontología. A través de este enfoque, se buscó identificar patrones, tendencias emergentes y áreas de investigación o desarrollo en este campo. Para alcanzar este objetivo, se empleó técnicas de bibliometría, que consiste en el análisis de la producción científica relacionada con los biomateriales odontológicos.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que se limitó a la observación y análisis de datos existentes, sin intervención ni manipulación de las variables estudiadas. Este enfoque es particularmente adecuado para estudios bibliométricos, donde el objetivo principal es analizar patrones y tendencias a partir de la información publicada previamente.

3.2. La población y la muestra

3.2.1. Características de la población

La población del estudio estuvo conformada por artículos científicos que abordan el uso y aplicaciones de biomateriales y materiales biocompatibles en el ámbito odontológico. Se incluyeron investigaciones sobre implantes dentales, empastes dentales, prótesis dentales, ingeniería de tejidos dentales, regeneración dental y materiales compuestos dentales. La selección de artículos se enfocó a aquellos que mencionan aplicaciones, usos o implementación de estos materiales en odontología.

3.2.2. Delimitación de la población

La población fue delimitada utilizando una cadena de búsqueda específica en la base de datos Scopus. Esta cadena incluyó términos clave en los títulos, resúmenes y palabras clave de los artículos relacionados con biomateriales, materiales biocompatibles, y sus aplicaciones en el ámbito dental, específicamente en áreas como implantes, empastes, prótesis, ingeniería de tejidos, regeneración, y materiales compuestos dentales.

Con el propósito de delimitar la población, la tabla 6 presenta los criterios de búsqueda utilizados en la recopilación de los datos.

Tabla 6. Criterios de búsqueda

Criterio	Descripción
Fecha de consulta	17/07/2024
Base de datos	SCOPUS
Período	No se especifica un período explícito en la búsqueda, pero se infiere que incluye todos los años disponibles en la base de datos hasta la fecha de la consulta.
Tipo de documento	Artículos de investigación, artículos de conferencias, y revisiones.
Campo de búsqueda	Título, resumen y palabras clave (TITLE-ABS-KEY).
Ecuación de búsqueda	TITLE-ABS-KEY ((("Biomaterials" OR "Biocompatible materials") AND ("Dentistry" OR "Dental" OR "Odontology") AND ("Dental Implants" OR "Dental Fillings" OR "Dental Prosthetics" OR "Dental Tissue engineering" OR "Dental Regeneration" OR "Dental Composite materials") AND ("Applications" OR "Uses" OR "Implementation"))))
Resultados obtenidos	1146

3.2.3. Tipo de muestra

La muestra es no probabilística y de conveniencia, seleccionada en función de la disponibilidad de artículos en la base de datos Scopus que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos en la cadena de búsqueda.

3.2.4. Tamaño de la muestra

El tamaño final de la muestra fue de 1,134 tomados de la base de datos SCOPUS, después de la eliminación de estudios duplicados. Estos artículos representan el conjunto de publicaciones que cumplieron con los criterios de búsqueda y fueron seleccionados para el análisis bibliométrico. Los artículos se distribuyen en cuartiles de impacto (Ver tabla 7).

Tabla 7. Estudios por cuartiles

Cuartil	Estudios
Cuartil 1 (Q1)	399
Cuartil 2 (Q2)	219
Cuartil 3 (Q3)	86
Cuartil 4 (Q4)	101
No definidos	329
Sumatoria total	1134

La muestra incluyó estudios cuyos títulos, resúmenes o palabras claves abordan los biomateriales y materiales biocompatibles en odontología y que mencionan aplicaciones o usos en implantología, empastes, prótesis, ingeniería de tejidos, regeneración, y materiales compuestos dentales.

3.2.5. Proceso de selección de la muestra

El proceso de selección de la muestra se llevó a cabo de acuerdo con los pasos definidos en el diagrama de flujo propuesto por la metodología PRISMA 2020:

- **Búsqueda inicial:** Se realizó una búsqueda en la base de datos Scopus utilizando la cadena de búsqueda previamente mencionada.
- **Selección de estudios:** Se identificaron y eliminaron 12 artículos duplicados, resultando en 1134 artículos únicos.
- **Aplicación de criterios de inclusión:** Se revisaron los títulos, palabras clave y resúmenes de los artículos para asegurar que cumplieran con los criterios de inclusión relacionados con biomateriales y odontología.
- **Selección final:** Los artículos seleccionados fueron aquellos que cumplieron con los criterios de inclusión y presentaron un enfoque claro en aplicaciones, usos y avances de biomateriales en el ámbito odontológico.

3.3. Los métodos y las técnicas

La bibliometría se define como una técnica fundamental para el análisis de la literatura científica relacionada con biomateriales en el ámbito de la odontología. Para el análisis bibliométrico, se utilizó el paquete de R denominado Bibliometrix, accesible a través de la interfaz de Biblioshiny. Este software permitió realizar un análisis exhaustivo de la literatura científica, facilitando la visualización de tendencias, co-citaciones y redes de colaboración. Se llevaron a cabo análisis descriptivos y de red para identificar las principales áreas de investigación y las conexiones entre los diferentes estudios.

Además, la implementación de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) contribuyó a mejorar la transparencia y la reproducibilidad en el análisis bibliométrico, asegurando que se sigan estándares adecuados en la revisión de la literatura.

3.4. Procesamiento estadístico de la información

Para llevar a cabo el análisis bibliométrico del conjunto final de artículos seleccionados de la base de datos SCOPUS, se empleó el paquete "Bibliometrix" de R, a través de su interfaz "Biblioshiny". Los datos fueron procesados en formato BIB, lo que permitió realizar un análisis objetivo y sistemático de la producción científica en el área de los biomateriales en odontología.

Uno de los enfoques clave en este análisis fue la clasificación de los estudios según su cuartil de impacto, basados en la distribución de los cuartiles de las revistas en las que se publicaron los artículos ($Q1 > 399$, $Q2 > 219$, $Q3 > 86$, $Q4 > 101$). Este tipo de segmentación es fundamental, ya que permite identificar no solo la calidad y relevancia de los estudios, sino también la visibilidad y el prestigio de las investigaciones dentro de la comunidad científica.

El análisis por cuartiles resulta especialmente relevante cuando se contrasta el impacto de las publicaciones de mayor y menor rango. Los estudios publicados en revistas de cuartiles superiores ($Q1$ y $Q2$) tienden a tener un mayor alcance y reconocimiento, lo que refleja su contribución significativa al avance del conocimiento en el campo. Estas investigaciones suelen ser pioneras en cuanto a innovación, metodología y aplicación, marcando el rumbo de futuras investigaciones y sirviendo como referencia para estudios posteriores.

Por otro lado, los estudios en revistas de cuartiles inferiores ($Q3$ y $Q4$) también aportan valor, especialmente en el contexto de nichos de investigación específicos o emergentes, aunque su impacto y visibilidad tienden a ser menores. Este contraste ayuda a identificar áreas donde el conocimiento está aún en desarrollo o donde es necesario realizar más investigaciones para consolidar la evidencia científica. El análisis detallado de los diferentes cuartiles permite, por tanto, una comprensión más profunda de las dinámicas en la producción científica, al tiempo que destaca las áreas de alta producción y aquellas que pueden requerir mayor atención.

CAPITULO IV: Análisis e interpretación de resultados

4.1. Análisis de resultados

Se incluyeron un total de 1134 estudios provenientes de la base de datos SCOPUS para su análisis en este estudio. La figura 2 presenta un diagrama de flujo, propuesto por la metodología PRISMA, que describe detalladamente el proceso de identificación y selección de estudios, indicando el número de estudios retenidos en cada etapa.

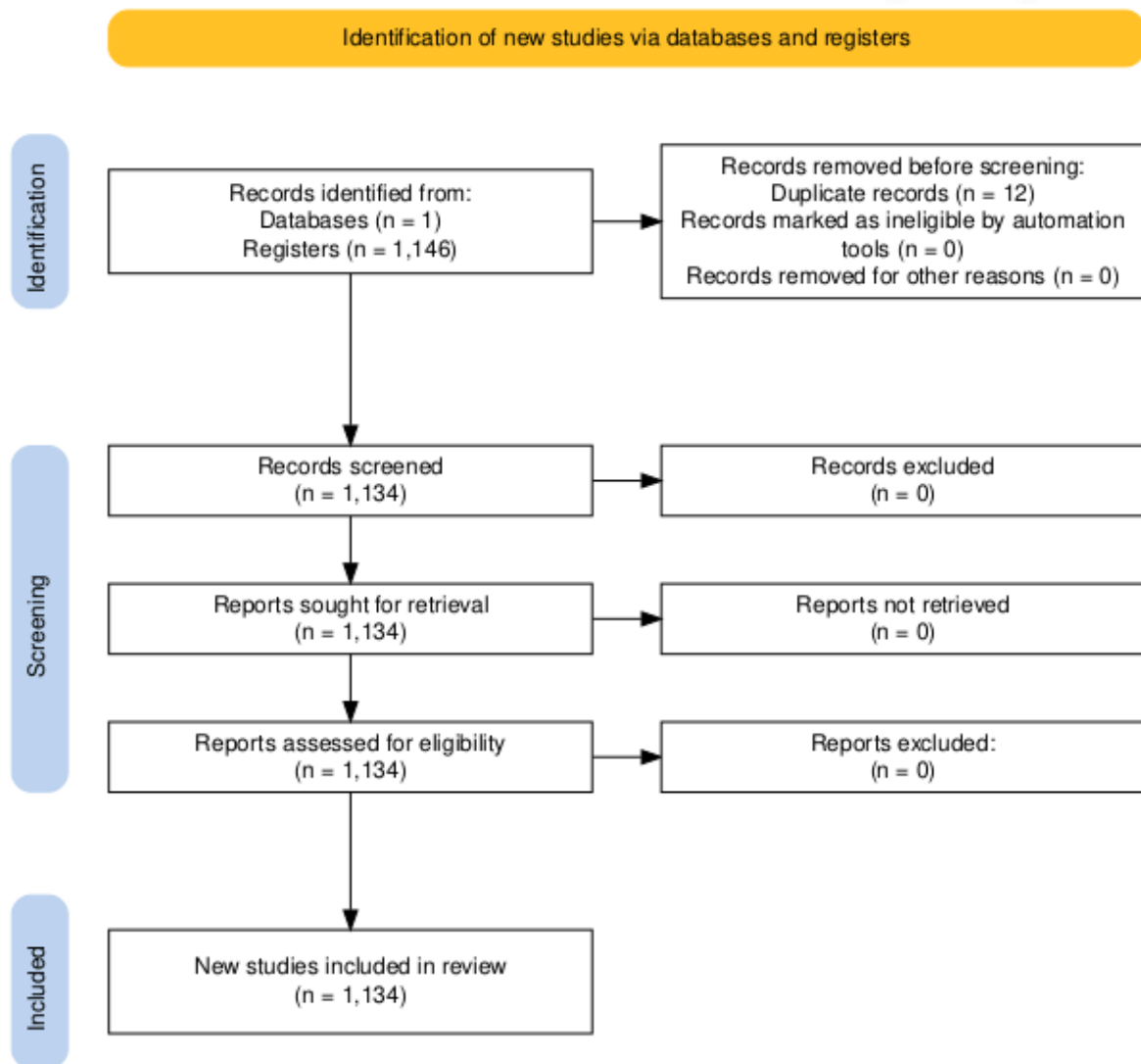


Figura 2. Proceso de selección de artículos aplicando la metodología PRISMA

4.1.1. Primer Cuartil

Se identificaron 399 estudios publicados en revistas de primer cuartil (Q1), las cuales son reconocidas por su alto impacto y prestigio en la comunidad científica. Estos estudios

representan la vanguardia en la investigación de biomateriales odontológicos, destacándose por su frecuencia de citación y reconocimiento a nivel internacional. Su influencia es significativa, ya que suelen introducir enfoques innovadores y hallazgos que orientan futuras investigaciones. Estas publicaciones se caracterizan por su rigor metodológico y científico, consolidándose como referencias clave en el campo.

- **Evolución temporal de las publicaciones**

Con el fin de analizar la evolución de la actividad investigativa, la figura 3 muestra el crecimiento y decrecimiento en la cantidad de publicaciones de estudios pertenecientes al primer cuartil. Desde 1996, se observa un incremento sostenido en la producción científica, con un primer pico notable en 2001, posiblemente vinculado al desarrollo de nuevas tecnologías y materiales que impulsaron investigaciones en biomateriales odontológicos. En 2014, se registra un máximo de 28 estudios, consolidándose como el año con mayor producción en este campo. En contraste, en lo que va de 2024, solo se han publicado 9 estudios. Esta tendencia es consistente con los últimos años, que registraron 7, 6 y 7 publicaciones en 2021, 2022 y 2023, respectivamente.

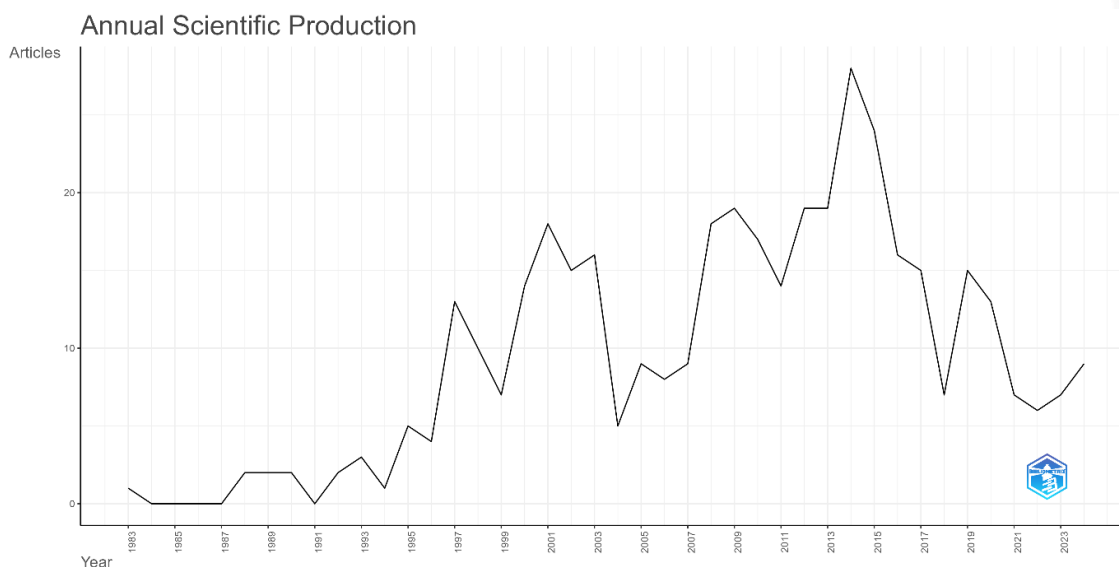


Figura 3. Producción científica anual (Q1)

El número de citas recibidas por año refleja el impacto de la investigación dentro de la comunidad científica. La figura 4 destaca la relevancia temporal de los estudios, con picos en 2016, 2019 y 2021, cuando se alcanzaron promedios de 9.3, 13 y 11 citas, respectivamente. Desde 1983 hasta aproximadamente 2014, se observa una tendencia

ascendente en el promedio de citas anuales, lo que indica un creciente reconocimiento de los estudios sobre biomateriales en odontología. Este aumento puede estar vinculado a avances significativos en el campo y la adopción de nuevas tecnologías y materiales. En 2024, se evidencia una disminución en el promedio de citas, lo que podría explicarse por factores como el surgimiento de nuevas áreas de investigación que desvían la atención o una posible saturación del campo con estudios similares, disminuyendo el impacto de nuevas publicaciones. Estas fluctuaciones reflejan la naturaleza dinámica de la investigación científica, donde el interés y el impacto varían según los descubrimientos y tendencias emergentes

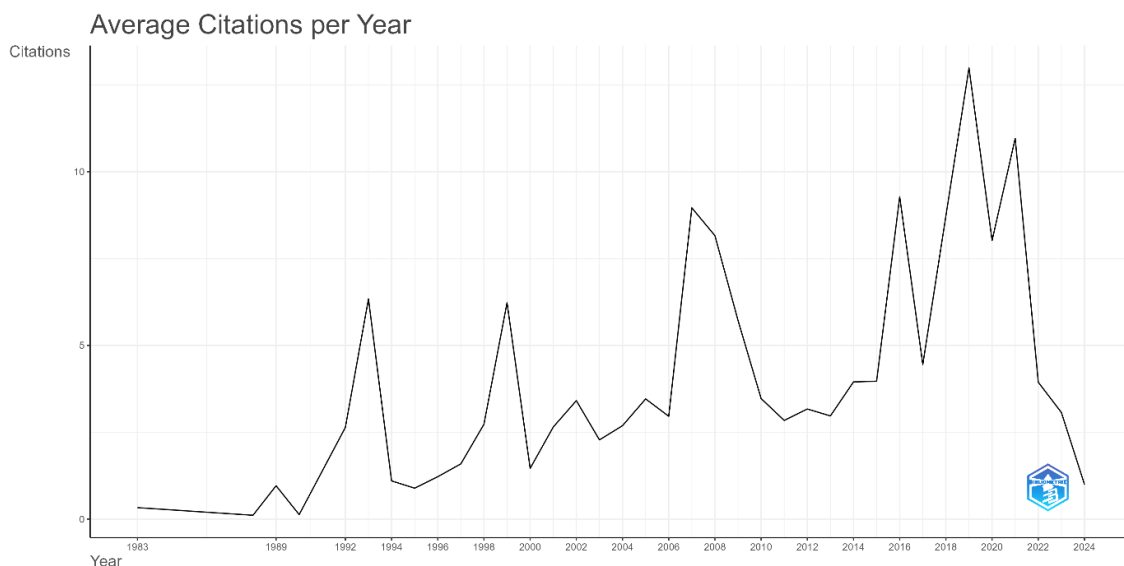


Figura 4. Citas por año (Q1)

- **Análisis de las principales tendencias**

En la figura 5 se visualiza una nube de palabras clave frecuentes en la literatura relacionada con biomateriales en odontología, específicamente en estudios del primer cuartil. El término 'Titanium' destaca por su prominencia, lo que subraya su importancia central en la investigación sobre biomateriales, especialmente en el contexto de implantes dentales. Términos como 'Dental implants' y 'Tooth implantation' también aparecen destacados, lo que indica que gran parte de los estudios se centran en la aplicación de biomateriales en implantes dentales. Además, palabras como 'Biomaterial' y 'Biocompatible materials' sugieren un enfoque considerable en el análisis de materiales que interactúan favorablemente con los tejidos biológicos humanos.

En cuanto a las aplicaciones relacionadas, los términos 'Bone regeneration' y 'Bone transplantation' reflejan una atención significativa en estudios sobre regeneración y trasplante óseo, aspectos clave en los tratamientos odontológicos que implican injertos y regeneración tisular. Por otro lado, 'Surface properties' y 'Surface property' sugieren que la investigación sobre las propiedades superficiales de los biomateriales, como el titanio, es también un área de interés, vinculada probablemente a la osteointegración y la compatibilidad de los implantes.

Respecto a los factores demográficos, términos como 'Male', 'Female', 'Human' y 'Humans' indican que muchos estudios se basan en ensayos clínicos o experimentales con humanos, lo que resalta un enfoque clínico importante. Además, la presencia de términos como 'Middle aged', 'Adult' y 'Aged' sugiere que la investigación está mayoritariamente centrada en adultos, especialmente aquellos de mediana edad o mayores, quienes suelen ser candidatos para los implantes dentales.

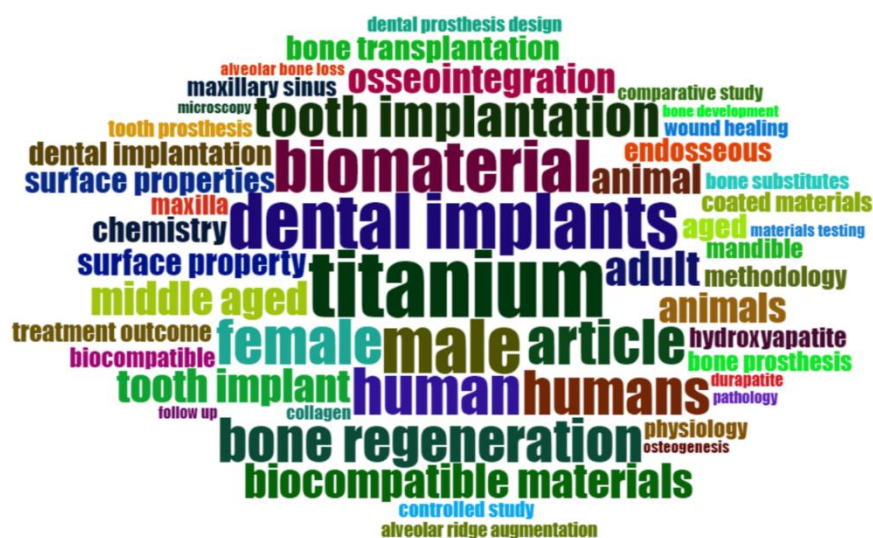


Figura 5. Nube de palabras clave (Q1)

El mapa temático es un gráfico muy útil para identificar y analizar los temas clave dentro de un campo de investigación, categorizándolos en cuatro cuadrantes en función de su centralidad (relevancia en el campo) y densidad (grado de desarrollo). Para su construcción, Biblioshiny ofrece varias opciones: Keywords Plus, Author Keywords, Titles y Abstracts. Cada categoría aporta una perspectiva distinta sobre la producción científica. Las Keywords Plus son términos adicionales asignados por los editores, que pueden revelar conceptos relevantes no capturados por los autores. Las Author Keywords,

seleccionadas por los propios investigadores, reflejan los enfoques principales de sus estudios. Titles y Abstracts, particularmente cuando se analizan mediante Unigrams o Bigrams, permiten una comprensión más profunda al descomponer frases en una o dos palabras, lo que facilita la identificación de tendencias específicas y relaciones entre conceptos

Keywords Plus

En la Figura 6 se visualizan las relaciones temáticas entre los conceptos clave en los estudios sobre biomateriales odontológicos. Este mapa facilita la identificación de los temas más relevantes y desarrollados en la investigación actual, así como aquellos emergentes o menos explorados.

El cuadrante superior derecho corresponde a los Motor Themes (Temas motores), donde se destacan “Dental Implants” y “Biomaterials”. Estos temas son los más desarrollados y relevantes en el campo, con alta centralidad y densidad, lo que los posiciona como áreas maduras y fundamentales que impulsan la investigación sobre biomateriales en odontología. Los implantes dentales y los biomateriales son ampliamente investigados y constituyen el núcleo de las publicaciones, lo que sugiere que estas áreas seguirán siendo clave para futuras investigaciones.

En el cuadrante inferior izquierdo se encuentran los Emerging or Declining Themes (Temas emergentes o en declive), caracterizados por baja centralidad y densidad. “Titanium”, un material central en implantes dentales sigue siendo relevante, pero la investigación actual parece enfocarse menos en él en comparación con el pasado, lo que podría indicar una consolidación del conocimiento o una disminución de interés frente a nuevos biomateriales. Términos como “Surface Property” y “Chemistry” están relacionados con el diseño y fabricación de implantes, pero su baja centralidad sugiere que no son el foco principal de la investigación reciente.

El cuadrante inferior derecho incluye los Basic Themes (Temas básicos), que presentan alta centralidad, pero baja densidad. Estos temas son fundamentales para el campo, pero la investigación sobre ellos es aún limitada. En este caso, no se identificaron temas posicionados en este cuadrante, lo que sugiere que las áreas básicas están cubiertas por los temas motores.

Por último, el cuadrante superior izquierdo representa los Niche Themes (Temas de

nicho), caracterizados por alta densidad y baja centralidad. Son áreas especializadas, pero de menor relevancia para el campo general. La ausencia de temas en este cuadrante indica que no hay áreas altamente desarrolladas que sean de nicho en este análisis.

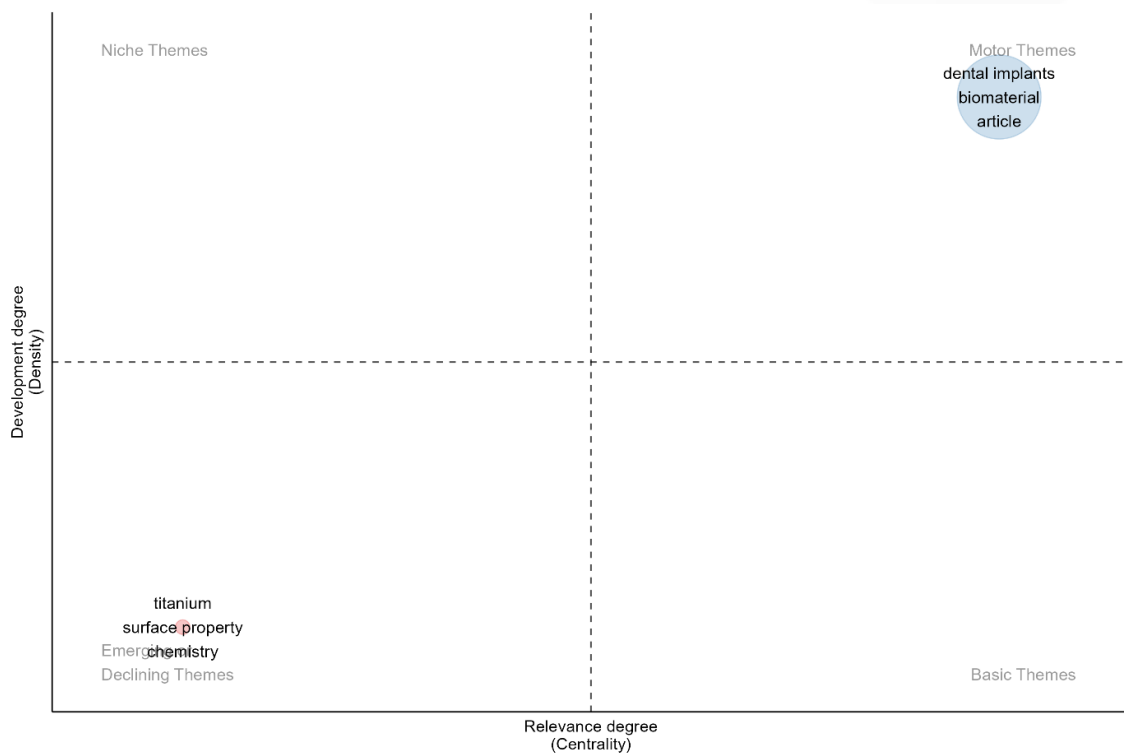


Figura 6. Mapa temático basado en Keywords Plus (Q1)

Los clústeres en el mapa temático agrupan conceptos o términos que permiten analizar la interrelación y relevancia de distintos temas dentro de un campo de estudio, como los biomateriales en odontología. El análisis de estos clústeres ayuda a los investigadores a identificar no solo los temas más importantes, sino también las conexiones entre ellos, proporcionando una visión más profunda del panorama actual de la investigación. Esto facilita la orientación de futuras investigaciones y la identificación de áreas que podrían beneficiarse de un mayor desarrollo.

La Tabla 8 presenta los temas clave identificados a partir de los Keywords Plus en estudios del primer cuartil. El análisis revela que términos como 'Titanium' y 'Dental implants' son fundamentales en la producción científica sobre biomateriales en odontología. La interconexión entre ambos conceptos resalta su importancia y predominancia en el campo, subrayando su papel central en la investigación y el

desarrollo de soluciones dentales.

Tabla 8. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q1)

Clúster	Tema de investigación	Documentos
1	Titanium	Barrère et al. (2008) Hanawa (1999) Bartmanski et al. (2017) Laranjeira et al. (2014) Marei & El Backly (2018) Browaeys et al. (2007)
2	Dental implants	Serino et al. (2003) Schwarz et al. (2006) Chen et al. (2005) Clark et al. (2018)

En este apartado se presentan los dos clústeres principales identificados en el mapa temático, acompañados de una descripción detallada de cada uno y los temas asociados.

Clúster 1: Titanio (Titanium)

De acuerdo con Bartmanski et al. (2017), el titanio y sus aleaciones son los biomateriales más utilizados en la ingeniería médica, especialmente en implantes ortopédicos y dentales, debido a sus destacadas propiedades mecánicas. Las superficies del titanio suelen ser modificadas para mejorar su biocompatibilidad y bioactividad.

Entre los biomateriales más comunes se incluyen aceros inoxidable, aleaciones de cobalto-cromo-molibdeno, titanio comercialmente puro y aleaciones de titanio. Como señala Hanawa (1999), el titanio y sus aleaciones tienen una excelente biocompatibilidad y resistencia a la corrosión, características que los convierten en materiales clave para implantes dentales. En odontología, el titanio es el metal de elección para implantes intraóseos debido a su capacidad para resistir el entorno fisiológico y su robustez mecánica. Sin embargo, Laranjeira et al. (2014) reportaron casos clínicos de alergia al titanio, lo que sugiere la necesidad de seguir investigando alternativas para pacientes con sensibilidades a este material.

Clúster 2: Implantes dentales (Dental implants)

Este clúster se enfoca en las investigaciones sobre biomateriales y técnicas aplicadas en la colocación de implantes dentales, especialmente en situaciones de deficiencia ósea. Serino et al. (2003) evaluaron el uso de una esponja bioabsorbible de polilactida-poliglicólido en alveolos de extracción para preservar la cresta alveolar, con resultados

prometedores. Chen et al. (2005) realizó un estudio comparativo en pacientes con defectos periimplantarios, evaluando cinco tratamientos de aumento en implantes inmediatos. Los resultados mostraron que, si bien se logró una reducción en la altura y profundidad de los defectos independientemente del uso de membranas o injertos óseos, el uso de membranas fue clave para reducir la anchura de los defectos, especialmente en presencia de dehiscencia, donde la resorción de la placa labial fue más marcada sin ellas.

Browaeys et al. (2007) destacó las dificultades en la colocación de implantes en el maxilar posterior atrófico, donde la cantidad y calidad ósea son cruciales para el éxito del procedimiento. El aumento del seno maxilar es una técnica comúnmente utilizada para incrementar la altura ósea en esta región, permitiendo la colocación de implantes más largos. Aunque efectiva, esta técnica suele requerir injertos óseos autógenos, lo que complica el tratamiento y aumenta la morbilidad asociada al sitio donante.

Author's Keywords

En la figura 7 se presenta el mapa temático elaborado a partir de las Author Keywords. En el cuadrante superior derecho, correspondiente a los Temas Motores (Motor Themes), se identifican términos como “Dental implants”, “Bone regeneration”, “Biomaterials”, “Titanium” y “Osseointegration”. Términos como “Bone regeneration” y “Osseointegration” son importantes para la innovación en implantes dentales. De igual manera, el titanio y otros biomateriales son esenciales para el éxito de los tratamientos, lo que sugiere que estos temas seguirán creciendo y se consolidarán como ejes cruciales de investigación.

En el cuadrante inferior derecho, correspondiente a los Temas Básicos (Basic Themes), se visualizan términos como “Biomaterials”, “Implants”, “Bioactivity”, “Extraction socket” y “Animal study”. Estos conceptos son fundamentales en odontología, incluyendo estudios en animales y la actividad biológica de los biomateriales. Aunque estos temas son el núcleo de la ciencia de biomateriales, podrían estar experimentando una desaceleración en términos de nuevas investigaciones.

En el cuadrante superior izquierdo, que representa los Temas de Nicho (Niche Themes), se identifican términos destacados como “CAD/CAM”, “Freeze-dried bone allograft (FDBA)”, “Guided bone regeneration (GBR)”, “Osseointegration” y “Surface coating”. Estos términos reflejan tecnologías específicas y técnicas avanzadas dentro del campo

de los biomateriales, como el uso de CAD/CAM y la regeneración ósea asistida (GBR). Aunque estos temas no son fundamentales en la mayoría de los estudios, poseen un alto grado de especialización y desarrollo en aplicaciones específicas, como la ingeniería de tejidos y la personalización de tratamientos odontológicos.

Finalmente, en el cuadrante inferior izquierdo, correspondiente a los Temas Emergentes o en Declive (Emerging or Declining Themes), se encuentran términos como “Complete denture”, “Differentiation” y “Surfaces”. Temas como “Complete denture” podría estar perdiendo relevancia frente a enfoques más modernos, como los implantes. Sin embargo, términos como “Differentiation” y “Surfaces” podrían representar áreas emergentes que están comenzando a recibir mayor atención en los estudios sobre biomateriales.

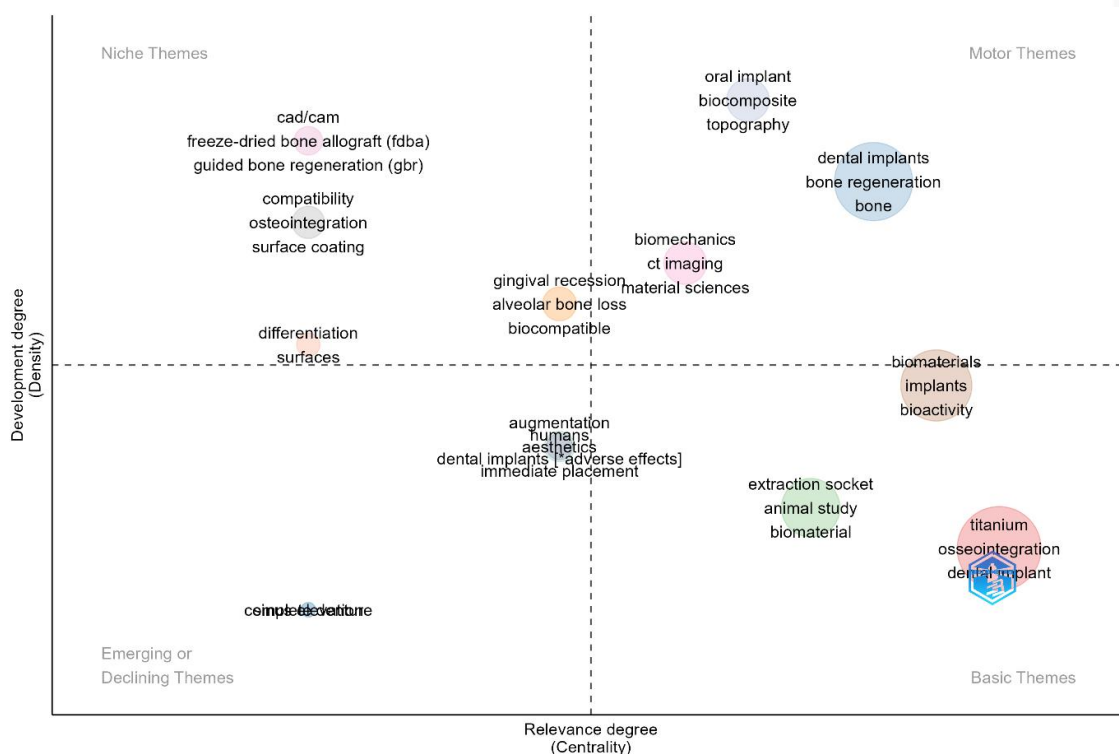


Figura 7. Mapa temático basado en Author's Keywords (Q1)

En la tabla 9, se observa los términos que conforman el clúster basado en las palabras clave de los autores: Este clúster proporciona una visión integral de las áreas prioritarias en la investigación sobre biomateriales dentales, destacando tanto los desafíos como las oportunidades para mejorar los tratamientos odontológicos mediante el uso de tecnologías avanzadas y enfoques multidisciplinarios.

Tabla 9. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (Q1)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Titanium	Hanawa (1999) Mishra & Chowdhary (2019) Pilliar (1998) Chen et al. (2005) Schliephake et al. (2005) Artzi & Nemcovsky (1998)
2	Dental implants	Peleg et al. (1998) Squier et al. (2001) Clark et al. (2018) Karabuda et al. (2001) Favero et al. (2010) Galindo-Moreno et al. (2010)
3	Extraction socket	Favero et al. (2013) Caneva et al. (2010) Caneva et al. (2011)
4	Humans	Esposito, Grusovin, Talati, et al. (2008) Esposito, Grusovin, Kakis, et al. (2008) Zuhr et al. (2014)
5	Gingival recession	Fu et al. (2012) Covani et al. (2014) Bataineh & Al Janaideh (2019) Nóia et al. (2017)

A continuación, se describen los principales clústeres identificados en el mapa temático, proporcionando una definición detallada de cada uno y los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Titanio (Titanium)

Este clúster se centra en el uso del titanio como material predominante en implantes dentales, destacando su resistencia y biocompatibilidad. También abarca estudios que exploran alternativas y mejoras en las superficies de los implantes.

Hanawa (1999), subraya los desafíos que enfrentan los materiales metálicos implantados in vivo, particularmente en relación con la corrosión inducida por fluidos corporales, como la sangre y el líquido intersticial. Aunque el titanio y sus aleaciones presentan alta resistencia a la corrosión, es necesario modificar su superficie para optimizar la biocompatibilidad y reducir la liberación de iones metálicos, los cuales podrían causar reacciones adversas. Este trabajo resalta la importancia de las mejoras en la resistencia a la corrosión mediante tecnologías como el haz de iones, lo que resulta fundamental para prolongar el uso de implantes de titanio en entornos biológicos.

Clúster 2: Implantes dentales (Dental implants)

Este clúster abarca investigaciones sobre biomateriales y técnicas empleadas en los implantes dentales. Artzi & Nemcovsky (1998), examinaron el uso de mineral óseo bovino desproteinizado (DBBM) como material de relleno para la preservación de la cresta alveolar previa a la colocación de implantes. Los resultados mostraron formación de hueso nuevo y la integración de partículas de DBBM con el tejido óseo, lo que confirma su eficacia en la preservación de la cresta alveolar.

Peleg et al. (1998) evaluaron la colocación simultánea de implantes en pacientes con maxilares severamente atróficos (1-3 mm de altura ósea residual). Los pacientes del grupo de estudio presentaron una tasa de éxito del 92%, mientras que el grupo control alcanzó el 98,7%. Aunque el procedimiento es factible, su éxito depende de una planificación quirúrgica meticulosa, siendo el riesgo de fracaso mayor en fumadores empedernidos.

Titles (Unigram)

La figura 8 muestra un mapa temático basado en títulos, configurado con N-grams en Unigrams, que representa la producción científica en biomateriales odontológicos para este cuartil. Los términos “bone”, “study” y “sinus”, ubicados entre los cuadrantes de temas de nicho y motores, sugieren que, aunque existe una cantidad considerable de investigación y desarrollo en estas áreas, no son esenciales para el núcleo de la investigación en biomateriales odontológicos. Estos términos pueden representar áreas especializadas o aplicaciones específicas dentro del campo.

Por otro lado, términos como “dental”, “surface” y “review” muestran tanto baja relevancia como un bajo grado de desarrollo, lo que podría indicar que son áreas emergentes aún no ampliamente exploradas o que están experimentando un declive en términos de interés e innovación. La presencia del término “review” sugiere que existen revisiones de literatura que podrían estar evaluando estas áreas emergentes.

En el cuadrante de temas básicos se encuentran términos como “implants”, “implant” y “titanium”. Estos temas son altamente relevantes, aunque presentan un menor grado de desarrollo en investigaciones recientes. La repetición de “implants” y “implant” refuerza la importancia de los implantes dentales y del material “titanium” en la investigación y la práctica odontológica. Aunque estas áreas han sido extensamente estudiadas, se mantienen como temas fundamentales debido a su centralidad en los procedimientos de

implantación y su impacto en el éxito a largo plazo de los tratamientos odontológicos.

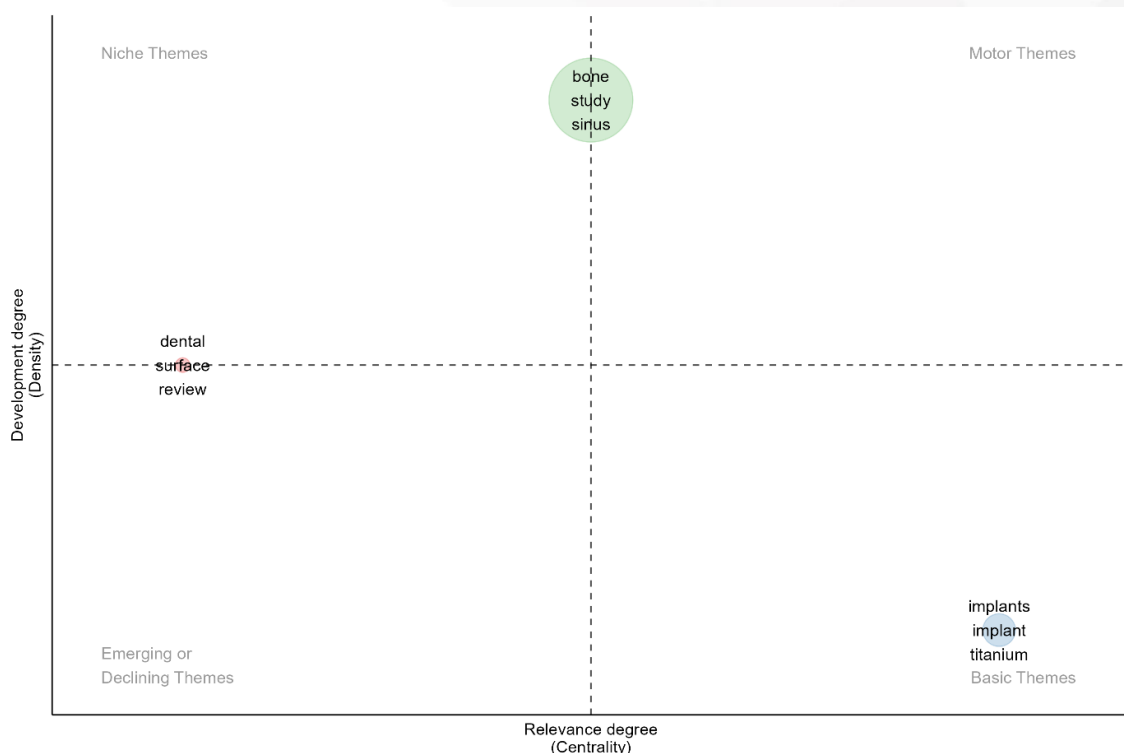


Figura 8. Mapa temático basado en Titles (Q1)

La tabla 10 muestra los términos relevantes basados en los títulos de las publicaciones científicas. En conjunto, este clúster proporciona una visión integral de las tendencias actuales en investigación odontológica, subrayando la necesidad de enfoques multidisciplinarios para mejorar los tratamientos con implantes dentales.

Tabla 10. Tendencias identificadas en base a Titles (Q1)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Dental	Najeeb et al. (2016) Trindade et al. (2016) Han et al. (2019) Hanawa (1999) Tahriri et al. (2019) LeGeros (2008)
2	Implants	Esposito, Grusovin, Kakisis, et al. (2008) Fu et al. (2012) Delgado & Schaaf (1990) Bellelli et al. (2001) Serino et al. (2003) Urban et al. (2011)
3	Bone	Frenken et al. (2010) Clark et al. (2018) Lindhe et al. (2014)

A continuación, se describen los principales clústeres identificados en el mapa temático, junto con una definición detallada de los temas asociados.

Clúster 1: Dental (Dental)

Este clúster agrupa investigaciones centradas en el desarrollo y la aplicación de biomateriales avanzados en odontología, abarcando desde implantes dentales hasta prótesis fijas y removibles. Najeeb et al. (2016) revisa las diversas aplicaciones de la polietereetercetona (PEEK) en implantología oral y prostodoncia, destacando su potencial como alternativa al titanio. Se ha observado que los implantes de PEEK presentan una menor discrepancia en las propiedades mecánicas en comparación con el hueso, lo que podría favorecer la osteointegración. Además, el PEEK muestra un gran potencial para su uso en prótesis removibles y fijas, con investigaciones recientes centradas en mejorar su bioactividad a nanoescala para optimizar su desempeño clínico.

Por otro lado, Trindade et al. (2016) aborda la reacción a cuerpo extraño (FBR) frente a los biomateriales utilizados en implantes dentales, interpretando la osteointegración desde una perspectiva inmunológica. El estudio concluye que la osteointegración es un proceso inmunomodulado complejo, en el que participan múltiples células y mediadores. La estabilidad a largo plazo de los implantes depende del equilibrio en la respuesta inmune; cualquier alteración puede desencadenar la resorción ósea y el fracaso del implante. Este trabajo subraya la importancia de una mejor comprensión de estos mecanismos para mejorar la funcionalidad clínica de los implantes dentales.

Clúster 2: Implantes (Implants)

Los implantes dentales son dispositivos biomédicos diseñados para reemplazar dientes perdidos, integrando materiales biocompatibles, como el titanio o fosfatos de calcio, con el hueso circundante. Estos implantes no solo promueven la regeneración ósea, sino que también proporcionan estabilidad para prótesis dentales.

LeGeros (2008) examina el uso de materiales basados en fosfato de calcio (CaP) en implantes dentales y ortopédicos, destacando su biocompatibilidad, así como sus propiedades osteoconductoras y bioactivas. Estos materiales son fundamentales para la regeneración ósea, ya que permiten la unión directa con el hueso. La introducción de propiedades osteoinductivas mediante modificaciones en la geometría del material o su combinación con factores de crecimiento podría revolucionar el campo de la reparación

ósea en odontología, reduciendo la necesidad de injertos óseos autólogos o alogénicos. Por su parte, Esposito, Grusovin, Kakis, et al., (2008) se enfocan en los tratamientos para la perimplantitis, una complicación caracterizada por la inflamación y destrucción de los tejidos blandos y duros alrededor de los implantes. Este estudio sistematiza ensayos clínicos sobre diversos tratamientos, destacando la efectividad limitada de algunas estrategias, como el uso de antibióticos locales y el desbridamiento subgingival, y sugiriendo que se necesitan más investigaciones para identificar las intervenciones más efectivas a largo plazo.

Abstracts (Bigrams)

La figura 9 presenta un gráfico basado en abstracts, utilizando N-grams en Bigrams, que refleja la distribución de temas clave en la investigación odontológica, particularmente en relación con los biomateriales. En el cuadrante superior derecho, correspondiente a los Temas Motores, se destacan términos como “Implant placement”, “maxillary sinus” y “alveolar bone”. Estos representan áreas avanzadas y esenciales en implantología dental. La colocación de implantes en el seno maxilar y el tratamiento del hueso alveolar son procesos clínicos críticos, especialmente en casos de reabsorción ósea severa. Estos temas son fundamentales para la regeneración ósea y la planificación quirúrgica de implantes, lo que confirma su rol como motores dentro de la investigación odontológica.

En el cuadrante inferior derecho, que agrupa los Temas Básicos, aparecen términos como “bone formation”, “bone regeneration” y “soft tissue”. La formación y regeneración ósea, junto con los tejidos blandos, son áreas clásicas y bien establecidas en la literatura odontológica. Estos temas son cruciales para la investigación sobre la biocompatibilidad y efectividad de los implantes. Aunque han sido extensamente estudiados, se mantienen como temas fundamentales debido a su importancia en los procedimientos de implantación y el éxito a largo plazo de los tratamientos.

En el cuadrante superior izquierdo, correspondiente a los Temas de Nicho, se encuentran términos como “implant surfaces”, “scanning electron” y “electron microscopy”. Estos términos reflejan un análisis más técnico y especializado de los implantes y sus superficies, empleando herramientas avanzadas como el microscopio electrónico de barrido. Estos estudios son cruciales para evaluar la morfología y los recubrimientos de

las superficies implantarias, lo que contribuye a una mejor comprensión de la interacción entre el implante y el tejido óseo

Por último, en el cuadrante inferior izquierdo, correspondiente a los Temas Emergentes o en Declive, aparecen términos como “dental implants”, “dental implant” y “titanium implants”. Aunque estos temas se consideran fundamentales, en el gráfico se muestran como emergentes o en declive, lo que puede indicar que la investigación sobre los implantes dentales de titanio ha alcanzado cierto grado de madurez. Esto sugiere que, aunque siguen siendo importantes, su desarrollo y centralidad en la investigación actual podrían estar disminuyendo, dando paso a nuevas innovaciones o enfoques más específicos dentro del campo odontológico

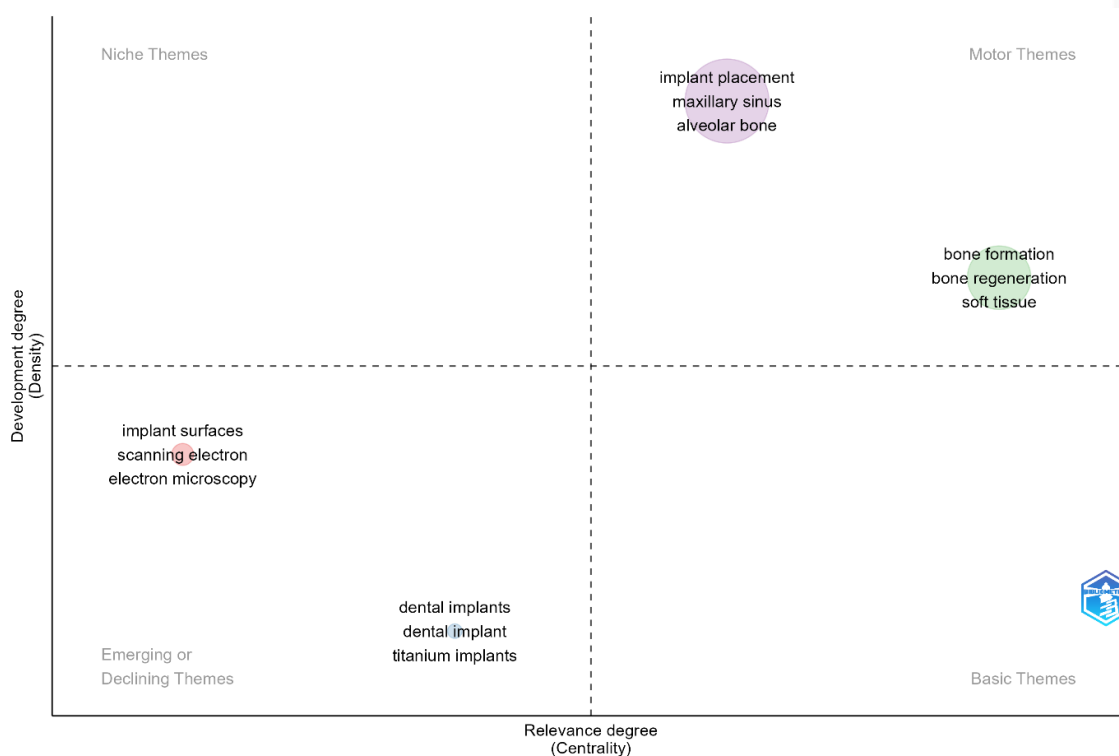


Figura 9. Mapa temático basado en Abstract (Q1)

La tabla 11 muestra los temas de investigación que son tendencia en base a los resúmenes analizados en la producción científica. Este clúster proporciona una visión clara de las áreas críticas que deben ser consideradas para mejorar el éxito a largo plazo de los implantes dentales, destacando la necesidad de investigaciones continuas sobre las interacciones entre las superficies del implante y el tejido óseo.

Tabla 11. Tendencias identificadas en base a Abstract (Q1)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Implant surfaces	Lautenschlager & Monaghan (1993)
		Rossetti et al. (2005)
		Mabboux et al. (2004)
		Choi et al. (2013)
		Mateescu et al. (2015)
2	Dental implants	Hanawa (1999)
		Duailibi et al. (2008)
		Nakajima & Okabe (1996)
		Bartmanski et al. (2017)
		Meijer et al. (1995)
3	Bone formation	Rieger et al. (1989)
		Susin et al. (2010)
		Demarosi et al. (2016)
		Sears et al. (2020)
		Wiesli & Özcan (2015)
4	Implant placement	Schwarz et al. (2006)
		McGrath et al. (1996)
		Barak et al. (1998)
		Anssari Moin et al. (2017)
		Nóia et al. (2017)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Superficies de implantes (Implant surfaces)

El estudio de las superficies de los implantes dentales abarca los materiales y recubrimientos que se utilizan para mejorar la biocompatibilidad, la osteointegración, y la resistencia a la corrosión y las infecciones bacterianas. Las propiedades superficiales de un implante son cruciales para su integración con los tejidos circundantes y para prevenir complicaciones postoperatorias, como infecciones o falta de integración ósea.

Lautenschlager & Monaghan (1993) destacan la importancia del titanio y sus aleaciones como materiales dentales debido a su combinación de propiedades mecánicas, ligereza y resistencia a la corrosión. El titanio se ha consolidado como el material preferido para los implantes dentales, no solo por su biocompatibilidad, sino también por la facilidad con que puede ser manipulado y recubierto para mejorar su rendimiento en aplicaciones odontológicas. A pesar de los avances, los autores señalan la necesidad de continuar investigando sobre recubrimientos y respuestas biológicas para optimizar los diseños de dispositivos y su durabilidad.

Rossetti et al. (2005) investigan un enfoque novedoso de modificación de superficies de

titanio mediante la interacción con bicapas de fosfolípidos, creando interfaces biointeractivas que imitan la membrana celular. Este enfoque tiene el potencial de mejorar la integración de los implantes dentales al desencadenar respuestas biológicas específicas, lo que podría resultar en una mayor eficacia en la osteointegración y una menor incidencia de rechazos.

Clúster 2: Implantes dentales (Dental implants)

El campo de los implantes dentales incluye el estudio y la aplicación de materiales metálicos y técnicas avanzadas para reemplazar piezas dentales perdidas, enfocándose en mejorar la osteointegración, así como la resistencia a la corrosión y al desgaste, además de nuevas aproximaciones para regenerar tejidos dentales mediante ingeniería de tejidos.

Hanawa (1999) examina las propiedades químicas de los biomateriales metálicos utilizados para implantes dentales, centrándose en la evolución de la película de óxido en la superficie del titanio, clave para su biocompatibilidad y resistencia a la corrosión. Resalta la importancia de la modificación superficial de estos biomateriales, como la implantación de iones de calcio en el titanio, que mejora su conductividad ósea. Este tipo de mejoras optimiza la integración del implante con el hueso circundante, favoreciendo el éxito a largo plazo.

Duailibi et al. (2008) presentan un avance significativo en bioingeniería dental al cultivar tejidos dentales de reemplazo en mandíbulas de ratas mediante la siembra de células de yemas dentales en andamios biodegradables. El estudio demuestra que estos tejidos regenerados pueden exhibir propiedades físicas y funcionales similares a las de los dientes naturales, abriendo el camino para futuras aplicaciones en humanos. Los tejidos formados incluyeron dentina, esmalte, pulpa y ligamentos periodontales, sugiriendo que podría ser factible regenerar dientes funcionales en sitios de pérdida dental.

- **Biomateriales y materiales biocompatibles**

Con el propósito de identificar los términos más frecuentes en los estudios científicos recientes sobre biomateriales y materiales biocompatibles en el campo odontológico, la figura 10 muestra los materiales que han sido más investigados o utilizados. Se incluyó una lista de términos a remover con el propósito de filtrar los términos de interés para el

estudio.

El análisis revela que el titanio se destaca como el material más relevante en la investigación sobre biomateriales. La hidroxiapatita ocupa el segundo lugar en frecuencia, lo que indica su importancia como un biomaterial clave para la regeneración ósea y la mejora de superficies de implantes, debido a sus similitudes con los minerales naturales del hueso. El colágeno es fundamental en la regeneración de tejidos y la cicatrización, destacándose su uso en membranas y matrices para aplicaciones odontológicas.

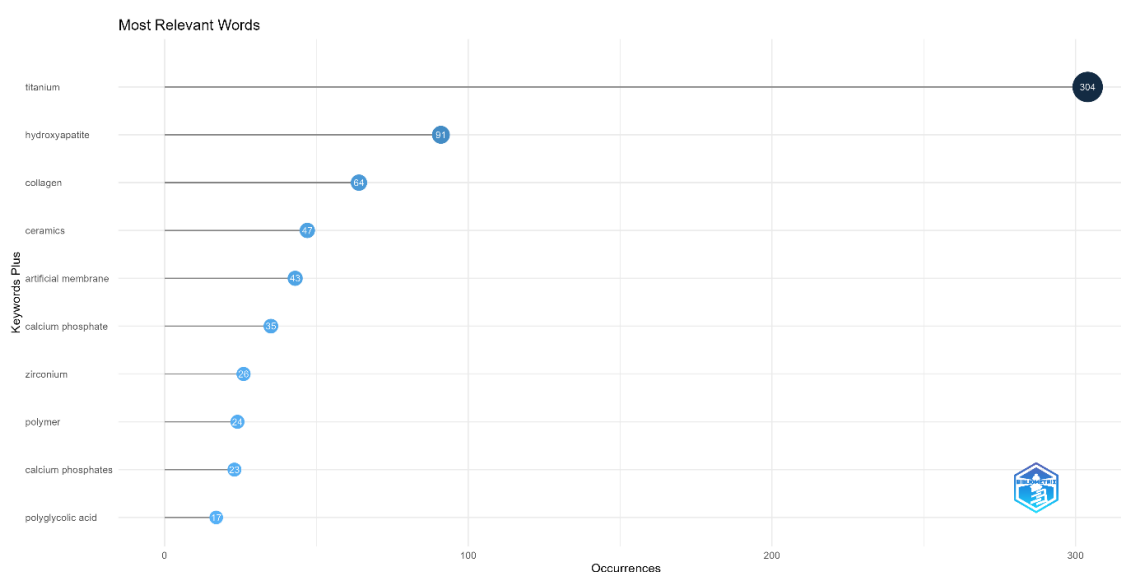


Figura 10. Biomateriales más relevantes (Q1)

En la figura 11 se ilustra la evolución de la frecuencia de los biomateriales y materiales biocompatibles en estudios científicos desde 1990 hasta 2024. Este análisis permite identificar tendencias en el uso de diferentes biomateriales a lo largo del tiempo, proporcionando información valiosa sobre cuáles han sido más investigados en ciertos períodos y cómo ha cambiado su relevancia científica.

“Titanium”, material biocompatible más relevante mencionado en la literatura, ha mostrado una frecuencia relativamente constante, con picos significativos observados entre los años 2000-2004 y 2010-2016. Este comportamiento resalta su papel central en los implantes dentales, atribuible a sus propiedades de biocompatibilidad y resistencia.

Para el año 2024, solo tres biomateriales han sido referenciados en las investigaciones del primer cuartil: “Titanium”, “Collagen” e “Hydroxyapatite”, con 6, 4 y 2 estudios respectivamente. A lo largo de los años, tanto el titanio como la hidroxiapatita han

demostrado ser materiales consistentes debido a sus aplicaciones fundamentales en implantes y regeneración ósea. En años más recientes, otros materiales, como el colágeno y las membranas artificiales, han experimentado un crecimiento en el interés, lo que probablemente se debe a un enfoque renovado en la regeneración tisular guiada."

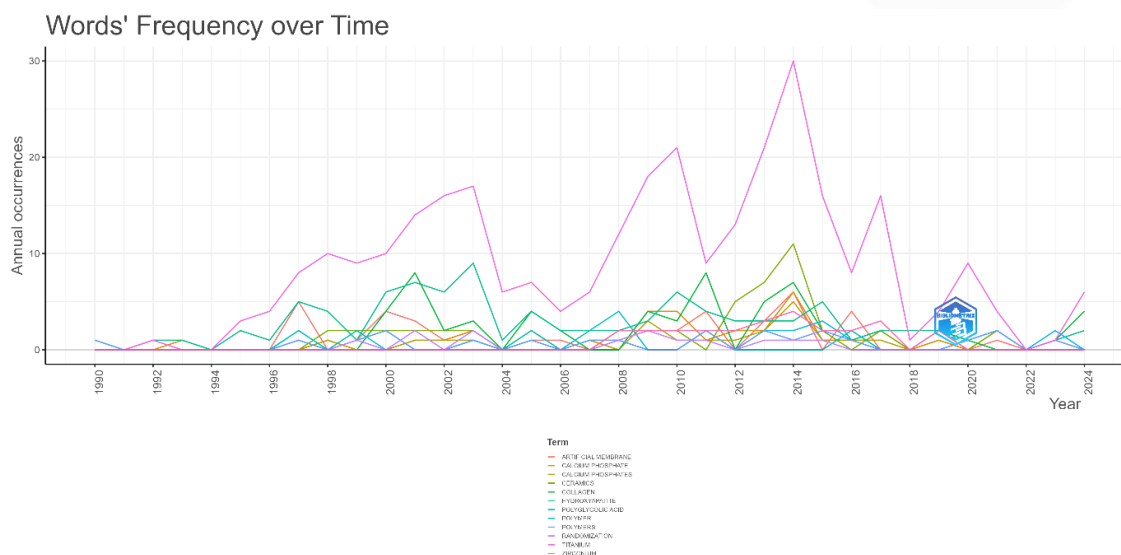


Figura 11. Evolución de los biomateriales más relevantes (Q1)

4.1.2. Segundo Cuartil

En el cuartil 2 (Q2), se identificaron 219 estudios que, aunque su impacto es ligeramente menor en comparación con las publicaciones del primer cuartil, también ocupan un lugar destacado en la literatura científica. Estos estudios representan un equilibrio entre rigor científico y relevancia práctica, contribuyendo de manera significativa al avance del conocimiento en el campo. A menudo, los artículos en Q2 abordan temas emergentes o áreas de estudio bien establecidas desde enfoques novedosos. Su influencia, aunque más específica, sigue siendo notable en ciertos subcampos de la odontología.

- **Evolución temporal de las publicaciones**

La figura 12 ilustra la evolución del número de publicaciones científicas a lo largo del tiempo en el campo de los biomateriales y materiales biocompatibles aplicados en odontología, correspondientes al segundo cuartil. Este análisis permite identificar tendencias de investigación y períodos de mayor actividad en esta área.

Durante el período de 1980 a 2001, se observa una producción científica muy baja, con fluctuaciones menores. Esto podría indicar que el campo de los biomateriales en

odontología se encontraba en una fase de desarrollo inicial o que existía un interés limitado en esta área específica. En contraste, se evidencia un claro pico en la producción científica entre 2014 y 2016, alcanzando su punto más alto. Este incremento podría estar relacionado con la consolidación de la investigación en biomateriales, avances tecnológicos y la publicación de trabajos clave que incentivaron investigaciones adicionales.

A partir de 2016, la producción científica muestra variaciones y, aunque no se alcanzan los picos de años anteriores, se mantiene un nivel de producción relativamente alto. Para el año 2024, se observa un leve incremento, lo que podría sugerir un renovado interés o la aparición de nuevas áreas de investigación emergentes.

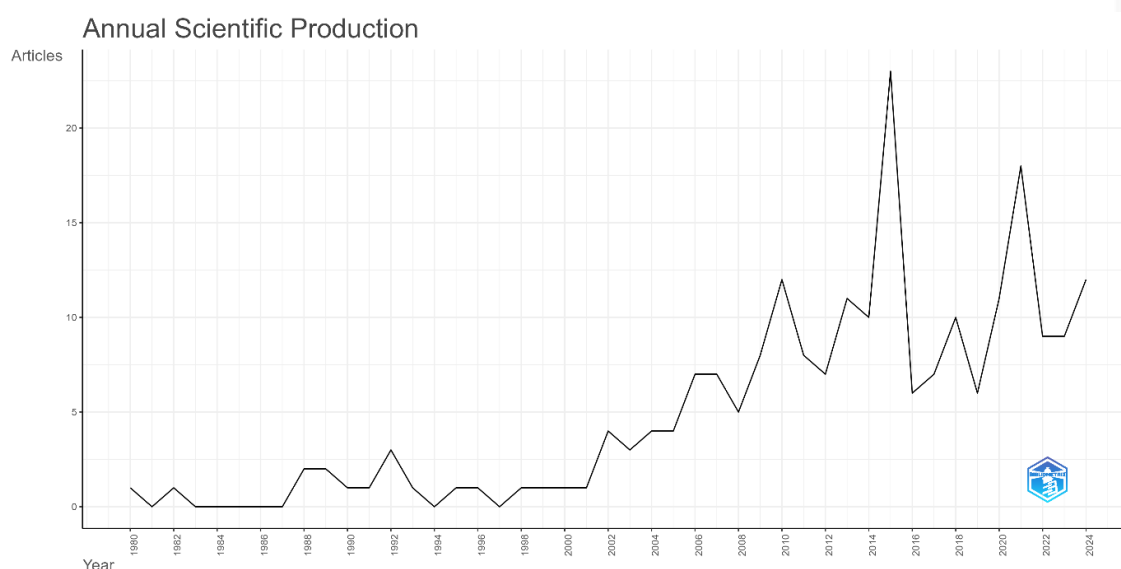


Figura 12. Producción científica anual (Q2)

En la figura 13 se visualiza las fluctuaciones en el impacto académico de los artículos sobre biomateriales en el ámbito odontológico y que corresponden al segundo cuartil. Este impacto se mide por el número promedio de citas que reciben los artículos cada año.

En los primeros años, 1980 y 1990, los artículos presentan un impacto bajo, con muy pocas citas en promedio por año. Esto podría indicar que durante estos años el área de investigación aún no era de gran interés o estaba en sus inicios. En el período correspondiente a 2000 y 2007, se observan picos notables en el número de citas promedio, especialmente hacia el 2005-2007, lo que sugiere que hubo avances

importantes o un interés creciente en la investigación de biomateriales odontológicos durante ese periodo.

En los años 2008 a 2020, aunque el número de citas sigue siendo relevante, no se alcanzan los picos anteriores, lo que puede señalar que, aunque sigue habiendo interés, el campo podría haberse estabilizado. En 2021 hacia adelante, el gráfico muestra una tendencia de declive hacia los últimos años, indicando que los artículos más recientes aún no han acumulado muchas citas, lo cual es normal dado que el impacto de las publicaciones se mide a largo plazo.

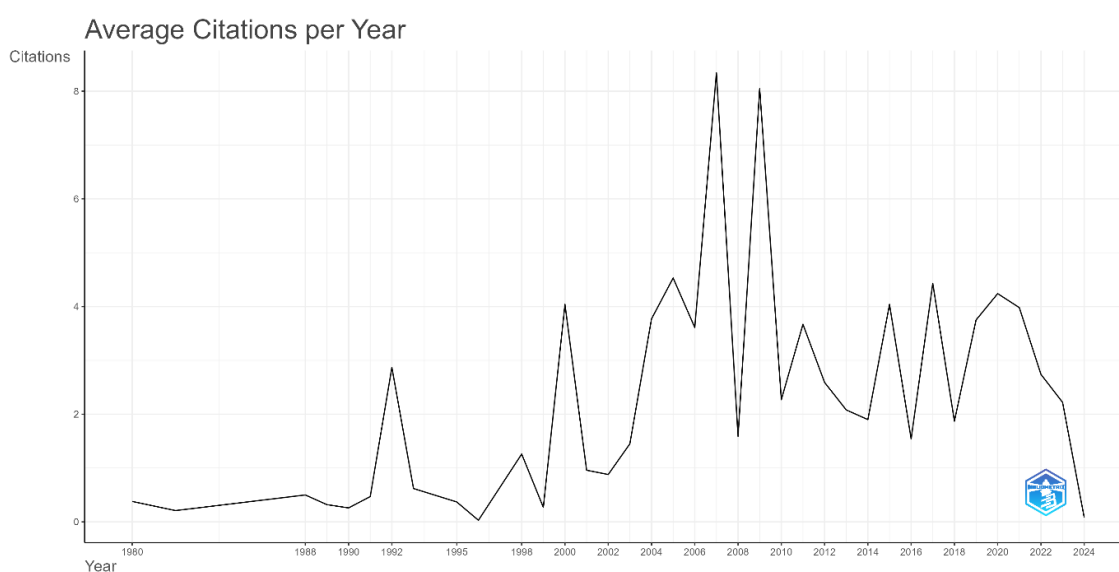


Figura 13. Citas por año (Q2)

- **Análisis de las principales tendencias**

En la figura 14 se refleja las palabras clave más recurrentes en la investigación sobre biomateriales odontológicos que corresponde al cuartil 2. Los términos que aparecen con mayor tamaño, como "titanium," "biomaterial," "humans," "dental implants," y "bone regeneration," indican que estos son los temas más investigados y citados en el campo. El uso frecuente de "titanium" sugiere que este material es esencial en el desarrollo de implantes dentales, especialmente debido a su biocompatibilidad y propiedades para la regeneración ósea, lo que también se evidencia con términos como "bone regeneration" y "osseointegration."

La presencia repetida de términos relacionados con los implantes dentales y la regeneración ósea señala la importancia de los biomateriales en tratamientos de

restauración dental, donde los implantes y los materiales biocompatibles juegan un papel clave. Además, la referencia a "humans," "biocompatibility," y "materials testing" sugiere un enfoque en la evaluación de estos materiales para garantizar su seguridad y eficacia en aplicaciones clínicas. También destacan conceptos relacionados con el diseño y prueba de prótesis dentales y materiales como el zirconio y el colágeno, lo que demuestra la diversidad de materiales investigados.

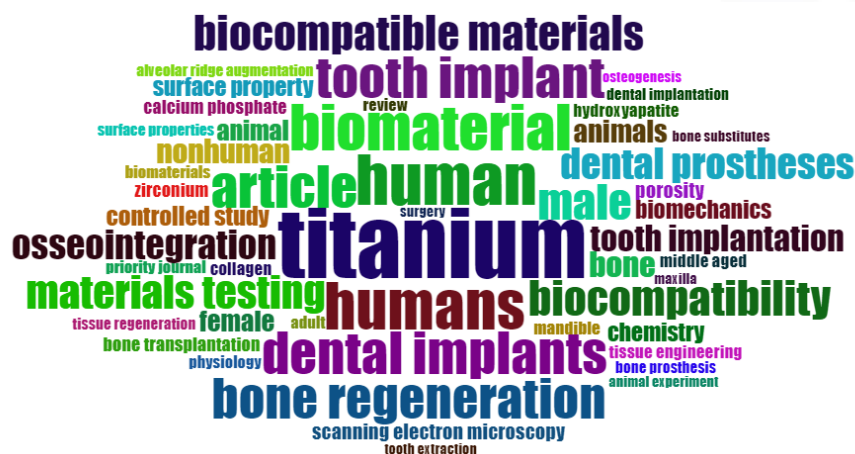


Figura 14. Nube de palabras clave (Q2)

Keywords Plus

La figura 15 organiza los términos clave de la investigación en biomateriales odontológicos del segundo cuartil en cuatro cuadrantes, según su grado de desarrollo (densidad) y grado de relevancia (centralidad).

En el cuadrante de los temas de nicho, se encuentran los términos "female," "dental implantation" y "procedures". Estos temas son altamente especializados o avanzados, con un grado de desarrollo elevado (alta densidad), pero tienen poca conexión con otros temas o áreas de investigación (baja centralidad). Aunque son importantes dentro de subcampos particulares, no son centrales para el ámbito general de la investigación en biomateriales y odontología, centrándose en procedimientos específicos y cuestiones de género.

Por otro lado, los temas motores combinan alta relevancia (alta centralidad) y alto grado de desarrollo (alta densidad). Aunque en el gráfico aparecen los términos "human," "humans" y "biomaterial" en la parte superior derecha, lo que podría dar la impresión de que pertenecen a la categoría de temas motores, su ubicación más cercana al centro

indica que no tienen una densidad y centralidad suficientemente altas para ser considerados plenamente en este cuadrante.

En el cuadrante de temas básicos se encuentra "Titanium", "Dental Prostheses" y "Bone" los cuales son esenciales en el ámbito de los biomateriales odontológicos, pero probablemente no han evolucionado tanto en comparación con otras áreas más especializadas. Finalmente, en el cuadrante de temas emergentes o en declive se encuentran términos los cuales pueden estar en una fase inicial de investigación o ser áreas en declive. "Biocompatibility", "dental alloys", y "metal implants" parecen ser áreas que ya no son tan relevantes o activas, o están en una etapa temprana sin un desarrollo consolidado.

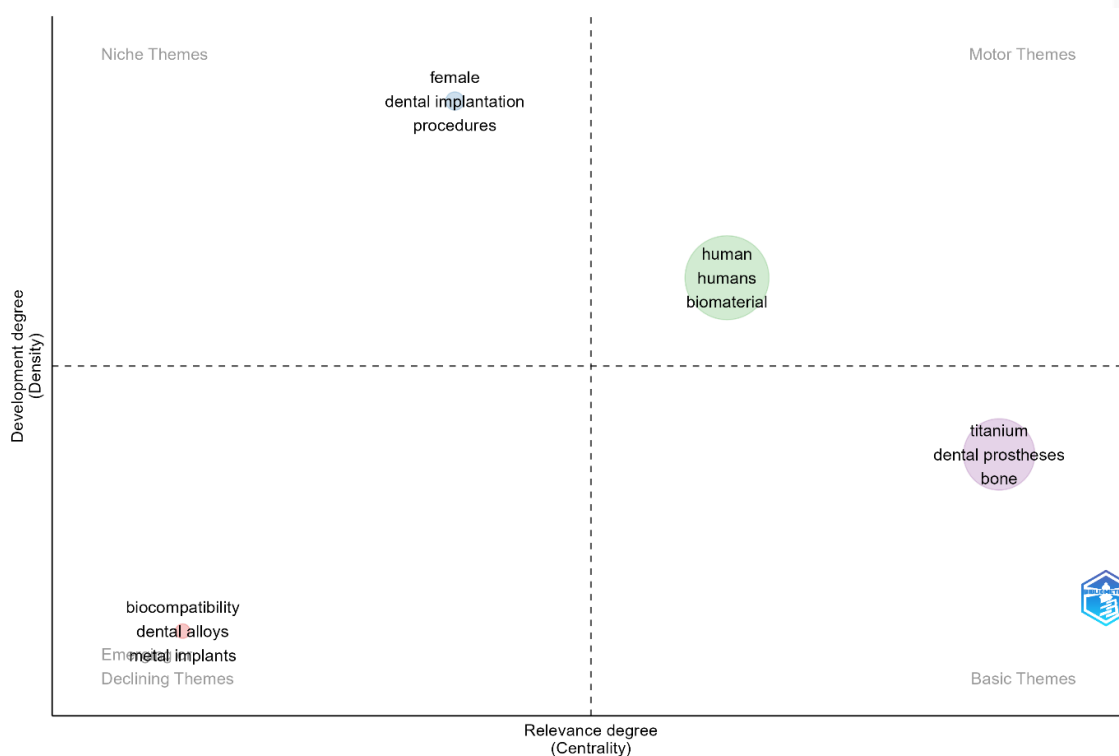


Figura 15. Mapa temático basado en Keywords Plus (Q2)

La tabla 12 presenta las tendencias identificadas en base a los términos clave. En conjunto, este clúster refleja una tendencia hacia la investigación centrada en mejorar la comprensión de cómo el titanio interactúa con los tejidos humanos, especialmente en mujeres, para optimizar los resultados clínicos de los implantes dentales.

Tabla 12. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q2)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
---------	------------------------	------------

1	Biocompatibility	Castelino et al. (2024) Jornet-García et al. (2022) Muthusamy & Thanigachalam (2022) Liens et al. (2018) Minkiewicz-Zochniak et al. (2021) Thomas et al. (2013) Sammartino et al. (2011)
2	Female	Sewerin (1989) Crist et al. (2021) Qureshi et al. (2020) M. Ono et al. (2014) W. Ono et al. (2018)
3	Human	Pearce et al. (2007) Hoornaert et al. (2019) Dragonas et al. (2017) Khurshid et al. (2015)
4	Titanium	Yamamoto et al. (2006) Cervino et al. (2021) Kandavalli et al. (2021) Si et al. (2014)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Biocompatibilidad (Biocompatibility)

La biocompatibilidad se refiere a la capacidad de los materiales para integrarse de manera segura y efectiva con el entorno biológico, minimizando respuestas adversas y promoviendo la función deseada en aplicaciones médicas, como implantes dentales.

Castelino et al. (2024) investigan la mejora de las propiedades mecánicas de la aleación Ti-64 mediante la técnica de extrusión angular de canal igual (ECAE). Este proceso reduce el tamaño del grano en la aleación, aumentando la resistencia, el límite elástico y la dureza. Estas mejoras en la microestructura y las propiedades mecánicas tienen implicaciones directas en la biocompatibilidad del Ti-64, un material ampliamente utilizado en implantes dentales y aplicaciones biomédicas. El estudio destaca cómo la optimización de los lubricantes y parámetros de proceso en ECAE no solo mejora el rendimiento mecánico, sino que también minimiza la fricción, lo cual es crítico para la durabilidad de los implantes.

En el estudio de Jornet-García et al. (2022), se abordan los efectos electrogalvánicos en los implantes dentales de titanio y sus aleaciones. La formación de corrientes galvánicas entre metales sumergidos en medios electrolíticos, como la boca, puede inducir

microdescargas, corrosión y la dispersión de iones metálicos, comprometiendo así la biocompatibilidad. Se presenta un sistema innovador de medición electrogalvánica in vivo, acoplado a una sonda periodontal, que evalúa los potenciales generados en el surco periimplantario. Este dispositivo permite medir las corrientes galvánicas que pueden afectar negativamente los implantes, proporcionando un enfoque preventivo para evitar fallas a largo plazo.

Clúster 2: Mujer (Female)

Este clúster agrupa estudios relacionados con el uso de biomateriales y técnicas quirúrgicas en la reconstrucción maxilofacial y odontológica, con un enfoque en casos complejos, incluidas aplicaciones en pacientes bajo terapias críticas como cirugía cardíaca. Aunque los estudios no se centran exclusivamente en mujeres, el impacto de estos avances en la salud femenina, especialmente en el contexto de la cirugía reconstructiva y tratamientos dentales, es relevante.

([Thomas et al. \(2013\)](#)) abordan la reconstrucción maxilar en pacientes que requieren injertos óseos complejos, destacando el uso de una guía de corte de titanio para asegurar una colocación precisa del hueso extraído de la arteria ilíaca circunfleja profunda (DCIA). Esta técnica asistida por planificación tridimensional no solo mejora la precisión quirúrgica, sino que también reduce el tiempo operatorio y mejora los resultados estéticos y funcionales en pacientes, lo que es particularmente importante en mujeres, dado que los defectos maxilares pueden afectar considerablemente la apariencia facial.

Por otro lado, el estudio de [Sammartino et al. \(2011\)](#) presenta el uso de fibrina rica en leucocitos y plaquetas (L-PRF) como material de relleno y hemostático en pacientes bajo terapia anticoagulante que han sido sometidos a extracciones dentales. Aunque el estudio incluye pacientes de cirugía cardíaca sin distinción de género, es relevante para mujeres que están bajo tratamientos anticoagulantes y enfrentan complicaciones hemorrágicas después de procedimientos dentales. El uso de L-PRF mejora la cicatrización y reduce significativamente el riesgo de hemorragias postoperatorias, facilitando un enfoque terapéutico menos invasivo y más seguro, lo que resulta crucial en pacientes con condiciones sistémicas delicadas.

Author's Keywords

La 16 muestra un mapa temático que considera las palabras clave de los autores de la

producción científica. Se logra divisar que en el cuadrante Superior Derecho (Motor Themes) que abarca temas altamente relevantes y desarrollados, se destacan varios grupos. Augmentation, 3D printing y bioprinting son temas con gran importancia en odontología, reflejando el uso creciente de tecnologías avanzadas para la fabricación de biomateriales personalizados. También existe otro grupo conformado por Biomaterials, dental implants y titanium, los implantes dentales, particularmente con titanio como material base, son áreas de alta centralidad.

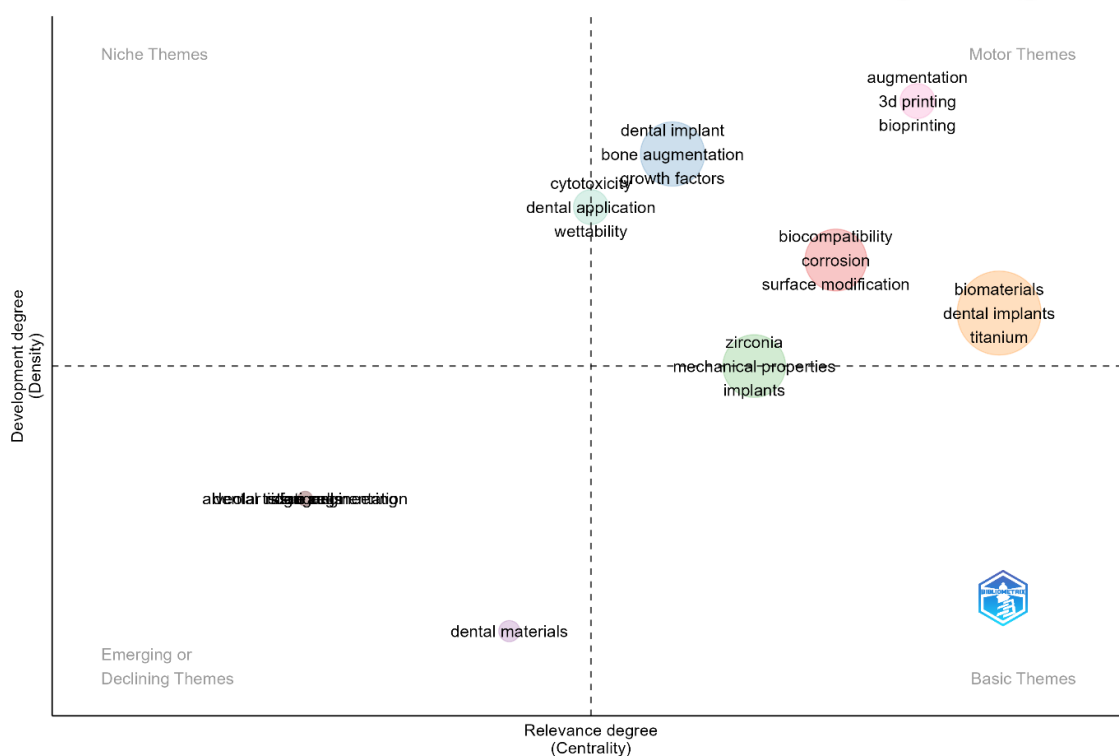


Figura 16. Mapa temático basado en Author's Keywords (Q2)

La tabla 13 muestra el clúster de términos conformados en base a las palabras clave definidas por los autores en sus estudios. En conjunto, este clúster proporciona una visión integral sobre las tendencias actuales en la investigación odontológica, enfatizando la necesidad de un enfoque multidisciplinario para mejorar los resultados clínicos y avanzar en el desarrollo de biomateriales más efectivos y seguros.

Tabla 13. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (Q2)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Biocompatibility	Tschernitschek et al. (2005) Wang & Zreiqat (2010) Karahaliloğlu et al. (2015) Maccauro et al. (2009)

		Maccauro et al. (2010)
2	Dental implant	Giorgio et al. (2017) Castellanos-Cosano et al. (2019) Kfir et al. (2007) Alfonsi et al. (2017) Caballé-Serrano et al. (2015) D. Liu et al. 2012)
3	Zirconia	Zhang et al. (2010) Karthigeyan et al. (2019) Si et al. (2014)
4	Dental materials	Azpiazu-Flores et al. (2023) Bermúdez et al. (2021) Souza et al. (2016) Pearce et al. (2007)
5	Biomaterials	Thomas & Puleo (2009) Sevimay et al. (2005) Oryan et al. (2012) Stübinger & Dard (2013)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción de los clústeres principales, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Biocompatibilidad (Biocompatibility)

Este clúster agrupa investigaciones sobre la biocompatibilidad de diversos materiales utilizados en odontología e implantes médicos, enfocándose especialmente en los efectos a largo plazo en el cuerpo humano, como la corrosión, el desgaste y las respuestas biológicas adversas. Los estudios analizan tanto el uso de materiales tradicionales como nuevas alternativas que mejoran la integración y seguridad de los implantes en tejidos vivos.

Tschernitschek et al. (2005) destacan al titanio como un metal ampliamente utilizado en aplicaciones dentales y médicas debido a su excelente resistencia mecánica, alta resistencia a la corrosión y buenas propiedades de biocompatibilidad. Sin embargo, el estudio plantea una preocupación emergente sobre su estabilidad a largo plazo, ya que algunos pacientes han experimentado reacciones adversas, como decoloración de los tejidos y reacciones alérgicas. Esto pone en duda la supuesta bioinercia del titanio, sugiriendo que, en el futuro, podrían preferirse otros materiales, como la cerámica de alto rendimiento, por su potencial para superar estas limitaciones.

El estudio de G. Wang & Zreiqat (2010) aborda los problemas de biocompatibilidad asociados con los implantes metálicos, tales como la corrosión, el desgaste y la formación

de residuos debido a la liberación de iones en el entorno biológico. Estas complicaciones pueden comprometer la fijación de los implantes y propiciar infecciones bacterianas. Para mitigar estos problemas, se han desarrollado recubrimientos funcionales que proporcionan propiedades anticorrosivas, antidesgaste y actividad antibacteriana. Los autores exploran diversas técnicas de modificación superficial que mejoran la osteoconductividad, osteoinductividad y bioactividad de los implantes.

Se destacan también el uso de membranas de polihidroxiбутirato (PHB) con propiedades antibacterianas para la regeneración ósea guiada, presentando una solución prometedora para mejorar la integración de implantes en los tejidos (Karahaliloğlu et al., 2015). Los avances en la alúmina reforzada con circonio han mostrado propiedades mecánicas mejoradas y ausencia de carcinogenicidad in vitro, lo que sugiere su potencial como reemplazo del titanio en odontología (Maccauro et al., 2009). Un estudio comparativo en animales que examina las propiedades in vivo de la alúmina reforzada con circonio, mostrando resultados prometedores en términos de biocompatibilidad y estabilidad en aplicaciones médicas (Maccauro et al., 2010).

Clúster 2: Implante dental (Dental implant)

Estos estudios analizan aspectos biomecánicos, la interacción entre el material del implante y el hueso circundante, así como variables clínicas y de salud que afectan el resultado de los tratamientos.

Giorgio et al. (2017) exploran el uso de un modelo numérico basado en elementos finitos para simular los procesos de reabsorción y crecimiento óseo alrededor de implantes dentales. Utilizando el implante IntraMobil Zylinder como ejemplo, se observa cómo diferentes frecuencias de carga cíclica afectan la remodelación del hueso y la reabsorción del biomaterial. El trabajo aborda factores biomecánicos, como la energía de deformación y la disipación viscosa, que influyen en la remodelación ósea, proporcionando una perspectiva sobre el comportamiento del tejido en torno a implantes hechos de materiales bioabsorbibles.

Castellanos-Cosano et al., 2019) analizan los factores asociados al fracaso de implantes dentales basándose en una base de datos de 44,415 implantes. El análisis revela una tasa de fracaso del 2,1% en implantes reportados, vinculando factores como el consumo de tabaco, diabetes, enfermedades cardíacas y bruxismo con una mayor probabilidad de

fracaso. Los implantes cortos, cónicos, de conexión interna y de titanio de grado IV presentaron mayores tasas de complicaciones. Este estudio es valioso para mejorar las estrategias de selección y manejo de implantes, ayudando a los profesionales a minimizar riesgos mediante una cuidadosa selección de tipos de implantes y un mayor enfoque en factores de riesgo clínicos.

Titles (Unigrams)

En la figura 17, se observa el mapa temático que se presenta aquí fue generado con títulos de artículos científicos sobre biomateriales en odontología, utilizando la opción N-grams configurada en Unigrams.

En los temas motores, se encuentra “Bone”, “clinical” y “augmentation”, lo que refleja la importancia de las técnicas de aumento óseo en los estudios actuales de biomateriales. Estos procedimientos están claramente en el centro de la práctica odontológica moderna, siendo críticos para mejorar la integración de implantes. Hydroxyapatite, human y análisis también se presentan en este cuadrante. La hidroxiapatita, un biomaterial clave utilizado en la regeneración ósea y dental, está acompañada de estudios centrados en análisis en humanos, lo que sugiere un enfoque clínico muy activo en su aplicación.

En los temas de nicho, se visualiza “Coating”, “solution”, “treated”, “process”, “enhancing”. Estas temáticas reflejan investigaciones más especializadas en el tratamiento de superficies y mejoras en los procesos relacionados con biomateriales, probablemente en contextos experimentales o preclínicos. A pesar de su complejidad técnica, no parecen tener un impacto amplio en la práctica odontológica actual. También términos como “Extraction”, “sockets”, “celular”, y los estudios relacionados con la extracción de biomateriales y su impacto en los alvéolos (sockets) dentales, junto con la investigación a nivel celular, son áreas de gran especialización. Aunque estos temas son densos y están desarrollados, no tienen la misma centralidad que otros temas clínicos más aplicados.

En el cuadrante de temas emergentes o en declive, muestra términos como “Humans” y “light”. Estos temas parecen estar en fase emergente o de declive, sugiriendo que investigaciones relacionadas con aspectos humanos y la interacción de los biomateriales con la luz (probablemente en relación con procesos de fotopolimerización o estudios espectroscópicos) no están ganando tracción o ya no son áreas prioritarias.

Los temas básicos son fundamentales para el campo, incluyendo términos como “Titanium”, “applications” y “materials”. Las aplicaciones del titanio, un biomaterial ampliamente utilizado en odontología, siguen siendo un tema central, aunque con menor densidad en términos de desarrollo. Otros términos como “Regeneration”, “tissue” y “cells” también se identifican en este cuadrante. La regeneración de tejidos a nivel celular es un tema básico y relevante, aunque probablemente aún en desarrollo en cuanto a nuevas aplicaciones clínicas o técnicas experimentales.

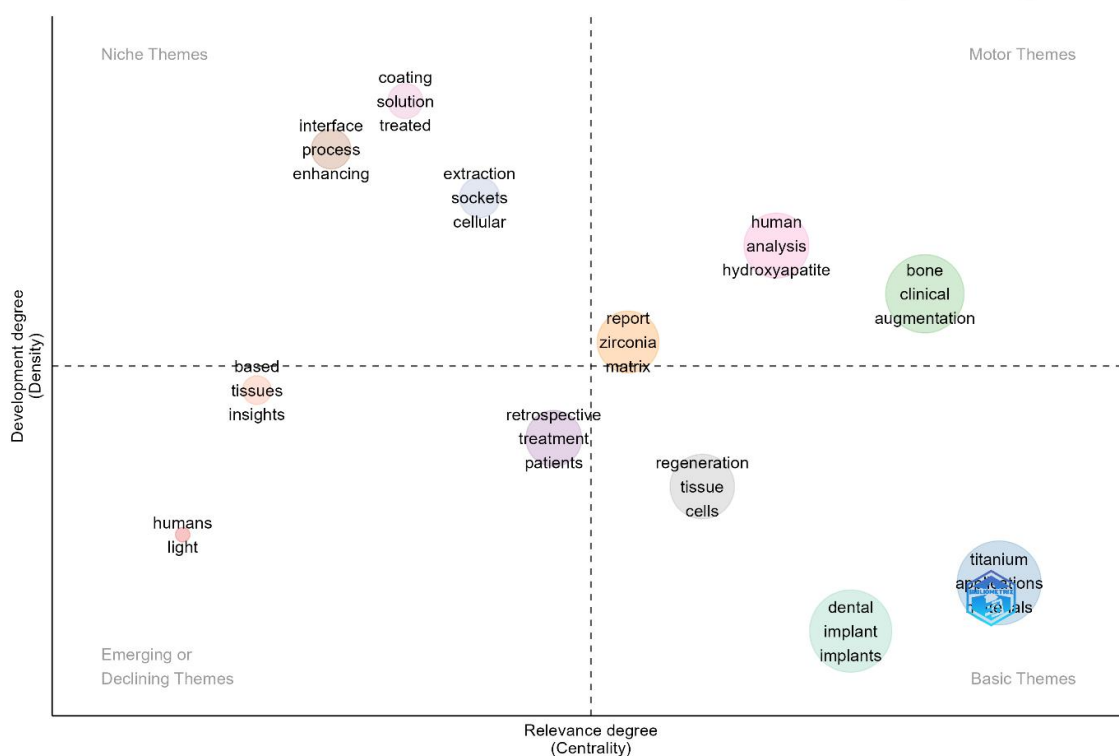


Figura 17. Mapa temático basado en Titles (Q2)

La tabla 14 muestra las tendencias en base al título de las publicaciones científicas. En conjunto, este clúster proporciona una visión integral sobre las tendencias actuales en la investigación sobre implantes dentales, enfatizando la necesidad de comprender las interacciones entre materiales como el titanio y los procesos biológicos asociados con la regeneración ósea en humanos para optimizar los resultados clínicos.

Tabla 14. Tendencias identificadas en base a Titles (Q2)

Clúster	Tema de investigación	Documentos
1	Humans	Corpe et al. (1999) Oryan et al. (2012) M. Ono et al. (2014) Minichetti (2003)

		Gomes-Ferreira et al. (2016)
2	Titanium	G. Wang & Zreiqat (2010) F. Zhang et al. (2010) Maccauro et al. (2009) Prabu et al. (2015) X. Shi et al. (2015)
3	Bone	Schimming & Schmelzeisen (2004) Merli et al. (2006) SEWERIN (1989) Andrés-García et al. (2021) Macedo et al. (2023) Nothdurft et al. (2014) Anabtawi et al. (2021)
4	Retrospective	Castellanos-Cosano et al. (2019) Hanna et al. (2024) Hedia (2005a) Park & Wang (2006) Goiato et al. (2010)
5	Report	Lee & Hasegawa (2008) Cigerim (2020) Morton et al. (2004)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático, junto con una descripción de cada clúster y los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Humanos (Humans)

Los estudios en este clúster analizan biomateriales como la hidroxiapatita y el uso de plasma rico en plaquetas humanas (hPRP), así como la recuperación de implantes fallidos en humanos, comparándolos con estudios en modelos animales

Corpe et al. (1999) analizaron 135 casos de implantes recuperados de humanos mediante microscopía electrónica de barrido y luz polarizada. Los resultados sugieren que los implantes dentales recubiertos de hidroxiapatita mostraron una adecuada osteointegración antes de fracturarse, mientras que los implantes ortopédicos con recubrimiento de hidroxiapatita fallaron más frecuentemente debido a la disociación del recubrimiento. Estos hallazgos enfatizan la necesidad de una evaluación continua de implantes humanos fallidos para correlacionar mejor los resultados con estudios en animales y mejorar la efectividad de los implantes en odontología y ortopedia.

Oryan et al. (2012) investigaron los efectos de combinar hidroxiapatita con plasma rico en plaquetas humanas (hPRP) para mejorar la regeneración ósea en un modelo animal con conejos. Los resultados indican que esta combinación promovió una osteogénesis más eficiente en comparación con el uso exclusivo de hidroxiapatita o el grupo de control. La

combinación muestra ser una alternativa prometedora para la reconstrucción ósea en defectos críticos de huesos largos, destacando su potencial para aplicaciones futuras en implantes ortopédicos y dentales en humanos.

Clúster 2: Titanio (Titanium)

Este clúster investiga el uso del titanio y sus aleaciones en aplicaciones biomédicas, con un enfoque particular en su aplicación como material para implantes dentales y ortopédicos. Se exploran tanto las propiedades mecánicas y biocompatibles del titanio como los desafíos relacionados con la corrosión, el desgaste y la falta de osteoconductividad. Además, se analiza el desarrollo de nuevas aleaciones de titanio que buscan mejorar la interacción con los tejidos biológicos y la resistencia estructural en entornos biológicos.

Wang & Zreiqat (2010) revisan las propiedades y limitaciones de los implantes metálicos, incluidos los de titanio (Ti) y sus aleaciones, que son ampliamente utilizados en implantes dentales y ortopédicos debido a su resistencia mecánica y a la corrosión. Sin embargo, se identifican problemas relacionados con la corrosión, el desgaste y la fijación inadecuada del implante, lo que puede llevar a la liberación de iones y a fallos en la osteointegración. Para abordar estos problemas, se han investigado técnicas de modificación de la superficie del titanio, como tratamientos químicos y físicos, con el fin de mejorar sus propiedades anticorrosivas, biocompatibilidad y bioactividad, así como dotar a los implantes de actividad antibacteriana.

Zhang et al. (2010) investigan las aleaciones de titanio-manganeso (TiMn) como un material prometedor para aplicaciones biomédicas, incluidas prótesis e implantes dentales. El manganeso (Mn), al ser un estabilizador beta en aleaciones de titanio, mejora las propiedades mecánicas de la aleación, como la dureza y el módulo elástico, sin comprometer la biocompatibilidad. Las aleaciones de Ti con concentraciones de manganeso inferiores al 8% en peso mostraron buena citocompatibilidad, lo que las hace aptas para el contacto con células óseas.

Abstracts (Bigrams)

En la figura 18 se analiza un mapa temático elaborado con resúmenes (Abstracts) utilizando la opción N-grams en Bigrams, el cual revela áreas claves en la investigación científica de biomateriales odontológicos.

En el cuadrante de temas motores se identificaron términos clave como “Bone regeneration”, “implant placement”, “soft tissue”: Estos temas son centrales y altamente desarrollados en el campo de la odontología, especialmente en lo que respecta a la regeneración ósea y la colocación de implantes. Estos conceptos reflejan las investigaciones actuales centradas en mejorar la integración de los implantes y en la regeneración de los tejidos blandos para aumentar la tasa de éxito de los procedimientos dentales. La regeneración ósea es crucial para garantizar una base estable para los implantes dentales, mientras que el manejo de los tejidos blandos es esencial para la estética y la funcionalidad en la rehabilitación oral. Esto demuestra un enfoque en la mejora de los resultados clínicos a través de técnicas avanzadas y biomateriales innovadores.

En el cuadrante de temas emergentes o en declive, se encuentran términos como “Dental implants”, “dental implant”, “mechanical properties”: Los implantes dentales y las propiedades mecánicas asociadas a estos materiales parecen estar en una fase de transición, ya que aparecen en este cuadrante. Esto podría interpretarse como un tema que, aunque ha sido ampliamente investigado en el pasado, está experimentando una menor innovación en comparación con otros aspectos más avanzados del campo, como las técnicas de regeneración ósea. El énfasis en las propiedades mecánicas sugiere que, aunque sigue siendo importante, la investigación podría estar desplazándose hacia áreas más específicas, como la mejora de la interacción entre los implantes y los tejidos circundantes.

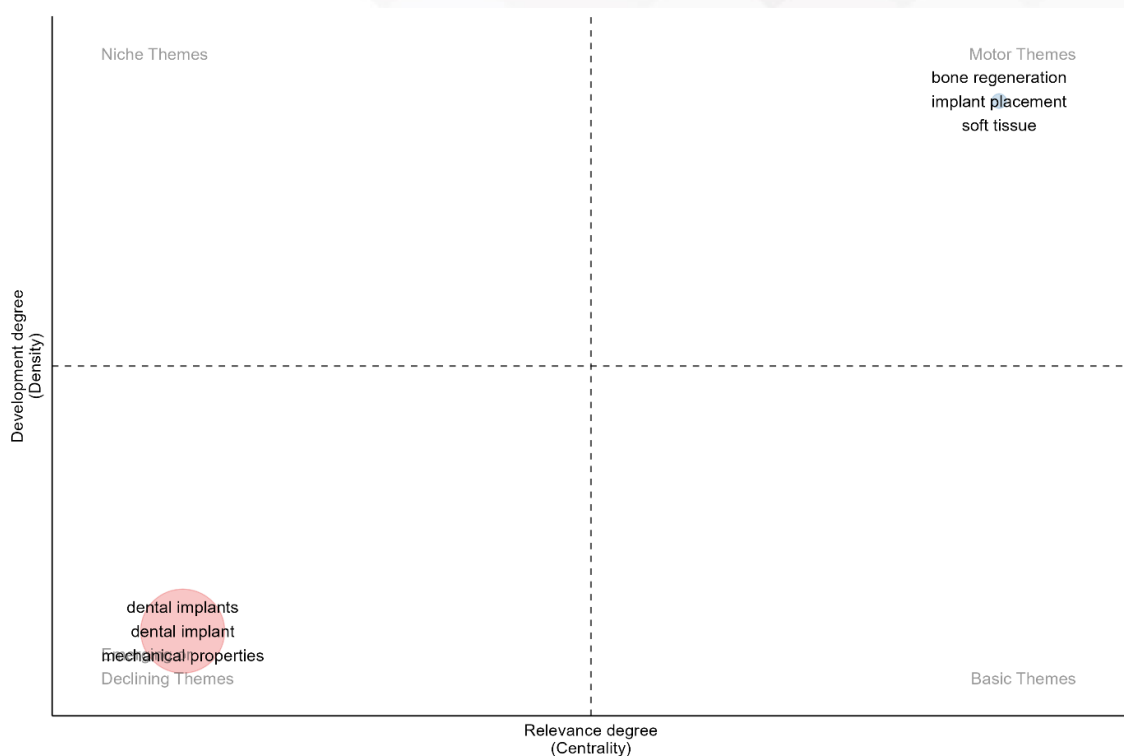


Figura 18. Mapa temático basado en Abstract (Q2)

En la tabla 15 se muestra las tendencias identificadas de los estudios en base a su resumen. En conjunto, este clúster resalta la importancia de investigar cómo los implantes dentales pueden ser diseñados y tratados para optimizar la regeneración ósea, lo que es crucial para mejorar los resultados clínicos y garantizar el éxito a largo plazo de los tratamientos odontológicos.

Tabla 15. Tendencias identificadas en base a Abstracts (Q2)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	dental implants	Baier (2006) Özkurt & Kazazoğlu (2011) Khurshid et al. (2015) (G. Wang & Zreiqat, 2010) Harris & Richards (2004) Gomes et al. (1998)
2	bone regeneration	Kotsakis et al. (2014) Angelo et al. (2015) McAllister et al. (2010) Park & Wang (2006)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático, seguido de una descripción detallada de cada clúster y los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Implantes dentales (Dental implants)

Este clúster reúne estudios que investigan diferentes aspectos de los implantes dentales, centrándose en materiales, interacciones superficiales, biocompatibilidad y alternativas a los implantes de titanio. Estos estudios son esenciales para comprender la evolución de la implantología dental, así como los desafíos y oportunidades en el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías para mejorar la eficacia y la aceptación de los implantes.

Baier (2006) se enfoca en el comportamiento superficial de los biomateriales y su impacto en la biocompatibilidad, un aspecto crucial para los implantes dentales. Se define el concepto de "superficie theta", caracterizada por un ángulo de contacto crítico que evita la adhesión de proteínas, lo cual es beneficioso en aplicaciones donde se busca una fácil liberación de biomasa acumulada. Este concepto es esencial en el diseño de biomateriales para entornos clínicos, como los implantes dentales, donde la biocompatibilidad y la interacción con los tejidos biológicos son primordiales. El estudio sugiere que, a medida que avanza la investigación, los biomateriales podrían ser utilizados en la clínica sin necesidad de pruebas en animales, acelerando su disponibilidad.

Por otro lado, Özkurt & Kazazoğlu (2011) revisan los implantes de zirconio como una alternativa a los tradicionales implantes de titanio. Se discuten las propiedades del zirconio, que incluyen su color estético similar al diente, biocompatibilidad y baja afinidad a la placa. A pesar de que los implantes de titanio han demostrado ser efectivos, el zirconio presenta una opción atractiva para pacientes que buscan mejor estética y menos reacciones inmunológicas. El estudio compara la osteointegración y la resistencia mecánica de ambos tipos de implantes, concluyendo que, aunque los implantes de zirconio tienen un potencial significativo, su uso clínico aún no está generalizado. Esto resalta la necesidad de más investigaciones para validar sus características y eficacia en comparación con los implantes de titanio.

Clúster 2: Regeneración ósea (Bone regeneration)

Este clúster aborda diversas técnicas y enfoques para promover la regeneración del tejido óseo, especialmente en el contexto de la odontología y la implantología. Este tema es fundamental en la búsqueda de métodos efectivos para mejorar la estabilidad y la integración de los implantes dentales, así como para prevenir la reabsorción ósea tras la

extracción dental.

Gomes et al. (1998) presentan un caso clínico sobre la carga inmediata de un implante en forma de raíz recubierto de hidroxiapatita. Se discute cómo la implementación de protocolos quirúrgicos y protésicos estandarizados ha permitido el éxito de los implantes endoóseos en pacientes con edentulismo parcial y completo. La técnica propuesta permite la fabricación de coronas provisionales atornilladas, lo que puede reducir los tiempos de rehabilitación protésica. Sin embargo, el autor enfatiza la necesidad de más estudios clínicos e histológicos para validar esta técnica en la práctica clínica cotidiana.

El estudio de Kotsakis et al. (2014) se centra en la preservación del hueso alveolar tras la extracción dental, un proceso que, sin intervención, puede llevar a la reabsorción y atrofia del hueso. Se presenta la "técnica de enchufe de socket", que implica la extracción atraumática del diente y la colocación de biomateriales adecuados en el sitio de extracción, sin necesidad de levantar un colgajo. Esta técnica no solo mantiene la encía queratinizada, sino que también preserva la arquitectura de los tejidos blandos y minimiza las alteraciones en los contornos gingivales. El estudio revisa la literatura existente y ofrece un caso práctico que ilustra la implementación de esta técnica.

- **Biomateriales y materiales biocompatibles**

La figura 19 presenta los términos más relevantes según su frecuencia de aparición (ocurrencias) en los estudios analizados correspondientes al segundo cuartil, centrándose únicamente en biomateriales y materiales biocompatibles. Los términos clave relacionados con biomateriales utilizados en odontología han sido destacados, mientras que se han removido otros términos irrelevantes para este enfoque.

Se logra identificar que "Titanium" es el material más frecuentemente mencionado en los estudios. Esto refleja que el titanio es un biomaterial ampliamente utilizado en odontología, especialmente en implantes dentales debido a su biocompatibilidad y resistencia a la corrosión. "Calcium Phosphate" también es un biomaterial altamente mencionado y es una de las opciones más comunes en las áreas de reparación y fortalecimiento del tejido dental.

Similar al titanio, el "Zirconium" es conocido por su alta resistencia y biocompatibilidad. Se utiliza principalmente en coronas y puentes dentales. Finalmente, Collagen y

Hydroxyapatite son biomateriales que están estrechamente asociados con aplicaciones en ingeniería de tejidos. El colágeno es esencial en matrices biológicas, mientras que la hidroxiapatita es fundamental en la regeneración ósea por su similitud con los componentes minerales del hueso.

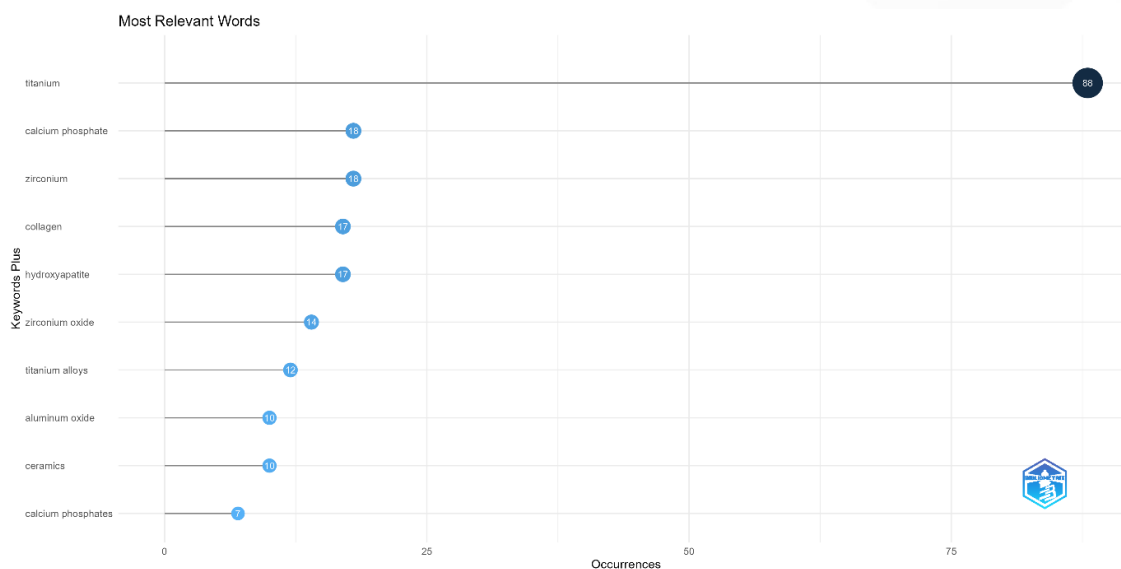


Figura 19. Biomateriales más relevantes (Q2)

La figura 20 muestra la frecuencia anual de ocurrencias de varios biomateriales compatibles en la literatura odontológica desde 1980 hasta 2023 y que corresponden al segundo cuartil. Cada línea de color representa un biomaterial específico, y el eje Y indica el número de veces que cada término aparece anualmente en los estudios analizados.

Se logra analizar que “Titanium” sigue siendo el material más dominante, con varios picos a lo largo de los años, especialmente después del 2000. Se observa un comportamiento fluctuante con incrementos notables alrededor de los años 2003, 2013, y otro gran aumento en 2019. Su uso extenso en implantes dentales y otras aplicaciones odontológicas sigue siendo relevante en investigaciones recientes. “Titanium Alloys” muestran una menor frecuencia de aparición en comparación con el titanio puro, pero también han tenido picos significativos, especialmente alrededor de 2012 y 2015. Esto indica que, aunque las aleaciones mejoran ciertas propiedades del titanio, su uso en la literatura no es tan frecuente.

Aunque no son tan frecuentes como el titanio, “Calcium Phosphate” y “Calcium Phosphates” muestran picos significativos alrededor del 2010 y posteriormente en 2013.

Esto se debe a que son ampliamente utilizados en la regeneración ósea y en la creación de andamios para la regeneración de tejidos, una tendencia que continúa en aumento, aunque con cierta fluctuación anual. “Ceramics” también muestran un patrón fluctuante, con una baja frecuencia general. Tienen picos esporádicos a lo largo del período, reflejando su uso en prótesis dentales, aunque no de manera tan prominente como otros materiales.

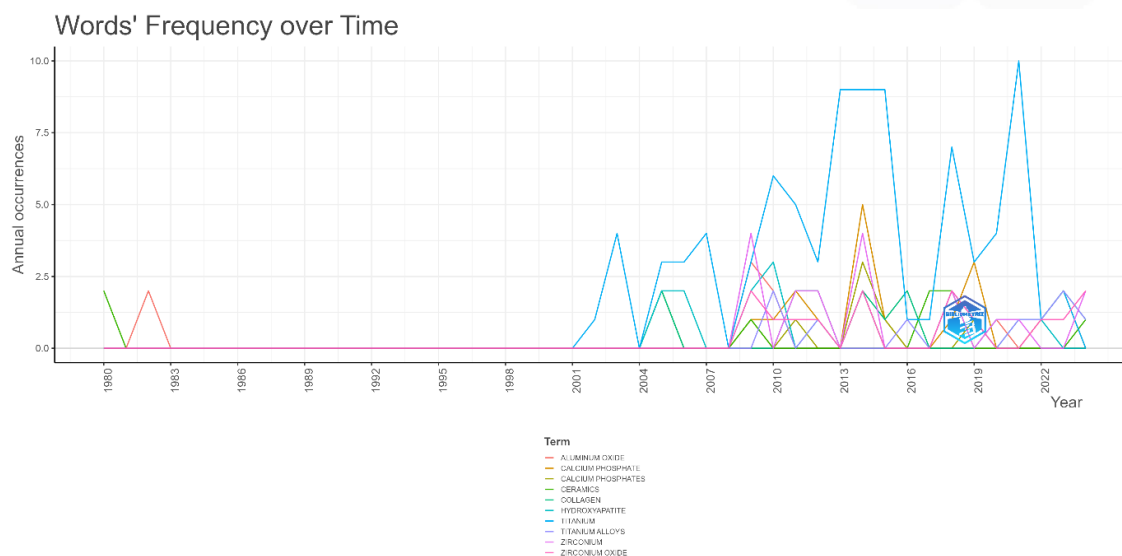


Figura 20. Evolución de los biomateriales más relevante (Q2)

4.1.3. Tercer Cuartil

Los estudios en el cuartil 3 (Q3), que suman 86 publicaciones, tienden a tener un impacto más modesto en términos de citas y visibilidad, pero siguen siendo valiosos, especialmente en áreas emergentes o más especializadas de la odontología. A menudo, estos estudios exploran aplicaciones prácticas o aspectos técnicos de biomateriales que aún están en etapas tempranas de desarrollo o que no han sido completamente investigados. Aunque no suelen recibir tanta atención inmediata, proporcionan una base sólida para futuros trabajos y exploraciones más profundas.

- **Evolución temporal de las publicaciones**

La figura 21 muestra la cantidad de artículos publicados por año en el ámbito de los biomateriales odontológicos del tercer cuartil, lo que refleja la evolución de la producción científica a lo largo del tiempo. Se evidencia un período de baja producción que corresponde a 1982-1997. Durante este intervalo, la producción científica es muy baja,

con varios años en los que no se registran publicaciones (valor de 0 artículos). Esto puede indicar que en esos años el campo de investigación de biomateriales odontológicos no había despegado completamente o aún era muy incipiente.

A partir de 1998, hay un aumento en la producción científica con algunos picos notables, especialmente en 1999 y 2005. En este último año, el número de artículos alcanza su valor más alto hasta esa fecha, lo que sugiere un interés creciente y un aumento de la investigación en esta área durante esos años. Después del pico en 2005, se observa una caída significativa, seguida de varios años de baja producción. No obstante, a partir de 2010 comienza una recuperación, lo que sugiere que, tras el descenso, el interés en los biomateriales odontológicos vuelve a ganar impulso.

A partir de 2011, se observa un crecimiento constante en la producción científica, con varios picos en años como 2014 y 2017, lo que indica una mayor atención y un aumento en la investigación y publicación en esta área. Este período refleja la consolidación del campo como un área de investigación activa.

El número de artículos alcanza otro pico significativo en 2023, lo que indica un punto alto en la producción reciente, posiblemente impulsado por nuevos avances tecnológicos o una mayor inversión en investigación en biomateriales. Aunque el gráfico llega hasta 2024, parece mostrar una caída en el número de artículos en comparación con el año anterior. Esta tendencia podría cambiar dependiendo de los desarrollos y publicaciones que se realicen a lo largo del año.

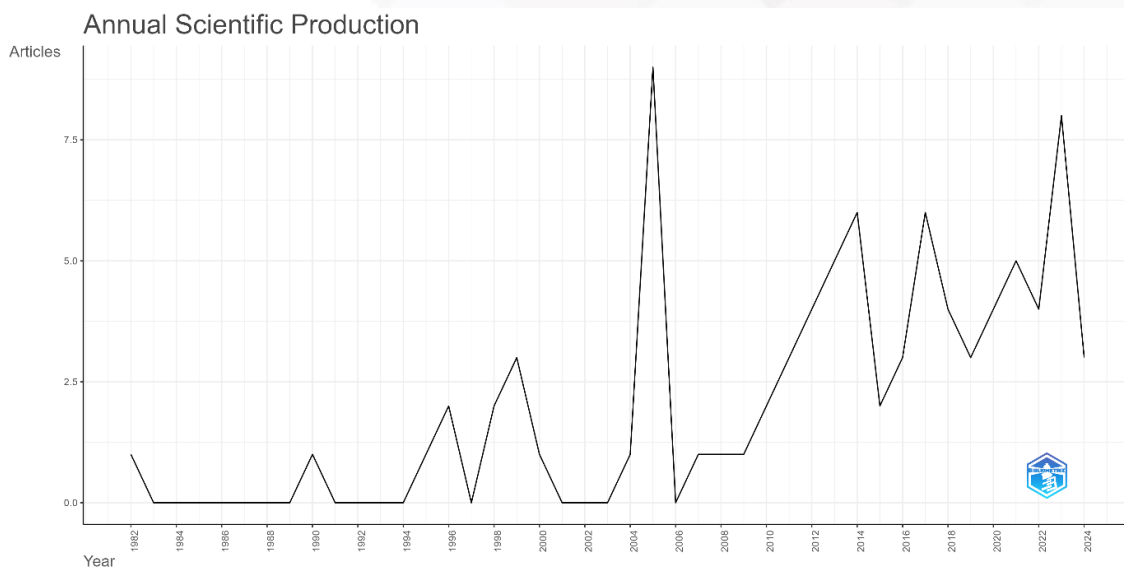


Figura 21. Producción científica anual (Q3)

En la figura 22 se refleja el promedio de citas por año que han recibido los artículos en el ámbito de los biomateriales odontológicos correspondientes al tercer cuartil. En los primeros años, entre 1982 y 1998, el promedio de citas por año comienza alto, pero disminuye gradualmente, alcanzando prácticamente el cero en algunos años. Este comportamiento puede deberse a que, durante esta época, la investigación en biomateriales odontológicos era menos reconocida o tenía una menor visibilidad, lo que resultaba en un número limitado de citas.

Entre 1998 y 2000, se observa un notable pico en el promedio de citas, llegando a más de 10 citas por año. Este pico probablemente esté relacionado con la publicación de estudios clave o de gran relevancia en ese periodo, que atrajeron una considerable atención de la comunidad científica, elevando el número promedio de citas. Después del pico, el promedio de citas cae abruptamente a niveles mucho más bajos, lo que sugiere que la influencia de esos artículos clave disminuyó rápidamente y que la producción científica posterior no generó tanto impacto en términos de citas.

A partir de 2005, el promedio de citas experimenta fluctuaciones, con ciertos años donde el promedio aumenta ligeramente (como en 2010, 2014 y 2016), seguido por otros años con menos citas. Esto puede indicar que algunos artículos específicos lograron captar la atención de la comunidad científica, pero en general, la tasa de citas se mantuvo moderada. En los años más recientes, de 2016 a 2024, el promedio de citas se mantiene bajo, oscilando alrededor de 1 a 3 citas por año. Esto sugiere que, aunque sigue habiendo

interés en el campo, los artículos más recientes no están generando el mismo nivel de impacto que los que se publicaron en la época del pico del 2000.

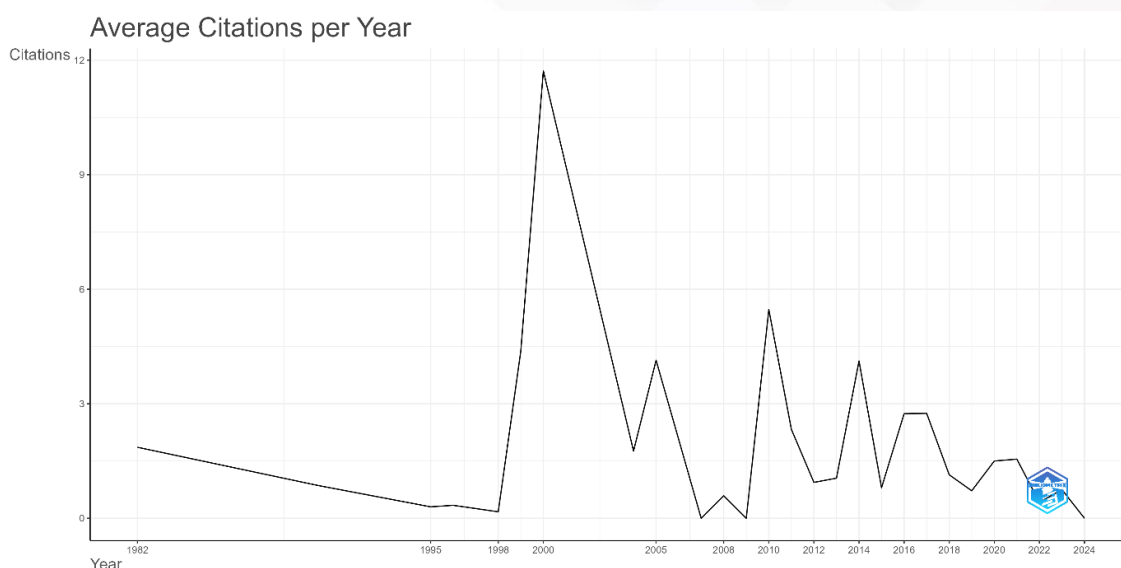


Figura 22. Citas por año (Q3)

- **Análisis de las principales tendencias**

En la figura 23 se observa los términos más recurrentes en los estudios sobre biomateriales odontológicos del tercer cuartil, proporcionando una representación visual de los temas clave y su frecuencia en la literatura científica. Se identifica que "Human" y "Humans" son términos que aparecen con gran relevancia, lo que indica que una parte significativa de los estudios se centra en los seres humanos, tanto en investigaciones clínicas como en la aplicación de biomateriales en odontología.

"Biocompatible materials" y "Biomaterial" demuestran que la biocompatibilidad es uno de los enfoques más importantes dentro del campo, lo que destaca la importancia de los materiales que pueden integrarse adecuadamente en el cuerpo humano sin causar reacciones adversas. Así mismo, "Bone regeneration" y "Tooth implantation" reflejan áreas clave de aplicación de los biomateriales, especialmente en la regeneración ósea y los implantes dentales, lo que demuestra el papel crítico de estos materiales en la restauración de tejidos dentales y óseos.

Los términos asociados a aplicaciones específicas como "Dental implants," "Tooth implantation" y "Dental prostheses" sugiere que la odontología restauradora y los implantes dentales son aplicaciones recurrentes de los biomateriales, indicando un alto

"human", "biomaterial", "humans", "bone", "hydroxyapatite" y "porosity". Estos temas tienen una alta centralidad, pero bajo desarrollo, lo que indica que son fundamentales para el campo de estudio, pero aún no se han desarrollado plenamente en términos de profundidad o complejidad. Por ejemplo, términos como "biomateriales" y "hueso" son centrales para la investigación en odontología, pero puede haber margen para una mayor investigación y exploración, especialmente en la caracterización de porosidad y el uso de hidroxiapatita en aplicaciones dentales.

Finalmente, en el cuadrante de Emerging or Declining Themes (Temas Emergentes o en Declive), con términos como "nonhuman", "regenerative medicine" y "bioengineering", además de "dental prostheses", "titanium" y "biomaterials". Estos temas tienen baja centralidad y desarrollo, lo que sugiere que son áreas que están en las primeras etapas de investigación o, por el contrario, han perdido interés y relevancia en el campo. La "medicina regenerativa" y la "bioingeniería" pueden estar en una fase emergente con potencial para un mayor desarrollo futuro en la odontología, mientras que el uso de "nonhuman" en estudios puede estar declinando.

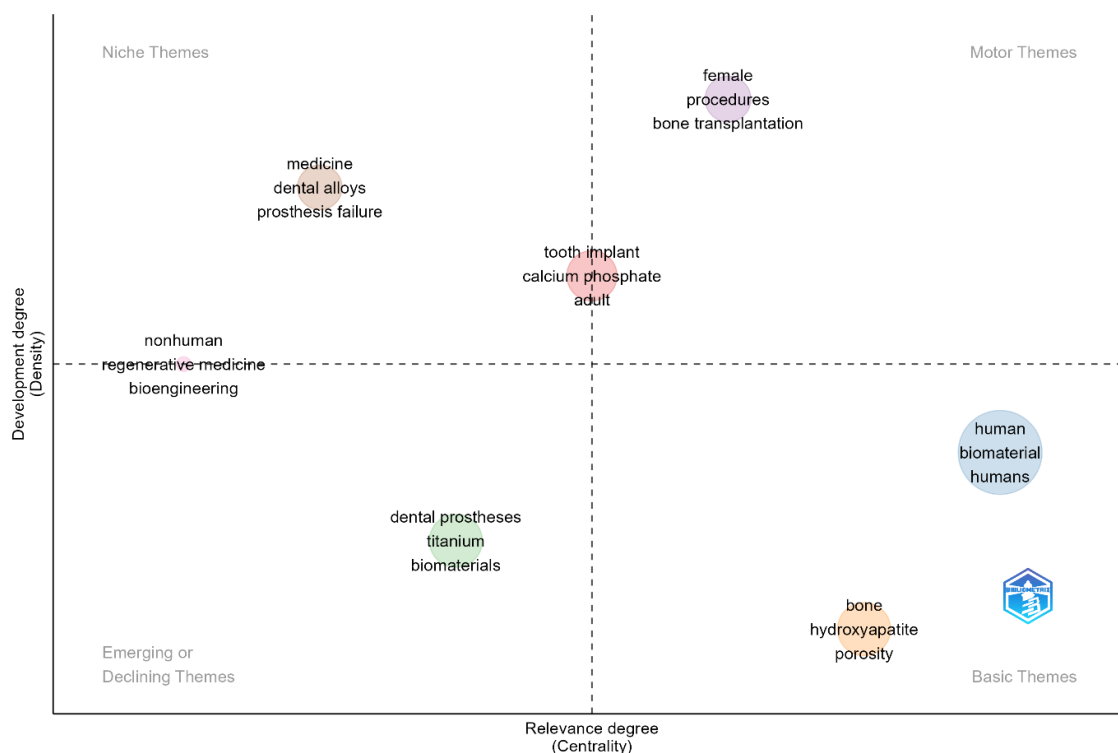


Figura 24. Mapa temático basado en Keywords Plus (Q3)

En la tabla 16 se analiza las tendencias identificadas en base a los términos clave

asociados en las investigaciones. En conjunto, este clúster proporciona una visión integral sobre las tendencias actuales en investigación odontológica, enfatizando la necesidad de un enfoque holístico que considere tanto los aspectos clínicos como biológicos para optimizar el uso de implantes dentales en diversas poblaciones.

Tabla 16. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q3)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Tooth implant	Aderriotis & Sàndor (1999) De Moraes et al. (2021) Lancieri et al. (2011) Hazballa et al. (2021) Guillaume (2017) Opris et al. (2023)
2	Human	Thomas et al. (2005a) Thomas et al. (2005b) Lorusso et al. (2021) Frazer et al. (2005) Yuvaraj et al. (2020)
3	Dental prostheses	Dommeti et al. (2021) Stares et al. (2012) De Nardo et al. (2012) Pesode & Barve (2023) Salgado-Peralvo et al. (2023)
4	Female	Powell et al. (2022) Peck (2015) Yuce et al. (2019)
5	Bone	Araujo et al. (2013) Ong & Chan (2000)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de los clústeres más relevantes, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Implante dental (Tooth implant)

Los implantes dentales son estructuras artificiales que se insertan en el hueso maxilar o mandibular para reemplazar raíces dentales perdidas, ofreciendo soporte para prótesis dentales. Estos dispositivos se utilizan para restaurar la función masticatoria y mejorar la estética dental, y son fundamentales en la odontología moderna.

La investigación en implantes dentales abarca diversas técnicas y materiales innovadores. Por ejemplo, el estudio Aderriotis & Sàndor (1999) destaca la importancia de suturas avanzadas en la recuperación de heridas orales, lo cual es crucial en procedimientos de implantación dental. El uso de imágenes 2D y 3D para la evaluación

morfológica de quistes y tumores maxilofaciales en el estudio De Moraes et al. (2021) permite un diagnóstico más preciso, lo que puede influir en el éxito de las intervenciones quirúrgicas en pacientes que requieren implantes dentales.

Clúster 2: Humano (Human)

El término "humano" en el contexto de los biomateriales odontológicos se refiere a la interacción y respuesta del organismo humano a diferentes materiales utilizados en tratamientos dentales, especialmente aquellos relacionados con la regeneración ósea y la integración de implantes.

La investigación en este clúster se centra en la biocompatibilidad y las respuestas histológicas de los biomateriales en relación con los implantes dentales. Por ejemplo, el estudio de Opris et al. (2023) investiga cómo la membrana de cáscara de huevo puede promover la regeneración ósea, destacando su potencial como un biomaterial biocompatible para guiar el proceso de integración de implantes. El análisis sobre el vidrio bioactivo que realiza Thomas et al. (2005a), subraya la evolución y aplicaciones en odontología, mostrando cómo estos materiales pueden estimular la regeneración de tejido óseo y mejorar los resultados clínicos en tratamientos dentales.

De igual manera, Thomas et al. (2005b) proporciona una visión integral sobre el sulfato de calcio, enfatizando su uso como un material de relleno en defectos óseos y su capacidad para facilitar la curación de tejidos, lo que es esencial en la colocación de implantes dentales.

Author's Keywords

La figura 25 presenta un mapa temático generado a partir de las palabras clave de los autores, el cual ofrece una visión global sobre las temáticas abordadas en la investigación científica relacionada con biomateriales en el ámbito odontológico.

En la sección temas de nicho se observan términos como "dentistry", "tissue scaffolds", "bone", "dental" y "polycaprolactone". Estos conceptos muestran investigaciones centradas en scaffolds de tejido dental y la utilización de poliésteres biodegradables como la policaprolactona para regeneración ósea, sugiriendo que son campos con un desarrollo consolidado, pero su impacto general en la investigación odontológica es limitado en cuanto a su interrelación con otras temáticas. En el cuadrante de temas

motores, se destacan términos como “bone regeneration”, “biocompatible materials” y “alloplastic materials”. Estas son áreas clave para la regeneración ósea y los materiales aloplásticos biocompatibles, que se presentan como fundamentales en la investigación. Su alta centralidad indica que son temáticas altamente conectadas con otras áreas del conocimiento.

En la sección de temas emergentes o temas en declive se encuentran temáticas como “hydroxyapatite coating”, “platelet-rich fibrin”, y “maxillary sinus”. Esto sugiere que, aunque el uso de revestimientos de hidroxiapatita o la fibrina rica en plaquetas han sido de interés, su desarrollo no está lo suficientemente consolidado ni interconectado con otras temáticas dentro del campo, por lo que podrían estar en una fase inicial o experimentando una disminución en su relevancia. Finalmente, en el cuadrante de temas básicos se visualiza términos como “biocompatibility”, “biomaterials”, “dental implants”, y “properties”, lo que indica que la biocompatibilidad de los implantes dentales y los biomateriales son conceptos fundamentales en la investigación odontológica.

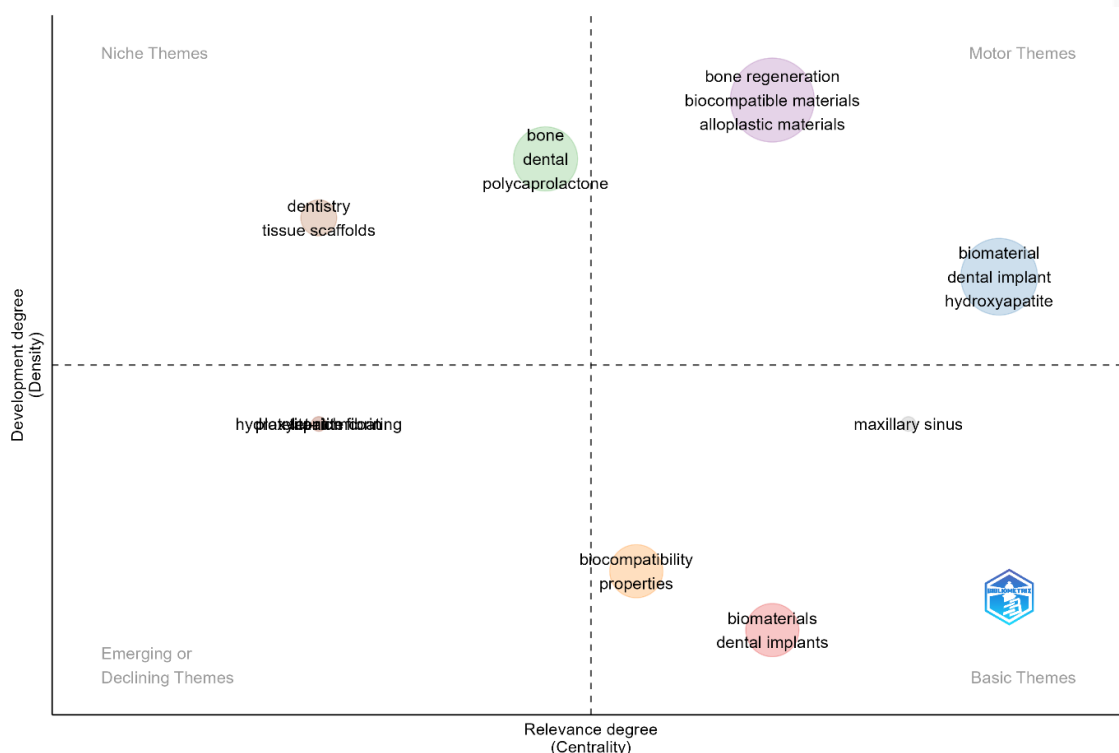


Figura 25. Mapa temático basado en Author's Keywords (Q3)

La tabla 17 muestra las principales tendencias identificadas en las publicaciones

científicas y tomando como base las palabras clave de los autores. En conjunto, este clúster proporciona una visión integral sobre las tendencias actuales en investigación sobre biomateriales dentales, enfatizando la importancia de desarrollar soluciones innovadoras que mejoren la regeneración ósea y optimicen los resultados clínicos en odontología.

Tabla 17. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (Q3)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Biomaterials	Lepore et al. (2013) Peck (2015) Stares et al. (2012) Zhang et al. (2007) Pesode & Barve (2023) Asgharzadeh et al. (2017)
2	Biomaterial	Rizzi et al. (2004) Gingu et al. (2011) Dommeti et al. (2021) Escudero et al. (1998) Klapdohr & Moszner (2005)
3	Bone	Wahab et al. (2018) Vaquette et al. (2023) Marczewski et al. (2023) Mohanty et al. (1998) Thomas et al. (2005b) Thomas et al. (2005a)
4	bone regeneration	Hazballa et al. (2021) Lancieri et al. (2011) Guillaume (2017)
5	Biocompatibility	Demann et al. (2005) Kovarik et al. (2005)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Biomateriales (Biomaterials)

Los biomateriales son materiales diseñados para interactuar con sistemas biológicos con el fin de reparar, reemplazar o mejorar funciones biológicas. En odontología, estos materiales son esenciales para la integración de implantes, la regeneración ósea y otros procedimientos terapéuticos.

La investigación en biomateriales para aplicaciones odontológicas abarca una variedad de enfoques y tecnologías. Por ejemplo, en el estudio realizado por Lepore et al. (2013) se investiga cómo las superficies porosas de titanio, diseñadas con láser, favorecen la

adhesión y el crecimiento celular de osteoblastos, lo que es crucial para la integración de implantes en el hueso. El artículo de Peck (2015) se centra en la técnica de aumento del reborde alveolar utilizando injertos óseos, destacando su efectividad en la preparación del sitio para la colocación de implantes dentales.

El uso de polímeros bioresorbables es abordado por Stares et al. (2012), donde se explora la fabricación de implantes craneofaciales con un polímero auto-reforzado, lo que muestra el potencial de estos materiales en aplicaciones odontológicas y maxilofaciales. Además, el estudio de Zhang et al. (2007) examina cómo el tratamiento de nitruración láser en aleaciones de NiTi puede mejorar sus propiedades biológicas, lo que puede influir en su uso en implantes dentales.

Clúster 2: Biomaterial (Biomaterial)

En este grupo, la investigación en biomateriales se centra en la mejora del rendimiento y la biocompatibilidad de los implantes dentales. Por ejemplo, el estudio de Asgharzadeh et al. (2017) investiga cómo los biomateriales graduados funcionalmente pueden minimizar el estrés máximo y el efecto de apantallamiento de estrés en la interfaz implante-hueso, mejorando así la durabilidad y el éxito de los implantes dentales. Rizzi et al. (2004) examina recubrimientos biomédicos diseñados para optimizar la interfaz entre tejidos y biomateriales, lo que es crucial para la integración del implante y la reducción de complicaciones postoperatorias.

El comportamiento de desgaste de biocompuestos cerámicos es abordado por Gingu et al. (2011) que analiza cómo los compuestos cerámicos basados en nanopartículas de hidroxiapatita pueden ofrecer un rendimiento superior en condiciones de desgaste, lo que es vital en aplicaciones de implantes dentales. Además, el estudio realizado por Dommeti et al. (2021) utiliza simulaciones por elementos finitos para evaluar cómo diferentes texturas superficiales pueden influir en la respuesta mecánica de los biomateriales, ayudando en el diseño de implantes más eficaces.

Titles (Unigrams)

En la figura 26 se visualiza el mapa temático correspondiente a los temas de investigación basado en los títulos correspondientes a la producción científica en este cuartil. En los temas nicho, los términos que destacan incluyen “corrosión”, “alloy”, “behavior”, “mini”, “stress” y “element”. Estas temáticas probablemente representan áreas muy

especializadas de investigación, tales como el comportamiento de las aleaciones metálicas frente a la corrosión en el contexto odontológico, y el estudio del estrés en elementos miniaturizados.

En el cuadrante de temas motores encontramos términos como “maxillary”, “augmentation”, “characterization”, “biological”, y “bone”. Estas temáticas representan áreas cruciales, como la augmentación maxilar y la caracterización biológica de los biomateriales, los cuales son fundamentales para las aplicaciones clínicas en la odontología regenerativa. Estas áreas están no solo altamente desarrolladas, sino también muy interrelacionadas con otras investigaciones, sugiriendo que impulsan gran parte de la investigación actual en el campo.

En el cuadrante de temas emergentes o en declive, los términos destacados incluyen “ceramic”, “surfaces”, “inorganic”, “progress”, “ceramics”, “based”, “coatings”. Estos términos sugieren una investigación relacionada con el progreso de los revestimientos cerámicos inorgánicos en el ámbito de los biomateriales odontológicos. Aunque han sido áreas de interés, el bajo nivel de centralidad sugiere que estas investigaciones no están completamente integradas en el cuerpo principal del conocimiento.

Finalmente, en el cuadrante de temas básicos los términos clave incluyen “dental”, “review”, “implant”, “bone”, “alveolar”, “ridge”, “material”, “technique”, “tissue”, “engineering”. Estas temáticas, relacionadas con los implantes dentales, revisiones de la literatura y técnicas para la manipulación del tejido óseo alveolar, son áreas fundamentales en la investigación de biomateriales odontológicos. A pesar de su importancia central en el campo, parece que aún necesitan un mayor desarrollo o refinamiento en términos de nuevas aplicaciones o avances técnicos.

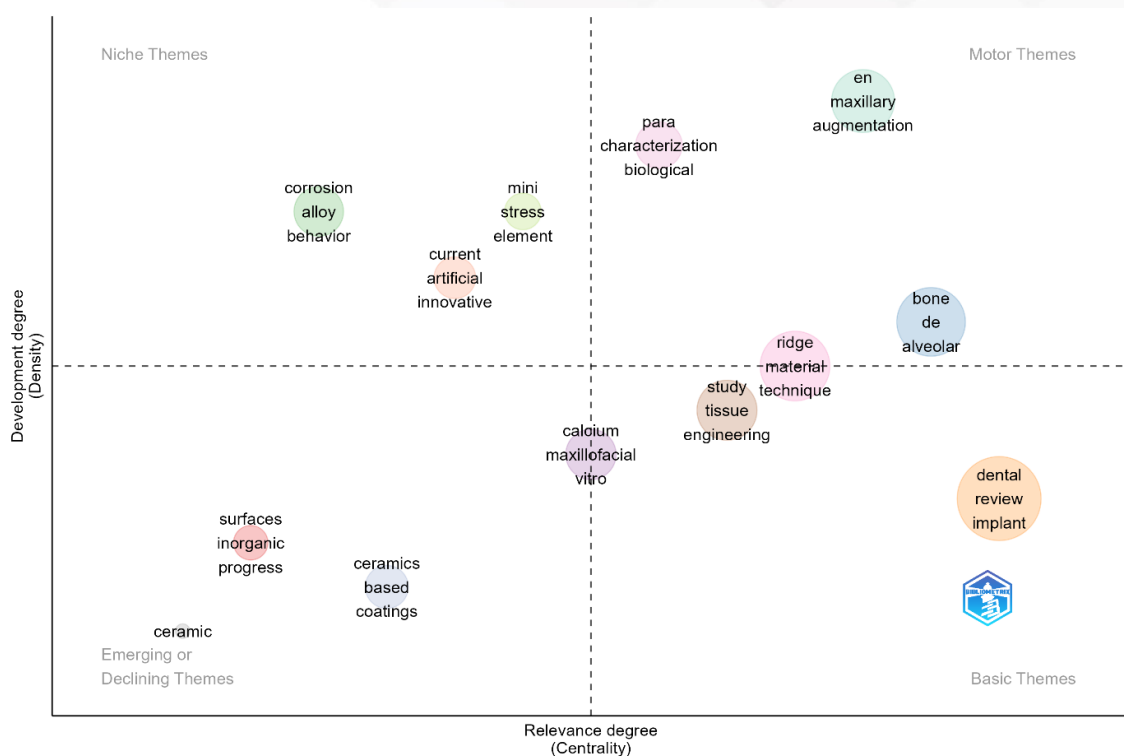


Figura 26. Mapa temático basado en Titles (Q3)

En la tabla 18 se muestra los principales términos identificados en los estudios después de analizar sus títulos. En conjunto, este clúster proporciona una visión integral sobre las tendencias actuales en investigación odontológica, enfatizando la importancia de comprender cómo las propiedades superficiales y los materiales utilizados afectan la interacción entre los implantes dentales y el tejido óseo, así como su durabilidad y eficacia clínica.

Tabla 18. Tendencias identificadas en base a Titles (Q3)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Surfaces	Baier (1982) Dias et al. (2019)
2	Bone	Stares et al. (2012) De Moraes et al. (2021) Wang et al. (2009) Oporto et al. (2008) Sartoretto et al. (2016)
3	Corrosión	Marques et al. (2014) Abd El daym et al. (2018) Kolanji et al. (2024) W. Han et al. (2019)
4	Calcium	Thomas et al. (2005b) Guillaume (2017) Dorozhkin (2017) Assari (2023)

5	Dental	Gupta et al. (2010) Goutam et al. (2014) Thomas et al. (2005a) Demann et al. (2005) Jayaswal et al. (2010)
---	--------	--

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Superficie (Surface)

El término "superficie" en el contexto de biomateriales se refiere a las características físicas y químicas de la superficie de los materiales que influyen en su interacción con los tejidos biológicos. La modificación de la superficie de los biomateriales es crucial para optimizar su rendimiento en aplicaciones médicas, especialmente en implantes dentales y ortopédicos.

La investigación sobre superficies en biomateriales aborda cómo las propiedades de adhesión entre los materiales y los tejidos biológicos pueden determinar su idoneidad en entornos biomédicos. En el artículo de Baier (1982), se discuten las condiciones que mejoran la adhesión y la compatibilidad de los materiales en entornos biológicos. Se menciona que la fuerza adhesiva máxima es deseable para implantes ortopédicos y dentales, mientras que una adhesión mínima es crítica para prevenir la formación de trombos en dispositivos cardiovasculares, acumulación de placa en prótesis dentales y contaminación bacteriana en intercambiadores de calor.

El artículo también revisa principios de fenómenos adhesivos en ambientes hostiles y presenta métodos de prueba novedosos para el análisis sensible de los eventos interfaciales más tempranos. Se destaca la importancia de la modificación de superficies para prevenir depósitos de microorganismos y promover una excelente unión tisular en dispositivos protésicos implantados.

Clúster 2: Hueso (Bone)

En el contexto de los biomateriales odontológicos, el término "hueso" se refiere a la estructura ósea que soporta los dientes y que es fundamental para la estabilidad de los implantes dentales. La investigación sobre la regeneración ósea y la integración de

biomateriales en el hueso es esencial para mejorar los resultados clínicos en procedimientos dentales.

Días et al. (2019) compara las características morfológicas del hueso alveolar recién formado tras la aplicación de matriz ósea desmineralizada y aloinjertos de hueso cortical. Este análisis es crucial para determinar qué materiales son más efectivos en la regeneración ósea postoperatoria. El uso de polímeros bioresorbables es abordado por Stares et al. (2012), donde se explora cómo estos materiales pueden utilizarse en implantes craneofaciales, contribuyendo a la regeneración y soporte del hueso.

El estudio realizado por De Moraes et al. (2021), utiliza imágenes 2D y 3D para la evaluación morfológica de quistes y tumores maxilofaciales, permitiendo una mejor planificación quirúrgica y tratamiento de estructuras óseas afectadas. Además, Wang et al. (2009) presenta una técnica innovadora para cuantificar la matriz ósea desmineralizada en comparación con el nuevo hueso en alvéolos dentales, lo que proporciona información valiosa sobre la efectividad de los tratamientos de regeneración ósea.

Abstracts (Bigrams)

La figura 27 representa un mapa temático generado a partir de los abstracts de la producción científica sobre biomateriales en odontología y utilizando Bigrams mediante la opción N-grams. En el cuadrante de temas nicho, se identifican conceptos como “bone formation”, “titanium implants”, y “ha coating” (hidroxiapatita). Estas temáticas reflejan investigaciones especializadas, principalmente en la formación ósea y los recubrimientos de hidroxiapatita en implantes de titanio, lo cual es un campo consolidado, pero con menor interconexión en el marco general de la producción científica sobre biomateriales odontológicos. Son áreas bien desarrolladas dentro de su especialidad, pero menos centrales en el panorama global de la investigación.

En el cuadrante de temas motores se destacan términos como “hard tissue”, “bone grafts”, “clinical results”, “dental implant”, “implant placement” y “bone regeneration”. Estos bigramas sugieren que las investigaciones sobre la regeneración ósea, los injertos óseos y los resultados clínicos de los implantes dentales son las principales líneas de investigación que impulsan la producción científica. Estas áreas están muy conectadas con otros temas y tienen un alto impacto en las aplicaciones clínicas, consolidándose

como el núcleo actual de la investigación en biomateriales odontológicos.

En cuanto a los temas emergentes o en declive se encuentran términos como “tissue engineering”, “stem cells”, “dental tissue”, “medical applications” y “dental prostheses”. Estas temáticas sugieren el uso de ingeniería de tejidos y células madre en aplicaciones odontológicas, áreas que, aunque prometedoras, aún no han alcanzado un desarrollo suficiente ni una relevancia interconectada con otros campos. Su potencial en la regeneración y reparación de tejidos es significativo, pero su impacto en la producción científica general aún es limitado.

Por último, en el cuadrante de temas básicos. los bigramas que destacan son “dental implants”, “mechanical properties” y “corrosion resistance”. Estas áreas son esenciales para el desarrollo de biomateriales en odontología, especialmente en lo que respecta a las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión de los implantes dentales. Aunque son temas centrales y forman la base de muchos estudios, aún no han alcanzado un nivel de desarrollo comparativo a los temas motores.

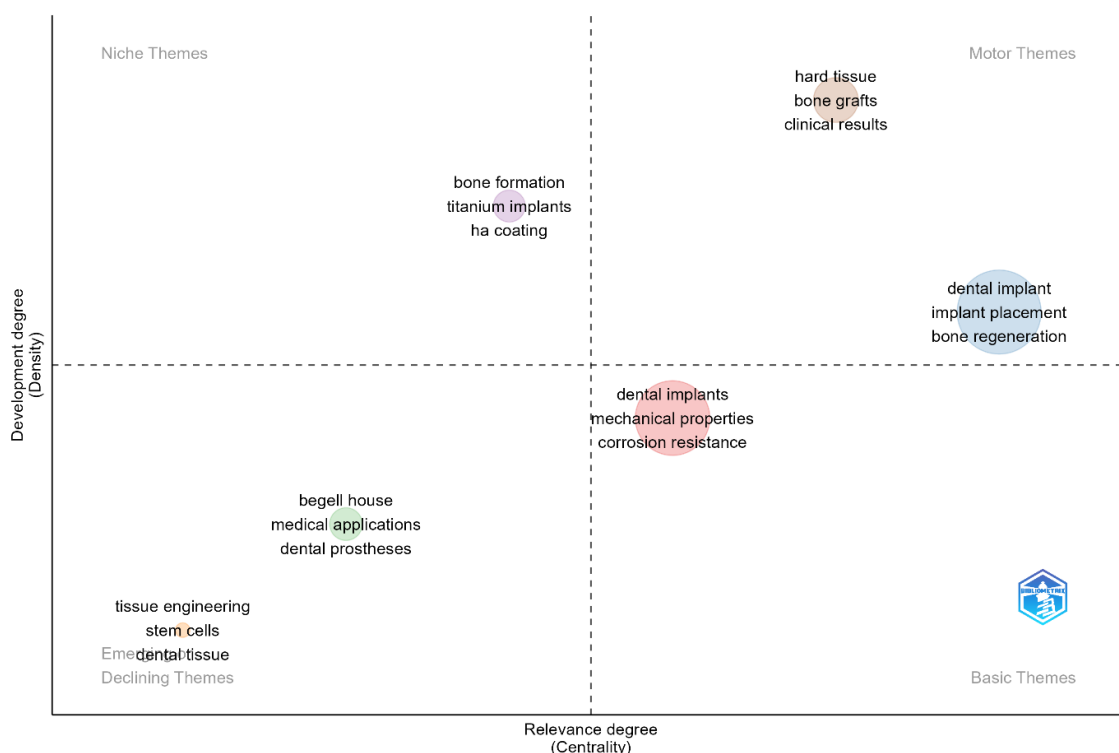


Figura 27. Mapa temático basado en Abstracts (Q3)

En la tabla 19 se lista las tendencias identificadas en base a los resúmenes de la producción científica correspondiente al tercer cuartil. En conjunto, este clúster

proporciona una visión integral sobre las tendencias actuales en investigación odontológica, enfatizando la importancia de desarrollar biomateriales y técnicas innovadoras que optimicen la formación ósea y mejoren los resultados clínicos en pacientes con implantes dentales.

Tabla 19. Tendencias identificadas en base a Abstracts (Q3)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Dental implants	Klapdohr & Moszner (2005) Gupta et al. (2010) Jayaswal et al. (2010) Rizzi et al. (2004) De Nardo et al. (2012) Sartoretto et al. (2016)
2	Dental implant	Aderriotis & Sándor (1999) Guillaume (2017) Hazballa et al. (2021) Savva (2022)
3	Begell house	Frazer et al. (2005) Kovarik et al. (2005) Gore et al. (2005) Baier (1982)
4	Bone formation	Demann et al. (2005) Ong & Chan (2000) Kido & Saha (1996) Pilliar (1990) Willmann (1996)
5	Tissue engineering	Dommeti et al. (2021) Li et al. (2015) Tayanloo-Beik et al. (2023) W. Han et al. (2019) Lymperi et al. (2013)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1 y 2: Implantes dentales (Dental implants)

Los implantes dentales son dispositivos médicos diseñados para sustituir raíces dentales perdidas, proporcionando soporte a prótesis dentales. Estos implantes están compuestos por materiales biocompatibles que promueven la integración con el hueso y son fundamentales para restaurar la función y estética dental.

Klapdohr & Moszner (2005) investiga componentes inorgánicos innovadores que podrían mejorar la durabilidad y funcionalidad de los composites de relleno dental, lo que tiene un impacto directo en la longevidad de las restauraciones. Gupta et al. (2010) realiza una

revisión de los tratamientos de superficie aplicados a los implantes endóseos, destacando cómo las modificaciones superficiales pueden influir en la integración ósea y la eficacia clínica de los implantes.

El artículo del autor Jayaswal et al. (2010) examina el papel de los biocerámicos en los implantes dentales, señalando su biocompatibilidad y capacidad para estimular la regeneración ósea, lo que los convierte en una opción valiosa en la fabricación de implantes. Por otro lado, el uso de modelos experimentales es abordado por Sartoretto et al. (2016), que discute la relevancia de los ovinos como modelo para la evaluación de implantes biomateriales, permitiendo estudios preclínicos que pueden predecir el comportamiento en humanos.

Además, el estudio realizado por Aderriotis & Sándor (1999) analiza el rendimiento de suturas absorbibles en procedimientos orales y quirúrgicos, proporcionando información sobre su uso en el contexto de implantes dentales y la cicatrización de tejidos. Por último, Guillaume (2017) revisa el uso de β -TCP (fosfato de calcio beta) para el llenado de defectos óseos en cirugía maxilofacial, destacando su aplicación en la regeneración ósea alrededor de implantes dentales.

- **Biomateriales y materiales biocompatibles**

La figura 28 presenta los términos más relevantes según su frecuencia de aparición (occurrences) en los estudios analizados correspondientes al tercer cuartil, centrándose únicamente en biomateriales compatibles. De igual manera, los términos clave relacionados con biomateriales o materiales biocompatibles utilizados en odontología han sido destacados, mientras que se han removido otros términos irrelevantes para este enfoque.

Se logra identificar que “Titanium” continúa siendo el material más relevante en los estudios. Esta tendencia indica que el titanio es un biomaterial ampliamente utilizado en odontología, especialmente en implantes dentales debido a su biocompatibilidad y resistencia a la corrosión. En esta ocasión, Ceramics es el segundo biomaterial altamente valorado y es una de las opciones más comunes en odontología.

Por otro lado, “Hydroxyapatite” y “Calcium Phosphate” son biomateriales que son mencionados con menor frecuencia en los estudios de este cuartil. Por último, el “Calcium

Sulfate” es un material que se menciona en menor número entre los estudios.

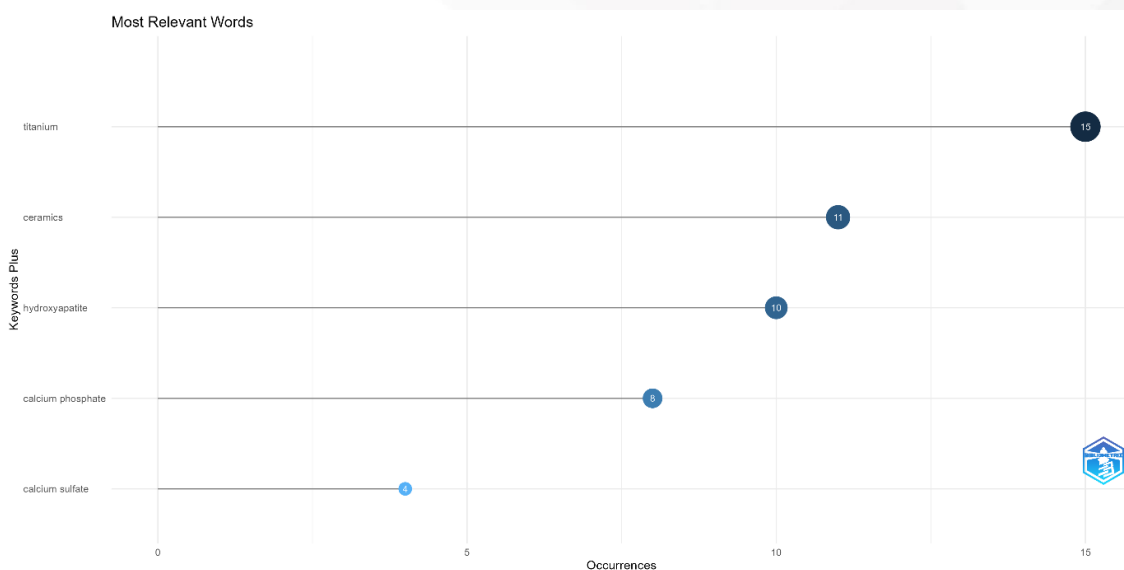


Figura 28. Biomateriales más relevantes (Q3)

La figura 29 muestra la frecuencia de palabras a lo largo del tiempo para términos relacionados con biomateriales y materiales biocompatibles utilizados en odontología, desde 1996 hasta 2023. Se logra observar las tendencias generales a lo largo de este período, donde se destaca “Hydroxyapatite”, término que muestra un pico significativo alrededor de 2011 y 2012, lo que sugiere un aumento en la investigación y publicaciones relacionadas con este material durante ese período.

“Calcium Phosphate” y “Calcium Sulfate” son términos que tienen fluctuaciones a lo largo del tiempo, con varios picos menores, indicando periodos de interés variable. Por otro lado, la frecuencia del término “Ceramics” parece mantenerse relativamente constante, con algunos aumentos menores. “Titanium” es un término que muestra una tendencia ascendente, especialmente en los últimos años, lo que podría reflejar un creciente interés en su uso en aplicaciones médicas.

“Hydroxyapatite” y “Titanium” parecen ser los términos más frecuentemente mencionados en la literatura, lo que sugiere que estos materiales son de particular interés en el campo de los biomateriales médicos. “Calcium Phosphate” y “Calcium Sulfate” tienen una presencia notable pero menos prominente en comparación con “Hydroxyapatite” y “Titanium”.

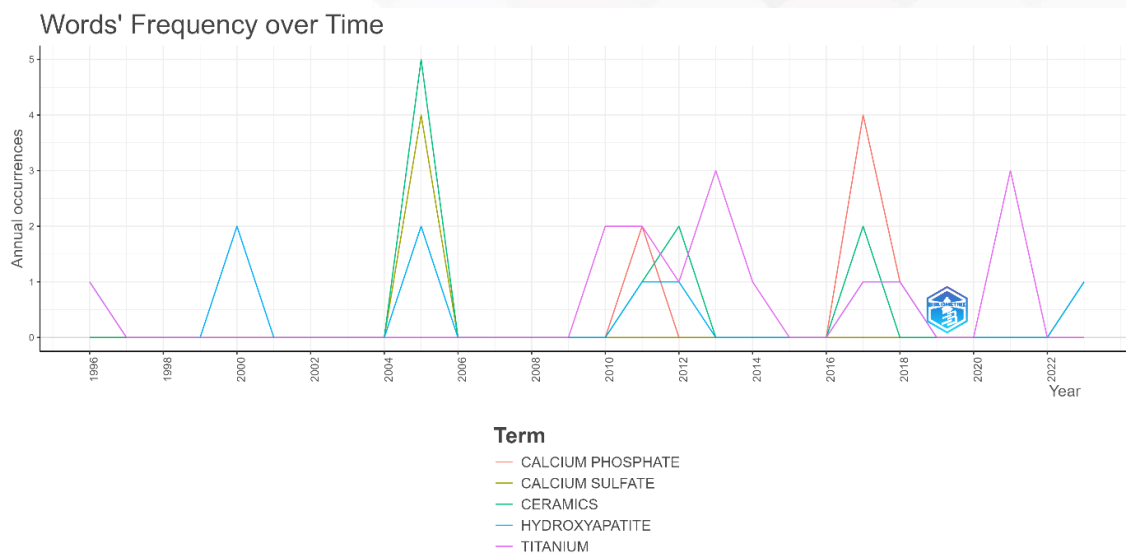


Figura 29. Evolución de los biomateriales más relevantes (Q3)

4.1.4. Cuarto Cuartil

Se encontraron 101 estudios en revistas del cuartil 4 (Q4), las cuales generalmente tienen menor visibilidad y prestigio dentro de la comunidad científica. Sin embargo, estos estudios pueden abordar temas muy específicos o experimentales que, aunque de menor impacto global, aportan información útil en contextos de investigación menos explorados. Los artículos en Q4 suelen estar más orientados a resolver problemas puntuales o aportar datos preliminares que podrían ser ampliados por investigaciones futuras en revistas de mayor impacto.

- **Evolución temporal de las publicaciones**

La figura 30, muestra la producción científica anual a lo largo de varios años en los estudios que corresponden al cuarto cuartil. La línea en la gráfica representa el número de artículos científicos publicados cada año. Se evidencia una tendencia general de crecimiento en la producción científica, lo que indica un aumento en la cantidad de investigaciones publicadas con el tiempo.

Hay varios picos y valles en la gráfica, lo que sugiere fluctuaciones en la producción anual. Estos picos pueden estar relacionados con eventos específicos, como conferencias importantes, avances tecnológicos, o aumentos en la financiación de la investigación. A pesar de las fluctuaciones, la tendencia general parece ser positiva, con un aumento sostenido en la producción científica. Esto podría reflejar un mayor interés y inversión en

investigación y desarrollo en las áreas representadas.

Algunos años destacan por un aumento significativo en la producción, como en 2009-2010, 2013-2016, registrándose en 2017 el pico más alto en la producción científica anual. Para el 2023 se logra observar un incremento en cuanto a las publicaciones sobre biomateriales en odontología.

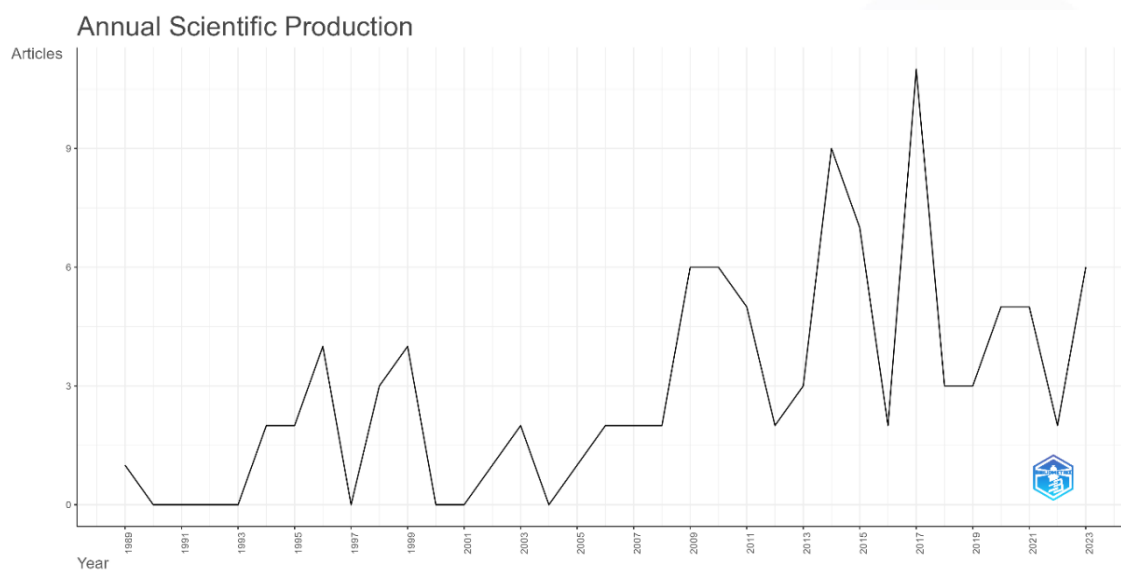


Figura 30. Producción científica anual (Q4)

La figura 31 muestra el promedio de citas por año para los estudios sobre biomateriales en odontología que integran el cuarto cuartil. Se evidencia fluctuaciones significativas en el promedio de citas por año desde 1988 hasta 2023. Hay varios picos notables, lo que indica períodos en los que ciertos estudios o temas recibieron más atención y fueron citados con mayor frecuencia.

Alrededor de 1995 a 1998 hay un pico significativo, lo que sugiere que algunos estudios publicados en ese período fueron altamente citados. Alrededor de 2007 se visualiza otro pico importante, indicando un aumento en las citas durante ese año. Alrededor de 2009 y después de 2015 se observan picos más pequeños, pero aún significativos, lo que sugiere un interés continuo en ciertos temas o avances en biomateriales en odontología.

Los picos en el promedio de citas pueden estar relacionados con publicaciones influyentes, avances tecnológicos, o descubrimientos importantes en el campo de los biomateriales en odontología. Estos picos también pueden reflejar el impacto de ciertas investigaciones que han sido ampliamente reconocidas y citadas por otros

investigadores.

La evolución de las citas a lo largo del tiempo puede proporcionar información sobre cómo ha cambiado el enfoque y la relevancia de la investigación en biomateriales en odontología. Los aumentos en las citas en ciertos períodos pueden indicar momentos clave en la investigación y desarrollo de nuevos materiales o técnicas.

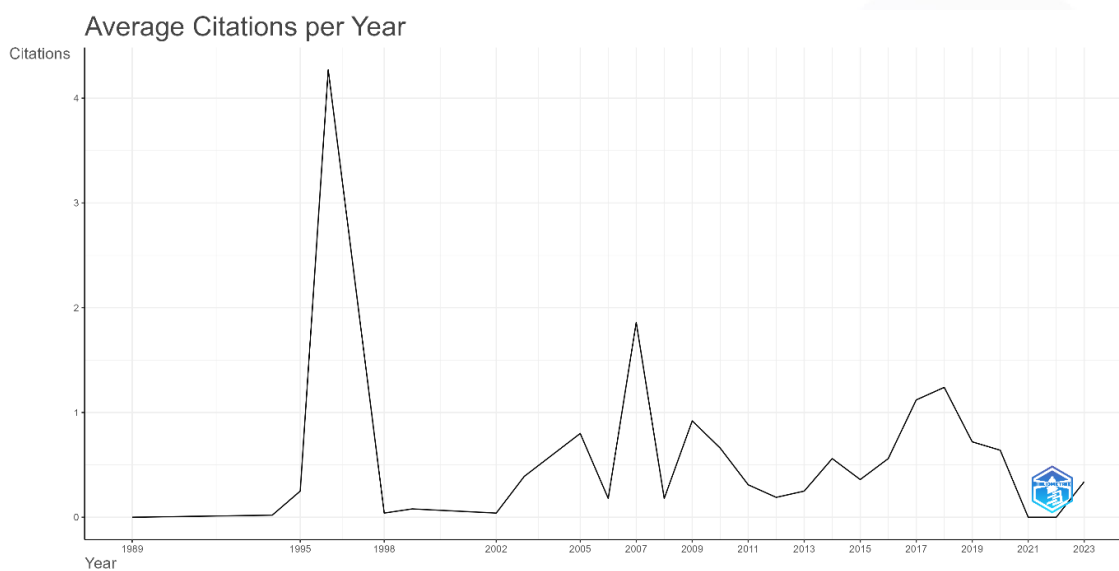


Figura 31. Citas por año (Q4)

- **Análisis de las principales tendencias**

La figura 32 presenta una nube de palabras que relaciona los biomateriales en odontología cuyos estudios corresponden al cuarto cuartil. Las palabras más grandes y destacadas en la nube son “biomaterials,” “dental prosthesis,” y “titanium.” Esto indica que estos términos son los más frecuentemente mencionados en la literatura sobre biomateriales en odontología. Otros términos significativos incluyen “biocompatibility,” “human,” y “article,” lo que sugiere que estos conceptos también son centrales en las investigaciones.

Se evidencia que “Titanium” es un material ampliamente utilizado en odontología, especialmente para implantes dentales, debido a su fuerza y biocompatibilidad. “Calcium Phosphate” y “Hydroxyapatite” son materiales también destacados, indicando su importancia en la regeneración ósea y otras aplicaciones dentales. Existe también conceptos relevantes como “Biocompatibility”, lo que indica que compatibilidad biológica es un tema crucial en la investigación de biomateriales, ya que los materiales deben ser

compatibles con los tejidos humanos para ser efectivos. “Dental Prosthesis” también es un término frecuente, las prótesis dentales son un área importante de aplicación para los biomateriales, reflejando la necesidad de materiales duraderos y seguros para reemplazar dientes perdidos o dañados.

Términos como “dental implants,” “bone regeneration,” y “tooth implantation” destacan la variedad de aplicaciones y procedimientos en los que se utilizan estos biomateriales. El término “Scanning Electron Microscopy” sugiere que las técnicas avanzadas de microscopía son comunes en la investigación para analizar la estructura y propiedades de los biomateriales.

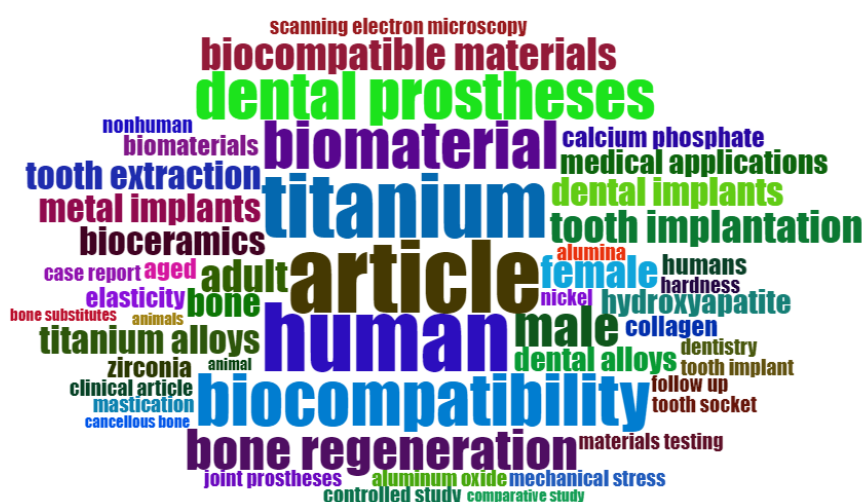


Figura 32. Nube de palabras clave (Q4)

Keywords Plus

La figura 33 clasifica los estudios sobre biomateriales en odontología correspondientes al cuarto cuartil en cuatro cuadrantes, basándose en su grado de relevancia (centralidad) y su grado de desarrollo (densidad). En el cuadrante de Motor Themes (Temas Motores), existen palabras clave como “titanium,” “article,” “human,” “biomaterials,” “biocompatible material”, lo que indica que los temas son bien desarrollados y centrales en el campo de los biomateriales en odontología. Son áreas de investigación clave que impulsan el conocimiento y las aplicaciones prácticas. Por ejemplo, el titanio es ampliamente utilizado en implantes dentales debido a su biocompatibilidad y resistencia.

En el cuadrante Emerging or Declining Themes (Temas Emergentes o en Declive), se

referencia palabras clave como “filling,” “tissue,” “morphology”. Estos temas están en una fase temprana de desarrollo o están perdiendo relevancia. Representan áreas de investigación que podrían crecer en importancia o desaparecer con el tiempo. Por ejemplo, la investigación sobre el relleno y la morfología de los tejidos puede estar emergiendo como un nuevo enfoque o podría estar en declive dependiendo de los avances tecnológicos y las necesidades clínicas

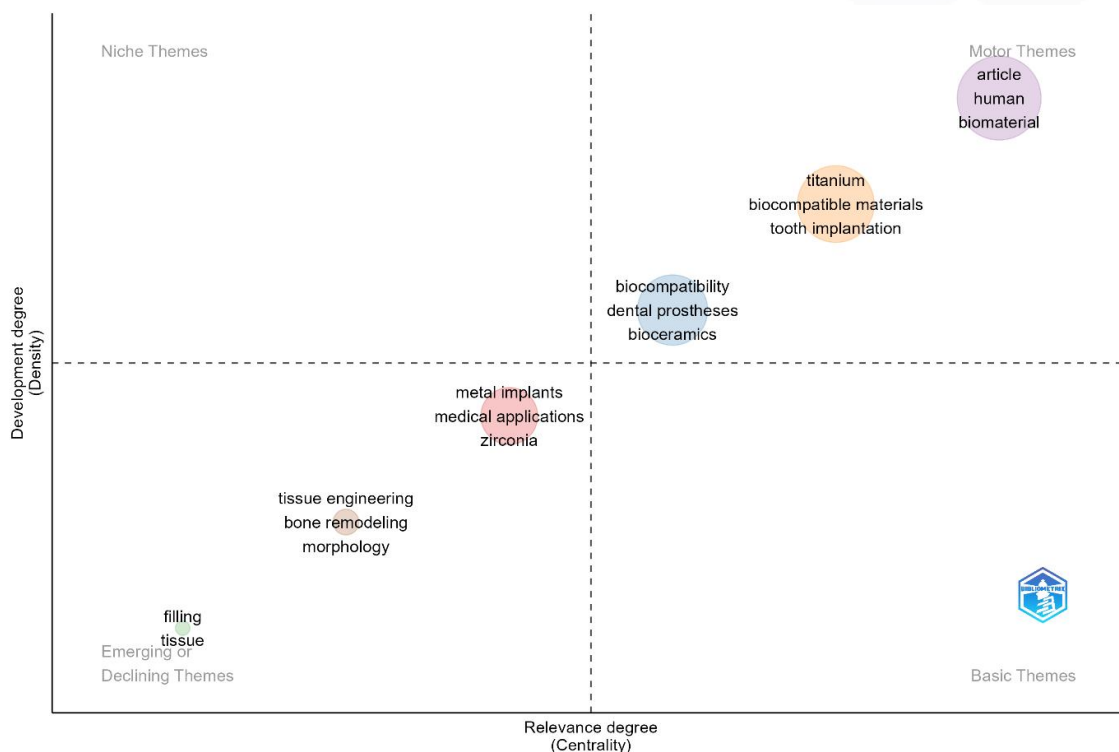


Figura 33. Mapa temático basado en Keywords Plus (Q4)

La tabla 20 lista los términos de interés basado en los Keywords Plus de los estudios. En conjunto, este clúster destaca la importancia de investigar cómo los implantes metálicos, especialmente aquellos hechos de titanio pueden ser mejorados a través de innovaciones en biocompatibilidad y técnicas de ingeniería tisular para optimizar su rendimiento clínico y promover una mejor regeneración ósea en pacientes odontológicos

Tabla 20. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (Q4)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
1	Metal implants	Raju & Biswas (2023) Corrado (2017) Shivgotra et al. (2023) Alotman et al. (2013)
2	Biocompatibility	Kim et al. (2006) Baciu & Simitzis (2007)

3	Filling	Richard (2017) Oliveira et al. (2003) Suffo et al. (2020) Slomion et al. (2021) Liu & Chen (2013)
4	Article	Huang, Wu, et al. (2015) Huang, Li, et al. (2015) Ensir et al. (2021) Volpe et al. (2023) Gil et al. (1995)
5	Titanium	Shabalovskaya (1996) Sivrikaya et al. (2020) Kuz et al. (2018) Porrini et al. (2011)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Implantes dentales (Metal implants)

Los implantes metálicos son dispositivos médicos fabricados a partir de materiales metálicos que se utilizan para reemplazar o soportar estructuras óseas en el cuerpo. Estos implantes son fundamentales en diversas aplicaciones médicas, incluida la odontología, debido a su resistencia mecánica y durabilidad.

La investigación sobre implantes metálicos se enfoca en mejorar su biocompatibilidad, funcionalidad y prevención de infecciones. Raju & Biswas (2023) proporciona una revisión exhaustiva de recubrimientos antibacterianos adaptativos para implantes, analizando tanto materiales metálicos como herbales. Este enfoque es esencial para reducir el riesgo de infecciones y mejorar la integración del implante con los tejidos circundantes.

En su estudio, Corrado (2017) evalúa los avances en cerámicas bioinertes, que complementan los implantes metálicos al proporcionar un entorno favorable para la osteointegración. Este análisis es importante para entender cómo los implantes metálicos pueden ser mejorados mediante la combinación con otros materiales. Shivgotra et al. (2023) discute las innovaciones en biomateriales utilizados en la fabricación de implantes, destacando cómo estos desarrollos están cambiando el panorama de la implantología.

Clúster 2: Biocompatibilidad (Biocompatibility)

La investigación en biocompatibilidad se centra en desarrollar materiales que no solo sean funcionales, sino que también sean bien tolerados por los tejidos biológicos. Kim et al. (2006) investiga aleaciones de titanio de bajo módulo elástico, lo que puede mejorar la adaptación y funcionalidad de los implantes al reducir el estrés en los tejidos circundantes. Baciú & Simitzis (2007) examinan la síntesis de un vidrio bioactivo a base de silicato de calcio, que muestra potencial para promover la regeneración ósea y la integración con el tejido biológico, destacando su aplicación en implantes dentales y ortopédicos. Richard (2017) analizan tratamientos de superficie innovadores en aleaciones de titanio que mejoran la biocompatibilidad y la osteointegración. Estos avances son esenciales para optimizar el rendimiento de los implantes en el entorno biológico.

Author's Keywords

En la figura 34 se observa el mapa temático basado en las palabras clave definidos por los autores en sus publicaciones científicas. Se logra analizar que en el cuadrante de los temas nicho se encuentran términos como "bone substitutes" y "sinus floor augmentation", que representan temas muy desarrollados en su área, pero con menor relevancia dentro del contexto más amplio de la investigación en biomateriales odontológicos. Estos temas están altamente especializados, y su densidad sugiere que los estudios en estas áreas son bastante avanzados y cuentan con una fuerte base de investigación.

En los temas motores se destacan palabras clave como "dental implant", "biocompatibility" y "alumina". Estas son áreas de investigación altamente relevantes y bien desarrolladas, lo que indica que constituyen el núcleo central de la producción científica en biomateriales odontológicos. Las investigaciones sobre la biocompatibilidad de los implantes dentales y el uso de materiales como la alúmina están impulsando el desarrollo del campo.

En cuanto a los temas Emergentes o en Declive se observa temas como "biomaterial". Esto sugiere que esta palabra clave se encuentra en una etapa temprana de desarrollo o que está en declive en comparación con otras áreas más específicas. Aunque biomaterial es un término genérico, su presencia aquí indica que las investigaciones sobre biomateriales en odontología han evolucionado hacia temas más especializados,

y el uso del término general podría estar disminuyendo en favor de descriptores más precisos.

En los temas básicos, términos como “biomaterials”, “implants”, y “stainless Steel” son los que se destacan. Estos temas son fundamentales para la investigación en biomateriales en odontología, pero no están tan desarrollados en términos de complejidad o investigación actual. Aunque juegan un rol crucial en el campo, su baja densidad sugiere que podrían beneficiarse de una mayor investigación para avanzar y mantenerse actualizados con las demandas clínicas y científicas.

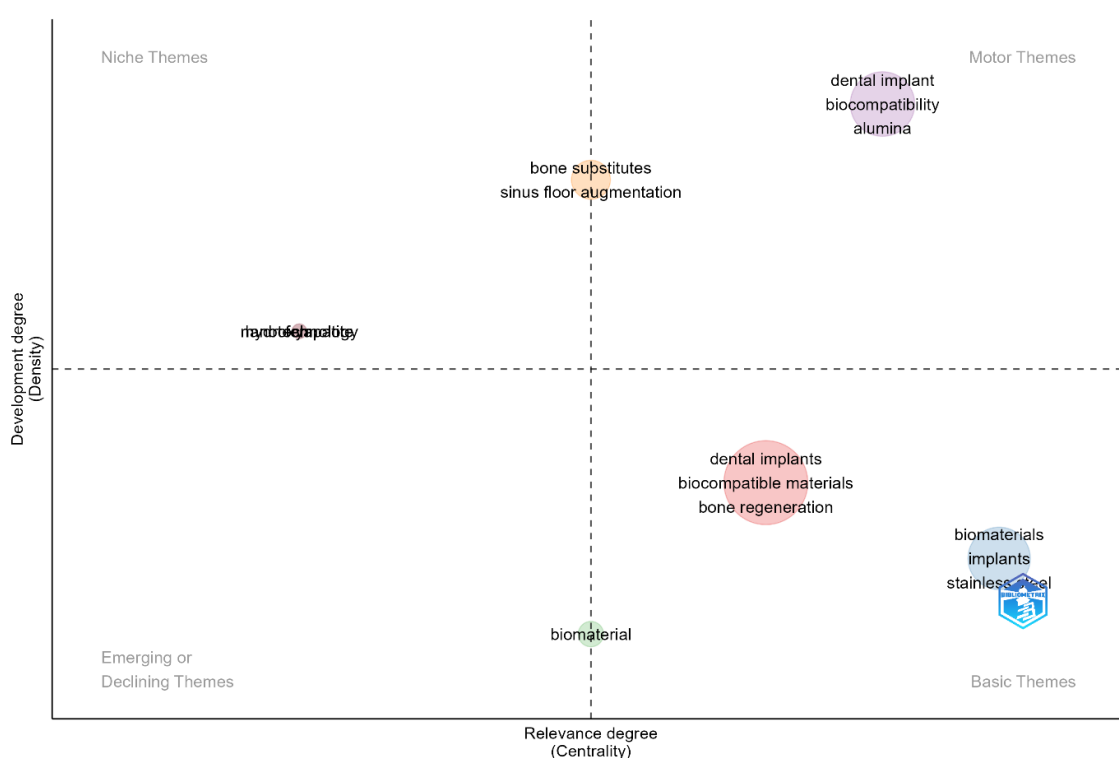


Figura 34. Mapa temático basado en Author's Keywords (Q4)

La tabla 21 muestra el clúster de términos basado en las author's keywords. En conjunto, este clúster proporciona una visión integral sobre las tendencias actuales en investigación odontológica, enfatizando la importancia de desarrollar biomateriales avanzados que optimicen la integración ósea y mejoren los resultados clínicos en pacientes con implantes dentales. La combinación de tecnologías avanzadas como la nanotecnología con biomateriales específicos puede abrir nuevas oportunidades para mejorar la eficacia y durabilidad de los tratamientos odontológicos.

Tabla 21. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (Q4)

Clúster	Temas de investigación	Estudios
1	Dental implants	Koković & Todorović (2011) Tazaki et al. (2012) Lukiantchuki et al. (2014) Rao Genovese (2011) Liu et al. (2014) Richard (2017)
2	Biomaterials	Klekotka et al. (2015) Liu & Chen (2013) Slomion et al. (2021) D. Zhang et al. (2015)
3	Biomaterial	Kim et al. (2006) Raju & Biswas (2023) Hedia (2005b) Corrado (2017)
4	Dental implant	Takahashi et al. (2009) Sharanraj & Ramesha (2017) Koković & Todorović (2011)
5	Bone substitutes	Correia et al. (2012) Ensir et al. (2021)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Implantes dentales (Dental implants)

Como se ha analizado anteriormente, los implantes dentales son dispositivos artificiales diseñados para reemplazar las raíces de los dientes perdidos, ofreciendo soporte a las prótesis dentales. Su éxito depende de una adecuada integración con el hueso y la capacidad de promover una curación eficaz en los sitios de implantación.

Se aborda tanto la técnica de implantación como los materiales utilizados, con el objetivo de mejorar la eficacia clínica y los resultados estéticos. El estudio de Koković & Todorović (2011) examina la eficacia de rellenar la cavidad de un diente con una combinación de β -tricálcico fosfato y ácido poliláctico-poliglicólico antes de la implantación, mostrando resultados prometedores tanto clínicamente como en términos histológicos.

Tazaki et al. (2012) investiga la viabilidad de implantar simultáneamente implantes dentales junto con dentina autógena, sugiriendo que esta combinación puede favorecer la integración y regeneración ósea. Lukiantchuki et al. (2014) presenta un análisis histológico y histomorfométrico sobre la reparación ósea en torno a implantes dentales cortos en tibias de conejos, resaltando el uso de injertos de fosfato tricálcico como un

enfoque efectivo para mejorar la integración ósea.

Clúster 2 y 3: Biomateriales (Biomaterials)

En odontología. En odontología, la selección y desarrollo de biomateriales son fundamentales para el éxito de los tratamientos, dado que deben ser biocompatibles, duraderos y funcionales. La investigación sobre biomateriales se centra en desarrollar y mejorar materiales que puedan soportar el entorno oral y promover la curación de los tejidos. Richard (2017) investiga tratamientos de superficie en aleaciones de titanio que aumentan la biocompatibilidad y la durabilidad de los implantes, aspectos cruciales para su éxito a largo plazo. Klekotka et al. (2015) analiza la corrosión por fricción de aleaciones de cobalto-cromo-molibdeno en el entorno oral, resaltando la necesidad de comprender cómo estos procesos pueden afectar la integridad y durabilidad de los biomateriales en aplicaciones dentales.

La comparación de materiales es abordada por Liu & Chen (2013), que examina las propiedades de dos tipos de ionómeros de vidrio, lo cual es fundamental para seleccionar el material adecuado para restauraciones dentales, considerando aspectos como la adhesión y la resistencia. Kim et al. (2006) presenta aleaciones de titanio de bajo módulo elástico, que pueden ser beneficiosas en aplicaciones biomédicas, al reducir el estrés sobre los tejidos circundantes y mejorar la adaptación del implante. Finalmente, Raju & Biswas (2023) proporciona una revisión completa sobre recubrimientos antibacterianos adaptativos, analizando su importancia para prevenir infecciones y mejorar la interacción entre los biomateriales y los tejidos biológicos.

Titles (Unigram)

En la figura 35 se observa el mapa temático que contiene los términos destacados basados en los resúmenes de los estudios utilizando la opción N-grams configurada en Unigrams. En los temas nicho se observan términos como “dentaire”, “rehabilitation”, “surgical”, “finite”, “element”, que representan áreas de investigación especializadas. En el cuadrante de temas motores, se encuentran términos como “bone”, “application”, “tissue”, “report”, “membrane”, “material”. Estos temas son esenciales y representan áreas clave de desarrollo dentro de la investigación de biomateriales en odontología.

Los temas correspondientes al cuadrante emergente o en declive, son temas como “zirconium”, “ca-aluminate”, “based”, “composites”. Estos temas emergentes están

comenzando a ganar tracción, especialmente en el uso de nuevos materiales como el circonio y los compuestos a base de aluminatos de calcio. Por último, en el cuadrante de temas básicos se ubican términos como “dental”, “implants” y “materials”. Estos temas son fundamentales para la investigación de biomateriales en odontología, pero no muestran un desarrollo tan avanzado como los temas motores.

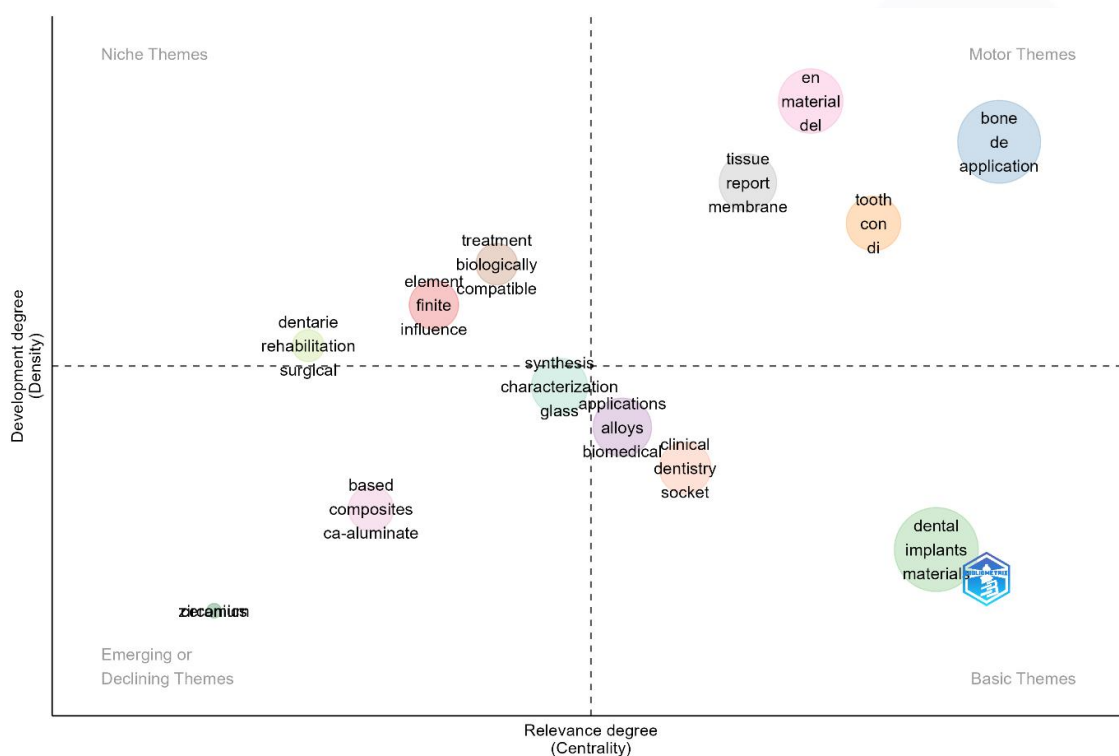


Figura 35. Mapa temático basado en Titles (Q4)

La tabla 22 evidencia el clúster de términos basado en los títulos de los estudios. Este clúster proporciona una visión amplia sobre las tendencias actuales en investigación odontológica, enfatizando la importancia de desarrollar biomateriales innovadores y técnicas efectivas que optimicen la regeneración ósea y mejoren la funcionalidad de los tratamientos dentales. La combinación de estos elementos sugiere un enfoque integral hacia la mejora de las prácticas clínicas en odontología, buscando soluciones que sean tanto efectivas como seguras para los pacientes.

Tabla 22. Tendencias identificadas basadas en Titles (Q4)

Clúster	Tema de investigación	Documentos
1	Element	Djebbar et al. (2023) Kuz et al. (2018) Dežulović & Jurešić (2021) Sauerbier et al. (2010)

		Sivrikaya et al. (2020)
2	Bone	Kulesza et al. (2016) Correia et al. (2012) De Fátima Balderrama et al. (2022) Ensir et al. (2021) Lukiantchuki et al. (2014) Al-Ani et al. (2010)
3	Dental	Oliveira et al. (2003) Alimpiev et al. (1996) Rusen et al. (2008) Focșăneanu et al. (2017) Shabalovskaya (1996) Kim et al. (2006)
4	Applications	Brailovski & Trochu (1996) Anon (1998) Gil et al. (1995)
5	Tooth	Rao Genovese (2011) Volpe et al. (2023)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Elemento (Element)

En el contexto de los implantes dentales y los biomateriales, los elementos juegan un papel crucial como componentes de las aleaciones y materiales utilizados en la fabricación de dispositivos médicos y dentales. La selección del elemento adecuado afecta la durabilidad, biocompatibilidad y respuesta mecánica del implante en el cuerpo humano.

Por ello, este clúster se centra en el análisis de los elementos utilizados en implantes dentales y cómo influyen en la integración y el rendimiento clínico. El estudio realizado por Djebbar et al. (2023), examina mediante análisis de elementos finitos la distribución del estrés en la interfaz hueso-implante, un factor clave para garantizar la estabilidad y éxito de los implantes. La variación de masa en los materiales afecta directamente cómo el hueso soporta el implante, lo que puede influir en la durabilidad y la prevención de fallos.

Kuz et al. (2018) explora el impacto de los materiales dentales en los indicadores de oxidación por radicales libres y el potencial antioxidante en ratas. Esto subraya la importancia de la interacción entre los elementos en los biomateriales y la respuesta fisiológica a nivel molecular. El estudio de Dežulović & Jurešić (2021) aborda las

preocupaciones sobre la toxicidad del titanio, un material comúnmente utilizado en implantes dentales. Aunque el titanio es conocido por su biocompatibilidad, este estudio examina posibles riesgos asociados con su liberación y acumulación en el cuerpo, lo que podría afectar la salud a largo plazo. Así mismo, Sauerbier et al. (2010) investiga la regeneración de tejidos duros utilizando células madre mesenquimales procesadas con dos métodos diferentes. Esto es relevante para evaluar cómo los elementos presentes en los biomateriales pueden influir en la capacidad regenerativa de los tejidos.

Clúster 2: Hueso (Bone)

Este clúster destaca estudios que investigan cómo los diferentes biomateriales y técnicas impactan la regeneración ósea, especialmente en contextos quirúrgicos dentales complejos como la elevación del seno maxilar y la reparación ósea alrededor de implantes.

Kulesza et al. (2016) emplea microscopía de fuerza atómica para analizar las propiedades fractales y funcionales de los biomateriales, lo que permite una mejor comprensión de cómo las superficies de estos materiales interactúan con el tejido óseo. Esta tecnología es crucial para optimizar las propiedades de los materiales usados en la regeneración ósea. De igual manera, en el estudio realizado por Correia et al. (2012), se analiza el uso de diferentes tipos de injertos en la técnica de elevación del seno maxilar mediante la ventana lateral. Este procedimiento es esencial para aumentar la cantidad de hueso disponible en la región posterior del maxilar superior, lo que facilita la colocación de implantes dentales en pacientes con pérdida ósea significativa.

La investigación De Fátima Balderrama et al. (2022) explora cómo los concentrados de aspirado de médula ósea pueden optimizar el rendimiento de los biomateriales utilizados en la elevación del seno maxilar, potenciando la capacidad osteogénica y promoviendo una mayor integración del injerto con el hueso receptor. Ensir et al. (2021) compara el efecto de un material de injerto óseo bioactivo a base de fosfato alcalino de calcio con el fosfato tricálcico en la osteogénesis tras la elevación del suelo del seno. Los resultados indican que algunos biomateriales pueden ser más efectivos que otros en la promoción de la formación ósea en estos procedimientos.

Abstracts (Bigrams)

En la figura 36 se visualiza el mapa temático elaborado con Abstracts de la producción

científica de biomateriales en odontología, utilizando la opción N-grams configurada en Bigrams. Se puede analizar que en el cuadrante de temas nicho se encuentran términos como “physical properties”, “dental composite”, y “grain size”. Estos representan investigaciones altamente desarrolladas, pero con un enfoque muy específico y no ampliamente conectado con otras áreas más generales de la investigación en biomateriales odontológicos.

En temas motores se encuentran términos como “tissue engineering”, “alveolar bone”, “sinus lift”, “bone regeneration”, “soft tissue”, y “bone tissue”. Estos temas representan el núcleo de las investigaciones en biomateriales odontológicos, especialmente en el ámbito de la regeneración de tejidos duros y blandos, así como en la ingeniería de tejidos. La regeneración ósea y de tejidos blandos, así como los procedimientos de elevación de seno, son áreas de gran interés debido a su aplicación directa en la implantología y las intervenciones clínicas en odontología.

En el cuadrante de temas emergentes o en declive se analiza temas como “artificial bone”, “mandibular alveolar”, “statistically significant”, y “biological reaction”. Estos términos tienen baja densidad y centralidad, lo que sugiere que son áreas de investigación emergentes o que están perdiendo relevancia. A pesar de esto, el interés en el uso de hueso artificial y la reacción biológica en contextos mandibulares y alveolares podría incrementar en el futuro a medida que nuevas tecnologías y materiales se desarrollen, permitiendo avanzar en las aplicaciones clínicas.

Finalmente, en el cuadrante de temas básicos se identifican términos como “dental implants”, “dental implant”, y “mechanical properties”. Estos temas son fundamentales para la investigación odontológica, pero su desarrollo es menos denso en comparación con los temas motores. La investigación sobre implantes dentales y sus propiedades mecánicas es esencial y representa un pilar básico en el campo de los biomateriales. A medida que se sigue investigando sobre las propiedades mecánicas de los implantes, es posible que estas áreas se expandan en términos de innovación y aplicación clínica.

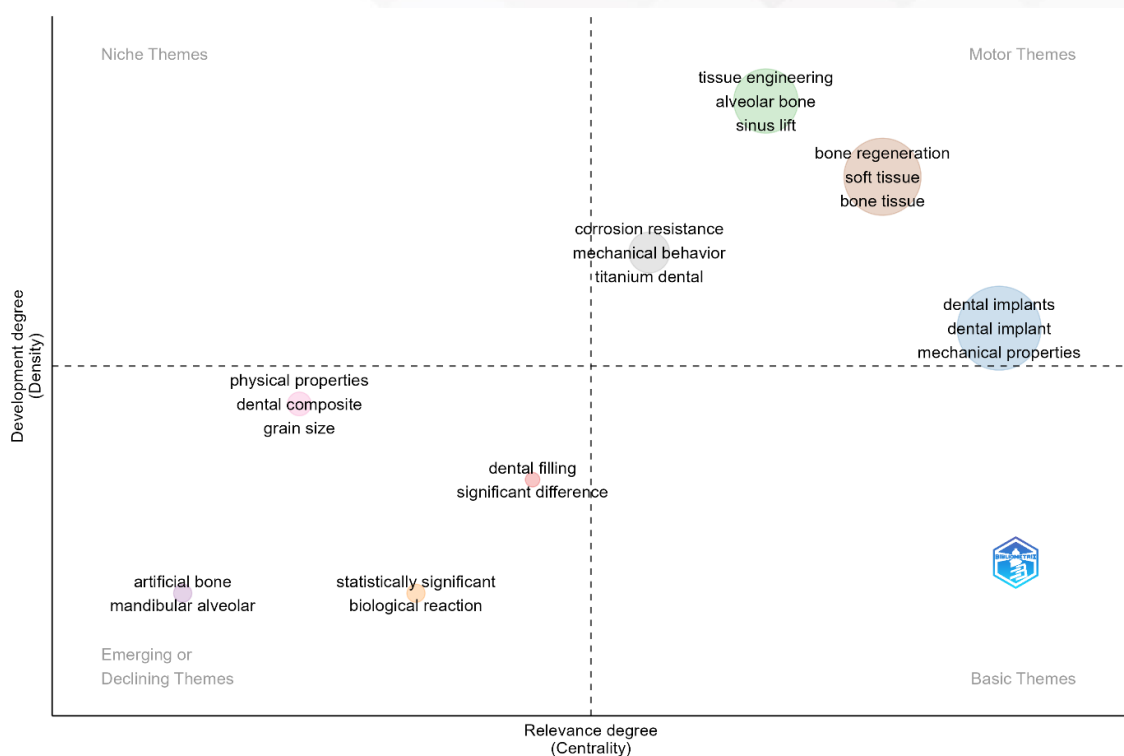


Figura 36. Mapa temático basado en Abstracts (Q4)

La tabla 23 muestra los términos identificados en base a los resúmenes de los estudios correspondientes a este cuartil. En conjunto, este clúster proporciona una visión integral sobre las tendencias actuales en investigación odontológica, enfatizando la importancia de desarrollar biomateriales innovadores que no solo mejoren la regeneración ósea y la integración de implantes dentales, sino que también aseguren resultados clínicos óptimos a largo plazo. La combinación de ingeniería de tejidos con avances en biomateriales abre nuevas oportunidades para mejorar las prácticas clínicas en odontología.

Tabla 23. Tendencias identificadas en base a Abstracts (Q4)

Clúster	Temas de investigación	Documentación
1	Dental filling	Liu & Chen (2013) Shabalovskaya (1996) Niinomi (2007)
2	Dental implants	Brailovski & Trochu (1996) Al-Ani et al. (2010) Gil et al. (1995) De Fátima Balderrama et al. (2022) Liu et al. (2014)
3	Tissue engineering	Muñoz-Corcuera et al. (2015) Huang, Wu, et al. (2015) Huang, Li, et al. (2015)
4	Artificial bone	Nishihara (1994) Liang et al. (1998)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Empaste dental (Dental filling)

El clúster de "Empaste dental" se refiere a las investigaciones centradas en los materiales y técnicas utilizados para la restauración de dientes dañados o cariados. Se examina los avances en materiales utilizados para empastes dentales, destacando el estudio comparativo entre el ionómero de vidrio fotopolimerizable y el ionómero de vidrio reforzado con resina para la restauración dental. Liu & Chen (2013) compara la eficacia de estos dos tipos de ionómeros de vidrio en pacientes con caries dental. Ambos materiales se utilizan ampliamente debido a su adhesividad y capacidad para prevenir la caries dental. Los resultados del estudio revelan que, si bien ambos materiales tienen tasas de éxito elevadas en el corto plazo (97% para el ionómero de vidrio fotopolimerizable y 99% para el reforzado con resina), en el seguimiento a largo plazo, el ionómero de vidrio reforzado con resina demostró una superioridad significativa, manteniendo una tasa de éxito del 92% frente al 74% del ionómero fotopolimerizable.

Además, el ionómero de vidrio reforzado con resina mostró mejores resultados en cuanto a la integridad de la restauración, el sellado de los bordes y la reducción de la incidencia de caries cervicales, lesiones pulpares y periodontales. Este estudio subraya la importancia de utilizar materiales avanzados como el ionómero de vidrio reforzado con resina para obtener restauraciones más duraderas y eficientes, lo que lo convierte en una opción más conveniente para la práctica clínica.

Clúster 2: Implantes dentales (Dental implants)

Este clúster resalta los avances en materiales y tecnologías utilizadas para implantes dentales, centrándose en el comportamiento de las aleaciones metálicas y su biocompatibilidad. Así es como Shabalovskaya (1996) explora el uso de aleaciones de memoria de forma, como el níquel-titanio (NiTi), ampliamente conocidas por su superelasticidad y excelente biocompatibilidad. Estas aleaciones permiten una mejor adaptación en los implantes dentales debido a su capacidad para responder a las

tensiones biomecánicas en la cavidad oral. El artículo de Niinomi (2007) se enfoca en la innovación de materiales metálicos aplicados en implantes dentales, subrayando las mejoras en propiedades mecánicas, como la resistencia al desgaste y la capacidad de soportar las fuerzas oclusales sin deformarse. Este tipo de investigaciones son clave para mejorar la durabilidad de los implantes en pacientes.

En el estudio de Al-Ani et al. (2010), se analiza la relevancia de las técnicas de retracción gingival en la colocación de implantes dentales, lo que sugiere la importancia de optimizar el proceso clínico para obtener mejores resultados estéticos y funcionales en las prótesis dentales fijas. Finalmente, Gil et al. (1995) examina la resistencia al desgaste de las aleaciones metálicas utilizadas en implantes dentales y fijadores protésicos, lo cual es crucial para garantizar la longevidad y funcionalidad del implante en condiciones de uso constante.

- **Biomateriales y materiales biocompatibles**

La figura 37 muestra términos más relevantes relacionadas con biomateriales y materiales biocompatibles utilizados frecuentemente en odontología y que pertenecen al cuarto cuartil. Se identifica que “Titanium” es la palabra más destacada, lo que indica que es el material más frecuentemente mencionado en la literatura sobre biomateriales en odontología. Esto se debe a su alta biocompatibilidad y resistencia, lo que lo hace ideal para implantes dentales.

“Titanium Alloys” también es una palabra muy relevante, sugiriendo que las aleaciones de titanio son ampliamente investigadas y utilizadas, probablemente debido a sus propiedades mejoradas en comparación con el titanio puro. “Hydroxyapatite” es un material conocido por su similitud con el mineral del hueso humano, lo que lo hace muy útil en aplicaciones de regeneración ósea y recubrimientos de implantes. “Calcium Phosphate” es un material similar a la hidroxiapatita, el fosfato de calcio es importante en la regeneración ósea y en la fabricación de biomateriales. “Collagen” es un componente clave en muchos biomateriales debido a su papel en la estructura y función de los tejidos conectivos.

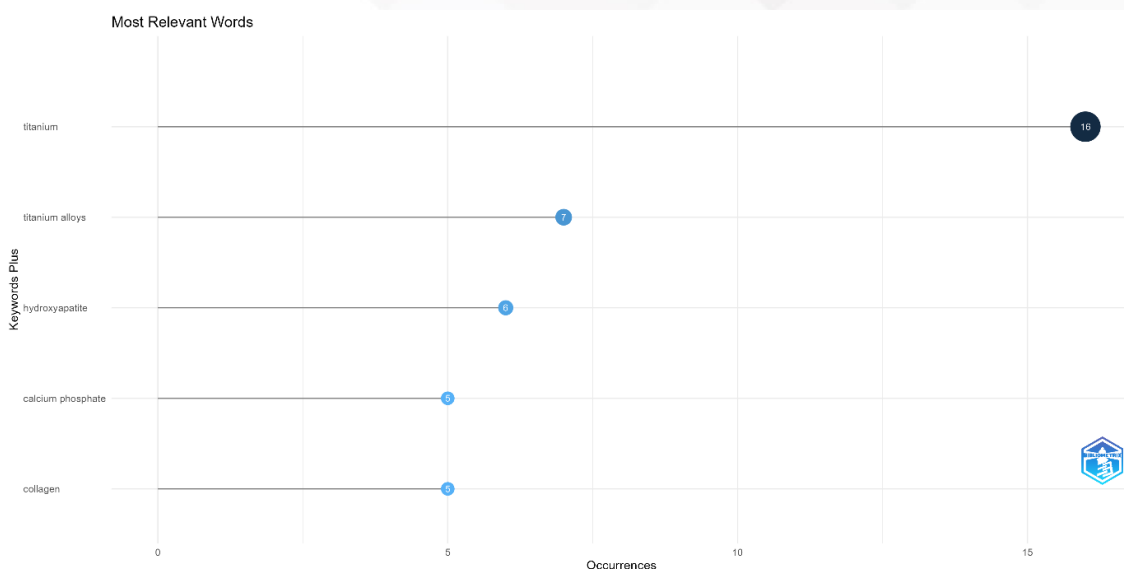


Figura 37. Biomateriales más relevantes (Q4)

La figura 38 muestra la frecuencia de palabras a lo largo del tiempo para términos relacionados con biomateriales y materiales biocompatibles utilizados en odontología, desde 1994 hasta 2023. Se evidencia que “Titanium” es un biomaterial con frecuencia alta y constante, con varios picos significativos a lo largo del tiempo, indicando períodos de alto interés y uso en odontología. Hay picos prominentes alrededor de 1994, 1997, 2003, 2005, 2013, 2015 y su pico más alto en 2020, lo que sugiere que el titanio ha sido un material clave en diferentes momentos, probablemente debido a su biocompatibilidad y durabilidad en implantes dentales.

La frecuencia de “hydroxyapatite” muestra fluctuaciones con picos alrededor de 2007 y 2010, indicando períodos de mayor investigación y aplicación en odontología. “Calcium phosphate” tiene una presencia constante pero menos prominente en comparación con el titanio y la hidroxiapatita. La frecuencia de “collagen” muestra un aumento notable en 2005, indicando un creciente interés en el uso en odontología para ese período.

El gráfico refleja cómo ciertos materiales han ganado o perdido prominencia en la investigación y aplicaciones dentales a lo largo del tiempo. Los picos en la frecuencia de ciertos términos pueden estar relacionados con avances tecnológicos, descubrimientos científicos, o cambios en las preferencias de materiales. La evolución de la frecuencia de estos términos proporciona una visión de cómo han cambiado las prioridades y enfoques en la investigación de biomateriales en odontología.

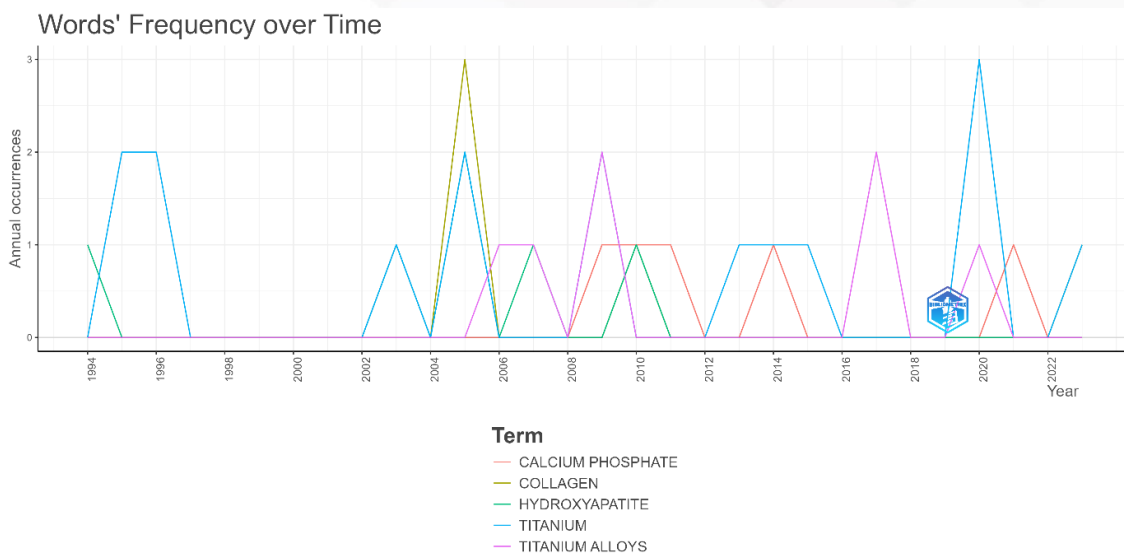


Figura 38. Evolución de los biomateriales más relevantes (Q4)

4.1.5. Cuartil Indefinido

Adicionalmente, se identificaron 329 estudios que no cuentan con una clasificación definida en términos de cuartiles. Estos estudios, aunque no se encuentran categorizados en una escala de impacto tradicional, siguen contribuyendo al campo de la investigación odontológica y pueden contener valiosas aportaciones, especialmente en contextos locales o en áreas aún en desarrollo que no han alcanzado una amplia visibilidad internacional.

- **Evolución temporal de las publicaciones**

La figura 39 evidencia la producción científica anual en el campo de los biomateriales en odontología y que corresponden a un cuartil no definido. La gráfica muestra fluctuaciones en el número de artículos publicados por año, con una tendencia general al alza. Esto sugiere un interés creciente y una expansión en la investigación sobre biomateriales en odontología a lo largo del tiempo.

Hay varios picos notables en la producción científica, lo que indica años en los que se publicaron más artículos. Estos picos pueden estar relacionados con avances tecnológicos, descubrimientos importantes, o un aumento en la financiación de la investigación en esos años. Los años 1984, 2000, 2015, 2019 y 2023 son los que presentan los picos más altos, indicando los períodos de alta actividad científica. Estos períodos pueden coincidir con la introducción de nuevos materiales o técnicas en el

campo de la odontología.

La tendencia ascendente en la producción científica sugiere que el campo de los biomateriales en odontología está en constante crecimiento y evolución. Este crecimiento puede estar impulsado por la necesidad de desarrollar materiales más biocompatibles y duraderos para aplicaciones dentales.

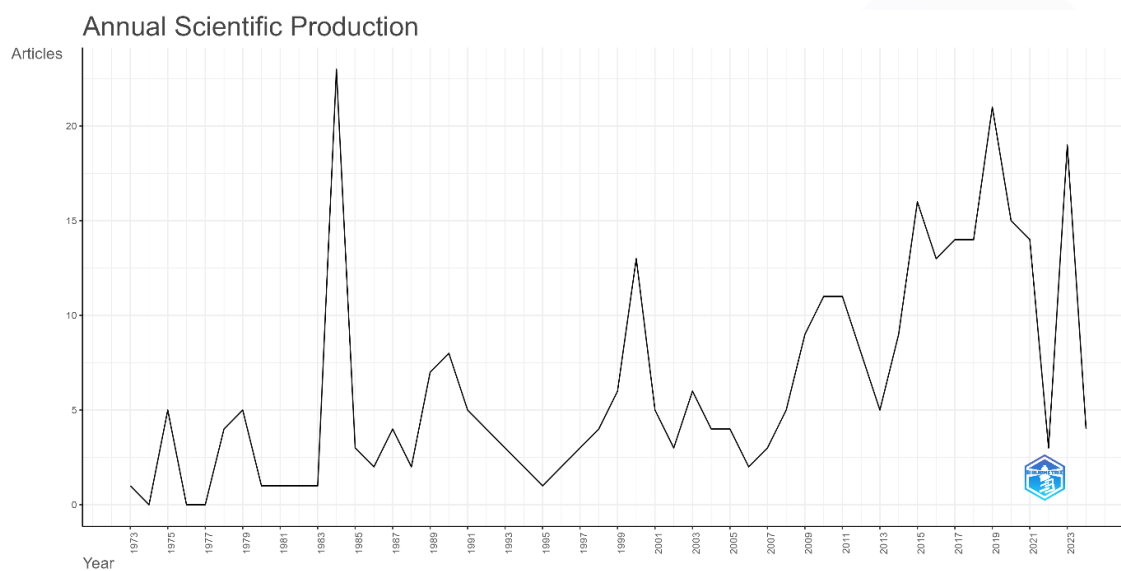


Figura 39. Producción científica anual (QI)

En la figura 40 se logra analizar el promedio de citas por año para los estudios sobre biomateriales en odontología y que corresponden al cuartel no definido también. La gráfica muestra fluctuaciones significativas en el promedio de citas por año desde 1973 hasta 2024. Hay varios picos notables, lo que indica años en los que ciertos estudios o temas recibieron más atención y fueron citados con mayor frecuencia.

Alrededor de 1987 existe un primer pico significativo, lo que sugiere que algunos estudios publicados en ese período fueron altamente citados. De igual manera, el año 2000 registra el pico más alto de citas por año que se relacionan con los biomateriales en odontología. Entre 2010 y después de 2014 se observan picos más pequeños, pero aún significativos, lo que sugiere un interés continuo en ciertos temas o avances en biomateriales en odontología.

Los picos en el promedio de citas pueden estar relacionados con publicaciones influyentes, avances tecnológicos, o descubrimientos importantes en el campo de los biomateriales en odontología. Estos picos también pueden reflejar el impacto de ciertas

investigaciones que han sido ampliamente reconocidas y citadas por otros investigadores.

La evolución de las citas a lo largo del tiempo puede proporcionar información sobre cómo ha cambiado el enfoque y la relevancia de la investigación en biomateriales en odontología. Los aumentos en las citas en ciertos períodos pueden indicar momentos clave en la investigación y desarrollo de nuevos materiales o técnicas.

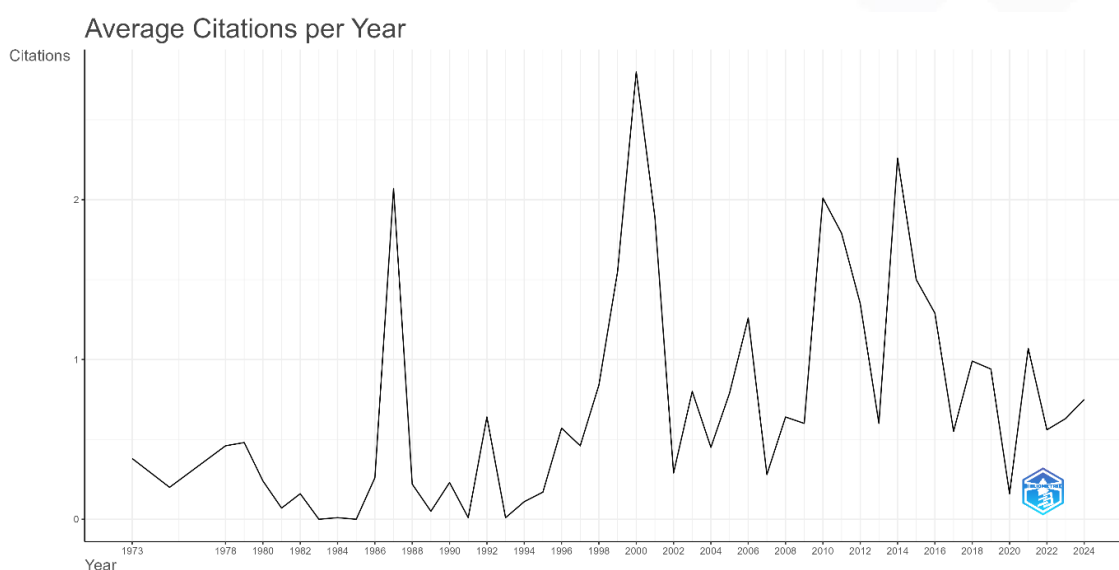


Figura 40. Citas por año (QI)

- **Análisis de las principales tendencias**

La figura 41 que corresponde a la nube de palabras resultado del conjunto de estudios del cuarto cuartil. Se observa que los términos más prominentes son: “Biomaterials”, que es la palabra más destacada, indicando que es el término más frecuentemente mencionado en los estudios analizados, “Biocompatibility” también es una palabra clave importante, reflejando la relevancia de la compatibilidad biológica en la investigación de biomateriales, “Dental Implants” y “Titanium” son términos prominentes, sugiriendo su importancia en la odontología, especialmente en el contexto de implantes dentales.

“Titanium”, “Hydroxyapatite”, “Bone Regeneration”. “Dental Prosthesis” son algunos de los términos más destacados que resaltan la importancia de la biocompatibilidad y materiales biocompatibles en la investigación de biomateriales en odontología.

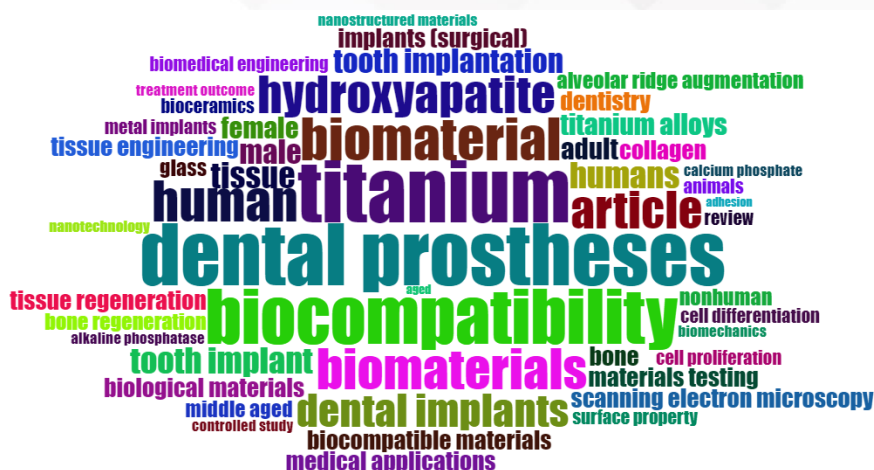


Figura 41. Nube de palabras clave (Q1)

Keywords Plus

La figura 42 muestra el mapa temático que clasifica los estudios del cuarto cuartil sobre biomateriales en odontología en cuatro cuadrantes, basándose en su grado de relevancia (centralidad) y su grado de desarrollo (densidad).

En el cuadrante correspondiente a Motor Themes (Temas Motores), se encuentran términos como “biomaterial,” “human,” “dental implants.” Estos temas son bien desarrollados y centrales en el campo de los biomateriales en odontología. Son áreas de investigación clave que impulsan el conocimiento y las aplicaciones prácticas. Por ejemplo, los implantes dentales son cruciales debido a su biocompatibilidad y eficacia en la sustitución de dientes perdidos.

En el cuadrante sobre Emerging or Declining Themes (Temas Emergentes o en Declive), se encuentra palabras clave como “metal implants,” “metallic biomaterials,” “ti-6al-4v.” Estos temas están en una fase temprana de desarrollo o están perdiendo relevancia. Representan áreas de investigación que podrían crecer en importancia o desaparecer con el tiempo. Los implantes y los biomateriales metálicos, por ejemplo, pueden estar emergiendo como nuevos enfoques o podrían estar en declive dependiendo de los avances tecnológicos y las necesidades clínicas.

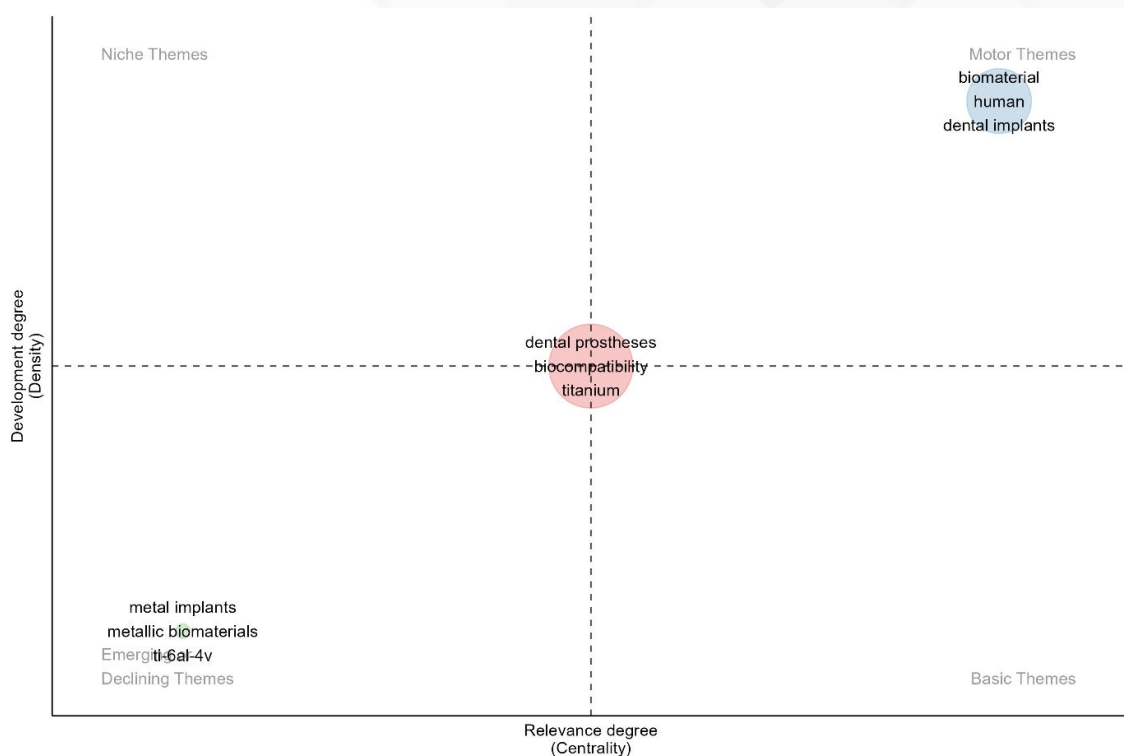


Figura 42. Mapa temático basado en Keywords Plus (QI)

La tabla 24 muestra los clústeres de términos basado en Keywords Plus, que incluye “dental prostheses”, “biomaterial”, y “metal implants”, lo que refleja las áreas clave de investigación en el ámbito de los biomateriales dentales, enfocándose en la funcionalidad y la efectividad de los materiales utilizados en odontología.

Tabla 24. Tendencias identificadas en base a Keywords Plus (QI)

Clúster	Tema de investigación	Documentos
1	Dental prostheses	Zafar et al. (2017) Marghalani (2016) Xavier et al. (2015) Rashid (2014) Basak et al. (2018) Merli et al. (2015)
2	Biomaterial	Rossi et al. (2016) Meyer et al. (2009) Saad et al. (2018) Ma et al. (2017)
3	Metal implants	Gatto et al. (2011) Watazu et al. (2007)

En este apartado, se presentan los principales clústeres identificados en el mapa temático. A continuación, se ofrece una descripción detallada de cada clúster, así como una definición de los temas asociados a ellos.

Clúster 1: Prótesis dentales (Dental prostheses)

Este clúster destaca la aplicación de tecnologías innovadoras y materiales avanzados para optimizar las prótesis dentales, incluyendo su capacidad regenerativa, resistencia y funcionalidad en el ámbito clínico.

Zafar et al. (2017) explora el uso de la nanotecnología en prótesis dentales, subrayando su capacidad para mejorar las propiedades de los materiales a nivel molecular. La incorporación de nanomateriales promete una mayor durabilidad y biocompatibilidad, mejorando la integración con los tejidos bucales y reduciendo el riesgo de fallos. Marghalani (2016) examina el uso de compuestos a base de resina en la fabricación de prótesis dentales. Estos materiales son ampliamente utilizados debido a su facilidad de manipulación, estética y capacidad de adaptación a diferentes formas de dientes. Además, ofrecen una excelente resistencia al desgaste y son una opción estética de calidad para los pacientes. El estudio de Xavier et al. (2015) se enfoca en las posibilidades que ofrecen los nanomateriales avanzados para la regeneración de tejidos dentales. Estos materiales no solo se utilizan en prótesis, sino que también tienen aplicaciones terapéuticas, promoviendo la regeneración del tejido óseo y dental, lo que puede llevar a un mejor pronóstico en la rehabilitación dental.

Clúster 2: Biomaterial

Este clúster destaca la investigación sobre biomateriales en la odontología regenerativa, enfocándose en su aplicación en procedimientos de reconstrucción ósea, como la preservación del sitio de extracción, el aumento de hueso alveolar y las elevaciones de seno maxilar.

Merli et al. (2015) examina la eficacia de membranas y sustitutos óseos en el aumento horizontal del hueso en procedimientos de una sola etapa. Este ensayo controlado aleatorizado proporciona datos valiosos sobre qué materiales pueden ofrecer mejores resultados clínicos en términos de regeneración ósea y estabilidad de los implantes dentales. En el estudio de Rossi et al. (2016), se evalúa el uso de una lámina cortical colagenada derivada de tejido porcino en la reconstrucción de defectos de la cresta alveolar. Los resultados clínicos e histológicos sugieren que este biomaterial puede ser una opción eficaz para mejorar la estabilidad ósea en los procedimientos de regeneración, mostrando una buena integración con el hueso circundante.

Meyer et al. (2009) explora el uso de fosfato tricálcico β en elevaciones de seno maxilar a largo plazo. Este material es ampliamente utilizado debido a su capacidad osteoconductora, facilitando la regeneración ósea en áreas con grandes defectos óseos. El estudio proporciona evidencia a largo plazo de su eficacia y durabilidad como sustituto óseo. De igual manera, Saad et al. (2018) investiga el uso de fibrina rica en plaquetas (PRF) como material de injerto en procedimientos de elevación de seno maxilar mediante un enfoque lateral. La PRF, un biomaterial biológicamente activo, ha mostrado mejorar la cicatrización y regeneración ósea, con el potencial de aumentar la tasa de éxito en este tipo de procedimientos quirúrgicos.

Author's Keywords

En la figura 43 se observa el mapa temático basado en las palabras clave de los autores, el mismo que proporciona una visión estructurada de las principales tendencias en la investigación de biomateriales en odontología. En el cuadrante de temas motores de identifica temas como “dental implant”, “titanium”, “hydroxyapatite”. Estos términos representan los temas clave en la investigación sobre implantes dentales, particularmente aquellos relacionados con materiales como el titanio y la hidroxiapatita. Estos son materiales ampliamente utilizados en la práctica clínica debido a su biocompatibilidad y capacidad para integrarse con el tejido óseo.

En el cuadrante de temas básicos se encuentran “Biomaterials”, “dental implants”, “tissue engineering”. Estos temas básicos son fundamentales para la investigación en biomateriales y odontología. El enfoque en ingeniería de tejidos es particularmente relevante, ya que representa el desarrollo de nuevos métodos para mejorar la regeneración ósea y tisular en la implantología. Los biomateriales son la base sobre la cual se desarrollan las nuevas técnicas y materiales para mejorar los resultados clínicos en pacientes con implantes dentales.

En los temas nicho se destacan “mechanical properties”, “nanocomposites”, “bioceramics”, “biomaterial dental”. Estos términos indican que las investigaciones sobre las propiedades mecánicas de los “biomateriales”, los “nanocomposites” y las “biocerámicas” están en un nivel avanzado de desarrollo, pero no son el núcleo de la investigación actual en odontología. Los “nanocomposites” y las “biocerámicas” son materiales innovadores que se estudian por sus aplicaciones potenciales en la mejora de

las propiedades de los implantes dentales, especialmente en términos de resistencia y biocompatibilidad.

En el caso del cuadrante con temas emergentes o en declive, los términos clave son “plasma spraying”, “drug delivery”. “Plasma spraying” es una técnica utilizada en la modificación de superficies de implantes para mejorar su integración con el tejido. Aunque es una técnica relevante, parece estar en declive en la investigación actual. “Drug delivery” también aparece en este cuadrante, lo que sugiere que el interés en la administración de fármacos a través de biomateriales odontológicos puede estar emergiendo o experimentando una fase de menor desarrollo.

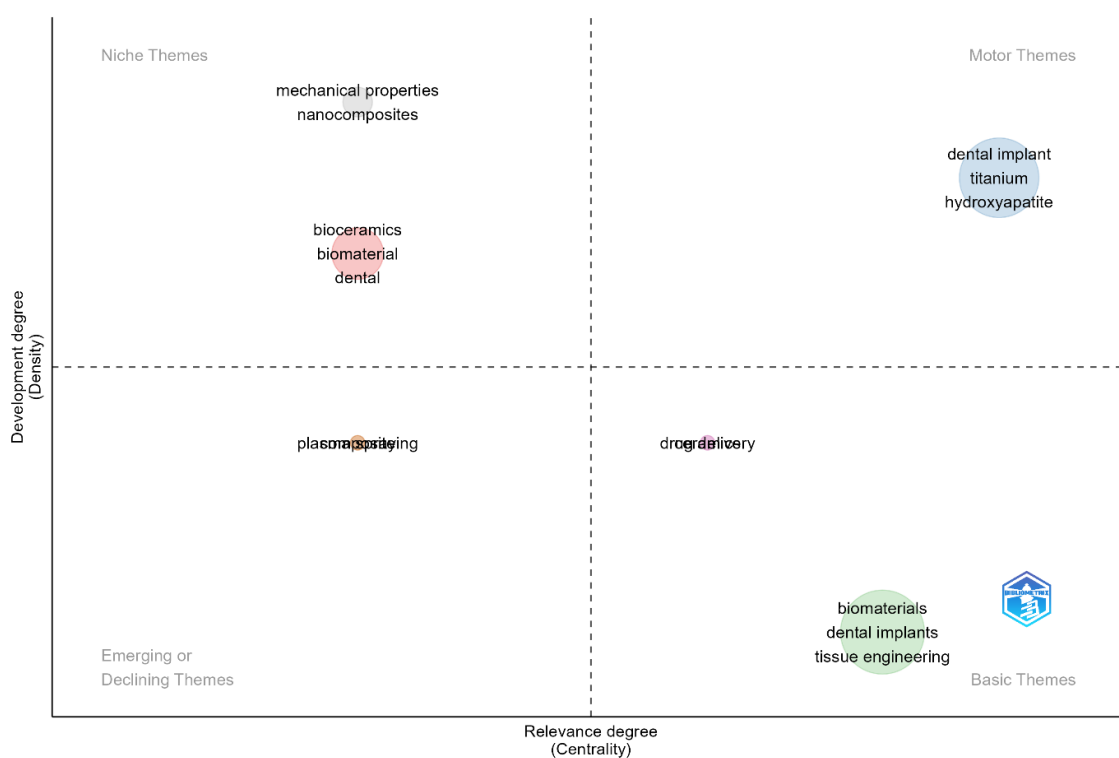


Figura 43. Mapa temático basado en Author's Keywords (QI)

La tabla 25 muestra el clúster de términos basado en las author's keywords, que incluye “Bioceramics”, “dental implant”, “Biomaterials”, “Ceramics”, “plasma spraying”, “Composite”, “drug delivery”, y “mechanical properties”. Este grupo refleja áreas significativas de investigación en el ámbito de los biomateriales dentales, centrándose en la mejora de los implantes dentales y sus propiedades funcionales

Tabla 25. Tendencias identificadas en base a Author's Keywords (QI)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
---------	------------------------	------------

1	Bioceramics	Hermansson (2017) Eriksson (2004) Pawar et al. (2010) Weshler & Antoniac (2016) Hernandes et al. (2017) Diamanti et al. (2011) Ananth et al. (2015)
2	Dental implant	Esposito et al. (2012) Cicciu et al. (2014) Lavos-Valereto et al. (2001) Zafar et al. (2017) Meyer et al. (2009)
3	Biomaterials	Mukherjee et al. (2000) Huang et al. (2010) Gupta et al. (2012)
4	Ceramics	Vogel & Höland (1987) Rashid (2014)
5	Plasma spraying	Schrooten et al. (1999) Choudhury & Agrawal (2012)

Clúster 1: Biocerámicas (Bioceramics)

Las biocerámicas son materiales cerámicos diseñados específicamente para aplicaciones biomédicas, destacándose por su biocompatibilidad y capacidad para interactuar con los tejidos biológicos. En odontología, las biocerámicas se utilizan principalmente en implantes, regeneración ósea y prótesis debido a sus propiedades osteoconductoras, mecánicas y su integración con el hueso.

Este clúster se enfoca en los avances en las biocerámicas y su aplicación en la odontología y otros campos médicos. Las biocerámicas, como el óxido de zirconio y la hidroxiapatita, son fundamentales en la regeneración ósea guiada y en la mejora de la estabilidad a largo plazo de los implantes dentales. El estudio realizado por Hermansson (2017) analiza el desarrollo de cerámicas nanoestructuradas, que presentan mejoras significativas en términos de resistencia mecánica y biocompatibilidad. Estas cerámicas permiten una mayor integración ósea y reducen las complicaciones asociadas con los implantes, siendo un avance clave en la tecnología de implantes dentales y ortopédicos.

Eriksson (2004) investiga el uso de la tecnología de polvos de titanio para la creación de componentes biomateriales. Aunque el enfoque está en el titanio, esta técnica también puede aplicarse a biocerámicas, lo que permite la producción de componentes de alta precisión para implantes y prótesis dentales. El estudio destaca cómo la combinación de cerámicas y metales, como el titanio, optimiza la estabilidad y durabilidad de los

dispositivos médicos.

La revisión realizada por Pawar et al. (2010) ofrece una visión general de las tecnologías biomateriales, donde las biocerámicas juegan un papel clave en aplicaciones médicas como implantes dentales y ortopédicos. Se resaltan las ventajas de las biocerámicas, como su resistencia al desgaste, estabilidad química y capacidad osteoconductora, que las hacen ideales para la regeneración ósea y la reparación de tejidos duros. También, el estudio realizado por Weshler & Antoniac (2016) examina el uso de biocerámicas en la regeneración ósea guiada (GBR), una técnica crucial para preparar el lecho óseo para la colocación de implantes dentales.

Clúster 2: Implantes dentales (Dental implants)

Este clúster agrupa investigaciones relacionadas con los implantes dentales y los biomateriales utilizados para mejorar su eficacia, biocompatibilidad y durabilidad. Se abordan aspectos técnicos, como el tratamiento de la superficie del implante y el manejo de los tejidos blandos, fundamentales para el éxito clínico.

En el estudio realizado por Diamanti et al. (2011), se analiza la técnica de oxidación anódica aplicada a los implantes de titanio, un proceso que mejora la rugosidad de la superficie y la formación de una capa de óxido de titanio bioactiva. Esto favorece la osteointegración y la biocompatibilidad del implante, al incrementar el contacto entre el hueso y el implante. Ananth et al. (2015) ofrece una revisión completa de los materiales biomédicos utilizados en la implantología dental, incluyendo metales, cerámicas y polímeros. El titanio y sus aleaciones son los más comunes debido a su resistencia y biocompatibilidad, mientras que las biocerámicas, como la hidroxiapatita, son valoradas por su capacidad osteoconductora.

Esposito et al. (2012) evalúa las técnicas más efectivas para el manejo de los tejidos blandos alrededor de los implantes. El manejo adecuado de los tejidos blandos es esencial para garantizar la salud periimplantaria y evitar complicaciones como la periimplantitis. Este estudio revisa múltiples técnicas y concluye que ciertas intervenciones quirúrgicas y de injerto de tejido pueden mejorar la estabilidad de los tejidos blandos y la estética a largo plazo. Cicciu et al. (2014) utiliza el método de elementos finitos (FEM) para comparar dos enfoques protésicos en implantes dentales: prótesis retenidas con cemento frente a prótesis retenidas con tornillos. El estudio analiza

cómo las diferentes técnicas afectan la distribución del estrés en el implante y el hueso circundante, encontrando que las prótesis retenidas con tornillos pueden tener ventajas en términos de facilidad de mantenimiento y menor riesgo de complicaciones a largo plazo.

Titles (Unigram)

En la figura 44 se observa gráfico temático basado en los títulos con la opción N-grams en Unigrams. Se muestra las principales áreas de investigación en la producción científica de biomateriales en odontología.

En el cuadrante de temas motores se identifican términos como “corrosión”, “alloys”, “behaviour”, “bone”, “report”, “experimental”, “clinical”, “application”, “augmentation”, “alveolar”, “sinus”. Estos términos indican un enfoque en el comportamiento de las aleaciones y la corrosión, temas importantes en el desarrollo de materiales resistentes y duraderos para implantes dentales. También hay un interés significativo en estudios clínicos y experimentales sobre la aplicación clínica de materiales en la augmentación alveolar y el sinus maxilar, procedimientos cruciales en la regeneración ósea y la implantología dental.

En temas básicos, Los términos clave son “dental”, “implants”, “implant”, “applications”, “biomaterials”, “tissue”. Los implantes dentales y sus aplicaciones continúan siendo el núcleo de la investigación en biomateriales en odontología. El término biomateriales resalta la importancia de los materiales biocompatibles utilizados en la fabricación de implantes y en la regeneración de tejidos. Estos son conceptos fundamentales en la investigación, esenciales para el progreso de los procedimientos dentales y los avances en la bioingeniería.

Los temas nicho, altamente especializados, pero no centrales en la investigación actual, son “international”, “anual”, “meeting”, “characterization”, “synthesis”, “composites”. El énfasis en composites y su síntesis y caracterización sugiere que hay interés en el desarrollo de nuevos materiales compuestos para aplicaciones odontológicas. Sin embargo, estos temas aún no son el centro de la investigación masiva, y podrían estar dirigidos a comunidades científicas más especializadas. Además, la presencia de términos como “international”, “anual”, “meeting” indica la existencia de discusiones académicas y congresos internacionales que abordan estos temas.

En cuanto a temas emergentes o en declive, Los términos en este cuadrante son “handbook”, “edition”, “replacement”, “hard”, “biocomposites”, “films”, “alloy”, “behavior”, “environment”. Aquí se puede observar un interés emergente o en declive en los biocomposites y su aplicación en reemplazo de materiales, así como el comportamiento de las aleaciones en diferentes entornos. Además, términos como “handbook” y “edition” sugieren que estos temas podrían estar más relacionados con publicaciones técnicas o manuales de consulta en lugar de ser líneas de investigación activas. Los “biocomposites” y “films” también podrían estar experimentando una fase de menor desarrollo en comparación con otros temas más centralizados.

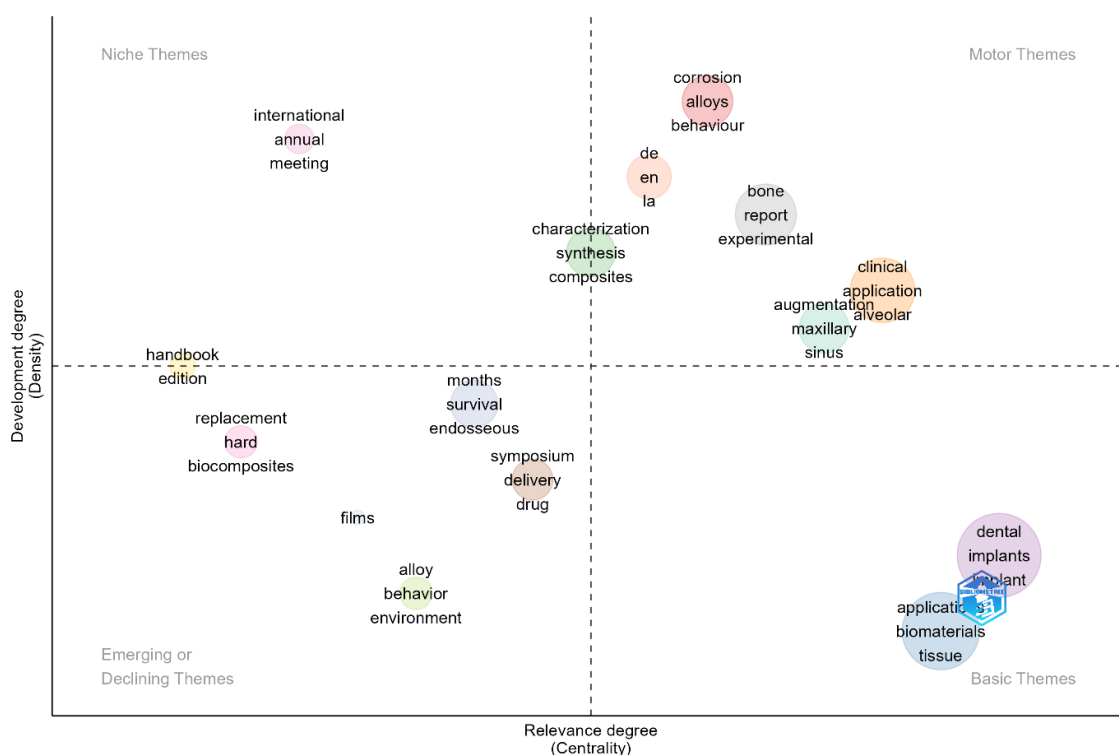


Figura 44. Mapa temático basado en Títulos (QI)

La tabla 26 muestra las tendencias identificadas basadas en los títulos de la producción científica, las cuales incluyen “corrosión”, “applications”, “characterization”, “dental”, “clinical”, “symposium”, “replacement”, “bone”, y “augmentation”. Se refleja áreas clave de investigación en el ámbito de los biomateriales dentales, centrándose en la evaluación y mejora de los materiales utilizados en odontología.

Tabla 26. Tendencias identificadas en base a Títulos (QI)

Clúster	Temas de investigación	Documentos
---------	------------------------	------------

1	Corrosión	Mareci et al. (2008) Mareci et al. (2009) Zielinski & Sobieszczyk (2008) Simionescu et al. (2018) Nakagawa (2004) Bryant & Anseth (2005) Zafar et al. (2017)
2	Applications	Subramani et al. (2019) Anil et al. (2017) Babbar et al. (2021) Ramli et al. (2012)
3	Characterization	Ramli et al. (2011) Rasool et al. (2015) Silva et al. (2017) Cheung (2010) Adams et al. (1978)
4	Dental	Annunziata & Guida (2015) Piconi & Porporati (2016) Maruno et al. (1992) Schrooten et al. (1999) Meyer et al. (2009)
5	Clinical	Schroeder & Buser (1989) Galkowska et al. (2003) Dubois & Lerch (2015) Chaushu (1999)

Clúster 1: Corrosión

La corrosión es la degradación de los materiales debido a reacciones químicas con su entorno. En el ámbito biomédico, la corrosión de los implantes metálicos es un factor crítico, ya que afecta su biocompatibilidad, longevidad y seguridad. Los metales utilizados en implantes, como el titanio y sus aleaciones, están expuestos a ambientes fisiológicos que incluyen fluidos corporales agresivos.

Este clúster agrupa estudios que investigan el comportamiento de la corrosión de varios metales y aleaciones utilizados en implantes biomédicos, prestando especial atención a las condiciones corrosivas encontradas en la cavidad bucal y otros entornos biológicos. La corrosión no solo puede comprometer la estructura del implante, sino que también puede liberar iones metálicos al cuerpo, afectando la salud del paciente.

Mareci et al. (2009) examina cómo los iones de flúor y el ácido láctico presentes en la saliva artificial afectan la corrosión de aleaciones de titanio como Ti6Al7Nb y Ti30Ta. Estos componentes son de especial interés en entornos orales debido al uso de productos dentales con flúor y la presencia de ácidos, los cuales pueden aumentar la susceptibilidad de los implantes a la corrosión. Zielinski & Sobieszczyk (2008) abordan

en su estudio la relación entre la corrosión y la fractura en aleaciones de titanio biomédico. La corrosión puede debilitar las aleaciones, aumentando su susceptibilidad a fracturas bajo carga mecánica. Este estudio combina análisis electroquímicos y mecánicos para comprender cómo los procesos corrosivos afectan la integridad estructural de los implantes.

Simionescu et al. (2018) investiga el comportamiento electroquímico del acero inoxidable 316L, una aleación utilizada en aplicaciones biomédicas, bajo la influencia combinada de proteínas y especies reactivas de oxígeno (ROS). Estas sustancias, presentes en los fluidos corporales, pueden acelerar los procesos corrosivos, y este estudio analiza cómo afectan la resistencia del material a la corrosión y, por lo tanto, su viabilidad en implantes médicos. En la investigación realizada por Nakagawa (2004), se examina la corrosión del titanio y sus aleaciones en ambientes que contienen flúor. Los productos de higiene oral, como los dentífricos y enjuagues bucales, contienen flúor, lo que puede acelerar la corrosión de los implantes dentales de titanio.

Clúster 2: Aplicaciones (Applications)

Este clúster incluye estudios que analizan diferentes aspectos de las aplicaciones de biomateriales y tecnologías emergentes en odontología. Estas investigaciones son fundamentales para el desarrollo de nuevos tratamientos, la mejora de la regeneración tisular y el avance de las técnicas de diagnóstico y tratamiento.

El estudio de Bryant & Anseth (2005) se centra en la fotopolimerización de andamios de hidrogel, una técnica utilizada para crear estructuras tridimensionales que pueden soportar el crecimiento celular. Los andamios de hidrogel son esenciales en la ingeniería de tejidos y la regeneración dental, ya que proporcionan un entorno adecuado para la proliferación y diferenciación celular. El artículo de Zafar et al. (2017) revisa cómo la nanotecnología puede ser utilizada en odontología para mejorar tratamientos terapéuticos, como la liberación controlada de fármacos, la mejora de materiales restaurativos y el desarrollo de agentes antimicrobianos. La aplicación de nanomateriales puede ofrecer soluciones más efectivas para problemas dentales comunes.

En la introducción a la nanotecnología de Subramani et al. (2019), se discuten los principios básicos y las técnicas utilizadas en el campo, así como su relevancia para la medicina y la odontología. La nanotecnología representa un área prometedora para el

desarrollo de nuevos biomateriales y tratamientos. Anil et al. (2017) investiga el uso de polisacáridos derivados de algas marinas en aplicaciones dentales, destacando sus propiedades biocompatibles y su potencial en el desarrollo de nuevos materiales para la odontología, incluyendo selladores y biomateriales de relleno.

Abstracts (Bigrams)

La figura 45 muestra el mapa temático que analiza los resúmenes de la producción científica sobre biomateriales en odontología utilizando la opción N-grams en Bigrams, lo cual permite observar la distribución de temas en función de su centralidad y desarrollo.

En temas motores, los términos destacados son “dental implant”, “mechanical properties”, “corrosion resistance”. Este cuadrante muestra el enfoque en los implantes dentales y los aspectos fundamentales como las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión, lo que sugiere investigaciones avanzadas en el desarrollo de materiales resistentes y duraderos. Estos estudios son cruciales para mejorar la calidad de los implantes, asegurando su eficacia a largo plazo en la práctica clínica.

En temas básicos, los términos clave son: “dental implants”, “bone regeneration”, “bone tissue”. En este cuadrante se destaca la regeneración ósea en relación con los implantes dentales. Los estudios sobre la regeneración y el tejido óseos son cruciales en la implantología, ya que la integración del implante con el hueso circundante es fundamental para el éxito del procedimiento. Estos temas son fundamentales y sirven como la base para investigaciones más avanzadas en biomateriales dentales.

En el cuadrante de temas de nicho aparecen los términos “bone graft”, “endosseous dental”, “implant placement”. Esto sugiere un enfoque especializado en los injertos óseos y la colocación de implantes endóseos, que son temas clave en procedimientos avanzados de implantología dental. Aunque no son los más relevantes en cuanto a la centralidad, tienen una alta densidad y están bien desarrollados dentro de nichos específicos, principalmente relacionados con la cirugía regenerativa y la colocación de implantes en situaciones complejas.

En temas emergentes o en declive, los términos identificados son “cell proliferation”, “periodontal ligament”, “extracellular matrix”. Este cuadrante sugiere un enfoque en temas relacionados con la proliferación celular y el ligamento periodontal, que son áreas importantes para la regeneración tisular y el estudio de la matriz extracelular en el

contexto odontológico. Aunque son relevantes, estos temas aún no han alcanzado un desarrollo o una centralidad significativa en comparación con otros temas del campo.

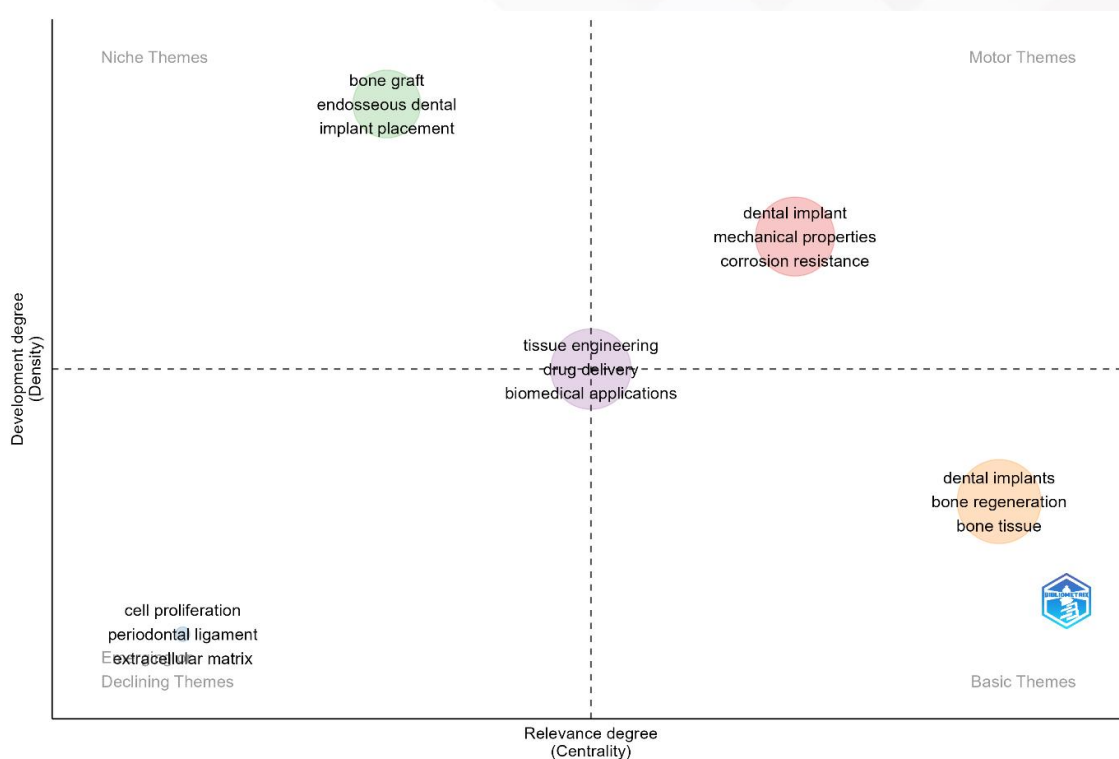


Figura 45. Mapa temático basado en Abstracts (QI)

En la tabla 27 se identifica el clúster de términos basado en los resúmenes, que incluye “dental implant”, “cell proliferation”, “bone graft”, “tissue engineering”, y “dental implants”. Estas tendencias reflejan áreas clave de investigación en el ámbito de los biomateriales dentales, especialmente en relación con la integración y regeneración ósea asociadas a los implantes dentales.

Tabla 27. Tendencias identificadas en base a Abstracts (QI)

Clúster	Tema de investigación	Documentos
1	Dental implant	Webster et al. (1999) Reuling et al. (1990) Bailey et al. (1998) Crisp & Wilson (1980) Hench & Wilson (1986) Craig & LeGeros (1997)
2	Cell proliferation	Albrektsson (1984) Eckert (2015) Morris & Ochi (2000)
3	Bone graft	Ashman et al. (1994) Groisman et al. (2001) Krauser et al. (1990) Olson et al. (2000)

		Hasnain et al. (2018) Lakes (2002)
4	Tissue engineering	Tayebi & Moharamzadeh (2017a) Rehman & Khan (2011) Reveron & Chevalier (2021) Cicciu et al. (2014)
5	Dental implants	Bartee (1998) Kim et al. (2010) Kudo et al. (1990) De Groot (1982)

Clúster 1: Implantes dentales (Dental implants)

Este clúster incluye estudios que examinan diversas facetas de los implantes dentales, desde la evaluación de nuevos materiales hasta la mejora de técnicas de detección de problemas relacionados con la corrosión y la microfiliación. Estas investigaciones son esenciales para optimizar los resultados de los tratamientos de implantología dental.

Webster et al. (1999) investiga el diseño y la evaluación de la alúmina en nanofase, un material que muestra propiedades prometedoras para aplicaciones ortopédicas y dentales. La alúmina nanoestructurada puede mejorar la biocompatibilidad y la resistencia al desgaste de los implantes dentales. El trabajo de Reuling et al. (1990) se centra en el desarrollo de un modelo experimental en conejos para investigar la liberación y detección de productos de corrosión dental in vivo.

Bailey et al. (1998) analiza cómo la alteración de la superficie de los implantes mediante un extremo ultrasónico no metálico puede influir en la integración del implante y la biocompatibilidad. La investigación tiene como objetivo optimizar los procedimientos de colocación de implantes. Crisp & Wilson (1980) presentan una técnica de trazador radiactivo para monitorizar la microfiliación en implantes dentales. La microfiliación puede comprometer el éxito del implante, y este método ofrece una forma innovadora de evaluar su impacto.

Clúster 2: Proliferación celular (Cell proliferation)

Este clúster se centra en los procesos biológicos que regulan la proliferación celular en contextos relevantes para la odontología y la implantología, específicamente en la interacción de las células con superficies de implantes y su implicación en la salud bucal. Los estudios destacados en este clúster investigan cómo diferentes materiales y condiciones influyen en la proliferación celular y en la formación de un entorno favorable

para la integración de los implantes dentales.

Craig & LeGeros (1997) analiza los eventos iniciales relacionados con la formación del tejido conectivo periodontal en superficies de titanio e hidroxiapatita. La investigación se centra en cómo la superficie del implante afecta la proliferación y el comportamiento de las células que promueven la adhesión y el soporte del tejido. Albrektsson (1984) revisa los aspectos biológicos relacionados con los implantes dentales, incluyendo la proliferación celular, la osteointegración y los factores que afectan la aceptación del implante por el organismo.

Es estudio efectuado por Eckert (2015) aborda la rehabilitación e implementación clínica de los implantes dentales, haciendo hincapié en la importancia de la proliferación celular en la integración del implante y en la recuperación del paciente. Se examinan las estrategias clínicas para optimizar la proliferación celular y promover una mejor cicatrización y adaptación de los tejidos a los implantes.

- **Biomateriales y materiales biocompatibles**

En la figura 46 presenta las palabras más relevantes relacionadas con biomateriales y materiales biocompatibles utilizados frecuentemente en odontología y que corresponden al cuartil no definido. La prominencia de estos términos refleja su importancia en el desarrollo de soluciones biocompatibles y efectivas para tratamientos dentales.

“Titanium” es la palabra más destacada, indicando que es el material más frecuentemente mencionado en la literatura sobre biomateriales en odontología. Esto se debe a su alta biocompatibilidad y resistencia, lo que lo hace ideal para implantes dentales.

“Hydroxyapatite” es otro material conocido por su similitud con el mineral del hueso humano, lo que lo hace muy útil en aplicaciones de regeneración ósea y recubrimientos de implantes. “Titanium Alloy”, que representa las aleaciones de titanio, son importantes debido a sus propiedades de memoria de forma y superelasticidad, utilizadas en ortodoncia y otros dispositivos dentales.

“Collagen” es un componente clave en muchos biomateriales debido a su papel en la estructura y función de los tejidos conectivos. Por último, “Glass”, en sus diversas formas, se utiliza en odontología por sus propiedades estéticas y de biocompatibilidad,

especialmente en restauraciones dentales

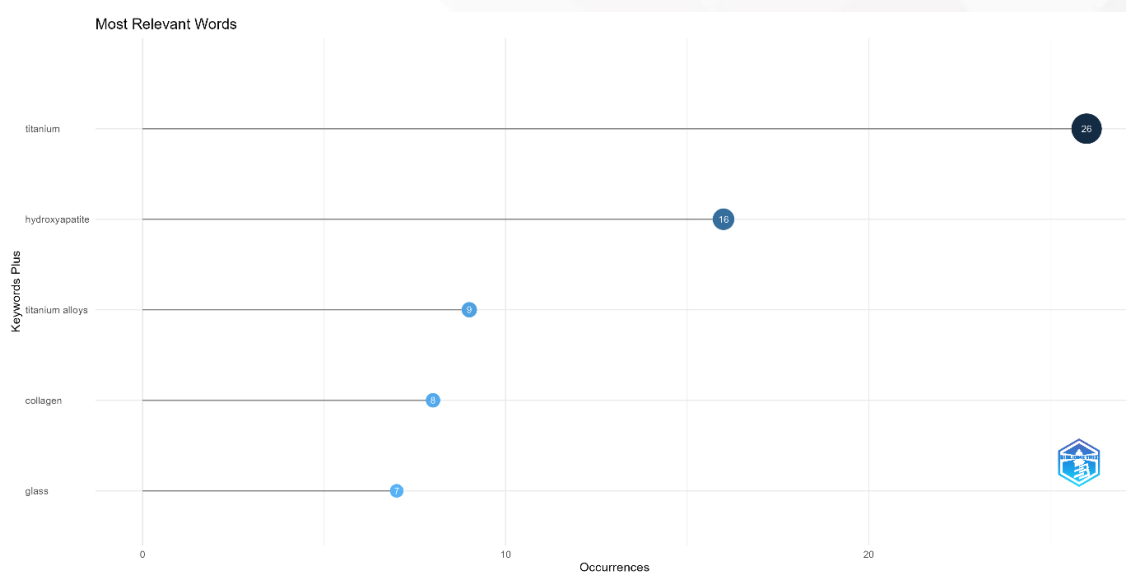


Figura 46. Biomateriales más relevantes (QI)

La figura 47 representa la frecuencia de palabras a lo largo del tiempo para términos relacionados con biomateriales y materiales biocompatibles utilizados en odontología, desde 1997 hasta 2021.

El término “titanium”, con frecuencia alta y constante, muestra varios picos significativos a lo largo del tiempo, indicando períodos de alto interés y uso en odontología. Hay picos prominentes alrededor de 2001, 2010 y 2016, lo que sugiere que el titanio ha sido un material clave en diferentes momentos, probablemente debido a su biocompatibilidad y durabilidad en implantes dentales.

La frecuencia de “hydroxyapatite” muestra fluctuaciones con picos alrededor de 1998, 2007, 2011, 2014 y 2015, indicando períodos de mayor investigación y aplicación en odontología. Este material es conocido por su similitud con el mineral del hueso humano, lo que lo hace ideal para la regeneración ósea y recubrimientos de implantes.

La frecuencia de “collagen” muestra un aumento notable en los últimos años, indicando un creciente interés en su uso en odontología. “Glass” tiene una presencia constante pero menos prominente en comparación con el titanio y la hidroxiapatita. Similar al titanio puro, “titanium alloys” muestra una alta frecuencia, destacando su importancia en la investigación y aplicaciones dentales. La evolución de la frecuencia de estos términos proporciona una visión de cómo han cambiado las prioridades y enfoques en la

investigación de biomateriales en odontología

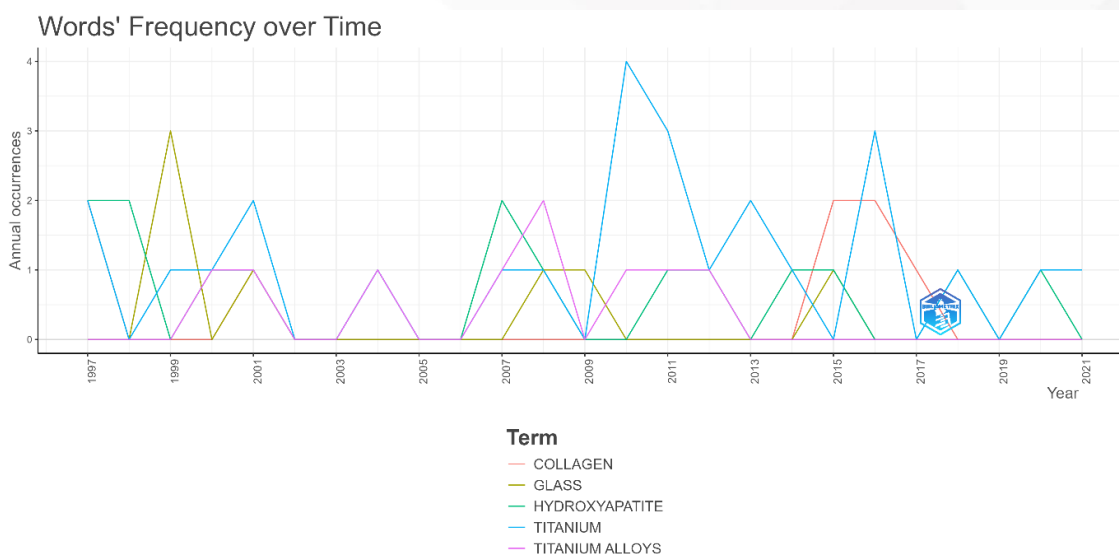


Figura 47. Evolución de los biomateriales más relevantes (QI)

4.2. Interpretación de los resultados

4.2.1. Evolución temporal de la producción científica

En relación con la evolución científica anual, se identificaron tres fases importantes en las publicaciones de estudios relacionados a los biomateriales en odontología. La figura 48 muestra la producción anual científica considerando la totalidad de los estudios.

La fase inicial, que corresponde entre 1975 y 2005, la producción científica mostró un aumento gradual con pequeñas fluctuaciones. Este crecimiento inicial sugiere un interés emergente en los biomateriales dentro del campo de la odontología. Aunque el número de artículos publicados es relativamente bajo en comparación con los años posteriores, se observa una tendencia ascendente constante, lo que indica que la investigación en esta área estaba comenzando a ganar tracción y reconocimiento en la comunidad científica.

La fase de crecimiento, aproximadamente entre los años 2006 – 2015, se observó un aumento más pronunciado en la producción científica, alcanzando su punto máximo entre 2014 y 2015, con más de 70 artículos publicados en un solo año. Este pico representa el mayor interés y actividad investigativa en biomateriales para odontología, posiblemente debido a avances tecnológicos, mayor financiación para la investigación y un reconocimiento creciente de la importancia de los biomateriales en tratamientos dentales.

Este periodo de alta productividad refleja un momento de intensa investigación y desarrollo en el campo.

La fase de estabilización entre 2016 – 2024, la producción científica experimentó una disminución en comparación a los mejores años, aunque se mantiene en niveles más altos que los observados al inicio del periodo registrado. A partir de 2016, hay una variabilidad en el número de artículos publicados, pero en general, se observa una tendencia a la estabilización. Esto podría indicar que, aunque el interés en la investigación sobre biomateriales sigue siendo significativo, la intensidad de la producción científica ha disminuido ligeramente, posiblemente debido a la consolidación de conocimientos previos y un enfoque en la aplicación práctica de los descubrimientos realizados durante los años de mayor producción.

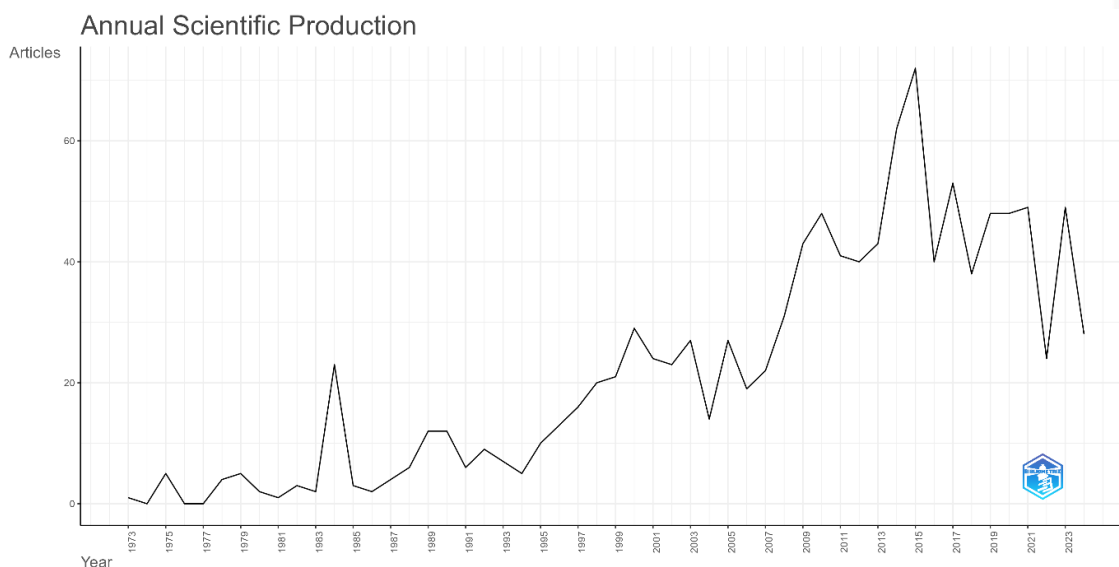


Figura 48. Producción científica anual total

La tabla 28 muestra un resumen detallado sobre la evolución de los estudios por cuartil en el campo de los biomateriales en odontología y los años más destacados de producción científica considerando la totalidad de los estudios.

Primer cuartil (Q1): Este cuartil contiene el mayor número de estudios, con un total de 399. El año con la mayor producción científica en este cuartil es 2014, con 28 documentos publicados. Esto sugiere que en 2014 hubo un pico significativo de investigaciones de alta calidad en biomateriales dentales, posiblemente debido a avances tecnológicos o un aumento en la financiación y el interés en este campo.

Segundo cuartil (Q2): En este cuartil se registran 219 estudios, con el año 2015 destacándose con 23 documentos. Aunque el número total de estudios es menor que en el primer cuartil, sigue habiendo una cantidad considerable de investigaciones relevantes. El pico en 2015 indica un periodo de alta actividad investigativa, aunque no tan pronunciado como en el primer cuartil.

Tercer y cuarto cuartil (Q3 y Q4): El tercer cuartil cuenta con 86 estudios, con los años 2005 y 2023 siendo los más productivos, con nueve y ocho documentos respectivamente. El cuarto cuartil tiene 101 estudios, con 2017 como el año más destacado con 11 documentos. Estos cuartiles representan investigaciones que, aunque menos numerosas, siguen contribuyendo al conocimiento en biomateriales dentales. La variabilidad en los años de mayor producción sugiere fluctuaciones en el interés a lo largo del tiempo.

Cuartil indefinido: Este cuartil incluye 329 estudios, con los años 1984 y 2019 destacándose con 23 y 21 documentos respectivamente. La inclusión de un cuartil indefinido puede indicar estudios que no se ajustan claramente a los criterios de los otros cuartiles, pero que aún son relevantes para el campo.

Tabla 28. Evolución de los estudios por cuartil

Cuartil	Total, de estudios	Año(s) con mayor producción científica
Primer cuartil (Q1)	399 estudios	2014 con 28 documentos
Segundo cuartil (Q2)	219 estudios	2015 con 23 documentos
Tercer cuartil (Q3)	86 estudios	2005 con 9 y 2023 con 8 documentos
Cuarto cuartil (Q4)	101 estudios	2017 con 11 documentos
Cuartil Indefinido (QI)	329 estudios	1984 con 23 y 2019 con 21 documentos

4.2.2. Análisis de las principales tendencias

La figura 49 muestra un análisis detallado del wordcloud sobre la totalidad de la producción científica referentes a los biomateriales en odontología, basado en la frecuencia de los estudios.

Se logra identificar que el término más destacado en el word cloud es “titanium” con una frecuencia de 449 menciones. Esto indica que el titanio es un material central en la investigación de biomateriales dentales, probablemente debido a sus propiedades biocompatibles y su uso extensivo en implantes dentales. El titanio es conocido por su resistencia a la corrosión y su capacidad para integrarse bien con el hueso, lo que lo convierte en un material preferido para implantes dentales y otros dispositivos médicos.

En el cuartil superior (Q1), que evidencia máxima importancia científica, los temas están enfocados principalmente en los implantes dentales, específicamente el uso de titanio y sus implicaciones biomecánicas, como el ajuste en la formación ósea y la compatibilidad biológica. Las palabras clave de los autores destacan la ingeniería de tejidos y la biomecánica, subrayando la importancia de los biomateriales en la regeneración y los procesos de aumento óseo. Este cuartil enfatiza el desarrollo de implantes avanzados, con una sólida base en estudios clínicos y experimentales sobre la adaptación de materiales biocompatibles para optimizar la integración en tejidos humanos.

En el segundo cuartil (Q2), que referencia alta relevancia científica, las tendencias destacan el uso de biomateriales para la regeneración y recubrimiento de implantes dentales, donde el titanio sigue siendo central, pero se integra con tecnologías avanzadas, como la fatiga de materiales, el uso de células madre y materiales de regeneración tisular. Se observa un enfoque en el impacto en la biocompatibilidad, lo que sugiere que los estudios en este cuartil investigan más a fondo la interacción entre los biomateriales y los tejidos dentales, tanto en humanos como en animales, explorando la durabilidad y compatibilidad a largo plazo de estos materiales.

Los artículos en el tercer cuartil (Q3), cuya relevancia es media, tienden a explorar de manera más técnica y experimental los materiales biocompatibles en odontología, como el uso de hidroxiapatita y la regeneración ósea. Este cuartil presta atención a la reparación de prótesis dentales y el uso de biomateriales en la regeneración del tejido óseo. A través de las palabras clave, como ingeniería de tejidos y cerámicas, se observa un enfoque en la investigación de materiales que ofrecen tanto resistencia mecánica como adaptabilidad biológica, lo que refleja un interés creciente en mejorar la funcionalidad de los implantes dentales con biomateriales avanzados.

En el cuarto cuartil (Q4), los temas son más diversos y exploratorios, con un enfoque en los materiales de relleno dental y sustitutos óseos. Las publicaciones aquí exploran temas más específicos como la nanotecnología, que se empieza a aplicar en el desarrollo de materiales dentales con propiedades mejoradas. La investigación en este cuartil sugiere un interés en temas emergentes, como el uso de biomateriales con propiedades físicas y químicas innovadoras que buscan mejorar la resistencia a la corrosión y la durabilidad en el entorno bucal.

Los artículos en la categoría "Q Indefinido", que representa a la investigación no categorizada, reflejan temas menos estructurados o de reciente aparición. Se destacan la biocerámica, los compuestos poliméricos, y la entrega de medicamentos, lo cual indica una intersección interdisciplinaria entre la odontología y otras áreas biomédicas. Estos estudios exploran nuevos tipos de materiales con propiedades multifuncionales, como resistencia mecánica, biocompatibilidad, y potencial de administración controlada de medicamentos en aplicaciones dentales.

Tabla 29. Tendencias identificadas a lo largo de los cuartiles

Cuartil	Campo	N-Grams	Temas
Q1	Keywords Plus	-	Titanium, dental implants
	Author's Keywords	-	Titanium, dental implants, extraction socket, humans, gingival recession, biomaterials, biomechanics, compatibility, augmentation, differentiation
	Titles	Unigram	Dental, implants, bone
	Abstracts	Bigrams	Implant surfaces, dental implants, bone formation, implant placement
Q2	Keywords Plus	-	Biocompatibility, female, human, titanium
	Author's Keywords	-	Biocompatibility, dental implant, zirconia, dental materials, biomaterials, stem cells, augmentation, dental tissue engineering, cytotoxicity, fatigue
	Titles	Unigram	Humans, titanium, bone, retrospective, report, interface, human, regeneration, dental, based
	Abstracts	Bigrams	Dental implants, bone regeneration
Q3	Keywords Plus	-	Tooth implant, human, dental prostheses, female, bone, medicine, nonhuman
	Author's Keywords	-	Biomaterials, biomaterial, bone, bone regeneration, biocompatibility, dentistry, platelet-rich, fibrin, maxillary sinus, titanium, hydroxyapatite coating
	Titles	Unigram	Surfaces, bone, corrosion, calcium, dental, study, ridge, ceramic, current
	Abstracts	Bigrams	Dental implants, dental implant, begell house, bone formation, tissue engineering, hard tissue
Q4	Keywords Plus	-	Metal implants, biocompatibility, filling, article, titanium, tissue engineering
	Author's Keywords	-	Dental implants, biomaterials, biomaterial, dental implant, bone substitutes, fem, hydroxyapatite, nanotechnology
	Titles	Unigram	Element, bone, dental, applications, tooth, treatment, tissue, synthesis, clinical

Q Indefinido	Abstracts	Bigrams	Dental filling, dental implants, tissue engineering, artificial bone, statistically significant, bone regeneration, physical properties, corrosion resistance
	Keywords Plus	-	Dental prostheses, biomaterial, metal implants
	Author's Keywords	-	Bioceramics, dental implant, biomaterials, ceramics, plasma spraying, composite, drug delivery, mechanical properties
	Titles	Unigram	Corrosion, applications, characterization, dental, clinical, symposium, replacement, bone, augmentation
	Abstracts	Bigrams	Dental implant, cell proliferation, bone graft, tissue engineering, dental implants

4.2.3. Identificación de los Biomateriales y materiales biocompatibles

La figura 50 ofrece una visualización clara de la frecuencia con la que se mencionan diferentes biomateriales en estudios de odontología. El biomaterial más destacado es “titanium”, con 449 menciones, lo que representa una gran parte del total (44%). Esto sugiere que el titanio es ampliamente reconocido y utilizado en aplicaciones odontológicas, probablemente debido a sus propiedades biocompatibles y su durabilidad. La prominencia del titanio en el gráfico indica su importancia en la investigación y su preferencia en la práctica clínica.

En segundo lugar, se encuentra “hydroxyapatite” con 140 menciones (14%), seguida por el “collagen” con 98 menciones (10%). Estos materiales también son cruciales en la odontología, ya que la hidroxiapatita es un componente principal del esmalte dental y el colágeno es fundamental para la estructura de los tejidos blandos. La frecuencia de estos materiales refleja su relevancia en la regeneración y reparación de tejidos dentales, así como en la fabricación de implantes y otros dispositivos odontológicos.

Otros materiales como “calcium phosphate”, “ceramics”, “zirconium” y “titanium alloys” tienen una menor representación en el treemap, con menciones que varían entre 71 y 35. Aunque estos materiales no son tan frecuentemente mencionados como el titanio o la hidroxiapatita, su presencia en el gráfico indica que también juegan un papel significativo en la investigación odontológica. Por ejemplo, las cerámicas y el zirconio son conocidos por su resistencia y estética, lo que los hace adecuados para coronas y puentes dentales. En conjunto, el treemap proporciona una visión comprensiva de la diversidad y la importancia de los biomateriales en la odontología moderna.

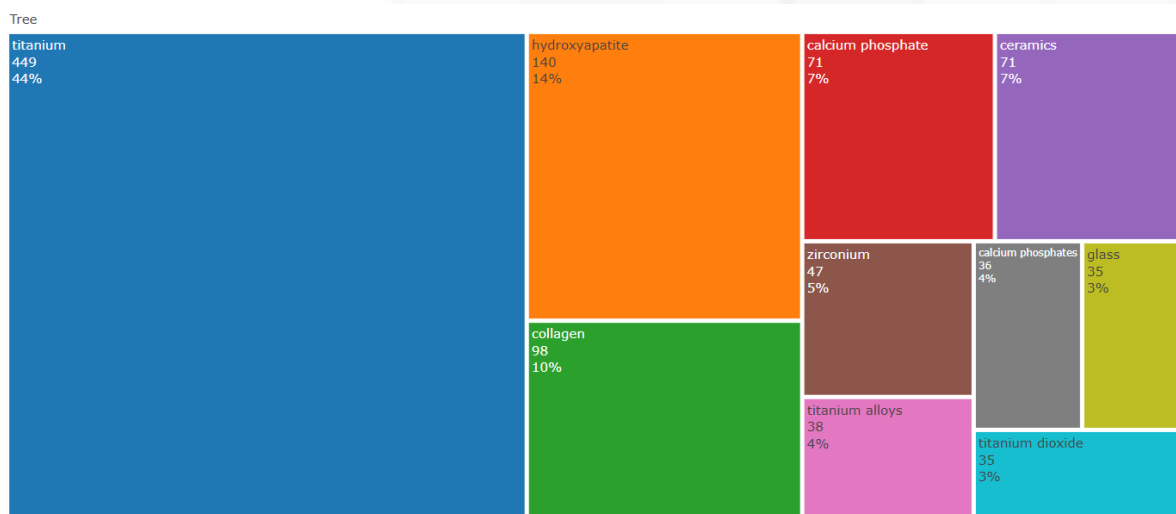


Figura 50. Biomateriales y materiales biocompatibles identificados en los estudios

La tabla 30 proporciona una visión detallada de la frecuencia con la que se mencionan los principales biomateriales identificados en la producción científica relacionada con odontología a lo largo de diferentes cuartiles.

“Titanium” es el biomaterial más frecuentemente mencionado, con un total de 449 menciones distribuidas principalmente en el primer cuartil (304 menciones). Esto indica que el titanio es un material de gran interés en las primeras etapas de los estudios, probablemente debido a sus propiedades biocompatibles y su uso extendido en implantes dentales. La disminución de menciones en los cuartiles posteriores sugiere que, una vez establecida su eficacia, el enfoque de la investigación puede desplazarse hacia otros materiales o aplicaciones.

La hidroxiapatita (Hydroxyapatite) tiene 140 menciones y el colágeno 98, con una distribución más equilibrada a lo largo de los cuartiles. La hidroxiapatita es un componente clave del esmalte dental y se utiliza en la regeneración ósea, mientras que el colágeno (Collagen) es fundamental para la estructura de los tejidos blandos. La presencia constante de estos materiales en los estudios a lo largo de los cuartiles refleja su importancia continua en la investigación odontológica, tanto en la regeneración de tejidos como en la mejora de materiales dentales.

“Calcium phosphate” y “Ceramics”, dichos materiales tienen una menor frecuencia de menciones (71 y 73 cada uno), y su distribución a lo largo de los cuartiles muestra un interés decreciente. El fosfato de calcio es crucial para la regeneración ósea, mientras

que las cerámicas son valoradas por su resistencia y estética en aplicaciones como coronas y puentes dentales. La menor frecuencia en comparación con el titanio y la hidroxiapatita puede deberse a su uso más especializado o a la etapa de desarrollo en la que se encuentran estos materiales.

Tabla 30. Frecuencia de los principales biomateriales a lo largo de los cuartiles

Término	Frecuencia				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Indefinido
Titanium	304	88	15	16	26
Hydroxyapatite	91	17	10	6	16
Collagen	64	17	4	5	8
Calcium phosphate	35	18	8	5	5
Ceramics	47	10	11	2	3

CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se examinó los estudios relacionados con biomateriales y materiales biocompatibles existentes a lo largo del tiempo en todos los cuartiles: Q1, Q2, Q3, Q4 e Indefinido. En general, se logró identificar que la evolución temporal de la investigación en biomateriales odontológicos, clasificada por cuartiles, refleja una expansión significativa desde los años 80, con una marcada consolidación a partir de la década de 2000, especialmente en Q1 y Q2. El interés en estudios de alto impacto ha sido sostenido, mientras que los cuartiles de menor impacto (Q3 y Q4) muestran una contribución constante, aunque con menor volumen. En conjunto, los resultados sugieren que la investigación en este ámbito ha alcanzado un nivel de madurez científica, con una diversificación en la calidad y el impacto de las publicaciones. El conjunto de estudios en la categoría "Indefinidos" demostró una tendencia notablemente diferente. Este grupo ha tenido una producción relativamente constante desde la década de 1970, con algunos picos importantes en años como 1984 (23 estudios), 2019 (21 estudios), y 2023 (19 estudios). La alta cantidad de artículos en esta categoría podría sugerir que hay muchas investigaciones de relevancia, pero que no han sido evaluadas o clasificadas adecuadamente dentro del sistema de cuartiles.

Como parte del segundo objetivo de esta investigación, se procedió a identificar las principales tendencias actuales en la implementación y aplicación de biomateriales en odontología. Las investigaciones en biomateriales odontológicos muestran enfoques diferenciados según los cuartiles. En Q1, el titanio lidera como material estándar en implantes dentales por su compatibilidad biomecánica y capacidad de regeneración ósea. Q2 prioriza tecnologías de recubrimiento y materiales como el zirconio para mejorar la biocompatibilidad y prolongar la vida útil de los implantes. En Q3, se destacan biomateriales como la hidroxiapatita para regeneración ósea y reparación protésica, mientras que en Q4 las tendencias incluyen el desarrollo de nanomateriales y sustitutos óseos que optimizan propiedades físicas y químicas. En estudios de cuartil indefinido, la investigación se centra en biocerámicas y compuestos multifuncionales que integran odontología y biomedicina, ampliando las posibilidades en tratamientos dentales y regeneración de tejidos.

Para responder al tercer objetivo planteado, se procedió a identificar los biomateriales y materiales biocompatibles que recurrentemente han sido tema de estudio. El titanio es el biomaterial más destacado en todas las categorías, liderando ampliamente en estudios de alto impacto (Q1) con 304 menciones gracias a su resistencia y biocompatibilidad. También son relevantes la hidroxiapatita, utilizada en regeneración ósea, y el colágeno, clave en la regeneración de tejidos blandos. En Q2, el titanio sigue predominando, aunque con menor frecuencia, acompañado por materiales como el fosfato de calcio, zirconio y cerámicos avanzados. En Q3, el titanio y la hidroxiapatita mantienen su relevancia, pero aparecen en menor proporción, con un enfoque en biomateriales más accesibles o en exploración. En Q4, el titanio continúa como líder, junto con materiales establecidos como hidroxiapatita, colágeno y aleaciones de titanio. Finalmente, los estudios no clasificados resaltan al titanio y la hidroxiapatita, explorando también combinaciones innovadoras, lo que evidencia su papel central en la investigación odontológica y el interés en materiales emergentes.

Finalmente, el estudio bibliométrico ha permitido identificar los avances en la producción científica sobre la aplicación y composición de biomateriales en odontología, destacando la evolución del campo y señalando áreas emergentes junto con tendencias interdisciplinarias. Estos hallazgos confirman la validez de la hipótesis planteada, al demostrar un progreso científico sostenido y nuevas direcciones de investigación en este ámbito.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda incorporar el análisis bibliométrico de manera sistemática en investigaciones científicas para evaluar tendencias, identificar vacíos de conocimiento y guiar futuras líneas de investigación. Herramientas como Bibliometrix ofrece un enfoque riguroso y visualmente accesible para analizar grandes volúmenes de datos científicos, permitiendo una comprensión más profunda de la evolución de la producción académica y la identificación de áreas emergentes. Además, su capacidad para segmentar estudios por cuartiles y analizar términos frecuentemente mencionados en la literatura facilita la toma de decisiones informadas.

Emplear la metodología PRISMA como un estándar ayuda a los autores a mejorar la redacción de publicaciones de revisiones sistemáticas. PRISMA ofrece un enfoque

sistemático y transparente, asegurando que los estudios incluidos sean de alta calidad y relevancia. El uso de la lista de verificación PRISMA facilita una documentación clara del proceso de selección, desde la búsqueda inicial hasta la exclusión o inclusión final de los artículos, mejorando la reproducibilidad y credibilidad del análisis.

El titanio fue identificado como el biomaterial más frecuente en todos los cuartiles, se recomienda realizar estudios específicos y profundos sobre sus propiedades biocompatibles a largo plazo. Esto incluye investigar su interacción con los tejidos biológicos y su resistencia a la corrosión en el ambiente bucal, para asegurar resultados duraderos en aplicaciones odontológicas. También, el análisis ha revelado la importancia de la hidroxiapatita y los fosfatos de calcio en la regeneración ósea, pero el desarrollo de materiales innovadores, como polímeros o cerámicos avanzados, podría ofrecer soluciones más eficientes. Se recomienda incentivar investigaciones que exploren la combinación de estos materiales con tecnologías emergentes como la bioimpresión 3D y las terapias regenerativas.

Como trabajo futuro, se recomienda explorar biomateriales emergentes en rehabilitación oral, como biovidrios, nanomateriales y biomateriales híbridos, que no fueron frecuentemente mencionados en los estudios actuales. Estos materiales podrían ofrecer ventajas significativas en la rehabilitación oral, especialmente en términos de regeneración tisular avanzada, integración con estructuras biológicas y reducción de complicaciones postoperatorias.

Bibliografía

- Abd El daym, D. A., Gheith, M. E., Abbas, N. A., Rashed, L. A., & Abd El Aziz, Z. A. (2018). Corrosion behavior of erbium chromium-doped yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG 2780 nm) laser-treated titanium alloy used for dental applications at different pH conditions (in vitro study). *Lasers in Dental Science*, 2(3), 137-146. <https://doi.org/10.1007/s41547-018-0030-7>
- Adams, D., Williams, D. F., & Hill, J. (1978). Carbon fiber-reinforced carbon as a potential implant material. *Journal of Biomedical Materials Research*, 12(1), 35-42. <https://doi.org/10.1002/jbm.820120104>
- Aderriotis, D., & Sándor, G. K. B. (1999). Outcomes of irradiated polyglactin 910 vicryl rapide fast-absorbing suture in oral and scalp wounds. *Journal of the Canadian Dental Association*, 65(6), 345-347.
- Al-Ani, A., Bennani, V., Chandler, N. P., Lyons, K. M., & Murray Thomson, W. (2010). New Zealand dentists' use of gingival retraction techniques for fixed prosthodontics and implants. *New Zealand Dental Journal*, 106(3), 92-96.
- Alarcón-Sánchez, M. A., Heboyan, A., Fernandes, G. V. de O., Castro-Alarcón, N., & Romero-Castro, N. S. (2023). Potential Impact of Prosthetic Biomaterials on the Periodontium: A Comprehensive Review. *Molecules*, 28(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/molecules28031075>
- Albrektsson, T. (1984). Dental implants: Biological aspects and perspectives. En A. James M. (Ed.), *Transactions of the Annual Meeting of the Society for Biomaterials in conjunction with the International Biomaterials Symposium* (Vol. 7, p. 89). Soc for Biomaterials, San Antonio, TX, USA. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0021542614&partnerID=40&md5=56ed005a2c25f1db7eaebb48bef3c331>
- Alfonsi, F., Borgia, V., Iezzi, G., Piattelli, A., Covani, U., Tonelli, P., & Barone, A. (2017). Molecular, cellular and pharmaceutical aspects of filling biomaterials during the management of extraction sockets. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 18(1), 64-75. <https://doi.org/10.2174/1389201018666161223152607>
- Alimpiev, S. S., Antonov, E. N., Bagratashvili, V. N., Doktorov, A. A., Kovalev, I. O.,

- Likhanov, V. B., Nikiforov, S. M., Popov, V. K., & Sobol', E. N. (1996). Biocompatible coatings for metallic implants obtained by laser spraying [Biosovmestimye pokrytiia dlia metallicheskih implantov, poluchennye lazernym napyleniem.]. *Stomatologiya*, 75(5), 64-67.
- Alothman, Z. A., Alam, M. M., Naushad, M., Inamuddin, & Khan, M. F. (2013). Inorganic nanoparticles and nanomaterials based on Titanium (Ti): Applications in medicine. *Materials Science Forum*, 754, 21-87. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.754.21>
- Anabtawi, M., Thomas, M., & Lee, N. J. (2021). The Use of Interlocking Polyetheretherketone (PEEK) Patient-Specific Facial Implants in the Treatment of Facial Deformities. A Retrospective Review of Ten Patients. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 79(5), 1145.e1-1145.e9. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.12.009>
- Ananth, H., Kundapur, V., Mohammed, H. S., Anand, M., Amarnath, G. S., & Mankar, S. (2015). A review on biomaterials in dental implantology. *International Journal of Biomedical Science*, 11(3), 113-120.
- Andreo-Martínez, P., Ortiz-Martínez, V. M., Salar-García, M. J., Veiga-del-Baño, J. M., Chica, A., & Quesada-Medina, J. (2022). Waste animal fats as feedstock for biodiesel production using non-catalytic supercritical alcohol transesterification: A perspective by the PRISMA methodology. *Energy for Sustainable Development*, 69, 150-163. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.06.004>
- Andrés-García, R., Ríos-Santos, J. V., Herrero-Climent, M., Bullón, P., Fernández-Farhall, J., Gómez-Menchero, A., Fernández-Palacín, A., & Ríos-Carrasco, B. (2021). Sinus floor elevation via an osteotome technique without biomaterials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1-13. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031103>
- Angelo, T., Marcel, W., Andreas, K., & Izabela, S. (2015). Biomechanical stability of dental implants in augmented maxillary sites: Results of a randomized clinical study with four different biomaterials and PRF and a biological view on guided bone regeneration. *BioMed Research International*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/850340>

- Anil, S., Venkatesan, J., Chalisserry, E. P., Nam, S. Y., & Kim, S.-K. (2017). Applications of Seaweed Polysaccharides in Dentistry. En *Seaweed Polysaccharides: Isolation, Biological and Biomedical Applications*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809816-5.00017-7>
- Annunziata, M., & Guida, L. (2015). The Effect of Titanium Surface Modifications on Dental Implant Osseointegration. *Frontiers of Oral Biology*, 17, 62-77. <https://doi.org/10.1159/000381694>
- Anon. (1998). Locating medical materials. *Advanced Materials and Processes*, 153(2), 30-31.
- Anssari Moin, D., Derksen, W., Waars, H., Hassan, B., & Wismeijer, D. (2017). Computer-assisted template-guided custom-designed 3D-printed implant placement with custom-designed 3D-printed surgical tooling: An in-vitro proof of a novel concept. *Clinical Oral Implants Research*, 28(5), 582-585. <https://doi.org/10.1111/clr.12838>
- Apaza Butrón, C. G., & Bustamante Cabrera, G. (2013). PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS BIOMATERIALES EN ODONTOLOGÍA. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 1478.
- Aquino Canchari, C. R., Huamán-Castillon, K. M., & Rodríguez-Valladares, A. K. (2021). Análisis bibliométrico sobre la producción científica de revistas odontológicas peruanas. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 40(2), Article 2. <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/870>
- Araujo, D. B., De Jesús Campos, E., Oliveira, M. A. M., Lima, M. J. P., Martins, G. B., & Araujo, R. P. C. (2013). Surgical elevation of bilateral maxillary sinus floor with a combination of autogenous bone and lyophilized bovine bone. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(3), 445-450. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1342>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Armijos Briones, M., Vaca Altamirano, G., Moreano Moreano, R., & Torres Nieto, N. (2022). *Biomateriales inteligentes usados en odontología*.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5888336>

Artzi, Z., & Nemcovsky, C. E. (1998). 169 The Application of Deproteinized Bovine Bone Mineral for Ridge Preservation Prior to Implantation. Clinical and Histological Observations in a Case Report. *Journal of Periodontology*, 69(9), 1062-1067. <https://doi.org/10.1902/jop.1998.69.9.1062>

Asgharzadeh Shirazi, H., Ayatollahi, M. R., & Asnafi, A. (2017). To reduce the maximum stress and the stress shielding effect around a dental implant–bone interface using radial functionally graded biomaterials. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 20(7), 750-759. <https://doi.org/10.1080/10255842.2017.1299142>

Ashman, A., Froum, S., & Rosenlicht, J. (1994). Replacement therapy. *The New York State Dental Journal*, 60(8), 12-15.

Assari, A. (2023). Usability Of Three-dimensional Printing in Maxillofacial Surgery: A Narrative Review. *Open Dentistry Journal*, 17(1). <https://doi.org/10.2174/18742106-v17-e230508-2023-37>

Azpiazu-Flores, F. X., Lee, D. J., Jurado, C. A., Afrashtehfar, K. I., Alhotan, A., & Tsujimoto, A. (2023). Full-Mouth Rehabilitation of a Patient with Sjogren's Syndrome with Maxillary Titanium-Zirconia and Mandibular Monolithic Zirconia Implant Prostheses Fabricated with CAD/CAM Technology: A Clinical Report. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/jfb14040174>

Babbar, A., Sharma, A., Kumar, R., Pundir, P., & Dhiman, V. (2021). Functionalized biomaterials for 3D printing: An overview of the literature. En *Additive Manufacturing with Functionalized Nanomaterials*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823152-4.00005-3>

Baciu, D., & Simitzis, J. (2007). Synthesis and characterization of a calcium silicate bioactive glass. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 9(11), 3320-3324.

Baier, R. E. (1982). Conditioning surfaces to suit the biomedical environment: Recent progress. *Journal of Biomechanical Engineering*, 104(4), 257-271. <https://doi.org/10.1115/1.3138358>

- Baier, R. E. (2006). Surface behaviour of biomaterials: The theta surface for biocompatibility. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 17(11), 1057-1062. <https://doi.org/10.1007/s10856-006-0444-8>
- Bailey, G. M., Gardner, J. S., Day, M. H., & Kovanda, B. J. (1998). Implant surface alterations from a nonmetallic ultrasonic tip. *The Journal of the Western Society of Periodontology/Periodontal Abstracts*, 46(3), 69-73.
- Barak, S., Horowitz, I., Katz, J., & Oelgiesser, D. (1998). Thermal Changes in Endosseous Root-Form Implants as a Result of CO2 Laser Application: An in Vitro and in Vivo Study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 13(5), 666-671.
- Barrère, F., Mahmood, T. A., de Groot, K., & van Blitterswijk, C. A. (2008). Advanced biomaterials for skeletal tissue regeneration: Instructive and smart functions. *Materials Science and Engineering R: Reports*, 59(1-6), 38-71. <https://doi.org/10.1016/j.mser.2007.12.001>
- Bartee, B. K. (1998). Evaluation of a new polytetrafluoroethylene guided tissue regeneration membrane in healing extraction sites. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 19(12), 1256-1258, 1260, 1262-1264.
- Bartmanski, M., Cieslik, B., Glodowska, J., Kalka, P., Pawlowski, L., Pieper, M., & Zielinski, A. (2017). Electrophoretic deposition (EPD) of nanohydroxyapatite—Nanosilver coatings on Ti13Zr13Nb alloy. *Ceramics International*, 43(15), 11820-11829. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.06.026>
- Basak, P., Pahari, P., Das, P., Das, N., Samanta, S. K., & Roy, S. (2018). Synthesis and Characterisation of Gelatin-PVA/Hydroxyapatite(HAP) Composite for Medical Applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 410(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/410/1/012021>
- Bataineh, K., & Al Janaideh, M. (2019). Effect of different biocompatible implant materials on the mechanical stability of dental implants under excessive oblique load. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 21(6), 1206-1217. <https://doi.org/10.1111/cid.12858>
- Bellelli, A., Avlto, A., Liberali, M., Iannetti, F., Iannetti, L., & David, V. (2001). Osteo-odonto-

- kerato-prosthesis. Radiographic, CT and MR features [L'osteo-odonto-cherato-protesi aspetti radiografici, TC ed RM]. *Radiologia Medica*, 102(3), 143-147.
- Bermúdez, M., Hoz, L., Montoya, G., Nidome, M., Pérez-Soria, A., Romo, E., Soto-Barreras, U., Garnica-Palazuelos, J., Aguilar-Medina, M., Ramos-Payán, R., & Villegas-Mercado, C. (2021). Bioactive Synthetic Peptides for Oral Tissues Regeneration. *Frontiers in Materials*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.655495>
- Bertuola, M. (2019). *Interacción de los materiales biofuncionales y/o bioactivos con los medios biológicos* [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/72932>
- Biswal, T., BadJena, S. K., & Pradhan, D. (2020). Sustainable biomaterials and their applications: A short review. *Materials Today: Proceedings*, 30, 274-282. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.437>
- Brailovski, V., & Trochu, F. (1996). Review of shape memory alloys medical applications in Russia. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 6(4), 291-298. <https://doi.org/10.3233/bme-1996-6406>
- Browaeys, H., Bouvry, P., & De Bruyn, H. (2007). A literature review on biomaterials in sinus augmentation procedures. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 9(3), 166-177. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2007.00050.x>
- Bryant, S. J., & Anseth, K. S. (2005). Photopolymerization of hydrogel scaffolds. En *Scaffolding in Tissue Engineering*. CRC Press. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85057928582&partnerID=40&md5=1b8ca58d1e3adac553bfef4f12644daa>
- Caballé-Serrano, J., Sawada, K., Filho, G. S., Bosshardt, D. D., Buser, D., & Gruber, R. (2015). Bone conditioned medium: Preparation and bioassay. *Journal of Visualized Experiments*, 2015(101). <https://doi.org/10.3791/52707>
- Caneva, M., Botticelli, D., Salata, L. A., Scombatti Souza, S. L., Carvalho Cardoso, L., & Lang, N. P. (2010). Collagen membranes at immediate implants: A histomorphometric study in dogs. *Clinical Oral Implants Research*, 21(9), 891-897. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.01946.x>
- Caneva, M., Botticelli, D., Stellini, E., Souza, S. L., Salata, L. A., & Lang, N. P. (2011).

- Magnesium-enriched hydroxyapatite at immediate implants: A histomorphometric study in dogs. *Clinical Oral Implants Research*, 22(5), 512-517. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02040.x>
- Castelino, M. R., Mallikappa, N., Karinka, S., Vijayan, V., Nayaka, H. S., & Valder, J. (2024). Enhancing mechanical properties of Ti-64 alloy through ECAE: lubricant optimization, microstructural evolution and optimal process parameters. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. <https://doi.org/10.1007/s12008-024-01803-4>
- Castellanos-Cosano, L., Rodriguez-Perez, A., Spinato, S., Wainwright, M., Machuca-Portillo, G., Serrera-Figallo, M. A., & Torres-Lagares, D. (2019). Descriptive retrospective study analyzing relevant factors related to dental implant failure. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 24(6), e726-e738. <https://doi.org/10.4317/medoral.23082>
- Cervino, G., Meto, A., Fiorillo, L., Odorici, A., Meto, A., D'amico, C., Oteri, G., & Cicciù, M. (2021). Surface treatment of the dental implant with hyaluronic acid: An overview of recent data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph18094670>
- Chaushu, G. (1999). Immediate esthetic reconstruction for anterior single-tooth application using a hydroxyapatite-coated cylinder root-form implant. *Dental Implantology Update*, 10(10), 73-78.
- Chen, S. T., Darby, I. B., Adams, G. G., & Reynolds, E. C. (2005). A prospective clinical study of bone augmentation techniques at immediate implants. *Clinical Oral Implants Research*, 16(2), 176-184. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2004.01093.x>
- Cheung, K. H. Y. (2010). Natural fiber composites in biomedical and bioengineering applications. En *Multifunctional Polymer Nanocomposites*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10462>
- Choi, A. H., Ben-Nissan, B., Matinlinna, J. P., & Conway, R. C. (2013). Current perspectives: Calcium phosphate nanocoatings and nanocomposite coatings in dentistry. *Journal of Dental Research*, 92(10), 853-859.

<https://doi.org/10.1177/0022034513497754>

Choudhury, P., & Agrawal, D. C. (2012). Hydroxyapatite (HA) coatings for biomaterials. En *Nanomedicine: Technologies and Applications*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1533/9780857096449.1.84>

Cicciu, M., Bramanti, E., Maticena, G., Guglielmino, E., & Risitano, G. (2014). FEM evaluation of cemented-retained versus screw-retained dental implant single-tooth crown prosthesis. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 7(4), 817-825.

Cigerim, L. (2020). Treatment of exposed bone with acellular dermal matrix in a smoker patient after dental implant surgery: A case report. *Journal of Oral Implantology*, 46(3), 245-248. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-19-00221>

Clark, D., Rajendran, Y., Paydar, S., Ho, S., Cox, D., Ryder, M., Dollard, J., & Kao, R. T. (2018). Advanced platelet-rich fibrin and freeze-dried bone allograft for ridge preservation: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Periodontology*, 89(4), 379-387. <https://doi.org/10.1002/JPER.17-0466>

Corpe, R. S., Stefflik, D. E., Young, T. R., Wilson, M. R., Jaramillo, C. A., Higgs, M., Sisk, A., & Parr, G. R. (1999). Retrieval analyses of implanted biomaterials: Light microscopic and scanning electron microscopic analyses of implants retrieved from humans. *The Journal of Oral Implantology*, 25(3), 162-178; discussion 161. [https://doi.org/10.1563/1548-1336\(1999\)025<0161:raoibl>2.3.co;2](https://doi.org/10.1563/1548-1336(1999)025<0161:raoibl>2.3.co;2)

Corrado, P. (2017). Bioinert ceramics: State-of-The-Art. *Key Engineering Materials*, 758 KEM, 3-13. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.758.3>

Corrales-Reyes, I. E., Reyes-Pérez, J. J., Fornaris-Cedeño, Y., Corrales-Reyes, I. E., Reyes-Pérez, J. J., & Fornaris-Cedeño, Y. (2017). Análisis bibliométrico del IV Encuentro Iberoamericano de Estudiantes de Odontología. *Investigación en educación médica*, 6(23), 153-159. <https://doi.org/10.1016/j.riem.2016.10.001>

Correia, F., Faria Almeida, R., Lemos Costa, A., Carvalho, J., & Felino, A. (2012). Lifting of the maxillary sinus by the lateral window technique: Grafts types [Levantamento do seio maxilar pela técnica da janela lateral: Tipos enxertos]. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 53(3), 190-196.

<https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2012.03.003>

Cosola, M. D., Cantore, S., Balzanelli, M. G., Isacco, C. G., Nguyen, K. C. D., Saini, R., Malcangi, A., Tumedei, M., Ambrosino, M., Mancini, A., Scacco, S., Nocini, R., Santacroce, L., Ballini, A., & Brauner, E. (2022). *Dental-derived stem cells and biowaste biomaterials: What's next in bone regenerative medicine applications*. <https://doi.org/10.32604/biocell.2022.018409>

Covani, U., Canullo, L., Toti, P., Alfonsi, F., & Barone, A. (2014). Tissue stability of implants placed in fresh extraction sockets: A 5-year prospective single-cohort study. *Journal of Periodontology*, *85*(9), e323-e332. <https://doi.org/10.1902/jop.2014.140175>

Craig, R. G., & LeGeros, R. Z. (1997). Early events associated with periodontal connective tissue attachment formation on titanium and hydroxyapatite surfaces. *Journal of Biomedical Materials Research*, *47*(4), 585-594. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(19991215\)47:4<585::AID-JBM16>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(19991215)47:4<585::AID-JBM16>3.0.CO;2-O)

Crisp, S., & Wilson, A. D. (1980). Radioactive tracer technique for monitoring of microleakage: An interim report. *Journal of Biomedical Materials Research*, *14*(4), 373-382. <https://doi.org/10.1002/jbm.820140404>

Crist, T. E., Mathew, P. J., Plotsker, E. L., Sevilla, A. C., & Thaller, S. R. (2021). Biomaterials in Craniomaxillofacial Reconstruction: Past, Present, and Future. *Journal of Craniofacial Surgery*, *32*(2), 535-540. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000007079>

De Fátima Balderrama, Í., De Toledo Stuani, V., Cardoso, M. V., Cunha, G. V., Do Prado Manfredi, G. G., & Ferreira, R. (2022). The optimization of biomaterials in maxillary sinus augmentation associated with bone marrow aspirate concentrate [A otimização do uso de biomateriais em cirurgias de levantamento de seio maxilar associado com o aspirado concentrado de medula óssea]. *Revista Materia*, *27*(1). <https://doi.org/10.1590/S1517-707620220001.1362>

De Groot, K. (1982). Implant materials in dentistry. *Medical Progress through Technology*, *9*(2-3), 129-136.

de Moraes, L. E. B., de Moraes, E. J., Olate, S., & Koch, H. A. (2021). 2d and 3d imaging

- for morphological assessment of maxillofacial cyst and tumors: A case series [Imagen 3d para la evaluación morfológica de quistes y tumores maxilofaciales: Serie de casos]. *International Journal of Morphology*, 39(4), 1132-1138. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022021000401132>
- De Nardo, L., Raffaini, G., Ebramzadeh, E., & Ganazzoli, F. (2012). Titanium oxide modeling and design for innovative biomedical surfaces: A concise review. *International Journal of Artificial Organs*, 35(9), 629-641. <https://doi.org/10.5301/ijao.5000040>
- Delgado, A. A., & Schaaf, N. G. (1990). Dynamic ultraviolet sterilization of different implant types. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 5(2), 117-125.
- Demann, E. T. K., Stein, P. S., & Haubenreich, J. E. (2005). Gold as an implant in medicine and dentistry. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 15(6), 687-698. <https://doi.org/10.1615/JLongTermEffMedImplants.v15.i6.100>
- Demarosi, F., Varoni, E., Rimondini, L., Carrassi, A., & Leghissa, G. C. (2016). Immediate implant placement after removal of maxillary impacted canine teeth: A technical note. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 31(1), 191-194. <https://doi.org/10.11607/jomi.2588>
- Dežulović, L., & Jurešić, G. Č. (2021). Potential toxicity of titanium [Potencijalna toksičnost titanijska]. *Medicina Fluminensis*, 57(4), 341-355. https://doi.org/10.21860/medflum2021_264888
- Diamanti, M. V., del Curto, B., & Pedeferrri, M. (2011). Anodic oxidation of titanium: From technical aspects to biomedical applications. *Journal of Applied Biomaterials and Biomechanics*, 9(1), 55-69. <https://doi.org/10.5301/JABB.2011.7429>
- Días, F. J., Arias, A., Borie, E., Lezcano, M. F., Arellano-Villalón, M., & Fuentes, R. (2019). Comparison of morphological quantitative characteristics of the newly formed alveolar bone after the application of demineralized bone matrix and cortical bone allografts [Comparación de las características morfológicas cuantitativas del hueso alveolar recién formado después de la aplicación de matriz ósea desmineralizada y aloinjertos de hueso cortical]. *International Journal of Morphology*, 37(4), 1509-1516. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022019000401509>

- Djebbar, N., Bachiri, A., & Boutabout, B. (2023). A three-dimensional finite element analysis of the influence of a strike load from a variable mass impactor on the stress distribution to the bone-implant interface. *Russian Journal of Biomechanics*, 27(1), 10-21. <https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2023.1.01>
- Dommeti, V. K., Pramanik, S., & Roy, S. (2021). Mechanical response of different types of surface texture for medical application using finite element study. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 235(6), 717-725. <https://doi.org/10.1177/09544119211002722>
- Dorozhkin, S. V. (2017). A history of calcium orthophosphates (CaPO₄) and their biomedical applications [Historique des orthophosphates de calcium (CaPO₄) et de leurs applications biomédicales]. *Morphologie*, 101(334), 143-153. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2017.05.001>
- Dos Reis-Prado, A. H., Maia, C. A., Nunes, G. P., de Arantes, L. C., Abreu, L. G., Duncan, H. F., Bottino, M. C., & Benetti, F. (2024). Top 100 most-cited scientific articles in regenerative endodontics 2019-2023: A bibliometric analysis. *International Endodontic Journal*. <https://doi.org/10.1111/iej.14117>
- Dragonas, P., Palin, C., Khan, S., Gajendrareddy, P. K., & Weiner, W. D. (2017). Complications associated with the use of recombinant human bone morphogenic protein-2 in ridge augmentation: A case report. *Journal of Oral Implantology*, 43(5), 351-359. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-17-00101>
- Duailibi, S. E., Duailibi, M. T., Zhang, W., Asrican, R., Vacanti, J. P., & Yelick, P. C. (2008). Bioengineered dental tissues grown in the rat jaw. *Journal of Dental Research*, 87(8), 745-750. <https://doi.org/10.1177/154405910808700811>
- Dubois, G. G., & Lerch, A. (2015). HA-TCP augmented cage-role on fusion in cervical spine. En *Cervical Spine: Minimally Invasive and Open Surgery*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21608-9_15
- Eckert, S. E. (2015). Implant Rehabilitation and Clinical Management. En *Functional Occlusion in Restorative Dentistry and Prosthodontics*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7234-3809-0.00012-7>
- Ensir, H. A., Knauf, T., Adel-Khattab, D., Bednarek, A., Tariq, I., Berger, G., Gildenhaar, R.,

- Stiller, M., & Knabe, C. (2021). Effect of a bioactive calcium alkali orthophosphate bone grafting material as compared to tricalcium phosphate on osteogenesis after sinus floor augmentation in patients. *Biomedical Sciences Instrumentation*, 57(1), 1-18. <https://doi.org/10.34107/BiomedSciInstrum.57.0101>
- Eriksson, M. (2004). Biomaterial components prepared by titanium powder technology. *Doktorsavhandlingar Vid Chalmers Tekniska Hogskola*, 2203. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-10444230536&partnerID=40&md5=447c28e970353d60a171b1acfac566df>
- Escudero, M. L., Ruiz, J., González-Carrasco, J. L., Chao, J., López, M. F., García-Alonso, M. C., Canahua, H., Adeva, P., Coedo, A. G., Dorado, M. T., Rubio, J. C., Martínez, M. E., Munuera, L., De Agustín, D., & Ruiz, J. (1998). Characterization of the ODS MA 956 superalloy for biomedical surgical implants [Caracterización de la superaleación ODS MA 956 para aplicaciones biomédicas]. *Revista de Metalurgia*, 34(EXTRA), 83-85. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.1998.v34.iExtra.714>
- Esposito, M., Grusovin, M. G., Kakisis, I., Coulthard, P., & Worthington, H. V. (2008). Interventions for replacing missing teeth: Treatment of perimplantitis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004970.pub3>
- Esposito, M., Grusovin, M. G., Talati, M., Coulthard, P., Oliver, R., & Worthington, H. V. (2008). Interventions for replacing missing teeth: Antibiotics at dental implant placement to prevent complications. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004152.pub2>
- Esposito, M., Maghahre, H., Grusovin, M. G., Ziounas, I., & Worthington, H. V. (2012). Soft tissue management for dental implants: What are the most effective techniques? A Cochrane systematic review. *European Journal of Oral Implantology*, 5(3), 221-238.
- Favero, G., Lang, N. P., De Santis, E., Gonzalez, B. G., Schweikert, M. T., & Botticelli, D. (2013). Ridge preservation at implants installed immediately after molar extraction. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research*, 24(3), 255-261. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02567.x>
- Favero, L., Giagnorio, C., & Cocilovo, F. (2010). Comparative analysis of anchorage

- systems for micro implant orthodontics. *Progress in Orthodontics*, 11(2), 105-117.
<https://doi.org/10.1016/j.pio.2010.09.005>
- Fenton, O. S., Olafson, K. N., Pillai, P. S., Mitchell, M. J., & Langer, R. (2018). Advances in Biomaterials for Drug Delivery. *Advanced Materials*, 30(29), 1705328.
<https://doi.org/10.1002/adma.201705328>
- Focșăneanu, S. C., Vizureanu, P., Sandu, A. V., & Bălțatu, M. S. (2017). Zirconia dental implant materials. *Materials Science Forum*, 907 MSF, 99-103.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.907.99>
- Frazer, R. Q., Byron, R. T., Osborne, P. B., & West, K. P. (2005). PMMA: An essential material in medicine and dentistry. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 15(6), 629-639.
<https://doi.org/10.1615/JLongTermEffMedImplants.v15.i6.60>
- Frenken, J. W. F. H., Bouwman, W. F., Bravenboer, N., Zijdeveld, S. A., Schulten, E. A. J. M., & Ten Bruggenkate, C. M. (2010). The use of Straumann® Bone Ceramic in a maxillary sinus floor elevation procedure: A clinical, radiological, histological and histomorphometric evaluation with a 6-month healing period. *Clinical Oral Implants Research*, 21(2), 201-208. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01821.x>
- Fu, J.-H., Su, C.-Y., & Wang, H.-L. (2012). Esthetic soft tissue management for teeth and implants. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 12(3 SUPPL.), 129-142.
[https://doi.org/10.1016/S1532-3382\(12\)70025-8](https://doi.org/10.1016/S1532-3382(12)70025-8)
- Galindo-Moreno, P., Moreno-Riestra, I., Ávila, G., Fernández-Barbero, J. E., Mesa, F., Aguilar, M., Wang, H.-L., & O'Valle, F. (2010). Histomorphometric comparison of maxillary pristine bone and composite bone graft biopsies obtained after sinus augmentation. *Clinical Oral Implants Research*, 21(1), 122-128.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01814.x>
- Galkowska, E., Kiernicka, M., Owczarek, B., & Wysokińska-Miszczuk, J. (2003). The use of HA-Biocer in the complex treatment of aggressive periodontal diseases. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio D: Medicina*, 58(1), 231-235.
- García-Villar, C., & García-Santos, J. M. (2021). Indicadores bibliométricos para evaluar la actividad científica. *Radiología*, 63(3), 228-235.

<https://doi.org/10.1016/j.rx.2021.01.002>

- Gatto, A., Bortolini, S., & Iuliano, L. (2011). Characterization of selective laser sintered implant alloys: Ti6Al4V And Co-Cr-Mo. *Global Product Development - Proceedings of the 20th CIRP Design Conference*, 729-736. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15973-2_74
- Gil, F. J., Fernández, E., Manero, J. M., Planell, J. A., Sabriá, J., Cortada, M., & Giner, L. (1995). A study of the abrasive resistance of metal alloys with applications in dental prosthetic fixators. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 5(3), 161-167. <https://doi.org/10.3233/BME-1995-5303>
- Gingu, O., Benga, G., Olei, A., Lupu, N., Rotaru, P., Tanasescu, S., Mangra, M., Ciupitu, I., Pascu, I., & Sima, G. (2011). Wear behaviour of ceramic biocomposites based on hydroxiapatite nanopowders. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 225(1), 62-71. <https://doi.org/10.1243/09544089JPME307>
- Giorgio, I., Andreaus, U., Scerrato, D., & Braidotti, P. (2017). Modeling of a non-local stimulus for bone remodeling process under cyclic load: Application to a dental implant using a bioresorbable porous material. *Mathematics and Mechanics of Solids*, 22(9), 1790-1805. <https://doi.org/10.1177/1081286516644867>
- Goiato, M. C., Garcia-Júnior, I. R., Magro-Filho, O., Dos Santos, D. M., & Pellizzer, E. P. (2010). Implant-retained thumb prosthesis with anti-rotational attachment for a geriatric patient: Short report. *Gerodontology*, 27(3), 243-247. <https://doi.org/10.1111/j.1741-2358.2009.00283.x>
- Gomes, A., Lozada, J. L., Caplanis, N., & Kleinman, A. (1998). Immediate loading of a single hydroxyapatite-coated threaded root form implant: A clinical report. *The Journal of Oral Implantology*, 24(3), 159-166. [https://doi.org/10.1563/1548-1336\(1998\)024<0159:ILOASH>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1563/1548-1336(1998)024<0159:ILOASH>2.3.CO;2)
- Gomes-Ferreira, P. H. S., Okamoto, R., Ferreira, S., De Oliveira, D., Momesso, G. A. C., & Faverani, L. P. (2016). Scientific evidence on the use of recombinant human bone morphogenetic protein-2 (rhBMP-2) in oral and maxillofacial surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 20(3), 223-232. <https://doi.org/10.1007/s10006-016-0563-4>

- Gore, D., Frazer, R. Q., Kovarik, R. E., & Yepes, J. E. (2005). Vitallium. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 15(6), 673-686. <https://doi.org/10.1615/JLongTermEffMedImplants.v15.i6.90>
- Goutam, M., Giriya pura, C., Mishra, S., & Gupta, S. (2014). Titanium allergy: A literature review. *Indian Journal of Dermatology*, 59(6), 630. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.143526>
- Groisman, M., Ferreira, H. M., Frossard, W. M., de Menezes Filho, L. M., & Harari, N. D. (2001). Clinical evaluation of hydroxyapatite-coated single-tooth implants: A 5-year retrospective study. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry: PPAD*, 13(5), 355-360; quiz 362.
- Gronthy, U. U., Biswas, U., Tapu, S., Samad, M. A., & Nahid, A.-A. (2023). A Bibliometric Analysis on Arrhythmia Detection and Classification from 2005 to 2022. *Diagnostics*, 13(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13101732>
- Guamán Hernández, V. A., Alban Hurtado, C. A., Crespo Mora, V. I., & Espinoza, C. (2024). Nanopartículas en odontología: Una revisión sistemática. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 23(1), 12.
- Guillaume, B. (2017). Filling bone defects with β -TCP in maxillofacial surgery: A review [Comblement osseux par β -TCP en chirurgie maxillofaciale: Revue des indications]. *Morphologie*, 101(334), 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2017.05.002>
- Gupta, A., Dhanraj, M., & Sivagami, G. (2010). Status of surface treatment in endosseous implant: A literary overview. *Indian Journal of Dental Research*, 21(3), 433-438. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.70805>
- Gupta, S., Sharma, C., Dinda, A. K., Ray, A. K., & Mishra, N. C. (2012). Tooth tissue engineering: Potential and pitfalls. *Journal of Biomimetics, Biomaterials, and Tissue Engineering*, 12(1), 59-81. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JBBTE.12.59>
- Haddaway, N., & Westgate, M. (2023, diciembre 23). *PRISMA 2020*. Evidence Synthesis Hackathon. <https://www.eshackathon.org/software/PRISMA2020.html>
- Han, W., Cummings, H., Duvuru, M. K., Fleck, S., Vahabzadeh, S., & ElSawa, S. F. (2019). In Vitro Osteogenic, Angiogenic, and Inflammatory Effects of Copper in β -Tricalcium Phosphate. *MRS Advances*, 4(21), 1253-1259.

<https://doi.org/10.1557/adv.2018.686>

Han, X., Yang, D., Yang, C., Spintzyk, S., Scheideler, L., Li, P., Li, D., Geis-Gerstoffer, J., & Rupp, F. (2019). Carbon fiber reinforced PEEK composites based on 3D-printing technology for orthopedic and dental applications. *Journal of Clinical Medicine*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/jcm8020240>

Hanawa, T. (1999). In vivo metallic biomaterials and surface modification. *Materials Science and Engineering: A*, 267(2), 260-266. [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(99\)00101-X](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(99)00101-X)

Hanna, E. G., Amine, S., Prasad, B., & Younes, K. (2024). Exploring polyetheretherketone in dental implants and abutments: A focus on biomechanics and finite element methods. *Reviews on Advanced Materials Science*, 63(1). <https://doi.org/10.1515/rams-2024-0031>

Harris, L. G., & Richards, R. G. (2004). Staphylococcus aureus adhesion to different treated titanium surfaces. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 15(4), 311-314. <https://doi.org/10.1023/B:JMSM.0000021093.84680.bb>

Hasnain, M. S., Ahmad, S. A., Minhaj, M. A., Ara, T. J., & Nayak, A. K. (2018). Nanocomposite materials for prosthetic devices. En *Applications of Nanocomposite Materials in Orthopedics*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813740-6.00007-7>

Hassan, T., & Saeed, S. (2021). A Revolution of Biomaterials in Medical Sciences. *Journal of Rawalpindi Medical College*, 25(3), Article 3. <https://doi.org/10.37939/jrmc.v25i3.1649>

Hazballa, D., Inchingolo, A. D., Inchingolo, A. M., Malcangi, G., Santacroce, L., Minetti, E., Venere, D. D., Limongelli, L., Bordea, I. R., Scarano, A., Lorusso, F., Xhajanka, E., Laforgia, A., Inchingolo, F., Lucchina, A. G., & Dipalma, G. (2021). The effectiveness of autologous demineralized tooth graft for the bone ridge preservation: A systematic review of the literature. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, 35(2), 283-294.

Heboyan, A., Zafar, M. S., Rokaya, D., & Khurshid, Z. (2022). Insights and Advancements in Biomaterials for Prosthodontics and Implant Dentistry. *Molecules*, 27(16), Article

16. <https://doi.org/10.3390/molecules27165116>
- Hedia, H. S. (2005a). Design of functionally graded dental implant in the presence of cancellous bone. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 75(1), 74-80. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30275>
- Hedia, H. S. (2005b). Effect of cancellous bone on the functionally graded dental implant concept. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 15(3), 199-209.
- Hench, L. L., & Wilson, J. (1986). Bioactive Materials. En Z. W. Williams James M. Nichols Michael F. (Ed.), *Materials Research Society Symposia Proceedings* (Vol. 55, pp. 65-75). Materials Research Soc, Pittsburgh, PA, USA. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0022865387&partnerID=40&md5=d49be887379e3ec3eda19158ff1f1a4c>
- Hermansson, L. (2017). Nanostructured ceramics. En *Monitoring and Evaluation of Biomaterials and their Performance In Vivo*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100603-0.00001-8>
- Hernandes, M. M. A. P., Da Rocha, J. A. F., Saito, M. A., Araki, S. Y., Silva, P., Stoeterau, R. L., & Bock, E. G. P. (2017). Dimensional control in pre-sintered Zirconia machining for Double Pivot Micro Bearings of blood pumps. En B. D. Phillips D. (Ed.), *Proceedings of the 17th International Conference of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology, EUSPEN2017* (pp. 483-484). euspen. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041374877&partnerID=40&md5=339a9e0164e365d7c99faff3046e0271>
- Hoornaert, A., Maazouz, Y., Pastorino, D., Aparicio, C., De Pinieux, G., Fellah, B. H., Ginebra, M.-P., & Layrolle, P. (2019). Vertical bone regeneration with synthetic biomimetic calcium phosphate onto the calvaria of rats. *Tissue Engineering - Part C: Methods*, 25(1), 1-11. <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2018.0260>
- Huang, N., Leng, Y. X., & Ding, P. D. (2010). Surface engineered titanium alloys for biomedical devices. En *Surface Engineering of Light Alloys: Aluminium, Magnesium and Titanium Alloys*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1533/9781845699451.3.568>
- Huang, N., Li, P., Li, A., Dai, J.-T., Wang, Y.-Q., & Tang, Y.-C. (2015). Application of ultrashort implant in limited alveolar bone of the posterior maxilla. *Chinese Journal*

- of Tissue Engineering Research*, 19(30), 4810-4814.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.2015.30.011>
- Huang, N., Wu, F., Li, P., Liu, Z.-P., Lin, J., Tang, Y.-C., & Wang, Y.-Q. (2015). Application of concentrated growth factor in maxillary sinus lift: Variation in peri-implant bone levels. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 19(47), 7575-7582.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.2015.47.006>
- Inchingolo, F., Inchingolo, A. D., Charitos, I. A., Cazzolla, A. P., Colella, M., Gagliano-Candela, R., Hazballa, D., Bordea, I. R., Tari, S. R., Scarano, A., Lorusso, F., Riccaldo, L., Palermo, A., Dipalma, G., Malcangi, G., & Inchingolo, A. M. (2024). *Ceramic biomaterials in dentistry: Chemical structure and biosafety – a review and a bibliometric visual mapping on Scopus database*.
https://doi.org/10.26355/eurrev_202402_35446
- Jain, S., Basavaraj, P., Singla, A., Singh, K., Kundu, H., Vashishtha, V., Pandita, V., & Malhi, R. (2015). Bibliometric Analysis of Journal of Clinical and Diagnostic Research (Dentistry Section; 2007-2014). *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 9(4), ZC47-ZC51. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/11994.5834>
- Jayaswal, G. P., Dange, S. P., & Khalikar, A. N. (2010). Bioceramic in dental implants: A review. *Journal of Indian Prosthodontist Society*, 10(1), 8-12.
<https://doi.org/10.1007/s13191-010-0002-4>
- Jiang, C. M., Duangthip, D., Chan, A. K. Y., Tamrakar, M., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2021). Global research interest regarding silver diamine fluoride in dentistry: A bibliometric analysis. *Journal of Dentistry*, 113, 103778.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103778>
- Jiménez Rosas, I. M. (2021). Biomateriales que inducen la remineralización del esmalte dental y dentina. *Revista ADM Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana*, 78(4), 195-204.
- Jornet-García, A., Sanchez-Perez, A., Montoya-Carralero, J. M., & Moya-Villaescusa, M. J. (2022). Electrical Potentiometry with Intraoral Applications. *Materials*, 15(15).
<https://doi.org/10.3390/ma15155100>
- Joshi, M. A. (2014). Bibliometric indicators for evaluating the quality of scientific publications.

- The Journal of Contemporary Dental Practice*, 15(2), 258-262.
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1525>
- Kandavalli, S. R., Wang, Q., Ebrahimi, M., Gode, C., Djavanroodi, F., Attarilar, S., & Liu, S. (2021). A Brief Review on the Evolution of Metallic Dental Implants: History, Design, and Application. *Frontiers in Materials*, 8.
<https://doi.org/10.3389/fmats.2021.646383>
- Karabuda, C., Ozdemir, O., Tosun, T., Anil, A., & Olgaç, V. (2001). Histological and clinical evaluation of 3 different grafting materials for sinus lifting procedure based on 8 cases. *Journal of Periodontology*, 72(10), 1436-1442.
<https://doi.org/10.1902/jop.2001.72.10.1436>
- Karahaliloğlu, Z., Ercan, B., Taylor, E. N., Chung, S., Denkbaş, E. B., & Webster, T. J. (2015). 689 Antibacterial nanostructured polyhydroxybutyrate membranes for guided bone regeneration. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 11(12), 2253-2263. <https://doi.org/10.1166/jbn.2015.2106>
- Karthigeyan, S., Ravindran, A., Bhat, R., Nageshwarao, M., Murugesan, S., & Angamuthu, V. (2019). Surface modification techniques for zirconia-based bioceramics: A review. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 11(6), S131-S134.
https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS_45_19
- Kfir, E., Kfir, V., & Kaluski, E. (2007). Immediate bone augmentation after infected tooth extraction using titanium membranes. *Journal of Oral Implantology*, 33(3), 133-138.
[https://doi.org/10.1563/1548-1336\(2007\)33\[133:IBAAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1563/1548-1336(2007)33[133:IBAAT]2.0.CO;2)
- Khurshid, Z., Zafar, M., Qasim, S., Shahab, S., Naseem, M., & AbuReqaiba, A. (2015). Advances in nanotechnology for restorative dentistry. *Materials*, 8(2), 717-731.
<https://doi.org/10.3390/ma8020717>
- Kido, H., & Saha, S. (1996). Effect of HA coating on the long-term survival of dental implant: A review of the literature. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 6(2), 119-133.
- Kim, W.-Y., Kim, H.-S., & Yeo, I.-D. (2006). Low elastic modulus β Ti-Nb-Si alloys for biomedical applications. *Materials Science Forum*, 510-511, 858-861.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.510-511.858>

- Kim, Y.-K., Kim, S.-G., Lim, S.-C., Lee, H.-J., & Yun, P.-Y. (2010). A clinical study on bone formation using a demineralized bone matrix and resorbable membrane. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 109(6), e6-e11. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.01.012>
- Klapdohr, S., & Moszner, N. (2005). New inorganic components for dental filling composites. *Monatshefte Fur Chemie*, 136(1), 21-45. <https://doi.org/10.1007/s00706-004-0254-y>
- Klekotka, M., Dąbrowski, J. R., & Karalus, W. (2015). Fretting – corrosion of Co-Cr-Mo alloy in oral cavity environment. *Solid State Phenomena*, 227, 455-458. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.227.455>
- Koković, V., & Todorović, L. (2011). Preimplantation filling of tooth socket with β -tricalcium phosphate/polylactic-polyglycolic acid (β -TCP/PLGA) root analogue: Clinical and Histological analysis in a patient [Klinička i histološka analiza kod pacijenata sa preimplantacijskim popunjavanjem zubne alveole β -trikalcijum fosfatom/polilaktatnompiliglikolnom kiselinom (β -TCP/PLGA)]. *Vojnosanitetski Pregled*, 68(4), 366-371. <https://doi.org/10.2298/VSP1104366K>
- Kolanji, S., Sivakatatcham, M., & Palani, S. (2024). Studies on Nano-Indentation and Corrosion Behavior of Diamond-Like Carbon Coated Stainless Steel (316L). *Trends in Sciences*, 21(5). <https://doi.org/10.48048/tis.2024.7677>
- Komasa, S., & Okazaki, J. (2022). Special Issue: Advances in Dental Bio-Nanomaterials. *Materials*, 15(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/ma15062098>
- Kotsakis, G., Chrepa, V., Marcou, N., Prasad, H., & Hinrichs, J. (2014). Flapless alveolar ridge preservation utilizing the «socket-plug» technique: Clinical technique and review of the literature. *Journal of Oral Implantology*, 40(6), 690-698. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-12-00028>
- Kovarik, R. E., Haubenreich, J. E., & Gore, D. (2005). Glass ionomer cements: A review of composition, chemistry, and biocompatibility as a dental and medical implant material. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 15(6), 655-671. <https://doi.org/10.1615/JLongTermEffMedImplants.v15.i6.80>
- Krauser, J. T., Boner, C., & Boner, N. (1990). Hydroxyapatite coated dental implants.

Biological criteria and prosthetic possibilities [Implants dentaires recouverts d'une couche d'hydroxyapatite. Critères biologiques et possibilites prothétiques.]. *Les Cahiers de prothese*, 71, 56-75.

Kudo, K., Miyasawa, M., Fujioka, Y., Kamegai, T., Nakano, H., Seino, Y., Ishikawa, F., Shioyama, T., & Ishibashi, K. (1990). Clinical application of dental implant with root of coated bioglass: Short-term results. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 70(1), 18-23. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(90\)90171-N](https://doi.org/10.1016/0030-4220(90)90171-N)

Kulesza, S., Bramowicz, M., Czaja, P., Jabłoński, R., Kropiwnicki, J., & Charkiewicz, M. (2016). Application of atomic force microscopy for studies of fractal and functional properties of biomaterials. *Acta Physica Polonica A*, 130(4), 1013-1015. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.130.1013>

Kumar, T., Devi, P., Krithika, C., & Raghavan, R. N. (2020). Review of Metallic Biomaterials in Dental Applications. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 12(Suppl 1), S14. https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_88_20

Kuz, V. S., Dvornyk, V. N., Kostenko, V. A., Kuz, G. M., & Akimov, O. Y. (2018). Influence of basic dental materials on indicators of free radical oxidation and antioxidant blood's potential of white rats (experimental study). *Wiadomosci lekarskie (Warsaw, Poland : 1960)*, 71(2), 318-322.

Lakes, R. S. (2002). Composite biomaterials. En *Biomaterials: Principles and Applications*. CRC Press. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85056958511&partnerID=40&md5=f59a337f4a8eab16c03a394cbcd3ebd4>

Lancieri, L., Angiero, F., Santi, G. D., Carpi, A., & Benedicenti, S. (2011). A new bone surgical laser technique: Technical aspects and applications in dentistry. *Frontiers in Bioscience - Elite*, 3 E(2), 463-468. <https://doi.org/10.2741/e261>

Laranjeira, M. S., Carvalho, Â., Pelaez-Vargas, A., Hansford, D., Ferraz, M. P., Coimbra, S., Costa, E., Santos-Silva, A., Fernandes, M. H., & Monteiro, F. J. (2014). Modulation of human dermal microvascular endothelial cell and human gingival fibroblast behavior by micropatterned silica coating surfaces for zirconia dental implant applications. *Science and Technology of Advanced Materials*, 15(2). <https://doi.org/10.1088/1468-6996/15/2/025001>

- Lautenschlager, E. P., & Monaghan, P. (1993). Titanium and titanium alloys as dental materials. *International Dental Journal*, 43(3), 245-253.
- Lavos-Valereto, I. C., Wolyneec, S., Deboni, M. C. Z., & Knig Jr., B. (2001). In vitro and in vivo biocompatibility testing of Ti-6Al-7Nb alloy with and without plasma-sprayed hydroxyapatite coating. *Journal of Biomedical Materials Research*, 58(6), 727-733. <https://doi.org/10.1002/jbm.1072>
- Lee, C. Y., & Hasegawa, H. (2008). Immediate load and esthetic zone considerations to replace maxillary incisor teeth using a new zirconia implant abutment in the bone grafted anterior maxilla. *The Journal of Oral Implantology*, 34(5), 259-267. <https://doi.org/10.1563/0.920.1>
- LeGeros, R. Z. (2008). Calcium phosphate-based osteoinductive materials. *Chemical Reviews*, 108(11), 4742-4753. <https://doi.org/10.1021/cr800427g>
- Lepore, S., Milillo, L., Trotta, T., Castellani, S., Porro, C., Panaro, M. A., Santarelli, A., Bambini, F., Lo Muzio, L., Conese, M., & Maffione, A. B. (2013). Adhesion and growth of osteoblast-like cells on laser-engineered porous titanium surface: Expression and localization of N-cadherin and β -catenin. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, 27(2), 531-541.
- Li, C.-C., Kharaziha, M., Min, C., Maas, R., & Nikkhah, M. (2015). Microfabrication of cell-laden hydrogels for engineering mineralized and load bearing tissues. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 881, 15-31. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22345-2_2
- Liang, X., Zhao, Z., & Tang, S. (1998). Stability of HA-coated titanium implants used as orthodontic anchorage. *Hua xi kou qiang yi xue za zhi = Huaxi kouqiang yixue zazhi = West China journal of stomatology*, 16(2), 153-155.
- Liens, A., Etiemble, A., Rivory, P., Balvay, S., Pelletier, J.-M., Cardinal, S., Fabrègue, D., Kato, H., Steyer, P., Munhoz, T., Adrien, J., Courtois, N., Hartmann, D. J., & Chevalier, J. (2018). On the potential of Bulk Metallic Glasses for dental implantology: Case study on Ti40Zr10Cu36Pd14. *Materials*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/ma11020249>
- Linares, D., & Smith, D. (2021). *Revisión literaria sobre el uso de guías quirúrgicas versus*

- la técnica a mano alzada para la colocación de implantes dentales* [Thesis, Santo Domingo: Universidad Iberoamericana (UNIBE)].
<https://repositorio.unibe.edu.do/jspui/handle/123456789/784>
- Lindhe, J., Cecchinato, D., Donati, M., Tomasi, C., & Liljenberg, B. (2014). Ridge preservation with the use of deproteinized bovine bone mineral. *Clinical Oral Implants Research*, 25(7), 786-790. <https://doi.org/10.1111/clr.12170>
- Liu, D., Matinlinna, J. P., & Pow, E. H. N. (2012). Insights into porcelain to zirconia bonding. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 26(8-9), 1249-1265. <https://doi.org/10.1163/156856111X593586>
- Liu, F.-H., Yu, C.-H., & Chang, Y.-C. (2022). Bibliometric analysis of articles published in journal of dental sciences from 2009 to 2020. *Journal of Dental Sciences*, 17(1), 642-646. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.08.002>
- Liu, P.-P., Shen, H.-J., Wang, Z.-Y., Wu, Y.-F., Jin, G.-Y., Qi, Q.-X., & Zeng, X.-Z. (2014). Tissue-engineered tooth regeneration: Hotspots and clinical application. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 18(7), 1115-1120. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.2014.07.022>
- Liu, Y., & Chen, H. (2013). Light-cured glass ionomer versus resin reinforced glass ionomer for dental restoration. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 17(21), 3885-3892. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.2013.21.012>
- Llerena Paz, M. A., & Arévalo Avecillas, M. E. (2021). Indicadores bibliométricos: Origen, definición y aplicaciones científicas en el ecuadorR. *Espí-ritu Emprendedor TES*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.33970/eetes.v5.n1.2021.253>
- Lobo, M., de Andrade, O. S., Malta Barbosa, J., & Hirata, R. (2019). Consideraciones periodontales para las restauraciones dentales cerámicas adhesivas: Aspectos clave para evitar problemas gingivales. *INVESTIGACIÓN CLÍNICA*, 12(4), 288-302.
- Lorusso, F., Inchingolo, F., Greco Lucchina, A., Scogna, G., & Scarano, A. (2021). Graphene-doped Poly (methyl-methacrylate) as an enhanced biopolymer for medical device and dental implant. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, 35(2), 195-204. <https://doi.org/10.23812/21-2supp1-20>

- Lozada López, F. del R. (2024). Factores que influyen en la restauración en dientes anteriores. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 42(2), Article 2. <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/3365>
- Lozano Guillen, A. (2024). *Biocompatibilidad de nuevos materiales biocerámicos destinados a la terapia vital pulpar*. <https://hdl.handle.net/10550/99118>
- Lukiantchuki, M. A., Filho, L. I., Iwaki, L. C. V., Natali, M. R. M., Sabio, S., & Takeshita, W. M. (2014). Histologic and histomorphometric study of bone repair around short dental implants inserted in rabbit tibia, Associated with tricalcium phosphate graft bone [Estudo histológico e histomorfométrico do reparo ósseo ao redor de implantes dentários curtos instalados em tíbias de coelhos associado ao uso do enxerto de fosfato tricálcio]. *Acta Scientiarum - Health Sciences*, 36(2), 257-263. <https://doi.org/10.4025/actascihealthsci.v36i2.18600>
- Lymperi, S., Ligoudistianou, C., Taraslia, V., Kontakiotis, E., & Anastasiadou, E. (2013). Dental stem cells and their applications in dental tissue engineering. *Open Dentistry Journal*, 7(1), 76-81. <https://doi.org/10.2174/1874210601307010076>
- Ma, F., Shan, B., Wang, M., Gao, Q., Zhou, Q., & Xu, X. (2017). Evaluation of potential of biological material and autogenous chip bone during extraction site (Socket) preservation. *Journal of Biomaterials and Tissue Engineering*, 7(11), 1199-1202. <https://doi.org/10.1166/jbt.2017.1669>
- Mabboux, F., Ponsonnet, L., Morrier, J.-J., Jaffrezic, N., & Barsotti, O. (2004). Surface free energy and bacterial retention to saliva-coated dental implant materials—An in vitro study. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 39(4), 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2004.08.002>
- Maccauro, G., Bianchino, G., Sangiorgi, S., Magnani, G., Marotta, D., Manicone, P. F., Raffaelli, L., Rossi Iommitti, P., Stewart, A., Cittadini, A., & Sgambato, A. (2009). Development of a new zirconia-toughened alumina: Promising mechanical properties and absence of in vitro carcinogenicity. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 22(3), 773-779. <https://doi.org/10.1177/039463200902200323>
- Maccauro, G., Cittadini, A., Magnani, G., Sangiorgi, S., Muratori, F., Manicone, P. F., Rossi

- Iommetti, P., Marotta, D., Chierichini, A., Raffaelli, L., & Sgambato, A. (2010). In vivo characterization of Zirconia Toughened Alumina material: A comparative animal study. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 23(3), 841-846. <https://doi.org/10.1177/039463201002300319>
- Macedo, L. G. S., Pelegrine, A. A., & Moy, P. K. (2023). Barbell Technique: A Novel Approach for Bidirectional Bone Augmentation: Clinical and Tomographic Study. *The Journal of Oral Implantology*, 49(5), 458-464. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-21-00286>
- Marczewski, M., Jurczyk, M. U., Żurawski, J., Wirstlein, P. K., & Jurczyk, M. (2023). Studies of normal human osteoblasts and fibroblasts growth on composite functionalized β -type Ti₂₃Zr₂₅Nb (at%) dental implant materials containing 45S5 bioglass and silver. *Bulletin of Materials Science*, 46(4). <https://doi.org/10.1007/s12034-023-03033-y>
- Mareci, D., Chelariu, R., Carcea, I., Gordin, D.-M., & Gloriant, T. (2008). Preliminary testing of corrosion behaviour of Ti6Al7Nb and Ti30Ta alloys in artificial saliva with additions of fluoride ions and lactic acid. *Metalurgia International*, 13(12), 82-90.
- Mareci, D., Chelariu, R., Gordin, D. M., Gloriant, T., & Carcea, I. (2009). Preliminary testing of corrosion behaviour of Ti6Al7Nb and Ti30Ta alloys in artificial saliva with additions of fluoride ions and lactic acid. *Metalurgia International*, 14(4), 10-15.
- Marei, M. K., & El Backly, R. M. (2018). Dental mesenchymal stem cell-based translational regenerative dentistry: From artificial to biological replacement. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6(MAY). <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00049>
- Marghalani, H. Y. (2016). Resin-based dental composite materials. En *Handbook of Bioceramics and Biocomposites*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12460-5_22
- Marin, E., Boschetto, F., & Pezzotti, G. (2020). Biomaterials and biocompatibility: An historical overview. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 108(8), 1617-1633. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.36930>
- Marques, R. A., Rogero, S. O., Terada, M., Pieretti, E. F., & Costa, I. (2014). Localized

- corrosion resistance and cytotoxicity evaluation of ferritic stainless steels for use in implantable dental devices with magnetic connections. *International Journal of Electrochemical Science*, 9(3), 1340-1354.
- Maruno, S., Ban, S., Wang, Y.-F., Iwata, H., & Itoh, H. (1992). Properties of functionally gradient composite consisting of hydroxyapatite containing glass coated titanium and characters for bioactive implant. *Nippon Seramikkusu Kyokai Gakujutsu Ronbunshi/Journal of the Ceramic Society of Japan*, 100(1160), 362-367. <https://doi.org/10.2109/jcersj.100.362>
- Masson Palacios, M. J., & Armas Vega, A. del C. (2019). Rehabilitación del sector anterior con carillas de porcelana lentes de contacto, guiado por planificación digital. Informe de un caso. *Odontología Vital*, 30, 79-86.
- Mateescu, M., Baixe, S., Garnier, T., Jierry, L., Ball, V., Haikel, Y., Metz-Boutigue, M. H., Nardin, M., Schaaf, P., Etienne, O., & Lavalley, P. (2015). Antibacterial peptide-based gel for prevention of medical implanted-device infection. *PLoS ONE*, 10(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145143>
- McAllister, B. S., Haghghat, K., Prasad, H. S., & Rohrer, M. D. (2010). Histologic evaluation of recombinant human platelet-derived growth factor-BB after use in extraction socket defects: A case series. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 30(4), 365-373.
- McGrath, C. J. R., Schepers, S. H. W., Blijdorp, P. A., Hoppenreijts, T. J. M., & Erbe, M. (1996). Simultaneous placement of endosteal implants and mandibular onlay grafting for treatment of the atrophic mandible: A preliminary report. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 25(3), 184-188. [https://doi.org/10.1016/S0901-5027\(96\)80026-9](https://doi.org/10.1016/S0901-5027(96)80026-9)
- Medina Medina, G. E. (2024). *Eficacia de tratamientos estéticos mínimamente invasivos para la fluorosis dental, revisión bibliográfica* [bachelorThesis]. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/17924>
- Meijer, G. J., Starmans, F. J. M., De Putter, C., & Van Blitterswijk, C. A. (1995). The influence of a flexible coating on the bone stress around dental implants. *Journal of Oral Rehabilitation*, 22(2), 105-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365->

2842.1995.tb00243.x

- Merli, M., Bernardelli, F., & Esposito, M. (2006). Horizontal and vertical ridge augmentation: A novel approach using osteosynthesis microplates, bone grafts, and resorbable barriers. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 26(6), 581-587.
- Merli, M., Moscatelli, M., Mariotti, G., Pagliaro, U., Raffaelli, E., & Nieri, M. (2015). Comparing membranes and bone substitutes in a one-stage procedure for horizontal bone augmentation. A double-blind randomised controlled trial. *European Journal of Oral Implantology*, 8(3), 271-281.
- Meyer, C., Chatelain, B., Benarroch, M., Garnier, J.-F., Ricbourg, B., & Camponovo, T. (2009). Massive sinus-lift procedures with β -tricalcium phosphate: Long-term results [Greffes sinusiennes massives par phosphate tricalcique. Résultats à long terme]. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-Faciale*, 110(2), 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.stomax.2008.10.006>
- Minichetti, J. C. (2003). Analysis of HA-coated subperiosteal implants. *The Journal of Oral Implantology*, 29(3), 111-116; discussion 117-119. [https://doi.org/10.1563/1548-1336\(2003\)029<0111:aohcsi>2.3.co;2](https://doi.org/10.1563/1548-1336(2003)029<0111:aohcsi>2.3.co;2)
- Minkiewicz-Zochniak, A., Jarzynka, S., Iwańska, A., Strom, K., Iwańczyk, B., Bartel, M., Mazur, M., Pietruczuk-Padzik, A., Konieczna, M., Augustynowicz-Kopeć, E., & Ołędzka, G. (2021). Biofilm formation on dental implant biomaterials by staphylococcus aureus strains isolated from patients with cystic fibrosis. *Materials*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/ma14082030>
- Mishra, S., & Chowdhary, R. (2019). PEEK materials as an alternative to titanium in dental implants: A systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 21(1), 208-222. <https://doi.org/10.1111/cid.12706>
- Mohanty, M., Kumary, T. V., Lal, A. V., & Sivakumar, R. (1998). Short term tissue response to carbon fibre: A preliminary in vitro and in vivo study. *Bulletin of Materials Science*, 21(6), 439-444. <https://doi.org/10.1007/BF02790343>
- Moreno P, D. P., & Freire C, E. C. (2023). Biomaterials, applications in medicine and their health regulation in Ecuador. *Multidisciplinary & Health Education Journal*, 5(3),

Article 3.

- Morris, H. F., & Ochi, S. (2000). Influence of two different approaches to reporting implant survival outcomes for five different prosthodontic applications. *Annals of Periodontology / the American Academy of Periodontology*, 5(1), 90-100. <https://doi.org/10.1902/annals.2000.5.1.90>
- Morton, D., Martin, W. C., & Ruskin, J. D. (2004). Single-stage straumann dental implants in the aesthetic zone: Considerations and treatment procedures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 62(SUPPL. 2), 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2004.06.043>
- Mukherjee, D. P., Dorairaj, N. R., Mills, D. K., Graham, D., & Krauser, J. T. (2000). Fatigue properties of hydroxyapatite-coated dental implants after exposure to a periodontal pathogen. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53(5), 467-474. [https://doi.org/10.1002/1097-4636\(200009\)53:5<467::AID-JBM4>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/1097-4636(200009)53:5<467::AID-JBM4>3.0.CO;2-Z)
- Muñoz-Corcuera, M., Bascones-Martínez, A., & Ripollés-De Ramón, J. (2015). Post-extraction application of beta-tricalcium phosphate in alveolar socket. *Journal of Osseointegration*, 7(1), 8-14.
- Muthusamy Subramanian, A. V., & Thanigachalam, M. (2022). Mechanical performances, in-vitro antibacterial study and bone stress prediction of ceramic particulates filled polyether ether ketone nanocomposites for medical applications. *Journal of Polymer Research*, 29(8). <https://doi.org/10.1007/s10965-022-03180-6>
- Najeeb, S., Mali, M., Syed, A. U. Y., Zafar, M. S., Khurshid, Z., Alwadaani, A., & Matinlinna, J. P. (2019). Dental implants materials and surface treatments. En Z. Khurshid, S. Najeeb, M. S. Zafar, & F. Sefat (Eds.), *Advanced Dental Biomaterials* (pp. 581-598). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102476-8.00021-9>
- Najeeb, S., Zafar, M. S., Khurshid, Z., & Siddiqui, F. (2016). Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. *Journal of Prosthodontic Research*, 60(1), 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2015.10.001>
- Nakagawa, M. (2004). Corrosion of the titanium and titanium alloys for biomaterials under fluoride containing environment. *Zairyo to Kankyo/ Corrosion Engineering*, 53(3), 112-117. <https://doi.org/10.3323/jcorr1991.53.112>

- Nakajima, H., & Okabe, T. (1996). Titanium in Dentistry: Development and Research in the U.S.A. *Dental Materials Journal*, 15(2), 77-90. <https://doi.org/10.4012/dmj.15.77>
- Nii, T., & Katayama, Y. (2021). Biomaterial-Assisted Regenerative Medicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/ijms22168657>
- Niinomi, M. (2007). Recent research and development in metallic materials for biomedical, dental and healthcare products applications. *Materials Science Forum*, 539-543(PART 1), 193-200. <https://doi.org/10.4028/0-87849-428-6.193>
- Nishihara, K. (1994). Application of bioactive ceramics for functional surgery in masticatory organs. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 4(3), 161-170. <https://doi.org/10.3233/BME-1994-4304>
- Nóia, C. F., Ortega-Lopes, R., Kluppel, L. E., & Sá, B. C. M. D. (2017). Sandwich Osteotomies to Treat Vertical Defects of the Alveolar Ridge. *Implant Dentistry*, 26(1), 101-105. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000522>
- Noriega-Muro, T. S., Balderas-Delgadillo, C., Monjarás-Ávila, A. J., Cuevas-Suárez, C. E., Zamarripa-Calderón, J., Ancona-Meza, A. L., & Rivera-Gonzaga, J. A. (2018). Comparación de la resistencia adhesiva de Brackets Ortodónticos utilizando láser er: Yag vs grabado ácido. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 6(12), Article 12. <https://doi.org/10.29057/icsa.v6i12.3113>
- Nothdurft, F. P., Nonhoff, J., & Pospiech, P. R. (2014). Pre-fabricated zirconium dioxide implant abutments for single-tooth replacement in the posterior region: Success and failure after 3 years of function. *Acta Odontologica Scandinavica*, 72(5), 392-400. <https://doi.org/10.3109/00016357.2013.863970>
- Oliveira Araujo, L. K., da Silva Sousa Mota, A. B., Silva, S. de J., Costa Sarmiento, V. de P., Lucena, M., Santos Pereira, D. M., Garcia Ribeiro, M. R., & Silva e Silva Figueiredo, C. S. (2022). O uso de biomateriais em odontologia: Novas perspectivas e atualizações. *Research, Society and Development*, 11(12), Article 12. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34480>
- Oliveira, V. L. C., Alencar, A. C., Ramires, I., & Guastaldi, A. C. (2003). Dental implants:

Surface modification of cp-Ti using plasma spraying and the deposition of hydroxyapatite. *Materials Science Forum*, 416-418(1), 669-674.

Olson, J. W., Dent, C. D., Morris, H. F., & Ochi, S. (2000). Long-term assessment (5 to 71 months) of endosseous dental implants placed in the augmented maxillary sinus. *Annals of Periodontology / the American Academy of Periodontology*, 5(1), 152-156. <https://doi.org/10.1902/annals.2000.5.1.152>

Ong, J. L., & Chan, D. C. N. (2000). Hydroxyapatite and their use as coatings in dental implants: A review. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 28(5-6), 667-707. <https://doi.org/10.1615/CritRevBiomedEng.v28.i56.10>

Ono, M., Sonoyama, W., Yamamoto, K., Oida, Y., Akiyama, K., Shinkawa, S., Nakajima, R., Pham, H. T., Hara, E. S., & Kuboki, T. (2014). Efficient bone formation in a swine socket lift model using escherichia coli-derived recombinant human bone morphogenetic protein-2 adsorbed in β -tricalcium phosphate. *Cells Tissues Organs*, 199(4), 249-255. <https://doi.org/10.1159/000369061>

Ono, W., Maruyama, K., Ogiso, M., Mineno, S., & Izumi, Y. (2018). Implant Insertion into an Augmented Bone Region Using the Canine Mandible Augmented by the "Casing Method". *Anatomical Record*, 301(5), 892-901. <https://doi.org/10.1002/ar.23775>

Oporto Venegas, G., Fuentes Fernández, R., Álvarez Cantoni, H., & Borie Echeverría, E. (2008). Maxillomandibular morphology and physiology recovery: Biomaterials in bone regeneration [Recuperación de la morfología y fisiología maxilo mandibular: Biomateriales en regeneración ósea]. *International Journal of Morphology*, 26(4), 853-859.

Opris, H., Baciut, M., Bran, S., Dinu, C., Opris, D., Armencea, G., Onisor, F., Bumbu, B., & Baciut, G. (2023). Biocompatibility and histological responses of eggshell membrane for dental implant-guided bone regeneration. *Journal of Medicine and Life*, 16(7), 1007-1012. <https://doi.org/10.25122/jml-2023-0267>

Oryan, A., Meimandi Parizi, A., Shafiei-Sarvestani, Z., & Bigham, A. S. (2012). Effects of combined hydroxyapatite and human platelet rich plasma on bone healing in rabbit model: Radiological, macroscopical, histopathological and biomechanical evaluation. *Cell and Tissue Banking*, 13(4), 639-651.

<https://doi.org/10.1007/s10561-011-9285-x>

- Özkurt, Z., & Kazazoğlu, E. (2011). Zirconia dental implants: A literature review. *Journal of Oral Implantology*, 37(3), 367-376. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-09-00079>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Park, S.-H., & Wang, H.-L. (2006). Management of localized buccal dehiscence defect with allografts and acellular dermal matrix. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 26(6), 589-595.
- Patrón, C., López Jordi, M. del C., Piovesan, S., & Demaría, B. (2014). Análisis bibliométrico de la producción científica de la revista Odontoestomatología. *Odontoestomatología*, 16(23), 34-43.
- Pawar, P., Chaudhari, V., & Bichile, G. (2010). Review of biomaterial technology and its medical applications. *Materials Science and Technology Conference and Exhibition 2010, MS and T'10*, 1, 54-64. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79952653690&partnerID=40&md5=a63526c0423227d1e9dc264b2ec332b0>
- Pearce, A. I., Richards, R. G., Milz, S., Schneider, E., & Pearce, S. G. (2007). Animal models for implant biomaterial research in bone: A review. *European Cells and Materials*, 13, 1-10. <https://doi.org/10.22203/eCM.v013a01>
- Peck, M. T. (2015). Alveolar ridge augmentation using the allograft bone shell technique. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 16(9), 768-773. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1755>
- Peleg, M., Mazor, Z., Chaushu, G., & Garg, A. K. (1998). Sinus floor augmentation with simultaneous implant placement in the severely atrophic maxilla. *Journal of Periodontology*, 69(12), 1397-1403. <https://doi.org/10.1902/jop.1998.69.12.1397>
- Pérez Pérez, M., Pérez Ferrás, M. L., Pérez Rodríguez, A. T., Hechevarría Pérez, Z. M., & Pérez Pérez, A. (2018). Aplicaciones de biomateriales en la Estomatología. *Correo*

Científico Médico, 22(4), 667-680.

- Pesode, P., & Barve, S. (2023). Comparison and performance of α , $\alpha+\beta$ and β titanium alloys for biomedical applications. *Surface Review and Letters*, 30(12). <https://doi.org/10.1142/S0218625X23300125>
- Pessin, V. Z., Yamane, L. H., & Siman, R. R. (2022). Smart bibliometrics: An integrated method of science mapping and bibliometric analysis. *Scientometrics*, 127(6), 3695-3718. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04406-6>
- Piconi, C., & Porporati, A. A. (2016). Bioinert ceramics: Zirconia and alumina. En *Handbook of Bioceramics and Biocomposites*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12460-5_4
- Pilliar, R. M. (1990). Dental implants: Materials and design. *Journal (Canadian Dental Association)*, 56(9), 857-861.
- Pilliar, R. M. (1998). Overview of Surface Variability of Metallic Endosseous Dental Implants: Textured and Porous Surface-Structured Designs. *Implant Dentistry*, 7(4), 305-314. <https://doi.org/10.1097/00008505-199807040-00009>
- Porrini, R., Rocchetti, V., Vercellino, V., Cannas, M., & Sabbatini, M. (2011). Alveolar bone regeneration in post-extraction socket: A review of materials to postpone dental implant. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 21(2), 63-74. <https://doi.org/10.3233/BME-2011-0659>
- Powell, C. A., Casarez-Quintana, A., Zellner, J., Al-Bayati, O., & Font, K. (2022). The application of leukocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF) in maxillary sinus augmentation. *Clinical Advances in Periodontics*, 12(4), 277-286. <https://doi.org/10.1002/cap.10216>
- Prabu, V., Karthick, P., Rajendran, A., Natarajan, D., Kiran, M. S., & Pattanayak, D. K. (2015). Bioactive Ti alloy with hydrophilicity, antibacterial activity and cytocompatibility. *RSC Advances*, 5(63), 50767-50777. <https://doi.org/10.1039/c5ra04077a>
- Qureshi, U. A., Calaguas, S., Frank, E., & Inman, J. (2020). Implications of Applying New Technology in Cosmetic and Reconstructive Facial Plastic Surgery. *Facial Plastic Surgery*, 36(6), 760-767. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1721116>

- Raju, K. A. K., & Biswas, A. (2023). A Comprehensive Review of Adaptive Antibacterial Coatings for Implants, Metallic and Herbal Coating Materials and Implant Biomaterial Characterization. *Springer Proceedings in Materials*, 26, 17-48. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5509-1_2
- Ramli, R., Arawi, A. Z. O., Talari, M. K., Mahat, Mohd. M., & Jais, U. S. (2012). Synthesis and structural characterization of nano-hydroxyapatite biomaterials prepared by microwave processing. *AIP Conference Proceedings*, 1455, 45-48. <https://doi.org/10.1063/1.4732470>
- Ramli, R., Omar Arawi, A. Z., Mahat, M. M., Faiza Mohd., A., & Yahya, M. F. Z. R. (2011). Effect of silver (Ag) substitution nano-hydroxyapatite synthesis by microwave processing. *ICBEIA 2011 - 2011 International Conference on Business, Engineering and Industrial Applications*, 180-183. <https://doi.org/10.1109/ICBEIA.2011.5994237>
- Rao Genovese, F. (2011). New technique for management of immediate-implant-post-extraction sites in aesthetic zones. Case report [Nuova tecnica per il trattamento dei siti di impianti postestrattivi immediati in zone estetiche. Caso clinico]. *Dental Cadmos*, 79(5), 293-312. <https://doi.org/10.1016/j.cadmos.2010.11.022>
- Rashid, H. (2014). Application of confocal laser scanning microscopy in dentistry. *Journal of Advanced Microscopy Research*, 9(4), 245-252. <https://doi.org/10.1166/jamr.2014.1217>
- Rasool, T., Ahmed, S. R., Ather, I., Sadia, M., Khan, R., & Jafri, A. R. (2015). Synthesis and characterization of hydroxyapatite using egg-shell. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 3-2015. <https://doi.org/10.1115/IMECE2015-51933>
- Razavi, M., Fathi, M., Savabi, O., Vashae, D., & Tayebi, L. (2015). In vivo assessments of bioabsorbable AZ91 magnesium implants coated with nanostructured fluoridated hydroxyapatite by MAO/EPD technique for biomedical applications. *Materials Science and Engineering: C*, 48, 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.11.020>
- Rehman, I. U., & Khan, A. S. (2011). Dental regeneration. En *Electrospinning for Tissue Regeneration*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-741-9.50013-6>

- Reuling, N., Wisser, W., Jung, A., & Denschlag, H. O. (1990). Release and detection of dental corrosion products in vivo: Development of an experimental model in rabbits. *Journal of Biomedical Materials Research*, 24(8), 979-991. <https://doi.org/10.1002/jbm.820240802>
- Reveron, H., & Chevalier, J. (2021). Yttria-Stabilized Zirconia as a Biomaterial: From Orthopedic Towards Dental Applications. En *Encyclopedia of Materials: Technical Ceramics and Glasses: Volume 1-3* (Vol. 3). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818542-1.00030-8>
- Reyes-Blas, H., Olivas-Armendáriz, I., Martel-Estrada, S. A., & Valencia-Gómez, L. E. (2019). Uso de Biomateriales Funcionalizados con Moléculas Bioactivas en la Ingeniería Biomédica. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 40(3). <https://doi.org/10.17488/rmib.40.3.9>
- Richard, C. (2017). Innovative surface treatments of titanium alloys for biomedical applications. *Materials Science Forum*, 879, 1570-1575. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.879.1570>
- Rieger, M. R., Adams, W. K., Kinzel, G. L., & Brose, M. O. (1989). Finite element analysis of bone-adapted and bone-bonded endosseous implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 62(4), 436-440. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(89\)90178-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(89)90178-9)
- Rizzi, G., Scrivani, A., Fini, M., & Giardino, R. (2004). Biomedical coatings to improve the tissue-biomaterial interface. *International Journal of Artificial Organs*, 27(8), 649-657. <https://doi.org/10.1177/039139880402700802>
- Romero-Resendiz, L., Gómez-Sáez, P., Vicente-Escuder, A., & Amigó-Borrás, V. (2021). Development of Ti-In alloys by powder metallurgy for application as dental biomaterial. *Journal of Materials Research and Technology*, 11, 1719-1729. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.02.014>
- Rossetti, F. F., Bally, M., Michel, R., Textor, M., & Reviakine, I. (2005). Interactions between titanium dioxide and phosphatidyl serine-containing liposomes: Formation and patterning of supported phospholipid bilayers on the surface of a medically relevant material. *Langmuir*, 21(14), 6443-6450. <https://doi.org/10.1021/la0509100>
- Rossi, R., Rancitelli, D., Poli, P. P., Rasia Dal Polo, M., Nannmark, U., & Maiorana, C.

- (2016). The use of a collagenated porcine cortical lamina in the reconstruction of alveolar ridge defects. A clinical and histological study [L'impiego di una lamina corticale in collagene suino nella ricostruzione di difetti ossei alveolari. Studio clinico e istologico]. *Minerva Stomatologica*, 65(5), 257-268.
- Rusen, E., Mărculescu, B., Butac, L., Zecheru, T., Miculescu, F., & Rotariu, T. (2008). Acrylic cements for dental prosthetics. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 10(12), 3436-3441.
- Saad, D., Lateef, T. A., Hassan, A. F., & Mohammed, M. Q. (2018). The effectiveness of platelet rich fibrin as a graft material in sinus augmentation procedures through lateral approach. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(6), 1433-1437.
- Salgado-Peralvo, A.-O., Uribarri, A., Kewalramani, N., Peña-Cardelles, J.-F., & Liñares, A. (2023). The use of platelet-rich fibrin in vestibuloplasty: A 36-month follow-up technique report. *Clinical Advances in Periodontics*, 13(1), 33-37. <https://doi.org/10.1002/cap.10201>
- Sammartino, G., Ehrenfest, D. M. D., Carile, F., Tia, M., & Bucci, P. (2011). Prevention of hemorrhagic complications after dental extractions into open heart surgery patients under anticoagulant therapy: The use of Leukocyte- and Platelet-Rich Fibrin. *Journal of Oral Implantology*, 37(6), 681-690. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-11-00001>
- Sartoretto, S. C., Uzeda, M. J., Miguel, F. B., Nascimento, J. R., Ascoli, F., & Calasans-Maia, M. D. (2016). Sheep as an experimental model for biomaterial implant evaluation. *Acta Ortopédica Brasileira*, 24(5), 262-266. <https://doi.org/10.1590/1413-785220162405161949>
- Sauerbier, S., Gutwald, R., & Schmelzeisen, R. (2010). BMAC technique—Method, state of the art and potential [BMAC-technik—Methode, aktueller stand und potenzial]. *Implantologie*, 18(3), 261-275.
- Sauerbier, S., Stricker, A., Kuschnierz, J., Bühler, F., Oshima, T., Xavier, S. P., Schmelzeisen, R., & Gutwald, R. (2010). In vivo comparison of hard tissue regeneration with human mesenchymal stem cells processed with either the ficoll

- method or the BMAC method. *Tissue Engineering - Part C: Methods*, 16(2), 215-223. <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2009.0269>
- Savva, L. C. (2022). What recent evidence exists to support the use of platelet-rich fibrin in clinical dentistry? A systematic literature review. *Oral Surgery*, 15(4), 681-700. <https://doi.org/10.1111/ors.12725>
- Schimming, R., & Schmelzeisen, R. (2004). Tissue-engineered bone for maxillary sinus augmentation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 62(6), 724-729. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2004.01.009>
- Schliephake, H., Aref, A., Scharnweber, D., Bierbaum, S., Roessler, S., & Sewing, A. (2005). Effect of immobilized bone morphogenic protein 2 coating of titanium implants on peri-implant bone formation. *Clinical Oral Implants Research*, 16(5), 563-569. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01143.x>
- Schroeder, A., & Buser, D. A. (1989). ITI-system. Basic and clinical procedures. *Shigaku. Odontology; Journal of Nippon Dental College*, 77(SPEC), 1267-1288.
- Schrooten, J., Van Oosterwyck, H., Vander Sloten, J., & Helsen, J. A. (1999). Adhesion of new bioactive glass coating. *Journal of Biomedical Materials Research*, 44(3), 243-252. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(19990305\)44:3<243::AID-JBM2>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(19990305)44:3<243::AID-JBM2>3.0.CO;2-O)
- Schwarz, F., Bieling, K., Latz, T., Nuesry, E., & Becker, J. (2006). Healing of intrabony peri-implantitis defects following application of a nanocrystalline hydroxyapatite (Ostim™) or a bovine-derived xenograft (Bio-Oss™) in combination with a collagen membrane (Bio-Gide™). A case series. *Journal of Clinical Periodontology*, 33(7), 491-499. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2006.00936.x>
- Scougall Vilchis, R. J. (2021). *Evaluación de las Propiedades Físico-Mecánicas de un Ionómero de Vidrio Híbrido y un Alcasite* [Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000806468/3/0806468.pdf>
- Sears, L. M., Wadhvani, C. P. K., Schoenbaum, T. R., Chung, K.-H., & Cagna, D. R. (2020). Biologic debris retention in implant impression copings, scan bodies, and laboratory analogs. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 35(1),

135-140. <https://doi.org/10.11607/jomi.7797>

Serino, G., Biancu, S., Iezzi, G., & Piattelli, A. (2003). Ridge preservation following tooth extraction using a polylactide and polyglycolide sponge as space filler: A clinical and histological study in humans. *Clinical Oral Implants Research*, 14(5), 651-658. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2003.00970.x>

Serra Fanals, M. (2020). *Análisis crítico de correlaciones básicas existentes entre la microestructura y las propiedades mecánicas de carburos cementados* [Master thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/336813>

Sevimay, M., Usumez, A., & Eskitascioglu, G. (2005). The influence of various occlusal materials on stresses transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: A three-dimensional finite-element study. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 73(1), 140-147. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30191>

Sewerin, I. P. (1989). Radiographic control of fixture-abutment connection in Brånemark implant technique. *European Journal of Oral Sciences*, 97(6), 559-564. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1989.tb00931.x>

Shabalovskaya, S. A. (1996). On the nature of the biocompatibility and on medical applications of NiTi shape memory and superelastic alloys. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 6(4), 267-289. <https://doi.org/10.3233/bme-1996-6405>

Shah, M. S., Duraisamy, R., Devi S., S., & Kumar M. P., S. (2020). Recent Advances in Implant Biomaterials—A Review. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(4), Article 4.

Sharanraj, V., & Ramesha, C. M. (2017). Finite element analysis of Ti-6Al-4V ELI and alumina bio-inert material used in molar tooth dental implant applications. *InterCeram: International Ceramic Review*, 66(3), 90-94. <https://doi.org/10.1007/bf03401204>

Shi, T.-L., Zhang, Y.-F., Yao, M.-X., Li, C., Wang, H.-C., Ren, C., Bai, J.-S., Cui, X., & Chen, W. (2023). Global trends and hot topics in clinical applications of perovskite materials: A bibliometric analysis. *Biomaterials Translational*, 4(3), 131-141.

<https://doi.org/10.12336/biomatertransl.2023.03.002>

- Shi, X., Xu, Q., Tian, A., Tian, Y., Xue, X., Sun, H., Yang, H., & Dong, C. (2015). Antibacterial activities of TiO₂ nanotubes on *Porphyromonas gingivalis*. *RSC Advances*, 5(43), 34237-34242. <https://doi.org/10.1039/c5ra00804b>
- Shivgotra, R., Soni, B., Kaur, M., & Thakur, S. (2023). Advancement in Biomaterials in the Form of Implants. *Engineering Materials*, 2023, 281-322. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6698-1_10
- Si, J., Zhang, J., Liu, S., Zhang, W., Yu, D., Wang, X., Guo, L., & Shen, S. G. F. (2014). Characterization of a micro-roughened TiO₂/ZrO₂ coating: Mechanical properties and HBMSC responses in vitro. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 46(7), 572-581. <https://doi.org/10.1093/abbs/gmu040>
- Silva, A., & Plaine, A. H. (2023). Electrochemical corrosion study of biomaterials: A bibliometric study based on co-word analysis. *Results in Engineering*, 20, 101489. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101489>
- Silva, C. C., Graça, M. P. F., & Sombra, A. S. B. (2017). Electrical, structural and in-vivo analysis of nanocrystalline hydroxyapatite powders and composites. En *Electrical Measurements: Introduction, Concepts and Applications*. Nova Science Publishers, Inc. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85044666580&partnerID=40&md5=368359af6c4f1fdf80c9bbce2f3263aa>
- Simionescu, N., Benea, L., & Dumitrascu, V. M. (2018). The Synergistic Effect of Proteins and Reactive Oxygen Species on Electrochemical Behaviour of 316L Stainless Steel for Biomedical Applications. En G. C. M. R. Sandu A.V. Sandu I. ., Abdullah M. M. A. B. ., Vizureanu P. (Ed.), *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 374, Número 1). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/374/1/012058>
- Sivrikaya, E. C., Guler, M. S., & Bekci, M. L. (2020). A comparative study between zirconia and titanium abutments on the stress distribution in parafunctional loading: A 3D finite element analysis. *Technology and Health Care*, 28(6), 603-613. <https://doi.org/10.3233/THC-202305>
- Slomion, M., Matuszewski, M., & Styp-Rekowski, M. (2021). An analysis of selected

- functional characteristics of temporary restorative materials used in conservative dentistry [Analiza wybranych cech użytkowych tymczasowych materiałów odtwórczych stosowanych w stomatologii zachowawczej]. *Tribologia*, 281(5), 101-108. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.7659>
- Soubelet, C. (2022). *Desarrollo y propiedades de cerámicos zirconia/vidrio bioactivo con aplicaciones odontológicas* [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/140381>
- Sousa, G. H., Lima Gonçalves, R., Figueiredo, B., Moreira Dias, V. C., Mendes, A. C., Bueno Melo, V. de C., Guimarães Rodrigues, A., & dos Santos Chaves, H. G. (2024). Exploring vital pulp Therapies: A bibliometric analysis of the most cited articles. *The Saudi Dental Journal*, 36(5), 778-788. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2024.02.007>
- Souza, K. S., Jaimes, R. F. V. V., Rogero, S. O., Nascente, P. A. P., & Agostinho, S. M. L. (2016). In vitro cytotoxicity test and surface characterization of cocrw alloy in artificial saliva solution for dental applications. *Brazilian Dental Journal*, 27(2), 181-186. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201300513>
- Squier, R. S., Agar, J. R., Duncan, J. P., & Taylor, T. D. (2001). Retentiveness of Dental Cements Used with Metallic Implant Components. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 16(6), 793-798.
- Stares, S. L., Boehs, L., Fredel, M. C., Aragonês, A., & Duek, E. A. R. (2012). Self-reinforced bioresorbable polymer P (L/DL) la 70:30 for the manufacture of craniofacial implant. *Polimeros*, 22(4), 378-383. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282012005000056>
- Stübinger, S., & Dard, M. (2013). The Rabbit as Experimental Model for Research in Implant Dentistry and Related Tissue Regeneration. *Journal of Investigative Surgery*, 26(5), 266-282. <https://doi.org/10.3109/08941939.2013.778922>
- Subramani, K., Elhissi, A., Subbiah, U., & Ahmed, W. (2019). Introduction to nanotechnology. En *Nanobiomaterials in Clinical Dentistry*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815886-9.00001-2>
- Suffo, M., Vilches-Pérez, J. I., & Salido-Peracaula, M. (2020). Comparative Analysis of the

Adhesion of Metallic Inserts on Dental Implants-Prosthetic Assembly Generated by Polymeric Materials Used for Additive Manufacturing. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 245-253. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41200-5_27

Susin, C., Qahash, M., Polimeni, G., Lu, P. H., Prasad, H. S., Rohrer, M. D., Hall, J., & Wikesjö, U. M. E. (2010). Alveolar ridge augmentation using implants coated with recombinant human bone morphogenetic protein-7 (rhBMP-7/rhOP-1): Histological observations. *Journal of Clinical Periodontology*, 37(6), 574-581. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2010.01554.x>

Tahriri, M., Del Monico, M., Moghanian, A., Tavakkoli Yaraki, M., Torres, R., Yadegari, A., & Tayebi, L. (2019). Graphene and its derivatives: Opportunities and challenges in dentistry. *Materials Science and Engineering C*, 102, 171-185. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.04.051>

Takahashi, M., Kikuchi, M., Hatori, K., Orii, Y., Sasaki, K., & Takada, Y. (2009). Calcium phosphate formation on Ti-Ag alloys in simulated body fluid. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 4(3), 318-325. <https://doi.org/10.1299/jbse.4.318>

Tatullo, M., Riccitiello, F., Rengo, S., Marrelli, B., Valletta, R., & Spagnuolo, G. (2020). Management of Endodontic and Periodontal Lesions: The Role of Regenerative Dentistry and Biomaterials. *Dentistry Journal*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/dj8020032>

Tayanloo-Beik, A., Nikkhah, A., Roudsari, P. P., Aghayan, H., Rezaei-Tavirani, M., Nasli-Esfahani, E., Mafi, A. R., Nikandish, M., Shouroki, F. F., Arjmand, B., & Larijani, B. (2023). Application of Biocompatible Scaffolds in Stem-Cell-Based Dental Tissue Engineering. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1409, 83-110. https://doi.org/10.1007/5584_2022_734

Tayebi, L., & Moharamzadeh, K. (2017a). *Biomaterials for Oral and Dental Tissue Engineering*. Woodhead Publishing.

Tayebi, L., & Moharamzadeh, K. (2017b). Biomaterials for Oral and Dental Tissue Engineering. En *Biomaterials for Oral and Dental Tissue Engineering*. Elsevier Inc. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85042232195&partnerID=40&md5=dc0b1e7bb85078b267f51096b1cb91cc

- Tazaki, J., Murata, M., Nakanishi, Y., Ochi, M., Hirose, Y., Akazawa, T., Yodogawa, S., Hino, J., Ito, K., Kitajo, H., Arisue, M., & Shibata, T. (2012). Simultaneous implantation of dental implants and autogenous human dentin. *Key Engineering Materials*, 493-494, 426-429. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.493-494.426>
- Thomas, C. V., McMillan, K. G., Jeynes, P., Martin, T., & Parmar, S. (2013). Use of a titanium cutting guide to assist with raising and inset of a DCIA free flap. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 51(8), 958-961. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2013.04.014>
- Thomas, M. V., & Puleo, D. A. (2009). Calcium sulfate: Properties and clinical applications. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 88(2), 597-610. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.31269>
- Thomas, M. V., Puleo, D. A., & Al-Sabbagh, M. (2005a). Bioactive glass three decades on. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 15(6), 585-597. <https://doi.org/10.1615/JLongTermEffMedImplants.v15.i6.20>
- Thomas, M. V., Puleo, D. A., & Al-Sabbagh, M. (2005b). Calcium sulfate: A review. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 15(6), 599-607. <https://doi.org/10.1615/JLongTermEffMedImplants.v15.i6.30>
- Todros, S., Todesco, M., & Bagno, A. (2021). Biomaterials and Their Biomedical Applications: From Replacement to Regeneration. *Processes*, 9(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/pr9111949>
- Torres del Castillo, M. A. (2016). *Potencial de la adición de nanofibras de frafeno en la resistencia mecánica de resinas autopolimerizables para aplicaciones en implanto-prótesis* [doctoralThesis]. <https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/1817>
- Trindade, R., Albrektsson, T., Tengvall, P., & Wennerberg, A. (2016). Foreign Body Reaction to Biomaterials: On Mechanisms for Buildup and Breakdown of Osseointegration. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 18(1), 192-203. <https://doi.org/10.1111/cid.12274>
- Tschernitschek, H., Borchers, L., & Geurtsen, W. (2005). Nonalloyed titanium as a bioinert

- metal-a review. *Quintessence International*, 36(7), 523-530.
- Ullah, R., Asghar, I., & Griffiths, M. G. (2023). An Integrated Methodology for Bibliometric Analysis: A Case Study of Internet of Things in Healthcare Applications. *Sensors*, 23(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/s23010067>
- Urban, I. A., Nagursky, H., & Lozada, J. L. (2011). Horizontal ridge augmentation with a resorbable membrane and particulated autogenous bone with or without anorganic bovine bone-derived mineral: A prospective case series in 22 patients. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 26(2), 404-414.
- Uscategui, Y. L., Díaz, L. E., & Valero, M. F. (2018). APLICACIONES BIOMÉDICAS DE POLIURETANOS. *Química Nova*, 41, 434-445. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170191>
- Vaquette, C., Carluccio, D., Batstone, M., & Ivanovski, S. (2023). Workflow for Fabricating 3D-Printed Resorbable Personalized Porous Scaffolds for Orofacial Bone Regeneration. *Methods in Molecular Biology*, 2588, 485-492. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2780-8_29
- Vidalón Pinto, M. E. (2019). Evaluación de la resistencia comprensiva tangencial en premolares con tratamiento de conductos, restaurados con poste colado y fibra de vidrio anatomizado en distintos niveles de remanente coronario. *Universidad Científica del Sur*. <https://doi.org/10.21142/tb.2020.1275>
- Vogel, W., & Höland, W. (1987). The Development of Bioglass Ceramics for Medical Applications. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 26(6), 527-544. <https://doi.org/10.1002/anie.198705271>
- Volpe, S., Volpe, L., Pagliani, P., & Pagliani, L. (2023). Sinus lift, innovative crestal approach: Atraumatic technique with multiblade cutters [Rialzo del seno mascellare, innovativo approccio crestale: Tecnica atraumatica con frese multilama]. *Dental Cadmos*, 91(6), 488-498. <https://doi.org/10.19256/d.cadmos.06.2023.08>
- Wahab, M. A., Islam, N., Hoque, M. E., & Young, D. J. (2018). Recent advances in silver nanoparticle containing biopolymer nanocomposites for infectious disease control – a mini review. *Current Analytical Chemistry*, 14(3), 198-202.

<https://doi.org/10.2174/1573411013666171009163829>

Wang, D., Lott, P., Sarver, D. B., Livada, R., Kaur, M., Reddy, M., & Lemons, J. (2009). A novel technique for the quantification of demineralized bone matrix versus new bone in dental extraction sockets. *Journal of Histotechnology*, 32(4), 204-206. <https://doi.org/10.1179/his.2009.32.4.204>

Wang, G., & Zreiqat, H. (2010). Functional coatings or films for hard-tissue applications. *Materials*, 3(7), 3994-4050. <https://doi.org/10.3390/ma3073994>

Watazu, A., Li, Y.-Z., Tsutsumi, S., Matsumura, K., & Saito, N. (2007). Plastic Deformation of Titanium for Implantation of Hydroxyapatite Granules. En M. K. Niinomi M. Akiyama S. ,. Ikeda M. ,. Hagiwara M. (Ed.), *Ti-2007—Proceedings of the 11th World Conference on Titanium* (Vol. 2, pp. 1469-1472). Japan Institute of Metals (JIM). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85182273136&partnerID=40&md5=08804073a5a4cfc1b81f2612b44665a9>

Webster, T. J., Siegel, R. W., & Bizios, R. (1999). Design and evaluation of nanophase alumina for orthopaedic/dental applications. *Nanostructured Materials*, 12(5), 983-986. [https://doi.org/10.1016/S0965-9773\(99\)00283-4](https://doi.org/10.1016/S0965-9773(99)00283-4)

Weshler, M., & Antoniac, I. V. (2016). Guided bone regeneration for dental implants. En *Handbook of Bioceramics and Biocomposites*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12460-5_52

Wiesli, M. G., & Özcan, M. (2015). High-Performance Polymers and Their Potential Application as Medical and Oral Implant Materials: A Review. *Implant Dentistry*, 24(4), 448-457. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000285>

Wilches Visbal, J. H., & Castillo-Pedraza, M. C. (2022). Indicadores bibliométricos: Impacto y altmetrics para una evaluación amplia y equitativa de las revistas científicas de Colombia. *MedUNAB; Vol. 25 Núm. 1 (2022): abril - julio 2022: Enfermedades Respiratorias, Telemedicina, Uso de Tabaco. Páginas 5-8*. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/16723>

Willmann, G. (1996). Reliable biomaterials: Ceramics and coatings based on hydroxyapatite [Bewaehrte Biomaterialien: Keramik und Beschichtung auf Hydroxylapatit-Basis]. *Keramische Zeitschrift*, 48(10).

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

[0030261930&partnerID=40&md5=ee40b32b7660a8153421b823c7bb1f3c](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0030261930&partnerID=40&md5=ee40b32b7660a8153421b823c7bb1f3c)

Wong-Hernández, L., Bringas, R., Menendez, T., Delgado, J. A., Almirall, A., Alfonso, A., Marrero, G., & Zaldívar-Silva, D. (2019). Biomateriales: Del laboratorio al mercado. *Revista Cubana de Química*, 31, 58-70.

Xavier, J. R., Desai, P., Varanasi, V. G., Al-Hashimi, I., & Gaharwar, A. K. (2015). Advanced nanomaterials: Promises for improved dental tissue regeneration. En *Nanotechnology in Endodontics: Current and Potential Clinical Applications*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13575-5_2

Xie, B., Xu, D., Zou, X.-Q., Lu, M.-J., Peng, X.-L., & Wen, X.-J. (2024). Artificial intelligence in dentistry: A bibliometric analysis from 2000 to 2023. *Journal of Dental Sciences*, 19(3), 1722-1733. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.10.025>

Yadav, R., Meena, A., & Patnaik, A. (2022). Biomaterials for dental composite applications: A comprehensive review of physical, chemical, mechanical, thermal, tribological, and biological properties. *Polymers for Advanced Technologies*, 33(6), 1762-1781. <https://doi.org/10.1002/pat.5648>

Yamamoto, H., Shibata, Y., Tachikawa, T., & Miyazaki, T. (2006). In vivo performance of two different hydroxyapatite coatings on titanium prepared by discharging in electrolytes. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 78(1), 211-214. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30477>

Yin, H., Yang, X., Peng, L., Xia, C., Zhang, D., Cui, F., Huang, H., & Li, Z. (2022). Trends of calcium silicate biomaterials in medical research and applications: A bibliometric analysis from 1990 to 2020. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.991377>

Yuce, M. O., Adali, E., Turk, G., Isik, G., & Gunbay, T. (2019). Three-dimensional bone grafting in dental implantology using autogenous bone ring transplant: Clinical outcomes of a one-stage technique. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 22(7), 977-981. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_652_18

Yuvaraj, N., Pavithra, E., & Shamli, C. S. (2020). Investigation of surface morphology and topography features on abrasive water jet milled surface pattern of SS 304. *Journal*

- of Testing and Evaluation*, 48(4). <https://doi.org/10.1520/JTE20180856>
- Zafar, M. S., Khurshid, Z., Najeeb, S., Zohaib, S., & Rehman, I. U. (2017). Therapeutic applications of nanotechnology in dentistry. En *Nanostructures for Oral Medicine*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-47720-8.00027-4>
- Zhang, D., Ren, L., Yang, K., Zhang, Y., Xue, N., & Guo, Y. (2015). 705 Antibacterial activity of Cu ions released from 316L-Cu antibacterial stainless steel. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 19(25), 4027-4032. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.2015.25.018>
- Zhang, F., Weidmann, A., Nebe, J. B., Beck, U., & Burkel, E. (2010). Preparation, microstructures, mechanical properties, and cytocompatibility of TiMn alloys for biomedical applications. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 94(2), 406-413. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.31668>
- Zhang, S., Zhang, C.-H., Wang, Q., Man, H.-C., & Liu, C.-S. (2007). Effect of laser gas nitriding for biological activities on NiTi alloy. *Zhongguo Jiguang/Chinese Journal of Lasers*, 34(SUPPL.), 8-11.
- Zhu, S., Liu, Y., Gu, Z., & Zhao, Y. (2021). A Bibliometric Analysis of Advanced Healthcare Materials: Research Trends of Biomaterials in Healthcare Application. *Advanced Healthcare Materials*, 10(10), 2002222. <https://doi.org/10.1002/adhm.202002222>
- Zielinski, A., & Sobieszczyk, S. (2008). Corrosion and fracture of Ti bioalloys. *17th European Conference on Fracture 2008: Multilevel Approach to Fracture of Materials, Components and Structures*, 2, 1225-1232. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84866070597&partnerID=40&md5=1ec990e77692d88013586aab467f3fd6>
- Zuhr, O., Bäumer, D., & Hürzeler, M. (2014). The addition of soft tissue replacement grafts in plastic periodontal and implant surgery: Critical elements in design and execution. *Journal of Clinical Periodontology*, 41, S123-S142. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12185>

Anexos

Tabla 31. Lista de verificación PRISMA 2020

Sección/tema	Ítem	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem
TÍTULO			
Título	1	Identificar el informe como una revisión sistemática.	Página 1
RESUMEN			
Resumen estructurado	2	Proporcione un resumen estructurado que incluya los objetivos, métodos, resultados y conclusiones.	Página 7
INTRODUCCIÓN			
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	Páginas 26 – 27
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	Páginas 24 – 25
MÉTODOS			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.	Página 46
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios.	Página 47
Estrategia de búsqueda	7	Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez. Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	Páginas 46 – 47
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizada en el proceso.	Páginas 47 – 48
Proceso de extracción de los	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los	Página 48

datos		informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso. Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger. Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso. Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados	
Lista de los datos	10		Páginas 47 – 48
Evaluación del riesgo de sesgo	11		Página 48
Medidas del efecto	12		Página 47
Métodos de síntesis	13	Describir los métodos utilizados para sintetizar los datos.	Página 48
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	Página 49
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	Páginas 48-49
RESULTADOS			
Selección de los estudios	16	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo (ver figura 1).	Página 50
Características de los estudios	17	Resumir las características de los estudios incluidos.	Página 50

Resultados de los estudios individuales	18	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	Páginas 50 – 143
Resultados de la síntesis	19	Para cada síntesis, resume brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	Páginas 143 – 151
Sesgos en la publicación	20	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.	Páginas 143 – 151
Resultados Adicionales	21	Describa cualquier análisis adicional realizado, como los análisis de sensibilidad o subgrupos.	Páginas 143 – 151
DISCUSIÓN			
Discusión	22. Resumen de la evidencia	Resuma los hallazgos principales, destacando la solidez y limitaciones de la evidencia.	Páginas 143 – 151
	23. Limitaciones	Discuta las limitaciones del estudio a nivel de la revisión y de los estudios incluidos.	Páginas 27 – 28
	24. Conclusiones	Proporcione una interpretación general de los resultados y sus implicaciones para la práctica, la política y la investigación futura.	Páginas 152 – 156
OTRA INFORMACIÓN			
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	-
Conflicto de interés	26	Declarar cualquier conflicto de interés potencial.	-
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Proporcione información sobre la disponibilidad de los datos utilizados en la revisión.	-

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

