



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**IMPRESIONES 3D EN REHABILITACIÓN ORAL:
ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO (2020 – 2024)**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN
ESTOMATOLOGÍA**

Autora:

Vasquez Quepuy Margot
<http://orcid.org/0000-0001-8268-5653>

Asesora:

Dra. C.D. La Serna Solari Paola Beatriz
<http://orcid.org/0000-0002-4073-7387>

Línea de Investigación

**Calidad de vida, promoción de la salud del individuo y la
comunidad para el desarrollo de la sociedad**

Sublínea de Investigación

Acceso y cobertura de los sistemas de atención sanitaria

Pimentel – Perú

2024




DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy **VASQUEZ QUEPUY MARGOT** egresada del Programa de Estudios de **ESTOMATOLOGÍA** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autora del trabajo titulado:

IMPRESIONES 3D EN REHABILITACIÓN ORAL: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO (2020 – 2024)

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firmo:

squez Quepuy Margot	I: 75518318	
---------------------	-------------	---

Pimentel, 02 de Enero del 2025

REPORTE TURNITIN






22% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios, el me acompaña y guía en mi camino, a mis padres, quienes han sido mi motivación y fundamental inspiración para nunca rendirme por más difícil que sea la meta, a mis hermanos por siempre tener una voz de aliento para seguir adelante y a mis queridos docentes, cada uno de ellos es pieza clave de mi formación como profesional, les dedico mi presente investigación en gratitud a ellos por haber compartido conmigo sus conocimientos y sabios consejos.

Agradecimientos

Estoy agradecida con Dios por darme la vida y capacidad para lograr muchas metas, a Maritza, por apoyar mis sueños, creer en mí y apoyarme incondicionalmente, a mis papás, por su amor, por darme el impulso de nunca rendirme y ser mi ejemplo de lucha ante las adversidades; a mis hermanos, cada consejo suyo, palabras de aliento y apoyo me han ayudado mucho y a Manuel, mi compañero de buenos y difíciles momentos, pero que nunca dejó de sostener mi mano en este camino, por ser mi soporte y motivación siempre.

Asimismo, un especial reconocimiento a mi asesora, la admirable Dra. Paola La Serna Solari, por ser mi guía académica, por su paciencia y apoyo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
TABLAS.....	8
FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. HIPÓTESIS	18
1.4. OBJETIVOS.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos	18
1.5. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	18
Impresiones convencionales vs. digitales.....	18
La impresión 3D.....	20
Tecnología CAD-CAM	22
Escáneres para impresión 3D.....	24
Diseño de sonrisa digitalizada (DSD)	27
Tecnología 3D aplicada a la ejecución clínica en la rehabilitación oral	29
Planeamiento digital	29
Articulador digital	31
Planeamiento quirúrgico	33
Captura de implantes de precisión (PIC)	35
Tecnología 3D aplicada a la ejecución laboratorial de la rehabilitación oral.....	36
Proyectos digitales.....	36
Fresado e impresión 3D	38
Ventajas y desventajas.....	40
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	42
ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA, CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN, INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS Y ESTADÍSTICA.....	42
III. RESULTADOS	44
TENDENCIA INVESTIGATIVA INTERNACIONAL DE LA IMPRESIÓN 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL	44
INVESTIGADORES CON ALTA PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA Y CITACIONES.....	54
REVISTAS DE MAYOR RELEVANCIA CIENTÍFICA	57
PAÍSES E INSTITUCIONES QUE CONTRIBUYEN A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	59
PALABRAS CLAVE MÁS USADAS POR LOS AUTORES EN SUS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS.....	62
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	65

DISCUSIÓN.....	65
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
V. REFERENCIAS	71
ANEXOS.....	79

Tablas

TABLA 1: DATA Y TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE PUBLICACIONES SOBRE LAS IMPRESIONES 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL ENTRE 2020 Y 2024.....	44
TABLA 2: PUBLICACIONES INDEXADAS EN LA BASE DE DATOS ACADÉMICA DE LA BIBLIOTECA VIRTUAL SCOPUS SOBRE LAS IMPRESIONES 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL DESDE EL 2020 AL 2024	45
TABLA 3: ANÁLISIS DE LOS AUTORES CON ALTA PRODUCTIVIDAD Y AQUELLOS CON MAYOR NÚMERO DE CITACIONES EN EL ÁMBITO DE LA IMPRESIÓN 3D APLICADA A LA REHABILITACIÓN ORAL ENTRE LOS AÑOS 2020 Y 2024	55
TABLA 4: ANÁLISIS DE LAS 5 REVISTAS CON MAYOR RELEVANCIA CIENTÍFICA QUE APORTARON A LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA IMPRESIÓN 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL DURANTE LOS AÑOS 2020 – 2024.....	57
TABLA 5: ANÁLISIS DE LOS PAÍSES MÁS CONTRIBUYENTES CON DOCUMENTOS Y CITACIONES ENTRE SOBRE LAS IMPRESIONES 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL DURANTE LOS AÑOS 2020 – 2024	59
TABLA 6: ANÁLISIS DE LAS INSTITUCIONES MÁS CONTRIBUYENTES EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA SOBRE LA IMPRESIÓN 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL DURANTE LOS AÑOS 2020 – 2024....	61
TABLA 7: PALABRAS CLAVE MÁS USADAS POR LOS AUTORES EN SUS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS SOBRE LA IMPRESIÓN 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL.....	63

Figuras

FIGURA 1: MÉTODO DE CONSULTA USADO PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE LA BIBLIOTECA ACADÉMICA SCOPUS (LINK DE BÚSQUEDA).....	42
FIGURA 2: CRECIMIENTO DE PUBLICACIONES SOBRE LAS IMPRESIONES 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL DEL 2020 A 2024, CON UN INCREMENTO POSITIVO ANUALMENTE, DESTACANDO EL 2022.	45
FIGURA 3: A) DISTRIBUCIÓN DE LOS INVESTIGADORES MÁS PRODUCTIVOS Y SUS REDES DE COLABORACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE IMPRESIÓN 3D APLICADA A LA REHABILITACIÓN ORAL, ABARCANDO EL PERÍODO 2020-2024. B) LOS NODOS COLOREADOS EN ROJO, QUE INDICAN UNA MAYOR DENSIDAD, SEÑALAN A LOS INVESTIGADORES MÁS DESTACADOS POR SU PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA EN ESTE CAMPO.....	56
FIGURA 4: RESALTANDO LAS PUBLICACIONES MÁS INFLUYENTES Y DE MAYOR IMPACTO, EL JOURNAL OF PROSTHODONTICS SE DESTACA COMO LA REVISTA CON EL MAYOR NÚMERO DE PUBLICACIONES DESDE EL AÑO 2022 HASTA EL PRESENTE.....	58
FIGURA 5: A) RED DE LAS REVISTAS DE MAYOR RELEVANCIA CIENTÍFICA B) MAPA DE CALOR QUE MUESTRA EL IMPACTO DEL JOURNAL OF PROSTHODONTICS, DESTACÁNDOSE COMO LA REVISTA CON MAYOR NÚMERO DE PUBLICACIONES, REPRESENTADO POR UN NODO DE CALOR ROJO. .	59
FIGURA 6: A) MAPA QUE MUESTRA LOS PAÍSES CON MAYOR INFLUENCIA Y APORTES A LA INVESTIGACIÓN ENTRE 2020 Y 2024. EL TAMAÑO DE LAS BURBUJAS REFLEJA LA CANTIDAD DE PUBLICACIONES GENERADAS. B) LAS BURBUJAS DE MAYOR DENSIDAD Y COLOR ROJO REPRESENTAN LOS PAÍSES CON MAYOR NÚMERO DE DOCUMENTOS PUBLICADOS, DESTACANDO A ESTADOS UNIDOS.....	60
FIGURA 7: A) RED DE INSTITUCIONES QUE RESPALDARON LA COLABORACIÓN EN EL DESARROLLO DE INVESTIGACIONES SOBRE LA IMPRESIÓN 3D EN LA REHABILITACIÓN ORAL. B) LOS NODOS DE MAYOR DENSIDAD, REPRESENTADOS EN COLOR ROJO, INDICAN LAS INSTITUCIONES CON MAYORES CONTRIBUCIONES A LA INVESTIGACIÓN, DESTACANDO AL LABORATORIO DE DISCIPLINE OF PROSTHODONTICS DE LA UNIVERSIDAD DE ESTUDIANTES DE MILÁN EN ITALIA POR SU SIGNIFICATIVA APORTACIÓN CIENTÍFICA.....	62
FIGURA 8: A) RED TOTAL DE ENLACES DE LAS PALABRAS CLAVE Y CÓMO SE CONECTAN ENTRE SÍ, DESTACÁNDOSE LAS MÁS MENCIONADAS EN LAS INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INDEXADAS. B) MAPA DE CALOR QUE REFLEJA LA INTENSIDAD DE LAS PALABRAS CLAVE, MOSTRANDO CON GRAN CLARIDAD QUE "3D PRINTING" ES LA QUE HA TENIDO MAYOR NÚMERO DE OCURRENCIAS E INTENSIDAD EN SUS CONEXIONES.	64
FIGURA 9: TIPO DE ANÁLISIS: CO-AUTORÍA; UNIDAD DE ANÁLISIS: AUTORES; MÉTODO DE CONTEO: CONTEO TOTAL (IGNORAR DOCUMENTOS CON MÁS DE 25 AUTORES)	79
FIGURA 10: MÍNIMO DE DOCUMENTOS POR AUTOR: 2; MÍNIMO DE CITACIONES POR AUTOR: 0; UMBRALES: 11 UMBRALES DE 315 AUTORES.	79
FIGURA 11: TIPO DE ANÁLISIS: CITACIONES; UNIDAD DE ANÁLISIS: FUENTES/REVISTA; MÉTODO DE CONTEO: DIRECTO (DEFAULT).....	80
FIGURA 12: MÍNIMO DE DOCUMENTOS POR REVISTA: 3; MÍNIMO DE CITACIONES POR REVISTAS: 0; UMBRALES: 6 UMBRALES DE 36 FUENTES/REVISTAS.....	80
FIGURA 13: TIPO DE ANÁLISIS: CITACIONES; UNIDAD DE ANÁLISIS: PAÍSES; MÉTODO DE CONTEO: DIRECTO (DEFAULT) (IGNORAR DOCUMENTOS CON MÁS DE 25 PAÍSES EN CO-AUTORÍA)	81

FIGURA 14: MÍNIMO DE DOCUMENTOS POR PAÍSES: 3; MÍNIMO DE CITACIONES POR PAÍSES: 0; UMBRALES: 8 UMBRALES DE 35 PAÍSES	81
FIGURA 15: TIPO DE ANÁLISIS: CITACIÓN; UNIDAD DE ANÁLISIS: ORGANIZACIONES; MÉTODO DE CONTEO: DIRECTO (DEFAULT) (IGNORAR DOCUMENTOS CON MÁS DE 25 ORGANIZACIONES EN CO-AUTORÍA)	82
FIGURA 16: MÍNIMO DE DOCUMENTOS POR ORGANIZACIONES: 1; MÍNIMO DE CITACIONES POR PAÍSES: 0; UMBRALES: 195 UMBRALES DE 195 ORGANIZACIONES	82
FIGURA 17: TIPO DE ANÁLISIS: CO-OCURRENCIA; UNIDAD DE ANÁLISIS: PALABRAS CLAVE DEL AUTOR; MÉTODO DE CONTEO: CONTEO TOTAL	83
FIGURA 18: MÍNIMO DE DOCUMENTOS POR PALABRA CLAVE: 3; UMBRALES: 12 UMBRALES DE 291 PALABRAS CLAVE.....	83

Resumen

Introducción: La adopción de tecnologías de vanguardia en la rehabilitación oral ha supuesto un avance trascendental, especialmente con la llegada de la impresión 3D. Esta técnica posibilita la creación de dispositivos dentales a medida con una precisión y rapidez que superan con creces los métodos tradicionales. **Objetivo:** Describir la tendencia investigativa internacional sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral (2020 – 2024). **Discusión:** Este análisis bibliométrico ofreció una perspectiva detallada sobre la evolución de la investigación internacional en el ámbito de la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral. Los datos revelaron un crecimiento constante entre 2020 y 2024, con una tasa general del 27.29%, la cual continúa en aumento. Además, se identificaron variaciones significativas en dicho crecimiento: entre 2020 y 2021, se registró un aumento del 50.00%; de 2021 a 2022, el crecimiento fue aún más notable, alcanzando un 88.89%; durante 2022 y 2023 hubo una pequeña variación, cayendo – 41.18%, pero entre 2023 y 2024 se experimentó un notable repunte con un incremento del 60.00%. **Conclusiones:** La tendencia investigativa internacional sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral experimenta un notable crecimiento, evidenciando un aumento en el interés y la actividad dentro de este campo de la odontología, subrayando la relevancia e impacto de esta tecnología, destacándose de manera significativa en la actualidad.

Palabras Clave: Impresión 3D, rehabilitación Oral, odontología digital, CAD/CAM

Abstract

Introduction: The adoption of cutting-edge technologies in oral rehabilitation has been a transcendental advance, especially with the arrival of 3D printing. This technique makes it possible to create custom-made dental devices with a precision and speed that far exceeds traditional methods. **Goal:** To describe the international research trend on 3D printing in oral rehabilitation (2020 – 2024). **Discussion:** This bibliometric analysis offered a detailed perspective on the evolution of international research in the field of 3D printing applied to oral rehabilitation. The data revealed a constant growth between 2020 and 2024, with an overall rate of 27.29%, which continues to increase. In addition, significant variations in this growth were identified: between 2020 and 2021, an increase of 50.00% was recorded; From 2021 to 2022, the growth was even more remarkable, reaching 88.89%; During 2022 and 2023 there was a small variation, falling –41.18%, but between 2023 and 2024 there was a notable rebound with an increase of 60.00%. **Conclusions:** The international research trend on 3D printing in oral rehabilitation experiences a remarkable growth, evidencing an increase in interest and activity within this field of dentistry, underlining the relevance and impact of this technology, standing out significantly today.

Keywords: 3D printing, oral rehabilitation, digital dentistry, CAD/CAM

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La adopción de tecnologías de vanguardia en la rehabilitación oral ha supuesto un avance trascendental, especialmente con la llegada de la impresión 3D. Esta técnica posibilita la creación de dispositivos dentales a medida con una precisión y rapidez que superan con creces los métodos tradicionales¹. La capacidad de personalización que ofrece la impresión 3D no solo optimiza la estética y el ajuste de las prótesis, sino que también acorta considerablemente los tiempos de espera para los pacientes, mejorando la eficiencia y satisfacción en el proceso de rehabilitación. Gracias a estas técnicas, ahora es posible crear estructuras dentales de gran detalle, algo que resultaba complejo de lograr con los procedimientos convencionales².

A pesar de estas ventajas, la penetración de la impresión 3D en el sector dental no ha sido uniforme a nivel nacional. En áreas urbanas, donde el acceso a la última tecnología suele ser más frecuente, la adopción ha sido notable, reflejando una tendencia creciente hacia la digitalización completa de los procesos dentales. Por otro lado, en zonas rurales o menos desarrolladas, las barreras tecnológicas y la falta de formación específica en nuevas tecnologías siguen siendo desafíos significativos. La falta de recursos y capacitación impide que las clínicas en estas áreas adopten estas nuevas tecnologías, lo que agranda la brecha en la calidad del tratamiento dental entre zonas urbanas y rurales³.

Otro aspecto crítico es la resistencia al cambio por parte de los profesionales de la salud dental, quienes pueden ser reticentes a adoptar nuevas tecnologías por temor a la obsolescencia de sus habilidades tradicionales o por la inversión inicial que requieren estas tecnologías. Este fenómeno indica que la curva de aprendizaje para manejar software de diseño y equipos de impresión 3D puede ser desalentadora para profesionales acostumbrados a técnicas más convencionales⁴.

Adicionalmente, el costo inicial de la implementación de tecnología de impresión 3D en prácticas dentales es una barrera considerable. Aunque a largo plazo, la impresión

3D puede ser económicamente beneficiosa por la reducción de costos de material y tiempo, el desembolso inicial para adquirir equipos de impresión 3D de alta calidad y la formación necesaria para su uso puede ser prohibitivo para muchas clínicas pequeñas o individuales. El costo de estas tecnologías puede influir en la velocidad y el alcance de su adopción en diferentes sectores de la sociedad⁵.

Mientras que la impresión 3D presenta una revolución potencial en la rehabilitación oral, su adopción aún enfrenta múltiples desafíos. Estos incluyen desde la capacitación y la aceptación tecnológica hasta el costo y la accesibilidad geográfica, factores que deben ser abordados para maximizar el impacto positivo de esta tecnología en el campo dental⁶. La integración de estrategias que promuevan la educación continua, subsidios para tecnología avanzada, y una mayor colaboración entre desarrolladores de tecnología y profesionales dentales podría acelerar la adopción y los beneficios de la impresión 3D en la rehabilitación oral⁷.

Para abordar con mayor detalle este tema, es esencial comprender que el avance de las tecnologías digitales y los softwares forman parte de una transformación tecnológica más amplia en el campo de la odontología. Este proceso llevará el uso de la impresión 3D a un estadio superior en la rehabilitación oral, favoreciendo una mejora significativa en la comunicación e interacción entre los profesionales dentales involucrados en el tratamiento. El objetivo principal de este progreso es optimizar la calidad de la evaluación, diagnóstico y planificación del tratamiento de los pacientes.

En los antecedentes internacionales, Jané-Chimeno L, et al⁸, 2024; España. Presentaron una nueva técnica para restaurar dientes erosionados y recuperar la dimensión vertical con una técnica sencilla y predecible. La opción adecuada y conservadora fueron las restauraciones oclusales de mesa, devolviendo anatomía y el aumento de la dimensión vertical. Con la tecnología CAD-CAM, fue posible desarrollar una alternativa de fabricación de sobremesa oclusal utilizando la impresión 3D, permitiendo imprimir varias incrustaciones al mismo tiempo para una sola cementación. Concluyendo que este protocolo reduce la sensibilidad de la técnica en el proceso de rehabilitación oral de dimensión vertical.

Iwaki M, et al⁹, 2024; Japón. Evaluaron la aplicabilidad clínica de las prótesis impresas tridimensionales (3DP) mediante la comparación de dos prótesis totales fabricadas, una con tecnología CAD-CAM y otra convencional. Participaron 18 adultos edéntulos, que querían renovar dentaduras totales, a todos los participantes se le entregaron dos juegos de prótesis totales superior e inferior, unas impresas en 3D con CAD-CAM y otro juego del convencional. Evaluaron la satisfacción general de las prótesis totales en los pacientes, considerando que las CAD-3DP no eran inferiores a las prótesis convencionales. Concluyendo que las CAD-3DP cumplen la función y satisfacción al igual que una prótesis convencional.

Amarante B, et al¹⁰, 2024; Brasil. Describieron un caso de rehabilitación oral de un adolescente de 13 años con amelogénesis imperfecta. Se planificó una rehabilitación oral mínimamente invasiva utilizando flujo digital para la planificación del tratamiento y la impresión 3D de coronas dentales. Dividieron el tratamiento en 3 fases: preventiva, manejo de sensibilidad y tratamiento ortodóntico. El flujo digital y la impresión 3D mostraron excelentes beneficios, como previsibilidad del tratamiento, menos desperdicio de material, costo y tiempo de trabajo. Lograron un tratamiento exitoso, devolviéndole al paciente, la estética, funcionalidad oral y una buena calidad de vida.

Popescu A, et al¹¹, 2024; Romenia. Presentaron el trabajo digital de una férula oclusal mediante CAD-CAM con impresión 3D para detener el bruxismo de un paciente previamente rehabilitado. La tecnología utilizada para la fabricación de la férula oclusal incluyó como etapas: obtención de modelos digitales, creación del diseño digital de la férula, impresión 3D de la férula, adaptación de la férula en la arcada dental y en la oclusión. El paciente elegido presentaba bruxismo del sueño, llevó la férula oclusal durante 9 semanas, con comentarios positivos. Concluyendo que la tecnología digital propuesta para las férulas oclusales en el bruxismo es fiable, las férulas impresas en 3D son una alternativa viable a los aparatos oclusales convencionales en el bruxismo.

Rezaie F, et al¹², 2023; Irán. Usaron la impresión digital 3D para desarrollar estructuras dentales para reemplazar los métodos tradicionales, con las mismas propiedades mecánicas requeridas y estructuras detalladas. Esta nueva tecnología les permitió ampliar el grado de libertad para la rehabilitación oral requerida de sus

pacientes. Esta nueva tecnología la usaron para la impresión de varias prótesis parciales y totales, obteniendo una calidad de diseño relevante, verificando las limitaciones que actualmente se encuentran en la eficacia de la impresión 3D para la confección de estas. Concluyendo que crearon prótesis dentales más cómodas y de aspecto natural en un menor tiempo y con menor costo, lo que mejoró la experiencia de sus pacientes.

Catenace C, et al¹³, 2022; Brasil. Demostraron el flujo de trabajo clínico de la rehabilitación oral con prótesis superiores impresas con el uso del software CAD, fabricación aditiva e impresión 3D. Reduciendo el tiempo de atención clínica, buen costo con materiales, mejora en la calidad biomecánica y la adaptación de la prótesis. El tratamiento de rehabilitación oral se llevó a cabo de acuerdo a las necesidades del caso. Al instalar la prótesis total superior impresa en 3D, se demostró retención, estabilidad, oclusión, fonética y estética. Concluyendo que la prótesis dental impresa en 3D restableció el equilibrio al sistema estomatognático y proporcionó mejor calidad de vida al paciente.

En el ámbito Nacional, Osorio M¹⁴, 2024; Lima, Perú. Aplicó la tecnología CAD/CAM para la impresión en 3D de prótesis totales. Evaluando la retención, adaptación de la base, resistencia a la flexión y límite elástico de las prótesis totales. Estas ofrecieron mejor adaptación y retención al compararlas con las prótesis tradicionales, sin embargo no se encontró diferencias estadísticas a la resistencia de la flexión. Los pacientes experimentaron más satisfacción con prótesis impresas en 3D con mejor comodidad y eficacia. Concluyendo que la tecnología CAD/CAM está revolucionando la rehabilitación oral, ofreciendo mejores beneficios y ventajas, destacando en la odontología.

Palomino R, et al¹⁵, 2024; Lima, Perú. Analizaron las propiedades y diferentes características de los escáneres intraorales, los beneficios y precisión de la impresión 3D frente a las técnicas de impresión convencional. Observaron que el flujo de trabajo, el menor tiempo clínico y la celeridad en el tratamiento dental son una ventaja que brinda practicidad a los odontólogos. Aparte la precisión clínica obtenida con los escáneres a comparación de los métodos convencionales es muy evidente.

Concluyendo que es fundamental entender los factores que pueden disminuir la precisión del escaneo para que al momento de usar la impresión 3D se pueda maximizar el resultado final.

León J¹⁶, 2022; Arequipa, Perú. Analizó la resistencia a la compresión de dos resinas acrílicas que se utilizan para la impresión 3D de restauraciones provisionales, resina biocompatible 3D y el polimetilmetacrilato CAD/CAM. Elaboró 20 coronas provisionales molares y las dividió en dos grupos. El primer grupo con resina biocompatible 3D y el segundo grupo con polimetilmetacrilato CAD/CAM. Los resultados mostraron una diferencia significativa en la resistencia a la compresión entre los grupos. El grupo con resina 3D (Harzlab) presentó una media de 1677.50 N, mientras que el grupo con polimetilmetacrilato CAD/CAM (Upcera) alcanzó 3404.18 N, concluyendo que este último tiene mejor resistencia a la compresión.

Este estudio bibliométrico se justifica al resaltar el impacto de la impresión 3D en la odontología, un ámbito de gran relevancia para profesionales como rehabilitadores orales, implantólogos y cirujanos dentales, así como para futuros odontólogos. Abordar este tema facilita el entendimiento y la adopción de técnicas avanzadas, esenciales para el progreso de la práctica clínica y la educación en este campo. La impresión 3D en rehabilitación oral revoluciona la odontología al permitir la creación de prótesis personalizadas con alta precisión y rapidez, mejorando la comodidad del paciente y reduciendo tiempos de tratamiento. Además, optimiza los costos y permite mayor innovación en los procedimientos.

El presente análisis bibliométrico servirá como una herramienta fundamental para medir la productividad e impacto de la investigación en el ámbito de la tecnología aplicada a la impresión 3D en rehabilitación oral. A través de este enfoque cuantitativo, se logrará una evaluación clara de la calidad de los estudios, permitiendo identificar conexiones entre investigaciones y detectar nuevas tendencias. Al integrar estos resultados, se podrá profundizar en la evolución del área y orientar investigaciones futuras y posibles colaboraciones

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es la tendencia investigativa internacional sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral: análisis bibliométrico (2020 – 2024)?

1.3. Hipótesis

La hipótesis es implícita, por ser un estudio descriptivo.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Describir la tendencia investigativa internacional sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral (2020 – 2024).

Objetivos Específicos

Determinar quiénes son los investigadores con alta productividad científica y los más citados sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral (2020 – 2024).

Indicar cuáles son las revistas de mayor relevancia científica sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral (2020 – 2024).

Indicar cuáles son los países e instituciones que contribuyen a la investigación científica sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral (2020 – 2024).

Indicar cuáles son las palabras clave más usadas por los autores en sus publicaciones científicas sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral (2020 – 2024)

1.5. Teorías relacionadas al tema

Impresiones convencionales vs. digitales

El desarrollo tecnológico que se ha producido en los últimos años ha impulsado varias evoluciones dentro de la Odontología, lo que ha cambiado la forma de obtener registros y planificación en los consultorios. Los procedimientos convencionales más lentos y complejos comenzaron a realizarse con ayuda digital, lo que trajo mayor comodidad, rapidez, previsibilidad y respeto a los requerimientos del paciente, ya que los resultados estéticos y funcionales superiores se volvieron primordiales¹. El flujo digital ha traído cambios drásticos en la forma de trabajar de los odontólogos y ha comenzado a requerir una nueva curva de aprendizaje para poder utilizar las nuevas herramientas disponibles para facilitar la rutina clínica².

El flujo convencional implica el uso de materiales de impresión como hidrocoloides irreversibles (alginato) y elastómeros (poliéter, silicona de adición, silicona de condensación y polisulfuro) para copiar y transferir las estructuras dentales y los tejidos blandos del paciente¹. Si bien es posible obtener impresiones con excelente calidad, cuando están mal ejecutadas, estas pueden presentar problemas como desgarros, presencia de burbujas, distorsiones y una visualización inadecuada de la transición del margen de preparación al tejido gingival. La precisión de los métodos de obtención de los modelos es extremadamente importante para la fabricación de prótesis adecuadas, ya que los errores cometidos en esta etapa pueden tener consecuencias negativas para el trabajo².

El primer informe sobre el uso de la tecnología digital en odontología se produjo en la década de 1980 con el desarrollo del sistema CEREC CAD/CAM (diseño asistido por ordenador/fabricación asistida por ordenador), que permite a los dentistas producir sus propias restauraciones. Esta tecnología ha evolucionado a lo largo de los años y engloba técnicas basadas en la creación y producción asistida por ordenador³. Este sistema permite la obtención de modelos virtuales 3D para diagnóstico, planificación e impresión tridimensional con alta fidelidad de copia y riqueza de detalles. También en el contexto digital se utilizan tomografías computarizadas y software para ayudar en la planificación del tratamiento, así como impresoras 3D o sistemas de fresado cerámico, que a través de la creación de prototipos permiten la producción de modelos, guías quirúrgicas, restauraciones o prótesis intraorales provisionales y definitivas⁴.

El beneficio más significativo de la tecnología digital es la capacidad de simplificar los procesos que antes se realizaban de manera convencional y su mayor ventaja es la capacidad de proporcionar un trabajo consistente y de alta calidad, reduciendo los costos y el tiempo de tratamiento. El área digital está intentando suplantar el flujo de trabajo convencional y en poco tiempo tenderá a ser la elección de nuestros pacientes^{2,3}.

La impresión 3D

La impresión 3D o fabricación aditiva (AM) corresponde a un conjunto de procedimientos utilizados para fabricar, capa a capa, añadiendo material (metal o plástico), un objeto físico a partir de un objeto digital 3D. Esta técnica se deriva históricamente de los procedimientos llamados "prototipado rápido" y ha sido reemplazada recientemente por la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) y la Organización Internacional de Normalización (ISO)⁵. De hecho, el objetivo fue coordinar la creación de normas relacionadas con materiales, procedimientos, equipos y propiedades de las piezas terminadas y apoyar normas específicas para los sectores aeroespacial, de dispositivos médicos, automotriz, entre otros⁶.

Según la ASTM⁵, existen 7 técnicas diferentes, siendo FDM, SLA y SLS las más utilizadas. Estas técnicas se clasifican según la base del material utilizado.

La estereolitografía (o SLA) fue inventada por el estadounidense Chuck Hull en 1984. Este procedimiento utiliza un polímero de resina que se cura con luz mediante irradiación ultravioleta o luz visible. A través de la fotopolimerización iniciada por la absorción de luz, se permite la solidificación del polímero líquido. Gracias a las características de tiempo de fabricación rápido, alta precisión y rendimiento estable, lo convierte en una técnica ampliamente utilizada, facilitando la aplicación de casos con arquitecturas complejas, por ejemplo. Se utiliza en la restauración de dientes defectuosos, como base de dentadura postiza completa, coronas de resina, guía de implantes y modelo de conducto radicular del diente. Sin embargo, como cualquier técnica, tiene limitaciones. De hecho, la fragilidad de los productos manufacturados

favorece la rotura de estos últimos, lo que requiere una estructura de soporte y un almacenamiento riguroso¹⁷.

La sinterización selectiva por láser (o SLS) tiene como objetivo producir objetos a partir de materiales pulverulentos mediante el uso de uno o más láseres para fusionar selectivamente partículas en la superficie, capa sobre capa, en una cámara cerrada. En cuanto a la fundición de polvos, se pueden fundir con diferentes mecanismos de unión de partículas, a saber, sinterización de estado sólido, unión inducida químicamente, sinterización en fase líquida (fusión parcial) y fusión total. Esta técnica también es ampliamente utilizada, principalmente debido a sus buenas propiedades mecánicas, buena precisión y alta tasa de utilización del material. Sin embargo, los productos se desgastan fácilmente y es un inconveniente importante que puede afectar la calidad del producto¹⁸.

El modelado por deposición fundida (o FDM) es la más utilizada y sencilla de las impresoras 3D del mercado. La mayoría de los implantes se fabrican a través de esta técnica. Consiste en una liberación de termoplásticos líquidos, como el policarbonato o el polvo metálico eutéctico, que se solidifican al instante. A través del mecanismo de transmisión, los filamentos de material se calientan en la boquilla de fusión en caliente, luego se extruyen y solidifican a través de la boquilla y finalmente se crean capa por capa. Sin costosos equipos de sinterización láser, la velocidad de moldeo es rápida, la precisión es bastante alta y el costo es barato. En comparación con las prótesis orales convencionales, este procedimiento reduce considerablemente el costo de la atención, acelera la cicatrización y fortalece la prótesis¹⁹.

La elección de los materiales se realiza en función de la técnica seleccionada. De hecho, se clasifican en 4 grandes familias de materiales: metales, cerámicas, polímeros e hidrogeles. Los polímeros, comunes en las técnicas FDM y SLS, incluyen 2 categorías: medios amorfos y cristalinos. La principal diferencia entre estos dos últimos es la temperatura de transición del vidrio. Por otro lado, SLA utiliza principalmente polímeros cerámicos y resinosos de tipo poliéter (PEEK), policarbonato o poliéster⁶.

Al comparar una impresora 3D con otra, la precisión suele ser clave para obtener un producto o un mecanismo operativo. De hecho, los parámetros de impresión son comunes a los tres procedimientos, incluyendo en particular la calidad del archivo STL, la orientación del componente o las condiciones ambientales. Por ejemplo, la viscosidad y los parámetros térmicos son cruciales para su éxito⁵. Resumiendo los pasos, el principio de impresión se basa en objetos que se producen y luego se "cortan" en capas sucesivas por el software CAD para que la impresora pueda reproducir estas capas. La pantalla del ordenador, compuesta por píxeles, mostrará las distintas capas sucesivas. Cuanto más finos sean, mejor será la precisión y, por tanto, la resolución. Hoy en día, las mejores impresoras (SLA) producen capas de alrededor de 10 μm de espesor frente a 20 μm (SLS) y 40 μm (FDM)^{6,17}.

Hace más de 10 años, se introdujo la llegada de la impresión 3D de materiales inteligentes, también llamada impresión 4D. Dado que la tecnología de impresión 3D produce objetos estáticos a partir de datos digitales, la impresión 4D permite modificar parámetros fisicoquímicos como la memoria de forma, la rigidez o la densidad, dando así objetos dinámicos⁵. Las estructuras cambian de forma teniendo en cuenta cualquier estímulo ambiental externo que actúe como catalizador (por ejemplo, aporte de calor, humedad, radiación UV, campo magnético...). Estructuras con configuraciones complejas y altamente sofisticadas pueden ser reproducidas por mimetismo en diversas áreas, como la robótica y el campo biomédico. Por lo tanto, es cierto que, en general, los procesos aditivos son más fáciles de implementar, simplificando el proceso de fabricación al eliminar los pasos de procesamiento y desarrollo de utillajes, lo que permite producir piezas que no se pueden producir con procesos convencionales⁷.

Tecnología CAD-CAM

El sistema CAD/CAM fue desarrollado por la industria aeronáutica y automotriz e introducido en la Odontología entre finales de los años 70 y principios de los 80. La implementación de esta tecnología tuvo como objetivo promover la automatización y estandarización del proceso de fabricación del trabajo de laboratorio, así como reducir su costo⁸.

El sistema de diseño asistido por ordenador (CAD) y la tecnología de fabricación asistida por ordenador (CAM) consta de 3 pasos principales: la obtención de un modelo virtual mediante la lectura con un escáner intraoral o el modelo de escayola obtenido previamente, el desarrollo de la pieza protésica en software (CAD) y la realización de la pieza desarrollada tridimensionalmente (CAM), mediante tecnología sustractiva (fresado) o aditiva (impresión 3D). Este sistema es muy utilizado en la fabricación de restauraciones protésicas permanentes y provisionales, como coadyuvante en tratamientos de ortodoncia, implantología y tratamientos estéticos⁹.

Hay más de una forma de trabajar con el sistema CAD/CAM. El dentista puede leer al paciente y enviar las imágenes a un laboratorio para su manipulación y fabricación de la pieza protésica o realizar él mismo el diseño y fabricación asistida por ordenador en la clínica. Por otro lado, el laboratorio puede recibir el modelo de yeso obtenido de la impresión convencional, para luego escanearlo y así continuar con el proyecto digital para que sea aprobado por el odontólogo¹⁰.

El sistema CAD/CAM se basa esencialmente en el proceso de fabricación, que puede ser sustractivo o aditivo. La tecnología sustractiva, también conocida como fresado o mecanizado, se basa en procesos que utilizan máquinas para desgastar/fresar/cortar mecánicamente el material con el fin de obtener la geometría deseada con todos los pasos controlados por una computadora. Por otro lado, la tecnología aditiva tiene como principal representante la impresión tridimensional (3D) y se basa en la fabricación de objetos 3D mediante impresión capa a capa o punto a punto, permitiendo la fabricación exacta de formas geométricas complejas¹¹.

La tecnología CAD/CAM dental se desarrolló para resolver 3 desafíos. El primer reto fue garantizar una resistencia adecuada de la restauración, especialmente para los dientes posteriores. El segundo reto fue crear restauraciones de aspecto natural. El tercer reto era hacer que la restauración dental fuera más fácil, rápida y precisa¹².

El uso de la tecnología CAD/CAM para restauraciones dentales tiene numerosas ventajas sobre las técnicas tradicionales. Estas ventajas incluyen velocidad, facilidad de uso y calidad. Los escaneos digitales tienen el potencial de ser más rápidos y fáciles

que las impresiones convencionales, ya que se eliminan los moldes, las ceras, los recubrimientos, la impresión y la cocción. Las impresiones de media arcada con la última versión de CEREC tardan 40 segundos, y las impresiones de arcada completa tardan 2 minutos¹³.

Al igual que con las impresiones convencionales, al realizar una exploración óptica, el dentista necesita obtener un registro preciso de la preparación. El barrido debe enfatizar los márgenes de la preparación y duplicar con precisión los dientes adyacentes y antagónicos. El escáner digital requiere el mismo tipo de tratamiento de los tejidos blandos, recesión de las encías, control de la humedad y hemostasia que es tan importante para la impresión convencional¹⁴.

El diseño asistido por ordenador (CAD) y la fabricación asistida por ordenador (CAM) se han convertido en una parte cada vez más popular de la odontología en los últimos 25 años. Incrustaciones, onlays, carillas, coronas, dentaduras parciales fijas, pilares de implantes e incluso la reconstrucción total de la boca se realizan ahora a través de esta tecnología. Aunque el coste inicial de los equipos y el software es elevado y el profesional necesita invertir tiempo y dinero en el aprendizaje, la tecnología CAD-CAM ya es una realidad en la práctica diaria, y cada vez son más los profesionales que la incorporan a sus procesos clínicos¹⁵.

Escáneres para impresión 3D

El primer paso en el flujo de trabajo digital es tomar impresiones dentales a través de un escáner, un método considerado excelente para la precisión del trabajo final. Las imágenes tridimensionales se obtienen mediante la captura de imágenes y dan lugar a modelos 3D⁴.

Hay dos tipos de escáneres disponibles en el mercado: ópticos o mecánicos. El escáner óptico utiliza fuentes de luz blanca o rayos láser. El ángulo formado entre esta fuente de luz y la unidad receptora le permite calcular el conjunto de datos y generar una imagen 3D. El escáner mecánico, por su parte, lee el modelo obtenido a través de la impresión convencional línea a línea y se genera el archivo digital. Los datos digitales

adquiridos se convierten a un formato estándar, generalmente en lenguaje de transformación estándar (STL), para que puedan procesarse utilizando las capacidades de un sistema CAD/CAM. El software CAD se utiliza para manipular las imágenes obtenidas del escáner y es en esta etapa donde se lleva a cabo el diseño virtual de la restauración¹⁷.

El formato digital más utilizado es el STL (Standard Tessellation Language) abierto o STL bloqueado. Esta forma se utiliza en muchas áreas industriales y es una secuencia de triángulos donde cada uno está definido por tres puntos y una superficie normal. Sin embargo, se han desarrollado otros formatos de archivo para registrar el color, la transparencia o la textura de los tejidos dentales (como el formato de archivo poligonal, los archivos PLY). Independientemente del tipo de tecnología de imagen empleada por IOS, todas las cámaras requieren la proyección de luz que luego se graba como imágenes individuales o video y es compilada por el software después del reconocimiento de POI (puntos de interés). Las dos primeras coordenadas (x e y) de cada punto se evalúan en la imagen, y la tercera coordenada (z) se calcula en función de las tecnologías de distancia al objeto de cada cámara¹⁸.

Una impresión óptica mediante un escáner intraoral (IOS) implica la medición óptica de la forma de la superficie de los dientes o encías objetivo directamente en la boca del paciente. Los IOS tienen muchas ventajas, como la reducción del dolor y la incomodidad del paciente, la carga del operador y el riesgo de infección, el escaneo y la visualización de impresiones en tiempo real, la replicación simple y el escaneo selectivo, la reducción del costo y el desperdicio de materiales, y la detección de caries y grietas dentales¹⁹. Los IOS se han convertido en uno de los dispositivos de tratamiento más valiosos para pacientes, dentistas, protésicos dentales e higienistas dentales. La precisión de IOS combina o reemplaza la precisión de la impresión convencional y el método indirecto con modelos de trabajo. La alta reproducibilidad, la capacidad de procesamiento de información, la capacidad multimedia, la simplicidad y la velocidad de comunicación de IOS se pueden aplicar al examen grupal y la identificación de víctimas de desastres o pacientes con demencia²⁰.

La principal ventaja de los escáneres intraorales es que permiten obtener imágenes digitales directamente de la boca del paciente sin necesidad de impresión convencional previa. Las impresiones ópticas disminuyeron las molestias del paciente, acortaron el tiempo de tratamiento, con una rápida recuperación del modelo 3D. El registro intermaxilar es notablemente mejor, al igual que la calidad del punto de contacto interproximal y del punto de contacto oclusal en comparación con las restauraciones de impresión convencionales. El uso de los escáneres también permitió eliminar errores, como la distorsión del material de impresión, la expansión del yeso, las burbujas, la desviación al fijar un modelo a un articulador y la retracción del molde²¹.

Los datos obtenidos por las adquisiciones de escáneres intraorales se pueden transferir a varios programas de software. Algunos de los escáneres tienen sistemas abiertos que exportan los datos de salida al STL. Sin embargo, otros escáneres tienen sistemas cerrados que solo exportan los datos de salida en el formato de sistema de la marca utilizada. Por lo tanto, los escáneres de sistema abierto pueden ser leídos por todos los programas de diseño. En sistemas cerrados, los datos de salida obtenidos en el escaneo se transfieren directamente al software correspondiente del sistema asociado. Si los datos se obtienen de un escáner de sistema cerrado, se debe realizar un paso de conversión del formato propietario al formato STL para que el otro software pueda tener acceso al escaneo²².

Dentro de las limitaciones del escaneo óptico realizado por escáneres intraorales, hay que tener en cuenta que estas técnicas no están exentas de errores. Durante el procedimiento, algunas situaciones clínicas como líneas marginales o subgingivales profundas de las preparaciones, presencia de saliva, limitación de la apertura de la boca, movimiento de la cabeza en el momento de la captura y posicionamiento de los dientes en la arcada pueden contribuir a la inexactitud del modelo digital, debido a la dificultad de la reflexión de la luz. Sin embargo, los factores ambientales intraorales, como la temperatura, la humedad relativa y la iluminación, no influyen en la precisión de los escáneres²⁰.

Existen diferentes IOS (Escáner Intraoral) disponibles en el mercado. Los escáneres intraorales suelen tener un área de exploración de 1 a 2 dientes.

Actualmente, existen varias tecnologías de escaneo avanzadas, a saber: Técnica de triangulación (utilizada por Cerec, DentsplySirona); muestreo de frente de onda activo (utilizado por True Definition, 3 M ESPE); escaneo confocal (utilizado por iTero, Align Technology y Trios, 3Forma)²¹.

La tecnología de escaneo confocal captura imágenes más rápido, centrándose en un haz óptico de luz con imágenes visuales de alta resolución con mayor precisión y menor distorsión. Además de la gran ventaja de digitalizar las arcadas y crear el envío directo al laboratorio de prótesis, IOS redujo el tiempo de trabajo, independientemente del tamaño del área de interés, y aumentó las expectativas de los resultados reportados por los propios pacientes, en comparación con las impresiones convencionales²¹. En este estudio, Siqueira et al. también evaluaron los resultados protésicos desarrollados por el uso de IOS. A través de una revisión bibliográfica se recogieron evidencias sobre los resultados durante el tratamiento de pacientes parcial y totalmente edéntulos para diferentes técnicas dentales o de implantes. Con la reducción del tiempo de trabajo, reportaron un aumento en la eficiencia del proceso de adquisición de datos anatómicos del paciente, lo que reportó una mejor experiencia al usar IOS en comparación con las impresiones convencionales²².

Diseño de sonrisa digitalizada (DSD)

Es una herramienta digital multipropósito de diagnóstico y planificación de sonrisas descrita por primera vez en la década de 2000 por Coachman y colaboradores²³. Para lograr consistentemente buenos resultados en las restauraciones dentales, las formas deben definirse lo antes posible. Los datos diagnósticos deben obtenerse antes de las fases posteriores del tratamiento, integrando los deseos del paciente, además de las necesidades estéticas y biológicas definidas por el análisis técnico del profesional²⁴.

En el primer protocolo descrito, se utilizaron los programas Keynote y PowerPoint para ajustar y manipular las imágenes digitales con la adición de líneas de referencia, formas dentales y mediciones de las adiciones o disminuciones a realizar por el profesional y el laboratorio. Se trazan líneas de referencia sobre la cara y la sonrisa para relacionar las dos imágenes (foto frontal de la cara y foto frontal intraoral) y a partir

del análisis del paralelismo entre la línea bipupilar y la línea de la sonrisa y el margen gingival, se comienza a planificar el tamaño y la forma de los dientes en función de la relación altura/anchura de los incisivos centrales²⁴.

Para los elementos dentales adyacentes, se aplica la proporción áurea. Las medidas se determinan y se transfieren a los modelos de yeso de forma manual, para el encerado diagnóstico y la posterior transferencia de estas marcas a la boca a través de llaves de silicona que sirven de guía de desgaste o simuladores de la nueva sonrisa con la ayuda de resinas bisácricas temporales (maqueta). A partir de esta información, las restauraciones definitivas son realizadas por el laboratorio de prótesis²⁵.

Posteriormente, se desarrolló el primer protocolo de diseño digital de sonrisa totalmente guiado por el rostro, que mezclaba fotografías faciales, extraorales e intraorales con modelos digitales 3D, con el fin de evaluar parámetros estéticos y planos de tratamientos de sonrisa 3D. Esta tecnología hace uso de software que contiene bibliotecas de dientes naturales y algoritmos de sonrisas que han mostrado resultados superiores en comparación con los medios convencionales utilizados por los técnicos de laboratorio protésicos²³.

El éxito del tratamiento rehabilitador implica el control de cuatro dimensiones: estética, función, estructura y biología. En cuanto a la estética, hay cuatro pilares principales que deben seguirse para mejorar la previsibilidad y cumplir con las expectativas del paciente: el plano de referencia horizontal, la línea media facial, el diseño de la sonrisa (forma y disposición de los dientes) y el color. A través del protocolo DSD, se hizo posible transferir la información recopilada a la computadora²⁴.

Otra ventaja del protocolo DSD es que permite una comunicación efectiva entre el equipo dental interdisciplinario, incluido el protésico dental. Los miembros del equipo pueden identificar y resaltar discrepancias en la morfología de los tejidos blandos o duros y discutir las mejores soluciones disponibles utilizando las imágenes amplificadas. Cada profesional puede añadir información directamente a las diapositivas por escrito o por voz, simplificando aún más el proceso²³.

Con la digitalización de las arcadas, es posible planificar al detalle las restauraciones definitivas. El software de diseño digital utilizado por los laboratorios de prótesis ya tiene el concepto DSD integrado en su sistema, lo que facilita la planificación del tratamiento. Las fotos de los pacientes y los archivos STL de los arcos están integrados en el mismo diseño²⁴. Por lo tanto, el Diseño Digital de Sonrisa proporciona: diagnóstico estético, análisis estético del tratamiento, enfoque profesional-paciente, comunicación interdisciplinar entre los profesionales del equipo, mejora la educación y motivación del paciente, ahorra tiempo y materiales, y sobre todo, es una poderosa herramienta de marketing que conduce al cierre del tratamiento porque proporciona una mayor comprensión por parte del paciente respecto al tratamiento a realizar, minimizando los conceptos erróneos que se pueden encontrar en las opciones de rehabilitación estética²⁵.

Se ha desarrollado una nueva aplicación de DSD 3D para la planificación estética y la simulación de sonrisas para dispositivos móviles. En esta técnica, se envía a la aplicación una fotografía facial frontal, un archivo STL de escaneo facial y un archivo STL de escaneo intraoral maxilar. Se realiza una calibración de los archivos entre sí para permitir un proyecto de diseño de sonrisa en 3D orientado al rostro. La cera digital 3D se exporta a una impresora 3D como un archivo STL²⁵. Los moldes de resina impresa se colocan directamente en la boca con resina compuesta fluida para una restauración experimental inmediata sin necesidad de moldes, guías de silicona o resina autopolimerizable. Es una herramienta sencilla y versátil para llevar a cabo la planificación digital en Odontología²². Al no requerir ningún programa de software complejo, el clínico puede utilizarlo fácilmente con costes y tiempo reducidos, ya que el ensayo clínico se puede realizar en la misma cita de adquisición de imagen. Para los profesionales que desean aumentar el análisis de la sonrisa, la aplicación también se puede utilizar en combinación con otras tecnologías digitales, como el desarrollo del diseño para la ejecución de las piezas protésicas definitivas en un laboratorio de prótesis²⁶.

Tecnología 3D aplicada a la ejecución clínica en la rehabilitación oral

Planeamiento digital

La planificación adecuada es un componente clave para el éxito de cualquier tratamiento médico dental. La falta de armonía entre los tejidos duros y blandos, las ausencias dentales y el deterioro estético pueden causar vergüenza al sonreír, problemas oclusales y funcionales. Algunos aspectos son esenciales para minimizar posibles fallos y lograr los resultados esperados. El tamaño, la forma, la proporcionalidad y el color de los dientes son puntos a analizar. También hay que tener en cuenta otros factores como las desviaciones de la línea media, la inclinación maxilar y la relación entre los dientes, las encías y los labios. Los cambios o discrepancias que no se observan clínicamente pueden ser diagnosticados en el DSD con la posibilidad de planificar sus correcciones²⁷.

La planificación digital se basa en imágenes, lo que la convierte en un aspecto clave de todo el flujo de trabajo. Al combinar y manipular datos de imágenes digitales dispares, los médicos ahora pueden planificar y simular fácilmente tratamientos en pantalla, usar modelos impresos en 3D y ayudar en la transferencia precisa de la planificación virtual, o incluso realizar un seguimiento de los tratamientos a lo largo del tiempo. En el nuevo y completo flujo digital, se crearon seis pasos para su desarrollo²⁸.

Paso 1 – Escaneo del paciente: la documentación tradicional y analógica ha sido reemplazada por el escaneo del paciente. Los diversos archivos digitales de varias fuentes de captura (IOS, escáner facial, CBTC y escritores virtuales) se obtienen dentro de un protocolo de imagen definido²⁸.

Paso 2 – Datos en la nube: Después de la adquisición de los datos, se pueden archivar de forma segura y donde todos los profesionales involucrados en el proyecto pueden tener acceso, para discutir, incluso a distancia, las observaciones de planificación²⁸.

Paso 3 – Simulación virtual de paciente: La comunicación interdisciplinaria comienza después de que el paciente está completamente digitalizado y los datos están disponibles en la nube para que sean accesibles. Este paso es importante porque es una prueba de tratamiento, que se debe presentar al paciente antes de cualquier

manipulación. Muchos softwares en el mercado se encargan de estas tareas como Invisalign (Align Technology), Cerec (Dentsply Sirona), Exocad (Exocad) entre otros. Es una fase de diagnóstico y montaje de la presentación al paciente²⁸.

Paso 4 – Presentación del Caso al Paciente y Aceptación: es el momento en el que el paciente se involucra en el proceso, con el fin de hacerle entender y motivarlo a realizar el tratamiento. Esta comunicación visual es la mejor manera de hacer que las personas se conecten en torno a la misma idea. Esta presentación es el gran diferencial para que se pueda realizar una secuencia importante de 4 pasos: 1) un viaje emocional del paciente en su diagnóstico; 2) explicaciones de posibles fracasos y dificultades dentro del tratamiento; 3) propuestas de tratamiento con la cronología de ejecución, con imágenes de simulaciones de tratamiento basadas en el propio caso clínico del paciente; 4) creación del valor del tratamiento y de la percepción por parte del paciente, con el fin de facilitar la transmisión de la planificación financiera²⁸.

Pasos 5 y 6 – Construcción de Guías de Guía y Control en la Calidad de Ejecución: desde la planificación elaborada, se realizan guías quirúrgicas, de corte, simulación de tratamiento bucal para llevar a cabo la fase de planificación para la ejecución, con el fin de calificar y monitorear cada paso sin perder la esencia del resultado²⁸.

Articulador digital

El articulador es un instrumento mecánico que simula las articulaciones temporomandibulares de los maxilares superior e inferior para reproducir los movimientos mandibulares y los registros interoclusales. Su uso permite al odontólogo ahorrar tiempo clínico, aumentar la eficiencia del tratamiento realizado, sin dañar el sistema estomatognático²⁹.

En la mayoría de los casos de rehabilitación oral, se produce una desalineación del plano oclusal en relación con la articulación temporomandibular (ATM), lo que provoca desgaste y fallo del sistema estomatognático. Con la preparación de modelos de

estudio y su montaje en un articulador semiajustable (ASA), se pueden determinar estrategias de tratamiento³⁰.

El montaje preciso de un articulador es un requisito previo para la planificación y ejecución de casos complejos que requieren rehabilitación oclusal. Un enfoque digital completo también le permite transferir la posición de los maxilares y su relación a un articulador virtual, utilizando escaneos intraorales y archivos CBCT²⁹.

La mayoría de los programas de diseño digital actuales ofrecen articuladores virtuales diseñados para replicar las funciones de los articuladores mecánicos con el fin de lograr mejores resultados clínicos. Los programas de diseño digital contemporáneos permiten la simulación dinámica del movimiento entre el maxilar y la mandíbula. Con estas configuraciones digitales, las fases de planificación y diseño de las restauraciones dentales oclusales se pueden adaptar a la dentición de cada paciente antes de las pruebas intraorales de las restauraciones³¹.

Es posible utilizar un enfoque totalmente digital para transferir la posición de la dentición maxilar de un paciente a un articulador virtual basándose en los datos de un solo CBCT y escaneos intraorales. Esta técnica elimina el proceso tradicional de transferencia y ensamblaje de la arcada facial y los complicados procedimientos de laboratorio para evaluar los cambios de posición mandibular en la oclusión de relación céntrica (CRO) y la intercuspidación máxima (MIC)³².

El procedimiento transfiere datos sobre la posición de las piezas dentales en el maxilar y la mandíbula a un articulador virtual basado en una imagen de tomografía computarizada de haz de cono único (CBCT)²⁹. Se obtiene una tomografía computarizada del paciente en la CRO, y con el escáner intraoral se exploran los modelos maxilar y mandibular, tanto en la CRO como en la MIC. Los datos del escáner CRO se registran en la parte dental de la imagen CBCT utilizando un programa articulador virtual, y luego se realiza un proceso de transferencia y montaje del arco facial virtual. El articulador virtual se coloca en el polo medial de los cóndilos derecho e izquierdo y en el orbital derecho. La posición mandibular se evalúa en CRO y MIC superponiendo los datos de posición de la mandíbula en CRO y MIC³². Se obtiene una

medición cuantitativa en 3D utilizando la función de cuadrícula. Sobre la base de este protocolo, es posible utilizar un enfoque totalmente digital para transferir la posición de la dentición maxilar de un paciente a un articulador virtual basado en los datos de un solo CBCT y escaneos intraorales³¹.

Se están desarrollando flujos digitales complejos para crear pacientes virtuales. Existen métodos directos o indirectos para trasladar al paciente convencional a los articuladores virtuales. Ury, Fornai y Webwer propusieron una investigación para analizar los métodos convencionales con la digitalización indirecta de los modelos de escayola montados sobre articulación convencional y los métodos directos de análisis a través de la digitalización de los arcos y articuladores virtuales; y verificó un alto número de contactos oclusales similares, lo que hace que el uso de esta técnica de evaluación oclusal digital sea una realidad para la práctica diaria de la Odontología³².

Planeamiento quirúrgico

La tendencia actual en cirugía de implantes es reducir el tiempo total de rehabilitación, así como utilizar técnicas quirúrgicas menos invasivas. El primer paso, y probablemente el más importante, en el desarrollo de estos nuevos procedimientos clínicos fue la introducción y difusión de la técnica de imagen tridimensional (3D) y la tecnología computarizada. La evaluación de los datos 3D, extraídos de la tomografía computarizada y, más recientemente, también del escáner óptico, junto con un moderno software de planificación de implantes, permite simular cuidadosamente las fases quirúrgica y protésica³³. Los sitios de los implantes se pueden decidir antes de la cirugía de acuerdo con el volumen y la calidad del hueso, la ubicación de las estructuras anatómicas (nervios, vasos, senos paranasales), las evaluaciones protésicas y estéticas. A continuación, los implantes y pilares se pueden planificar "virtualmente", guiados por el conocimiento de la posición de la restauración planificada. También permite la predeterminación de la trayectoria de inserción de la prótesis, la colocación de las cámaras de tornillos, el espacio de los componentes y las opciones de pilares prequirúrgicos, así como la fabricación prequirúrgica de pilares individuales. Además, un cuidadoso posicionamiento tridimensional de los implantes permite obtener los

mejores resultados clínicos, especialmente en lo que respecta a los aspectos estéticos³⁴.

La cirugía guiada con implantes (GIS) permite trasladar el proyecto de rehabilitación directamente al ámbito quirúrgico, tiene como objetivo la previsibilidad del tratamiento, evita complicaciones y permite al paciente tener un postoperatorio seguro. La utilidad de la tecnología digital en la rehabilitación con implantes soportada, desde el escaneo intraoral hasta la planificación quirúrgica y posterior rehabilitación protésica, a través del sistema CAD/CAM, tiene la posibilidad de presentar tratamientos/planificación con el menor tiempo clínico para el cirujano dentista, insertándose dentro de la planificación quirúrgica junto con el CBCT³⁵.

La planificación convencional de implantes se basa en exámenes clínicos e imágenes radiográficas en 2D, mientras que la adopción de imágenes radiográficas en 3D permite un diagnóstico más preciso de las dimensiones óseas residuales, el trayecto intraóseo del nervio alveolar inferior y los dientes vecinos. Los datos de imágenes 3D del paciente son esenciales para la planificación digital de implantes dentales, con diseño asistido por ordenador (CAD) y fabricación asistida por ordenador (CAM) de una guía de fresado o una prótesis implantosoportada. Los datos anatómicos se derivan de tomografías computarizadas y exploraciones de dientes y membranas mucosas³⁶.

Existen varios sistemas de cirugía guiada puestos a disposición por los fabricantes para la construcción de guías quirúrgicas. Kern y sus colegas analizaron 5 modelos de guías quirúrgicas y descubrieron que todos los sistemas muestran modelos de superficie tridimensionales o secciones transversales bidimensionales con orientación variable para la planificación virtual de implantes³⁷. Todos los sistemas tienen una interfaz DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) para importar datos radiográficos. La importación de modelos dentales virtuales en formato STL fue posible con tres sistemas; Un sistema sólo podía utilizarse con un formato de datos propietario. Todos los sistemas muestran modelos de superficie tridimensionales o secciones transversales bidimensionales con orientación variable para la planificación digital de implantes. El diseño y la fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) de las guías de perforación pueden ser realizados por el usuario con la ayuda de parámetros

estándar o solo por el proveedor del software y, por lo tanto, sin la influencia del médico³⁸.

Si bien a menudo se asocian expectativas poco realistas con la colocación de implantes con guías quirúrgicas CAD/CAM, no existe una precisión impecable en la clínica. Esta revisión demostró que los profesionales deben ser conscientes de las desviaciones angulares y lineales de hasta 5° y 2,3 mm. Por lo tanto, los dentistas sin experiencia deben obtener la capacitación adecuada y estar familiarizados con los pasos básicos de las guías quirúrgicas CAD/CAM para evitar complicaciones. Los profesionales deben establecer una zona de seguridad entre los implantes y las estructuras anatómicas importantes, como el nervio alveolar inferior, durante la selección de la ubicación y la longitud del implante³⁹.

Captura de implantes de precisión (PIC)

Las técnicas convencionales de impresión de implantes pueden introducir distorsiones en la estructura que pueden llevar a una falta de precisión de las prótesis. El desajuste entre la restauración y los implantes facilita la aparición de fallos biomecánicos y complicaciones de las prótesis debido a una inadecuada disipación de la tensión. Las huellas dactilares presentan una alternativa para eliminar distorsiones del procedimiento, mejorando el ajuste entre la restauración y los implantes. Entre los diferentes tipos de huellas dactilares, la fotogrametría ha surgido como una alternativa a las múltiples impresiones de implantes⁴⁰.

Estas imágenes 3D revelan el vector de dirección de un punto a otro y su distancia exacta. La característica más importante es la precisión con la que se miden los objetos sin contacto. La fotogrametría se ha utilizado para estudiar la forma y posición de los dientes y de ambas arcadas dentarias. Aunque la fotogrametría se ha propuesto como una alternativa a las impresiones convencionales, ha habido un lento avance en el campo de la implantología para la aplicación de esta técnica. Recientemente, se han reportado reportes de casos utilizando fotogrametría con resultados prometedores⁴¹.

Un sistema fotogramétrico recientemente introducido para el escáner de implantes digitales podría aumentar la comodidad del paciente al tiempo que proporciona una precisión adecuada. Es un método de imagen alternativo para las rehabilitaciones implantosoportadas, incluidas las prótesis fijas soportadas por implantes de arcada completa⁴⁰.

La PIC Camera (PIC Dental) es una cámara estereoscópica que registra la posición de los implantes dentales mediante fotogrametría. Consta de dos cámaras de dispositivo de carga acoplada (CCD) especialmente diseñadas para uso clínico que determinan la geometría y las posiciones 3D de los implantes mediante la identificación de pilares especiales atornillados en forma de bandera con codificación individual (PIC Abutment, PIC Dental)⁴².

La transferencia analógica de información al laboratorio dental sobre la posición y la angulación de los implantes con materiales de impresión elastoméricos puede dar lugar a errores debidos a la contracción del material, burbujas y distorsiones durante la impresión, la preparación del modelo y el encerado. Las huellas dactilares que utilizan la técnica de estereofotogrametría pueden ser una alternativa a las impresiones tradicionales⁴¹.

Tecnología 3D aplicada a la ejecución laboratorial de la rehabilitación oral

Proyectos digitales

El arte de la planificación es un componente fundamental para el éxito de cualquier tratamiento, especialmente cuando hay implicación estética. En la planificación digital, es necesario considerar algunos aspectos fundamentales del plan de tratamiento para minimizar los posibles fallos y lograr los resultados esperados. El tamaño, la forma, la proporcionalidad y el color de los dientes son puntos a analizar. También hay que tener en cuenta otros factores como las desviaciones de la línea media, la inclinación maxilar y la relación entre los dientes, las encías y los labios⁴³.

El proceso comienza con la exploración del paciente, obtenida mediante la exploración de los tejidos duros y blandos. Se aplican escáneres faciales e intraorales, tomografías computarizadas de haz cónico y funciones digitales adicionales, como el diseño digital de la sonrisa. Todos los archivos pueden almacenarse inmediatamente en una plataforma dental en la nube y compartirse. Los datos obtenidos por las adquisiciones de escáneres intraorales en flujos de trabajo digitales se transfieren a varios programas de software para crear un diseño digital tridimensional⁴⁴. Los escáneres con un sistema abierto pueden ser leídos por todos los programas de diseño. En sistemas cerrados, los datos de salida con un formato especial obtenidos del escaneo se transfieren directamente al software correspondiente del sistema asociado, lo que permite el diseño digital. Si los datos se obtienen de un escáner de sistema cerrado, se debe realizar un paso de conversión del formato propietario al STL para permitir que los otros programas accedan y lean estos datos. La pérdida de datos que puede producirse durante estas transferencias realizadas con estos pasos de conversación puede afectar a la adaptación final y al éxito de la restauración final⁴⁵.

Los fabricantes proporcionan un software especial para el diseño de varios tipos de restauraciones dentales. Con software de diferentes fabricantes, se pueden implementar varios diseños, como coronas anatómicas completas y FPD, incrustaciones, carillas, carillas superpuestas y sin preparar, provisionales que incluyen FPD y pónicos, encerado de diagnóstico que incluye modelos físicos, espigas y muñones falsos, coronas telescópicas, pilares personalizados con guías de posicionamiento, implantes y barras de FPD, planificación de implantes con guías quirúrgicas, Se pueden diseñar dentaduras postizas parciales removibles, ortodoncia y aparatos ortopédicos⁴⁶.

En estos sistemas, varias morfologías dentales están disponibles en sus propias bibliotecas digitales internas, sin embargo, los sistemas CAD/CAM solo pueden proporcionar formas básicas. Siempre se requieren algunos cambios y modificaciones manuales, ya que cada paciente es único y cada diente tiene sus propias características morfológicas que son únicas para el sistema del paciente⁴⁷. El método alternativo es utilizar la base de datos biogénica de morfología dental para identificar e imitar la morfología oclusal individual de un paciente. Dado que el modelo digital es visible en el

monitor de la computadora, se puede generar en tres dimensiones, así como ampliarse para evaluar áreas críticas del modelo antes de transmitir el archivo al proceso de fabricación. Además, se puede seleccionar la matriz espaciadora recomendada, eliminando así el uso de la aplicación manual de la matriz espaciadora con diferentes colores⁴⁸.

Fresado e impresión 3D

La técnica CAD/CAM permite el procesamiento de materiales tradicionales como aleaciones de cobalto-cromo, resinas compuestas y acrílicas, cerámicas de feldespato, algunas vitrocerámicas reforzadas y ceras mediante procesos de sustracción, utilizando fresadoras. Los procesos de molienda son más rápidos y menos costosos en comparación con el procesamiento tradicional, manteniendo un excelente nivel de calidad⁴⁹. Sin embargo, uno de los principales beneficios de utilizar métodos CAD/CAM es la posibilidad de trabajar con materiales que de otro modo no se podrían utilizar en odontología. Estos materiales incluyen titanio, aleaciones de titanio y cerámicas policristalinas como el óxido de circonio⁵⁰.

La creación rápida y automatizada de prototipos de materiales dentales y restauraciones en tres dimensiones (3D) ha tenido un impacto significativo en el campo de la odontología rehabilitadora en los últimos años. Es innegable el enorme avance de la tecnología digital en la última década, especialmente desde la llegada de los sistemas de imagen y fresado CAD/CAM, que han creado literalmente una nueva modalidad de rehabilitación oral. La última ola de desarrollo tecnológico digital en odontología gira en torno al campo de la impresión 3D⁵¹.

La impresión tridimensional (3D) es una tecnología en rápido desarrollo que ha ganado una amplia aceptación en odontología. En comparación con los métodos sustractivos convencionales (técnica de cera perdida) y controlados por ordenador, la impresión 3D ofrece ventajas en la ingeniería de procesos. Los materiales como los plásticos, los metales y la cerámica se pueden fabricar utilizando una variedad de técnicas. La impresión 3D se introdujo hace más de tres décadas y hoy en día está

experimentando un rápido desarrollo debido a la expiración de muchas patentes, y a menudo se describe como la tecnología clave de la próxima revolución industrial⁵².

Hasta hace poco, el proceso CAM era sinónimo del proceso de fabricación sustractiva, en el que se crea un objeto a partir de una pieza en bruto mediante fresado, esmerilado, taladrado, torneado o pulido utilizando herramientas específicas. Desde un punto de vista procedimental y ecológico, la producción sustractiva tiene la desventaja de que la resolución de la superficie está limitada por el radio de herramienta más pequeño⁵⁰. La pérdida de material por molienda controlada, numérica e informatizada puede alcanzar el 90%. Además, la técnica sustractiva también tiene una limitación en el número de objetos que puede producir por operación de fresado, al no poder reproducir geometrías más complejas. Las herramientas utilizadas en el fresado muestran signos de desgaste después de un uso repetido, lo que puede provocar grietas en los objetos producidos⁵¹.

Las formas alternativas de producir archivos CAD son los procesos de fabricación aditiva. Todos los procesos de fabricación aditiva tienen en común que, a partir de datos de diseño 3D, el objeto físico se construye mediante la aplicación secuencial de finas capas de material⁵⁰. Además del término "proceso aditivo", a menudo se utilizan los sinónimos "proceso generativo", "prototipado rápido" e "impresión 3D". A diferencia de los métodos sustractivos, los procesos aditivos pueden ahorrar material y producir geometrías más complejas. Como resultado, este método de fabricación es una solución adecuada en el campo de la odontología. Desde el punto de vista de la ingeniería de procesos, el proceso aditivo tiene el potencial de superar las desventajas del método de producción sustractivo⁵¹.

Varios procesos de aditivos son iguales o superiores a los procesos de fabricación establecidos y ya ofrecen ventajas considerables. Debido a la eliminación de las restricciones a la producción, es posible producir empleos a nivel industrial, de manera económica y con mayor complejidad. Como parte integral de la Industrialización 4.0, actualmente estamos viviendo el comienzo de la era aditiva. En la actualidad, se están desarrollando procesos prometedores en paralelo; Todavía se desconoce cuál de estos procesos prevalecerá en última instancia⁵².

Los desarrollos futuros en odontología deben apuntar a optimizar la calidad de la superficie y aumentar la confiabilidad del proceso y los gradientes de propiedades dentro de los materiales a costos más bajos y con tiempos de producción más cortos⁵⁰.

Los avances contemporáneos en odontología digital han comenzado a afectar la fabricación de prótesis dentales removibles. Hoy en día, un aumento exponencial en el número de materiales disponibles en el mercado para la fabricación de prótesis digitales se atribuye a la continua evolución y mejora de las tecnologías digitales. El material más utilizado ha sido el polímero de polimetilmetacrilato (PMMA)⁵³. La relativa facilidad de procesamiento y reparación del material, la biocompatibilidad y las características estéticas han llevado a una mayor aceptación por parte de los pacientes. Sin embargo, el PMMA tiene numerosos inconvenientes, incluida la alta contracción de la polimerización, la susceptibilidad a la colonización microbiana de la boca. Los estudios iniciales sobre prótesis digitales han mostrado un rendimiento clínico prometedor a corto plazo, resultados positivos relacionados con el paciente y una rentabilidad razonable. La impresión 3D tiene el potencial de modernizar y optimizar las técnicas de fabricación, los materiales y los flujos de trabajo de las prótesis⁵¹.

La impresión tridimensional tiene muchas ventajas en la ingeniería de procesos, con aplicaciones en Odontología, que van desde el campo de la prótesis, la cirugía oral y maxilofacial y la implantología oral hasta la Ortodoncia, la Endodoncia y la Periodoncia. Además, introduce varios factores que afectan a las métricas de impresión 3D, como las propiedades y la precisión⁵⁰. Las tecnologías de impresión 3D tienen las ventajas de una alta utilización de materiales y la capacidad de producir piezas de manera simple; Sin embargo, tienen las desventajas de un posprocesamiento de alto costo y que requiere mucho tiempo. El desarrollo de nuevos materiales y tecnologías será la tendencia futura de la impresión 3D, y no se puede negar que la impresión 3D tendrá un futuro brillante⁵³.

Ventajas y desventajas

Las ventajas de estas tecnologías son numerosas, incluyendo el ahorro de tiempo y la considerable eficiencia en los tratamientos. La comodidad del paciente y del profesional está garantizada por un equipamiento más ergonómico⁵⁴. El riesgo de errores se reduce significativamente, con resultados aún más fiables. El almacenamiento de información es más rentable porque todo se archiva digitalmente, por lo que no hay necesidad de una sala de almacenamiento. El paso de desinfección de la impresión es más fácil gracias a los IOS. Tienen puntas reutilizables, o no, pero también se pueden utilizar en autoclaves. Además, hay un ahorro en materiales que no son necesarios para las huellas dactilares. Por último, se facilita la comunicación entre profesionales y pacientes. Sin embargo, también hay desventajas, como el costo financiero. La inversión en equipos dentales sigue siendo un obstáculo para muchos profesionales, que parecen reacios en términos de rentabilidad. Por otro lado, la curva de aprendizaje es otro punto negativo, ya que algunas tecnologías requieren formación adicional. Por último, el desgaste y los fallos de estas herramientas pueden representar un gran límite⁵⁵.

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Estrategia de búsqueda, criterios de inclusión y exclusión, indicadores bibliométricos y estadística

Esta revisión bibliométrica se presenta como un estudio descriptivo con una hipótesis implícita, realizado mediante una búsqueda en la base de datos académica de la biblioteca digital de Scopus. Esta base de datos científicos fue seleccionada por su amplia cobertura temática y su relevancia en el ámbito de ciencias de la salud y odontología. La búsqueda se efectuó usando el operador booleano “AND” y el método estratégico para consultar fue “TITLE-ABS-KEY (3d AND in AND oral AND rehabilitation) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025” para localizar documentación científica y original sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral. Este método de consulta brindó un total de 121 documentos, de los cuales se escogieron 58 como muestra para el estudio bibliométrico. (Fig. 1)

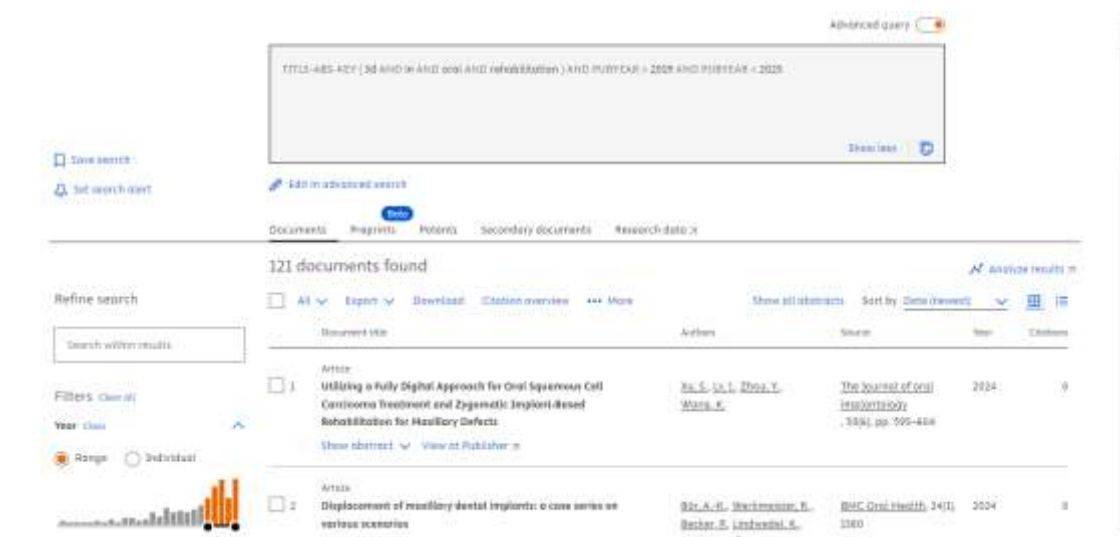


Figura 1: Método de consulta usado para la obtención de información científica de la biblioteca académica SCOPUS ([Link de Búsqueda](#))

Siguiendo los criterios de inclusión y exclusión, la búsqueda inicial arrojó 121 documentos, incluyendo artículos científicos, revisiones bibliográficas, capítulos de libros y pósteres de conferencias. Después de depurar los datos, se eliminaron 63

documentos, quedando un total de 58 para su análisis. Los criterios de inclusión se limitaron a artículos científicos y revisiones publicadas entre 2020 y 2024, que brindaron información sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral y estuvieran en los idiomas inglés, alemán, italiano y español. Se excluyeron libros, capítulos de libros, pósteres de conferencias, y artículos que se centraran exclusivamente en otras áreas como medicina, bioquímica, ingeniería, genética molecular y materiales científicos. También se descartaron documentos duplicados, aquellos con acceso incompleto a la información y los que no estuvieran directamente relacionados con el tema. Estos criterios fundamentan el objetivo principal del estudio: describir la tendencia investigativa internacional sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral a través de un análisis bibliométrico del periodo 2020 – 2024.

La recolección y extracción de datos para este estudio se efectuó el 25 de enero de 2025, con el objetivo de generar una base de datos homogénea y comparable de documentos y referencias científicas. Durante este proceso, se exportaron los datos pertinentes, tales como títulos, autores, año de publicación, cantidad de citas, fuentes, resúmenes, palabras clave y otra información relevante, en formato CSV de Excel. Este procedimiento facilitó la preservación de un registro detallado de la búsqueda realizada en la base de datos de la biblioteca digital Scopus.

Para realizar el análisis bibliométrico de los datos recolectados, se empleó el software VOSviewer. Los datos fueron normalizados en las categorías de "Autores", "Revistas", "Países" e "Instituciones", lo que facilitó la estructuración y organización de la información bibliográfica y de citas. Este proceso permitió acceder de manera más eficiente a documentos, autores, revistas, países, instituciones, palabras clave y otras referencias. Los datos se guardaron en un archivo Excel, extraído de la base de datos de Scopus, para su posterior análisis estadístico y la creación de mapas visuales utilizando VOSviewer.

III. RESULTADOS

Tendencia investigativa internacional de la impresión 3D en la rehabilitación oral

De manera global, el número de publicaciones sobre las impresiones 3D en la rehabilitación oral mostró una tendencia de incremento muy positivo del 2020 a 2024 con una tasa de 27.29% de crecimiento de manera general cada año durante todo ese periodo, se observaron variaciones positivas en el transcurso de ese crecimiento: entre 2020 y 2021 se produjo un aumento del 50.00%; de 2021 a 2022, el incremento fue más visible de un 88.89%; sin embargo, entre 2022 y 2023 hubo una pequeña caída del -41.18%, pero finalizando el 2023 y 2024 se recuperó un 60.00% en sus publicaciones. Este crecimiento puede continuar en aumento, porque ha empezado el 2025 y hay mucha actividad con respecto a este campo que sigue revolucionando la odontología (Tabla 1). El gráfico demostró un gran crecimiento con publicaciones variando en cada año, el 2022 con 17 (29.31%) el año más próspero, seguido por el 2024 con 16 publicaciones (27.59%), el 2023 con 10 publicaciones (17.24%), finalizando con el 2021 con 9 publicaciones (15.52%) y el 2020 con 6 publicaciones (10.34%) (Fig. 2).

Tabla 1: Data y tasa de crecimiento anual de publicaciones sobre las impresiones 3D en la rehabilitación oral entre 2020 y 2024

Año	N° documentos	%	Tasa crecimiento anual	
2024	16	27.59%	2023 – 2024	60.00%
2023	10	17.24%		
			022– 2023	1.18 %
2022	17	29.31%		
			2021 – 2022	88.89%
2021	9	15.52%		
			2020 – 2021	50.00%
2020	6	10.34%		
			Tasa crecimiento general	
TOTAL	58	100%	27.79%	

Fuente: Elaboración Propia

Documents by year

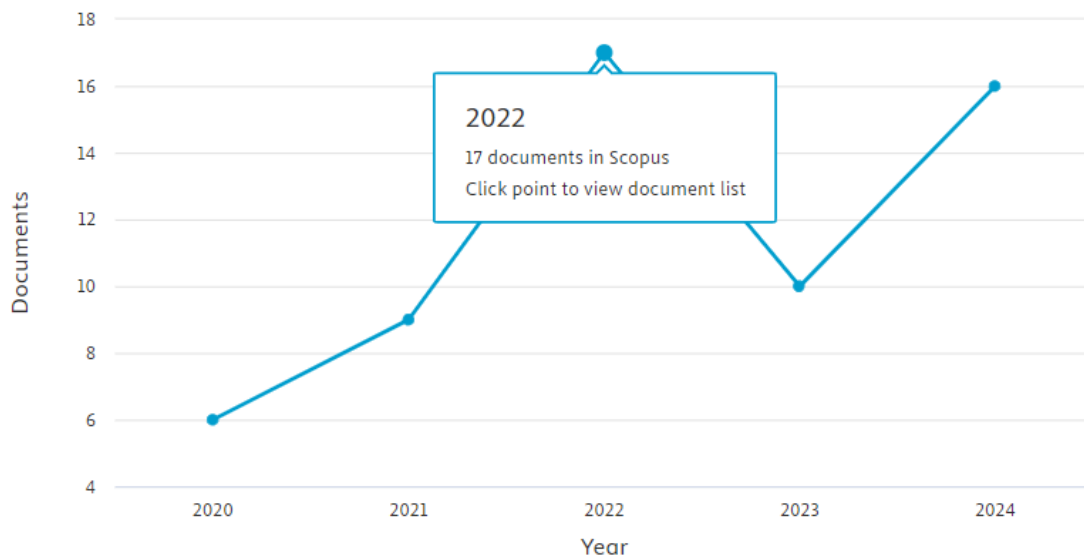


Figura 2: Crecimiento de publicaciones sobre las impresiones 3D en la rehabilitación oral del 2020 a 2024, con un incremento positivo anualmente, destacando el 2022.

La recolección y análisis de datos resultaron en una muestra de 58 documentos para este estudio bibliométrico. Se revisaron los artículos más relevantes publicados en la base de datos de la biblioteca virtual académica de Scopus. Estas publicaciones formaron la base científica que sustenta la investigación bibliométrica sobre el uso de la impresión 3D en la rehabilitación oral durante el período de 2020 a 2024 (Tabla 2).

Tabla 2: Publicaciones indexadas en la base de datos académica de la biblioteca virtual Scopus sobre las impresiones 3D en la rehabilitación oral desde el 2020 al 2024

Base de Datos	Revista	Año	País	Autores	Título
Scopus	Acta Marisiensis – Seria Medica	2022	India	thee M, Divakar Jain P, Singh S, Chahal S	Rehabilitación definitiva post exilectomía en pacientes con mucormicosis post-covid mediante obturador convencional e impreso en 3D: relato de un caso gemelo
Scopus	Journal of Clinical and Experimental Dentistry	2021	España	errido P, Peña J, ro J, Esparza G, ntesdeoca N, De	Mandíbula en un día: Osteointegración de los implantes en la pierna del paciente antes de la cirugía

				Gallos J, Cebrián J	constructiva de un maxilar con ameloblastoma. Un reporte de caso de seguimiento de 4 años
Scopus	Stomatologija	2021	Italia	Rosati R, Peretta Rosati F, Musto F, Dellavica C	evaluación sEMG de una nueva herramienta para la gestión de la dimensión vertical 3D de la oclusión en rehabilitaciones dentales rotésicas: Un caso clínico
Scopus	Bulletin of Stomatology and Maxillofacial Surgery	2023	Armenia	Khachatryan L, Khachatryan G, Karapetyan E, Sahakyan V	habilitación protésica de un maxilar reabsorbido con un plante individual de titanio mediante tecnologías de fusión selectiva por láser (slm). Caso clínico
Scopus	Journal of Applied Oral Science	2022	Brasil	De Lima G, Pucciarelli M, Appelenbroek K, Sforza C, De Menezes M, Oliveira T	Evaluación por stereofotogrametría 3D de los cambios faciales en pacientes edéntulos tras la rehabilitación
Scopus	Dentistry Journal	2024	Italia	Di Spirito F, Ardano F, Di Palo M, Ferraro C, Scerere L, Frucci E, Scoggiano M, Lo Giudice R	placa, membrana, sustituto óseo e implante dental impresos en 3D personalizados aplicados a la generación ósea guiada en implantología oral: una revisión narrativa
Scopus	Protetyka Stomatologiczna	2023	Polonia	Wojcicka A, Mydlak A, Zwolinski J, Dominiak K, Szerzen M, Kostrzewa J	protector palatino inmediato tecnología de impresión 3D para un paciente con infección programada de una lesión neoplásica: informe de un caso
Scopus	Journal of Applied Oral Science	2021	Brasil	Toyoshima G, Pucciarelli M, Appelenbroek K, Sforza C, Menezes	Evaluación por stereofotogrametría 3D de los cambios faciales en

				M, Oliveira T, Soares S	pacientes edéntulos tras la rehabilitación
Scopus	Frontiers in Oral Health	2022	Brasil	azar R, Binasco Seelaus R, Dib L	Presente y futuro de la prostodoncia extraoral maxilofacial: Rehabilitación oncológica
Scopus	Stomatology Today	2022	Azerbaiyán	Jafarov R	El uso de obturadores protésicos para la rehabilitación dental de pacientes con cáncer oral
Scopus	Journal of Esthetic and Restorative Dentistry	2024	España	Jané L, Gil A, Jaen Freire P, Jané A, Ruales G	Nueva técnica de rehabilitación adhesiva con plancheros oclusales indexados mediante tecnología de impresión 3D
Scopus	Dental Materials	2024	Irán	Shahi M, De Souza Alsa'ad F, Zeenat Aljojedla S, Pati F, Alolfagharian A, Alattas D, Bottino M	Avances recientes en fabricación aditiva de dispositivos específicos para pacientes para la rehabilitación dental y maxilofacial
Scopus	Annals of Dental Specialty	2022	Turquía	Atatik S, Saygili S, Gulgun T, Alan C	Uso de trabajo semidigital de para la fabricación de prótesis parciales removibles para pacientes con microstomía inducida por esclerodermia: dos informes clínicos
Scopus	International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery	2020	Francia	Leclercq A, Kun D, Laccourreya L, Breheret R	Rehabilitación anatómica y funcional tras maxilectomía bilateral total con prótesis de titanio osteointegrada a medida
Scopus	Dental Materials	2022	Australia	Chen S, Chauhan A, Khan B, Rajan Aarti H, Fawzy A	Desarrollo de un nanocompuesto de resina dental impresa en 3D con nanoplaquetas de grafeno que mejoró las propiedades mecánicas e indujo una

					tividad antimicrobiana libre de fármacos
Scopus	Protetyka stomatologiczna	2023	Polonia	Cybulska A, Szerzen M	Aplicación de las tecnologías digitales a la rehabilitación protésica de pacientes tras el tratamiento quirúrgico de las neoplasias de cabeza y cuello
Scopus	Journal of Cranio-maxillofacial Surgery	2022	Italia	Vecchi F, Grecchi Del Fabbro M, Goker F	Osteotomía Le Fort I simultánea y colocación simultánea de implantes cigomáticos
Scopus	Dentistry Journal	2023	Emiratos Arabes Unidos	Almezei A, Aljanahi Moharamzadeh, Ghoneima A, Alwafik A, Khamis, Abuzayeda M	Desarrollo y comparación de modelos de laboratorio convencionales e impresos en 3D de defectos maxilares
Scopus	Journal of Oral and Maxillofacial Surgery Cases	2023	Italia	Marconcini S, Immarianaro E, Covani U	Rehabilitación del maxilar posterior atrófico con un implante subperióstico realizada en un paciente con antecedentes de medicación relacionados con la osteonecrosis de los maxilares: relato de un caso a un año
Scopus	Journal of the California Dental Association	2021	Estados Unidos	Alpta R, Young J, Lee M	Implantes dentales: una actualización sobre la cirugía realizada para la reconstrucción de boca completa
Scopus	Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery	2023	Francia	Haroun F, Benmoussa N, Abdault F, Lassau N, Moya A, Garmarie N, Honart J, Kolb F, Vassemyar Q, Gorphe P	Resultados de la reconstrucción mandibular mediante prótesis tridimensionales de titanio poroso hechas a medida

Scopus	Journal of Prosthetic Dentistry	2024	Brasil	Di Giacomo G, Fry P, Da Silva A, Silva J, Ajzen S	Guías quirúrgicas para la colocación de implantes dentales sin colgajo y la colocación definitiva inmediata de prótesis mediante fusión y sinterización selectiva por láser para la impresión 3D de metales y polímeros: un informe clínico
Scopus	Implantologie	2020	Suiza	Ulrich N, Korn P, Schnenker P, Lentge F, Hiller M, Rahlf B	Rehabilitación del maxilar anterior severo mediante un nuevo método alternativo de aplicación de dispositivos de bioingeniería para la evaluación del estrés en odontología: Los últimos 10 años Análisis paramétrico FEM de resultados y tendencias actuales
Scopus	Monerva Stomatologica	2020	Italia	Marvino G, Fiorillo Arzukanyan A, Spagnuolo G, Campagna P, Ciccio M	Fabricación de prótesis denturadora interina maxilar para un paciente con apertura bucal limitada con un enfoque digital: un informe clínico
Scopus	Journal of Prosthodontics	2024	Estados Unidos	Alshahid O, Allhayek Ahmed Z, Aslam I, Aldawood T, Alghamdi S, DiFazio J	Estereolitografía de un cuerpo de escaneo intraoral y el efecto que tiene sobre los ejes y distancias entre tres implantes adyacentes: estudio in vitro
Scopus	JMIR Oral Health	2021	Israel	Shoshitaishvili G, Lugassy D, Shoshitaishvili O, Nissan J, Rajmiel S, Shoshitaishvili Y, Shely A	El papel del diseño asistido por ordenador/fabricación asistida por ordenador (CAD/CAM) y la impresión 3D en la cirugía maxilofacial: una revisión y direcciones futuras
Scopus	Oral Oncology	2022	Estados Unidos	Chen E, Agrawal A, Garg A, Seim N, Garg R, Rocco J	

Scopus	Brazilian Dental Science	2024	Brasil	Silveira T, Godoy F, Rocha D, Viegas D, Saavedra G	¿Cómo la planificación inversa y el uso de dispositivos digitales revolucionan la odontología? – Caso clínico
Scopus	Egypti Dental Journal	2024	Egipto	Elsharouny M, Kamal M, Diab M, Elsharouny O, Fekry Y	Uso de guía de implantes dentales guiada por computadora versus cirugía de implantes dentales a mano alzada: ensayo clínico controlado aleatorizado
Scopus	Frontiers of Oral and Maxillofacial Medicine	2022	Estados Unidos	Wang P, Zhang Q, Gargiwal F, Shanti Chang B, Le A	Potencial aplicación de las guías madre dentales en la construcción regenerativa de los tejidos orales y maxilofaciales: una revisión narrativa
Scopus	Journal of Implant Dentistry	2022	Alemania	Wenzel F, Khoury C	Técnica de injerto de bloque óseo dividido Khoury: Aumento óseo alveolar guiado con hueso autógeno
Scopus	International Journal of Oral and Maxillofacial Implants	2021	Estados Unidos	Wilkirson E, Chandran R, Duan Y	Rehabilitación del maxilar inferior posterior atrófico con implantes pterigoideos: un análisis de elementos finitos en 3D
Scopus	Journal of Dentistry	2023	Holanda	Bronkhorst H, Bronkhorst E, Kalaykova S, Pereira T, Huysmans M, Loomans B	Inter e intravariabilidad en la progresión del desgaste dental en función del nivel de superficie, diente y tiempo durante un período de tres años: Un estudio de cohorte: Inter e intravariación en la progresión del desgaste dental
Scopus	Open Dentistry Journal	2022	Italia	Agar F, Gallo F, Rizoni A, Beretta P, Ghezzi S, Spinato S	Uso de articulador digital en prótesis implantosoportadas. Un reporte de caso
Scopus	Journal of Prosthodontics	2022	China	Shun M, Tan X, Wang N, Lou Y, Wu Q, Yu H	Registro de la relación mandibular de un paciente pediátrico con displasia

					ectodérmica y anodoncia completa mediante un mini trazador de arco digital: reporte de un caso
Scopus	JMC Oral Health	2020	Brasil	Rezende M, De la G, Marchini T, Marques H, Sforza C, Soares S	evaluación de la estabilidad de la arcada dentaria tras el tratamiento de ortodoncia y rehabilitación oral en pacientes con labio leporino y paladar hendido unilateral completo y sin hendiduras mediante estereofotogrametría 3D
Scopus	Journal of Dentistry	2024	Japón	Akiyama M, Akiyama Qi K, Sahaprom N, Kohri K, Masumoto M, Shibata S, Takoshi N, Shirai M, Shinpo H	calidad de vida relacionada con la salud bucal y satisfacción del paciente ante dentaduras postizas fabricadas en tres dimensiones: un ensayo controlado aleatorizado cruzado
Scopus	Journal of Prosthetic Dentistry	2022	Brasil	Soares S, Rezende M, Hideki G, Marchini T	estereofotogrametría para evaluar a adultos jóvenes con labio leporino y paladar hendido después de un tratamiento ortodóncico y restaurador
Scopus	Head and Neck Russian Journal	2020	Rusia	Nazaryan N, Dikarev S, Mokhirev A, Lyashev N, Zakharov G, Fedosov A	empleo clínico de resección con bloqueo orofaríngeo hecho en maxilar superior e inferior en una sola etapa
Scopus	Journal of Esthetic and Restorative Dentistry	2021	Chile	Sampaio C, Niemann K, Schweitzer D, Virata R, Atria P	evaluación por tomografía microcomputarizada del espesor de la película de cemento de carillas y coronas realizadas con materiales provisionales convencionales e impresos en 3D

Scopus	Journal of Prosthodontics	2024	Estados Unidos	Zandinejad A, Moriani F, Lin W, Naimi A	Resultados clínicos de dentaduras completas resadas, impresas en 3D y convencionales en pacientes edéntulos: una revisión sistemática y metanálisis
Scopus	Archives of Orofacial Sciences	2023	Malasia	Hamid N, Ariffin F, Ahmad R	análisis bibliométrico de la investigación relacionada con dentadura parcial removible en odontología
Scopus	International Journal of Oral and Maxillofacial Implants	2024	Bélgica	Corre C, Neef B, Hermans N, Rinaldi Bouvry P, Naert I, Stralen K	Respuesta de los tejidos blandos y determinación de los factores de riesgo subyacentes de recesión y mucositis después de la implantación de AMSJI en el maxilar superior
Scopus	International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery	2021	Taiwán	Chiang T, Hsia Y, Wang M, Wu Y, Hsu P	Medición tridimensional de las angulaciones de contacto óseo-implante radiográfico de implantes cigomáticos en seno cigomático: un estudio retrospectivo de 66 implantes en 28 pacientes
Scopus	Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery	2022	Reino Unido	Christodoulou L, Sinha S, Dawood A, Kalavrezos N	Rehabilitación oral con colgajo peroné libre vascularizado mediante mucosa de queratina tisular: Reporte de 3 casos
Scopus	Dentistry Journal	2020	Italia	Manacorda M, De Chaurand B, Marone A, Teté G, Mattola F, Vinci R	Rehabilitación virtual con implantes del maxilar atrófico maxilar: un estudio radiográfico
Scopus	Journal of Prosthodontics	2024	China	Wang J, Liu Y, Sun Y, Ye H, Zhou Y	Evaluación clínica de una dentadura parcial removible de metacrilato de metacrilato de una sola pieza fabricada mediante un novedoso flujo de trabajo

					digital: un ensayo clínico autocontrolado
Scopus	International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery	2021	China	Chen W, Fan S, Wang F, Huang W, Kimjoo F, Wu Y	Un nuevo método de registro intraoral para un sistema de liberación dinámica que guía la colocación de implantes maxilares en pacientes con defectos de maxilectomía
Scopus	JMC Oral Health	2024	Alemania	Wagner A, Werkmeister R, Becker P, Lindwedel K, Al-Nawas B	Desplazamiento de implantes maxilares: una serie de casos en varios escenarios
Scopus	Clinical Implant Dentistry and Related Research	2021	Hong Kong	Wu W, Su Y, Powell Yang W, Qin L, Choi W	Guías quirúrgicas "tres en uno" específicas del paciente para implantes dentales simultáneos en la construcción de mandíbula con colgajo de peroné: una serie de casos prospectivos
Scopus	Journal of Prosthetic Dentistry	2024	Holanda	Wijst J, Dal Piva A, van der Meulen E, Kleverlaan A, C, Feilzer A	Biomecánica dental de implantes análogos de raíz en diferentes tipos de hueso
Scopus	Jaging Science in Dentistry	2023	Holanda	van der Helm J, Baan F, Nijssink J, van Hamme L, Maal T, Meijer G	Exploración intraoral de la mandíbula edéntula sin arcos adicionales: un estudio de validación in vivo sobre la precisión de la exploración y el registro de la exploración intraoral con tomografía computarizada de haz cónico
Scopus	International Journal of Oral and Maxillofacial Implants	2022	Italia	Castorini T, Clauser Scaini R, Wang H, Fabbro M	Resultados a largo plazo de implantes intraforaminales de carga inmediata y evaluación del recrecimiento mandibular posterior en mandíbulas severamente atroficas

Scopus	Implant Dentistry	2022	Estados Unidos	Tolstunov L	Técnicas esenciales de aumento óseo alveolar en implantología dental: Un manual quirúrgico
Scopus	Oral Oncology	2024	Hong Kong	Pu J, Choi W, Long M, Wu S, Wang P, Yang W, Su Y	Viabilidad a largo plazo de la reconstrucción mandibular con colgajos óseos microvasculares: un estudio longitudinal prospectivo
Scopus	Dental Cadmos	2024	Italia	Mani E, Garcovich D, Martin M, Guardini M, Re D, Aiuto R	Odontología digital en la práctica clínica del fontopediatria: una revisión exploratoria
Scopus	Dental Cadmos	2022	Italia	Manchi M, Parisi E, Vuoto M, Paoli I, Accanti G, Tonelli P	Un caso de edentulismo maxilar superior realizado en implantología guiada por ordenador: un caso clínico
Scopus	Head and Neck Russian Journal	2023	Rusia	Reeshetov I, Romanko Y	Investigación fundamental y aplicada del Instituto de Odontología en Conglomerados que lleva el nombre de L.L. Vishin sobre el desarrollo de métodos para el tratamiento de enfermedades de la cabeza y el cuello

Fuente: Elaboración Propia

Investigadores con alta productividad científica y citaciones

Entre los años 2020 y 2024, un total de 315 autores han aportado significativamente a la investigación y publicaciones relacionadas con la utilización de la impresión 3D en la rehabilitación oral, con un promedio de 5.43 investigadores por cada artículo. Soares Simone se destaca como el principal contribuyente en términos de productividad científica, habiendo publicado cuatro artículos, seguido de Sforza Chiarella, quien también ha colaborado con tres artículos, ambos tienen más de 50 citas. También se encuentran Arzukanya Alina, Campagna Paola y Cervino Gabriele en la lista de personas con más citas, demostrando la importancia de sus investigaciones, las cuales

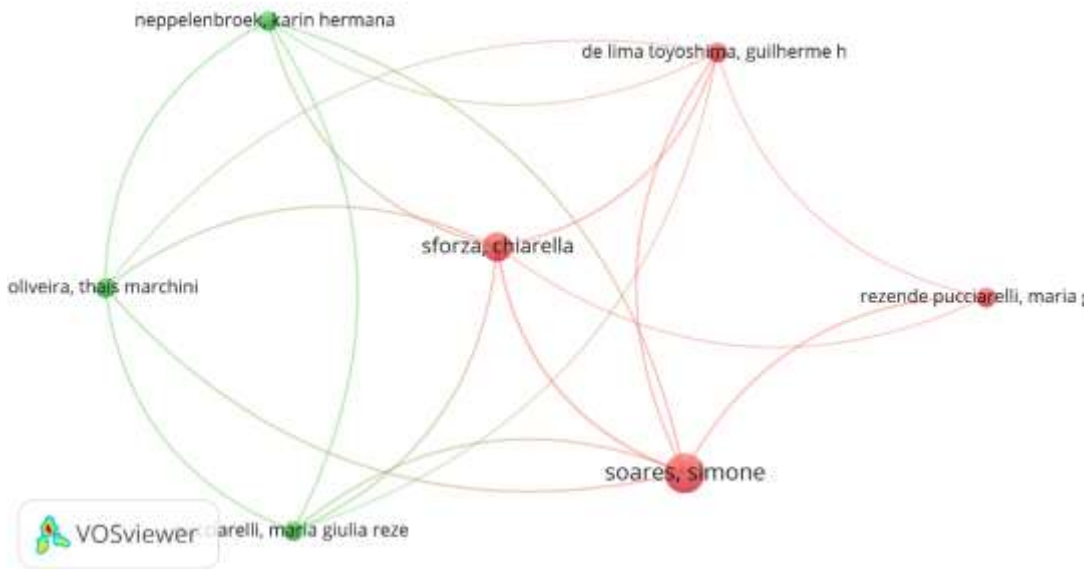
resaltan relevancia en el campo emergente de la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral. En la (Tabla 3) se presentan los perfiles de estos autores y otros de alto impacto. Además, se incluye un gráfico que ilustra la red de los investigadores más influyentes en este ámbito durante el período mencionado, junto con un mapa de calor que muestra la distribución de los autores con alta productividad científica en esta área (Fig. 3).

Tabla 3: Análisis de los autores con alta productividad y aquellos con mayor número de citas en el ámbito de la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral entre los años 2020 y 2024

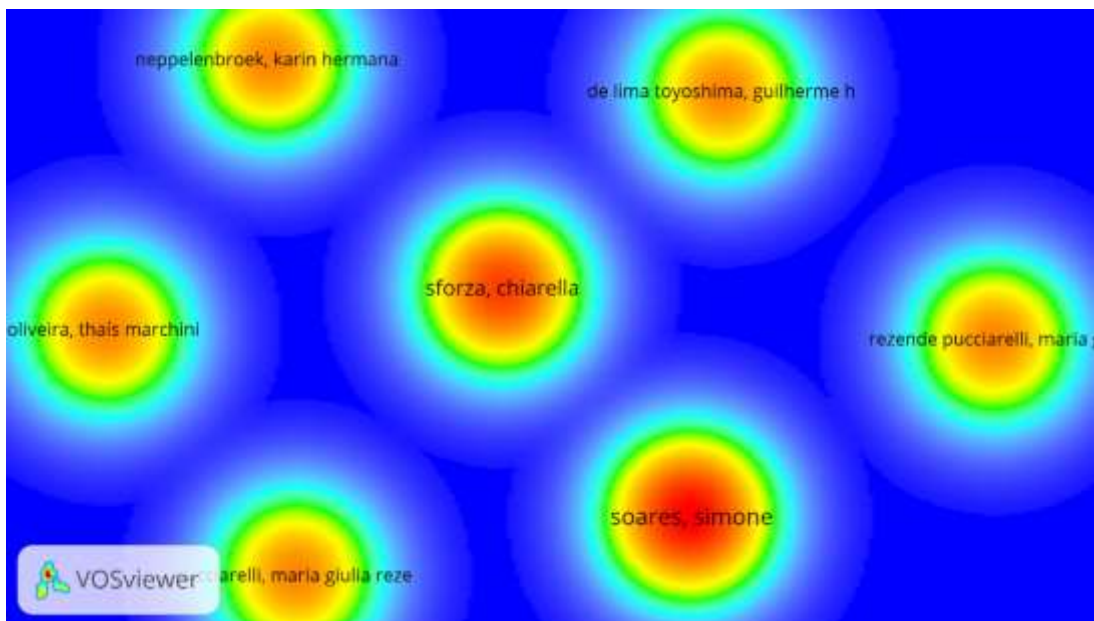
Investigadores de alta productividad científica			Investigadores de alta productividad científica y más citados		
Autores	Perfil del Investigador		Autores	Perfil del Investigador	
	Institución/País	Nº de publicaciones		Institución/País	de Citas
Autores Simone	Universidade de São Paulo, Brasil	4	Yukanyan Alina	Universidad Estatal de Medicina Sechenov de Moscú, Rusia	39
Corza Chiarella	Università degli Studi di Milano, Italia	3	Compagna Paola	Università degli Studi di Catania, Italia	39
Choi Wing	The University of Hong Kong, Hong Kong	2	Crivino Gabriele	Università degli Studi di Messina, Italia	39
Wojcicka Anna	Medical University of Warsaw, Polonia	2	Seim Nolan	The Ohio State University, Estados Unidos	33
Chang Wei-Fa	The University of Hong Kong, Hong Kong	2	van Koeveiling Kyle	Universidad Estatal de Medicina Sechenov de Moscú, Rusia	33
Almeida Maria	Universidade de São Paulo, Brasil	2	van Windheim Natalia	Medical University of Warsaw, Polonia	27
De Lima Guilherme	Universidade de São Paulo, Brasil	2	Autores Simone	Universidade de São Paulo, Brasil	26
Appelbroek Karin	Universidade de São Paulo, Brasil	2	Aati Hanan	University Riyadh, Arabia Saudita	25
Almeida Thais	Universidade de São Paulo, Brasil	2	Arrestha Barsha	Medical University of Warsaw, Polonia	25

pucciarelli Giulia	Universidade de São Paulo, Brasil	2	sforza Chiarella	Università degli Studi di Milano, Italia	22
--------------------	-----------------------------------	---	------------------	--	----

Fuente: Elaboración Propia



A



B

Figura 3: A) Distribución de los investigadores más productivos y sus redes de colaboración en la investigación sobre impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral, abarcando el período 2020-2024. B) Los nodos coloreados en rojo, que indican una mayor densidad, señalan a los investigadores más destacados por su productividad científica en este campo.

Revistas de mayor relevancia científica

Las principales revistas científicas en el ámbito de la investigación sobre impresión 3D en la rehabilitación oral durante el período 2020 – 2024 son las siguientes: En primer lugar, el Journal of Prosthodontics, que se destaca por ser la revista con mayor número de documentos, sumando 4 trabajos que han recibido 139 citas. A continuación, se encuentran las revistas BMC Oral Health, Dentistry Journal, International Journal of Oral and Maxillofacial Implants y el Journal of Prosthetic Dentistry, cada una de las cuales ha contribuido con 3 trabajos, acumulando juntas más de 300 citas en total. Tanto el Journal of Prosthodontics como las otras revistas mencionadas han jugado un papel crucial en la difusión de la investigación en este campo (Tabla 4). La (Fig. 4) presenta visualmente la prominencia de estas publicaciones, destacando al Journal of Prosthodontics como la más influyente en términos de impacto científico. En la (Fig. 5) se muestra una red de colaboración entre estas revistas, acompañada de un mapa de calor que ilustra el impacto de cada una, donde el nodo de calor rojo resalta las más influyentes.

Tabla 4: Análisis de las 5 revistas con mayor relevancia científica que aportaron a la investigación sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral durante los años 2020 – 2024

Revistas con mayor relevancia científica		
Revista	° de Publicaciones	Citas Promedio
Journal of Prosthodontics	4	139
BMC Oral Health	3	134
Dentistry Journal	3	125
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants	3	55
Journal of Prosthetic Dentistry	3	55

Fuente: Elaboración Propia

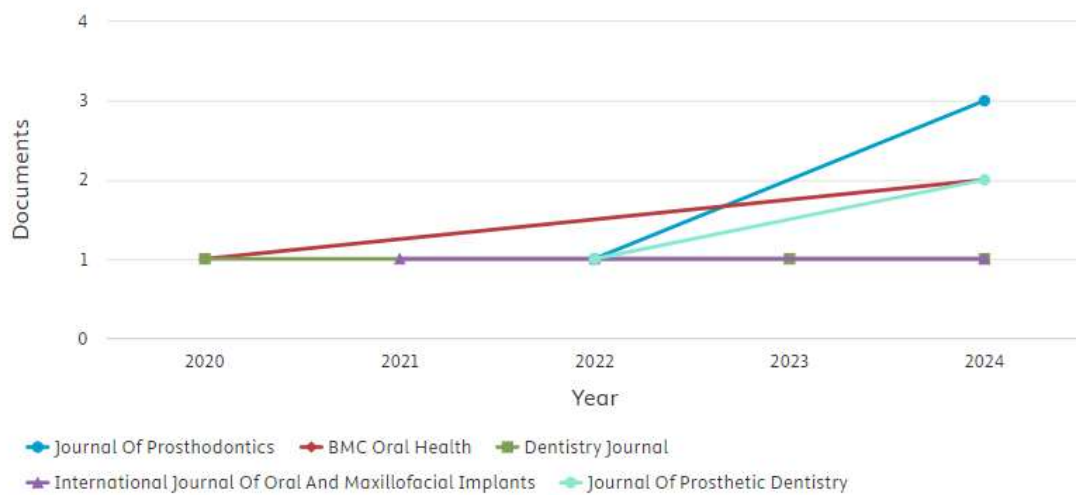
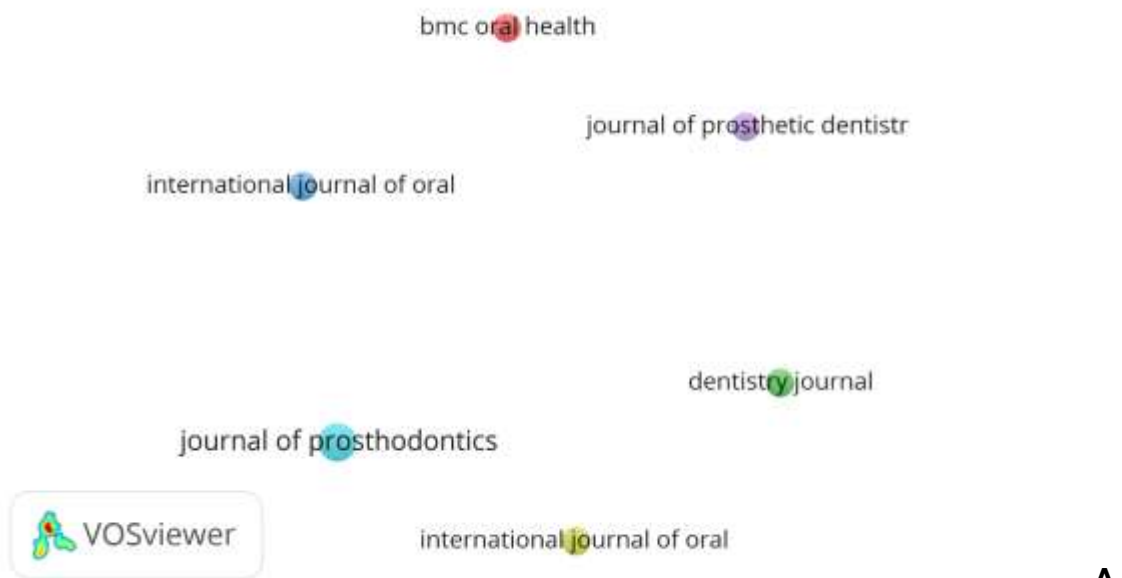


Figura 4: Resaltando las publicaciones más influyentes y de mayor impacto, el Journal of Prosthodontics se destaca como la revista con el mayor número de publicaciones desde el año 2022 hasta el presente.



A

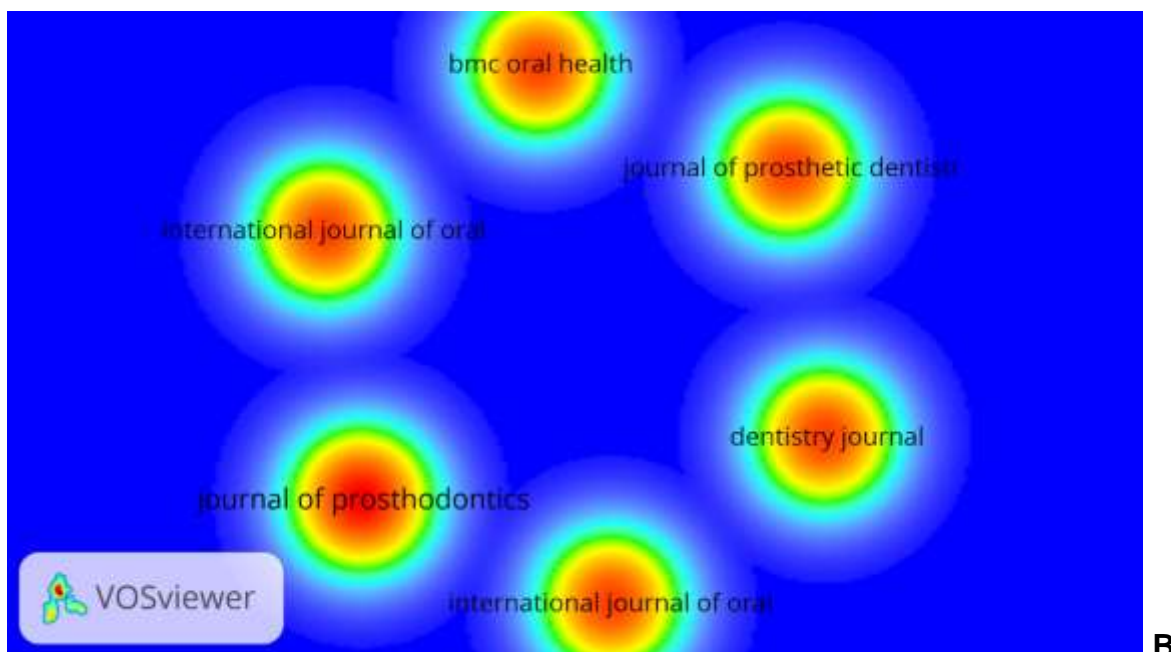


Figura 5: A) Red de las revistas de mayor relevancia científica B) Mapa de calor que muestra el impacto del Journal of Prosthodontics, destacándose como la revista con mayor número de publicaciones, representado por un nodo de calor rojo.

Países e instituciones que contribuyen a la investigación científica

Durante los años 2020 y 2024, Estados Unidos se consolidó como el país líder en el ámbito de la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral, con un total de 14 publicaciones siguiendo Italia con 13 trabajos publicados. Brasil destacó con 7 publicaciones, mientras se evidenció un crecimiento en la participación de otras naciones, como Holanda y China, en investigaciones sobre este tema (Tabla 5). A pesar del aumento de la colaboración internacional, Estados Unidos continúa siendo el principal referente en términos de publicaciones y citas. Esto queda reflejado en la (Fig. 6), donde la prominencia y el volumen de las publicaciones estadounidenses son ilustrados por el tamaño de las burbujas, y la intensidad del color resalta el enfoque predominante en esta área.

Tabla 5: Análisis de los países más contribuyentes con documentos y citas entre sobre las impresiones 3D en la rehabilitación oral durante los años 2020 – 2024

País	Publicaciones entre 2020 – 2024	
	Número de Documentos	Número de Citaciones
Estados Unidos	14	124
Italia	13	87

Brasil	7	40
Holanda	4	20
China	3	30

Fuente: Elaboración Propia

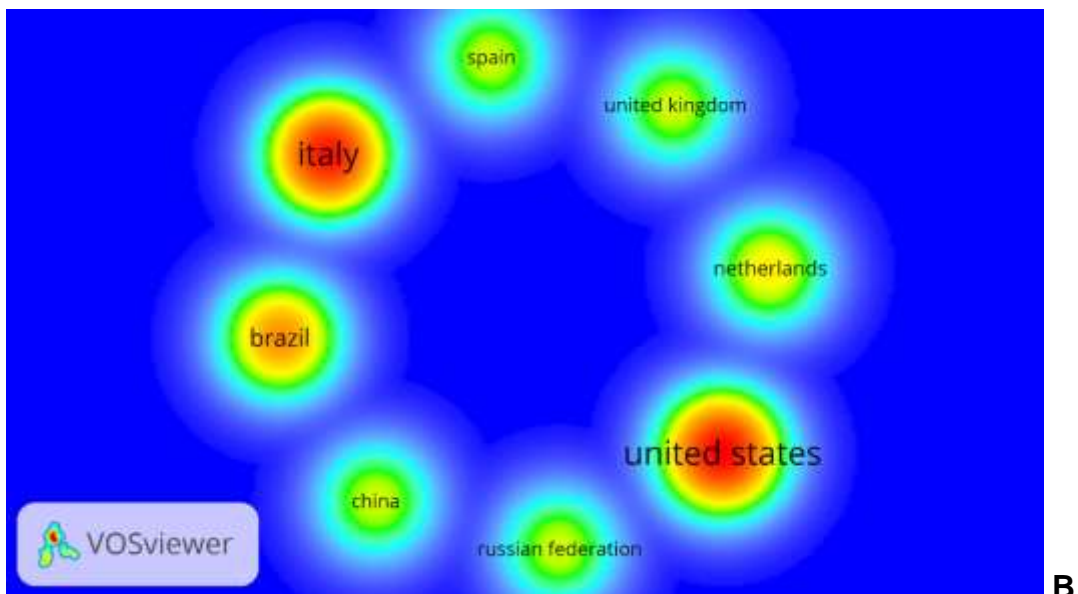
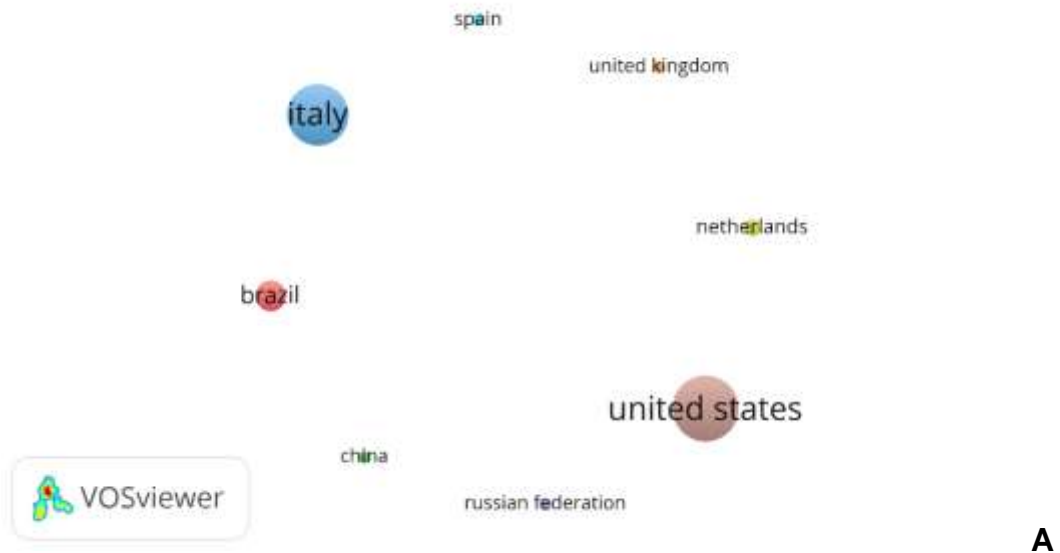


Figura 6: A) Mapa que muestra los países con mayor influencia y aportes a la investigación entre 2020 y 2024. El tamaño de las burbujas refleja la cantidad de publicaciones generadas. B) Las burbujas de mayor densidad y color rojo representan los países con mayor número de documentos publicados, destacando a Estados Unidos.

La distribución de los países más productivos en esta investigación muestra una ligera diferencia con respecto a la de las instituciones más influyentes y colaborativas en este campo, como se puede observar en la (Tabla 6). Las principales entidades que han generado la mayor cantidad de publicaciones son la Università degli Studi di Milano en Italia y la Universidade de Sao Paulo en Brasil. También sobresalen el IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi de Italia, junto con las instituciones tecnológicas de la Universidade do Estado do Amazonas en Brasil y el Radboud University Medical Center de Holanda. Esta red de instituciones se representa en un mapa, presentado en la (Fig. 7), el cual ilustra la colaboración y el apoyo mutuo en el avance de las investigaciones sobre impresión 3D para la rehabilitación oral.

Tabla 6: Análisis de las instituciones más contribuyentes en la investigación científica sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral durante los años 2020 – 2024

Institución	País	Número de Publicaciones	Número de Citaciones
Università degli Studi di Milano	Italia	8	33
Universidade de Sao Paulo	Brasil	4	25
IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi	Italia	3	25
Universidade do Estado do Amazonas	Brasil	3	25
Radboud University Medical Center	Bélgica	3	25

Fuente: Elaboración Propia

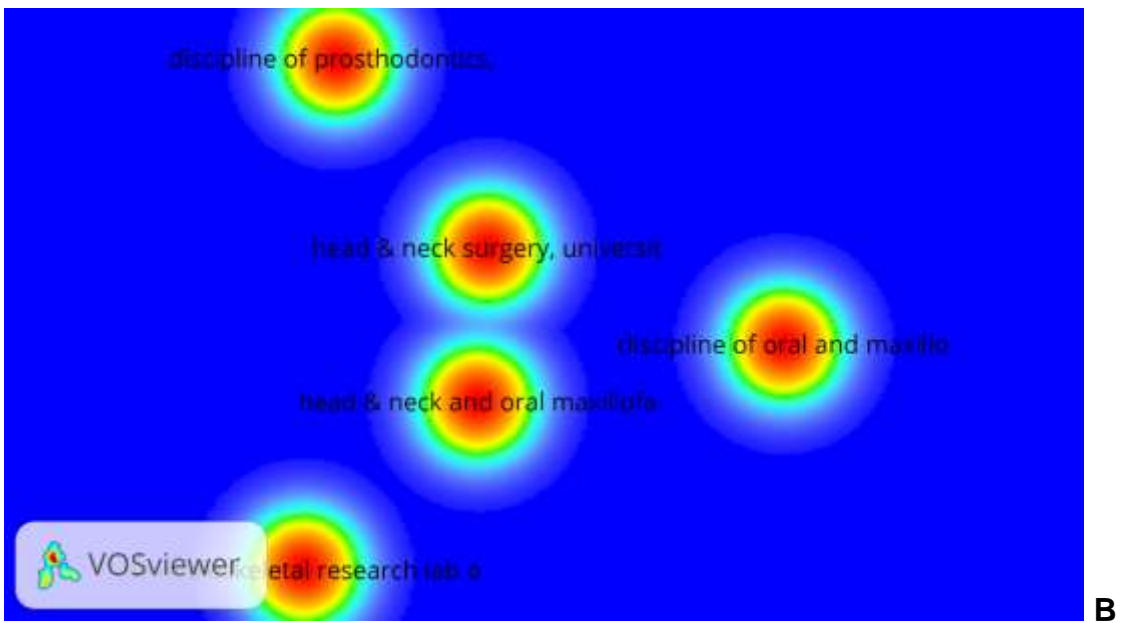
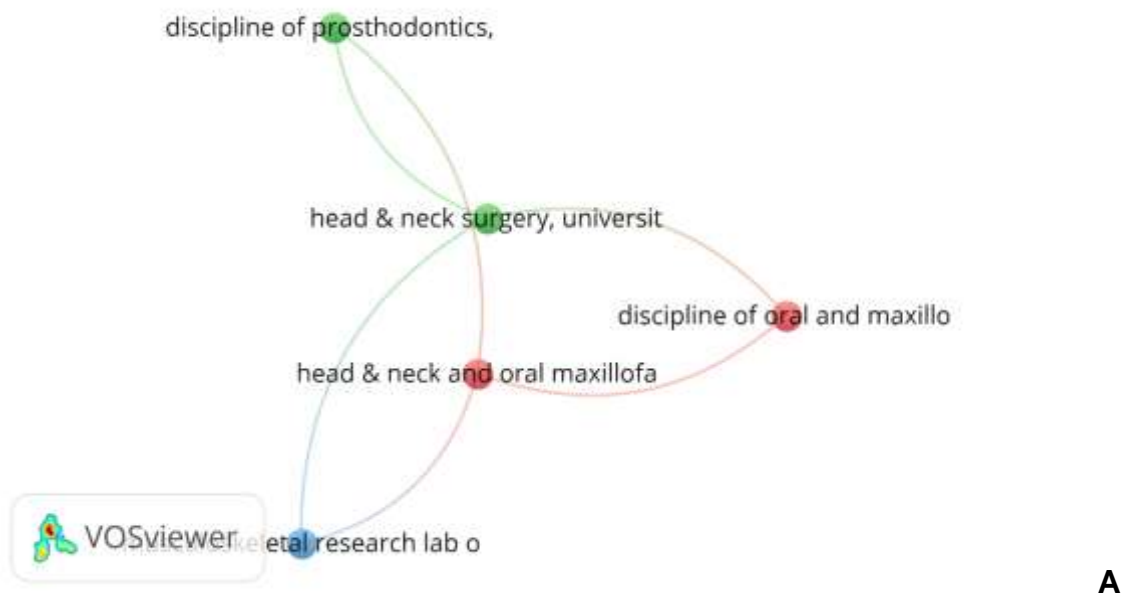


Figura 7: A) Red de instituciones que respaldaron la colaboración en el desarrollo de investigaciones sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral. B) Los nodos de mayor densidad, representados en color rojo, indican las instituciones con mayores contribuciones a la investigación, destacando al laboratorio de Discipline of Prosthodontics de la Universidad de Estudiantes de Milán en Italia por su significativa aportación científica.

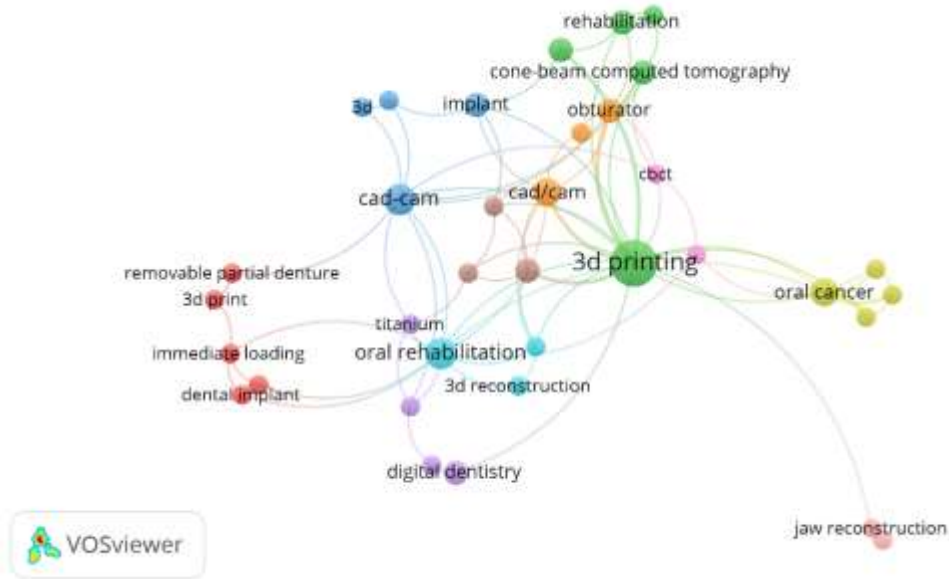
Palabras clave más usadas por los autores en sus publicaciones científicas

El uso adecuado de palabras clave es esencial para que las investigaciones científicas sean fácilmente accesibles a quienes buscan información específica. En el caso de la impresión 3D en la rehabilitación oral, los autores emplean términos clave como "3D printing", "Cad/Cam" o "Cad-cam", "oral rehabilitation", "obturador" y "dentistry" para indexar sus publicaciones. La palabra "3D printing" es la más mencionada, con 11 ocurrencias en diversas investigaciones, destacando su relevancia en la creación de prótesis personalizadas y en la mejora de tratamientos dentales. "Cad/Cam" se utiliza con frecuencia debido a su importancia en el diseño y fabricación asistidos por computadora, mientras que "oral rehabilitation" refleja el objetivo de restaurar la funcionalidad y estética bucal. Además, el término "obturador" se emplea para describir dispositivos usados en la rehabilitación oral, y "dentistry" abarca el campo general de la odontología (Tabla 7). Estas palabras clave facilitan la indexación y acceso a trabajos de investigación en este campo tan innovador. En la (Fig. 8) se puede observar la red total de enlaces de las palabras clave y cómo se conectan entre sí, destacándose las más mencionadas en las investigaciones científicas indexadas. También presenta un mapa de calor que refleja la intensidad de las palabras clave, mostrando con gran claridad que "3D printing" es la que ha tenido mayor número de ocurrencias e intensidad en sus conexiones.

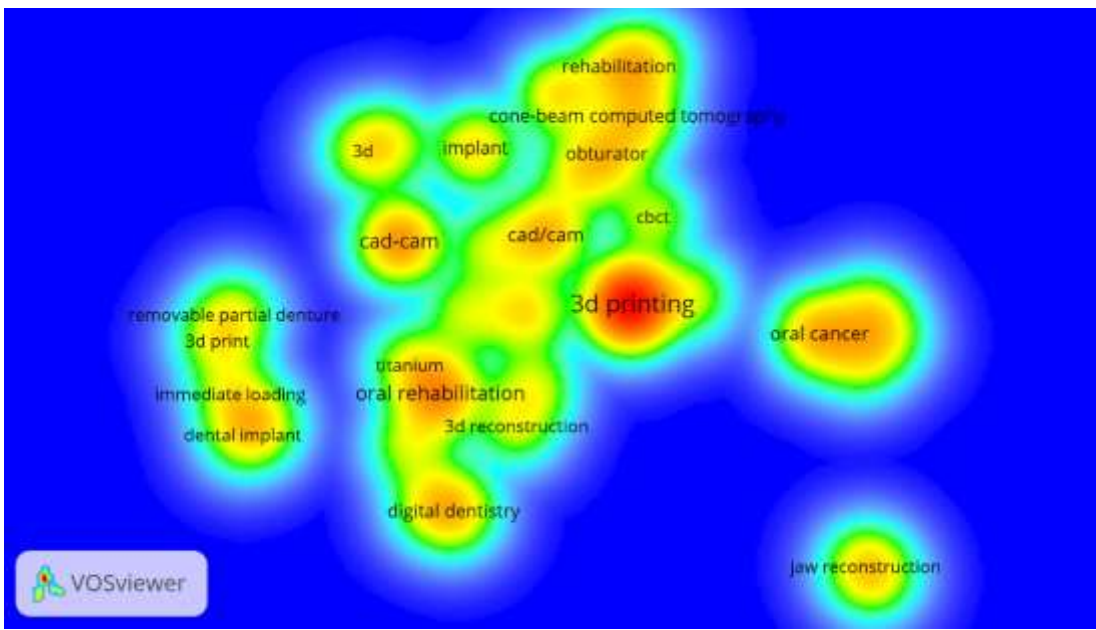
Tabla 7: Palabras clave más usadas por los autores en sus publicaciones científicas sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral

Palabras Clave	Número de Ocurrencias	Intensidad de la conexión en sus publicaciones indexadas
3D Printing	11	15
Cad/Cam o Cad-Cam	10	8
Oral Rehabilitation	5	7
Obturator	4	6
Dentistry	4	4

Fuente: Elaboración Propia



A



B

Figura 8: A) Red total de enlaces de las palabras clave y cómo se conectan entre sí, destacándose las más mencionadas en las investigaciones científicas indexadas. B) mapa de calor que refleja la intensidad de las palabras clave, mostrando con gran claridad que "3D printing" es la que ha tenido mayor número de ocurrencias e intensidad en sus conexiones.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Este análisis bibliométrico ofreció una perspectiva detallada sobre la evolución de la investigación internacional en el ámbito de la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral. Los datos revelaron un crecimiento constante entre 2020 y 2024, con una tasa general del 27.29%, la cual continúa en aumento. Además, se identificaron variaciones significativas en dicho crecimiento: entre 2020 y 2021, se registró un aumento del 50.00%; de 2021 a 2022, el crecimiento fue aún más notable, alcanzando un 88.89%; durante 2022 y 2023 hubo una pequeña variación, cayendo -41.18%, pero entre 2023 y 2024 se experimentó un notable repunte con un incremento del 60.00%. Este patrón sugiere que el crecimiento continuará, dado que el año 2025 ha comenzado y se observa una creciente actividad en este campo, que sigue transformando la odontología.

Tian Y, et al⁴ & Chimeno L, et al⁸; coinciden en que el aumento de la investigación sobre impresión 3D en la rehabilitación oral refleja un crecimiento claro en este campo. Según ellos, la tecnología está transformando la odontología, y la creciente cantidad de publicaciones es evidencia de su impacto global. La mejora de la precisión y accesibilidad en los tratamientos está siendo reconocida internacionalmente, lo que explica la mayor participación de instituciones y países en este tipo de investigaciones. Ambos coinciden en que, a medida que la tecnología se haga más accesible, veremos un crecimiento continuo en este ámbito. Por otro lado, Sorrentino R, et al²²; expresan su preocupación sobre el futuro de este crecimiento, especialmente en América Latina. Aunque reconoce el potencial de la impresión 3D, duda de que el ritmo de publicaciones continúe de la misma manera debido a los altos costos asociados con la tecnología y la falta de recursos para investigaciones en la región. Mencionan que la infraestructura limitada y la escasa financiación en algunos países latinoamericanos podrían frenar el avance en este campo, dificultando la adopción masiva y la participación de la región en esta tendencia global.

Los buenos investigadores se miden no solo por su alta productividad, sino también por su significativo aporte a la investigación, lo que queda reflejado en la influencia y el impacto de sus contribuciones. Soares Simone se destaca como la principal contribuyente en el ámbito de la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral, siendo reconocida por su alta productividad científica. Por su parte, Arzukanya Alina; Campagna Paola y Cervino Gabriele son reconocidos por la relevancia de sus investigaciones, reflejada en el elevado número de citas que han acumulado, lo que subraya la importancia de su trabajo en este campo emergente.

Kim J, et al³³; mencionan que el creciente interés de investigadores por la impresión 3D en la rehabilitación oral se debe al potencial transformador de esta tecnología, que ha revolucionado el enfoque tradicional de los tratamientos odontológicos. Ambos destacan que la personalización de los tratamientos y la mejora en la precisión de los procedimientos son factores clave que atraen a los investigadores, como Soares Simone de Brasil, quien ha mantenido una constante producción científica en este campo, asegurando que la investigación sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral se mantenga vigente al igual que Sforza Chiarella y Choi Wing. Estos investigadores continúan siendo líderes gracias al aporte que tienen en tecnología, infraestructura y recursos para la investigación. Por otro lado, Pellegrino M, et al³⁰; sugieren que, para mantener el entusiasmo en la investigación, es fundamental que se desarrollen soluciones más accesibles y se incremente la inversión en infraestructura. Además, señala que el desinterés de algunos autores en América Latina podría estar relacionado con la falta de capacitación y recursos para emprender investigaciones de alto nivel, lo que ha ocasionado que muchos investigadores se aparten de este campo sobre las impresiones 3D en la rehabilitación oral.

El Journal of Prosthodontics se destaca como la revista con la mayor cantidad de publicaciones en el ámbito de la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral, acumulando una significativa cantidad de citas. Este liderazgo resalta su influencia y su papel predominante en la difusión de investigaciones sobre este innovador tema. Aunque otras revistas como BMC Oral Health, Dentistry Journal, International Journal of Oral and Maxillofacial Implants y Journal of Prosthetic Dentistry también han contribuido con trabajos de investigación, el Journal of Prosthodontics sigue siendo la

revista más influyente y relevante en términos de impacto científico dentro de este campo emergente de la rehabilitación oral mediante impresión 3D.

Según Braga L, et al²⁷; expresan que el creciente interés en la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral se refleja en el aumento de publicaciones en revistas especializadas en prótesis dentales. Sin embargo, señalan que muchas de estas investigaciones se enfocan principalmente en los biomateriales necesarios para la fabricación de las impresiones mediante impresoras 3D, lo que limita la exploración más profunda de aspectos clínicos esenciales. En este sentido, las publicaciones tienden a resaltar más los avances en el ámbito de laboratorio, mientras que el impacto directo en los procedimientos clínicos y la experiencia del paciente queda relegado a un segundo plano. Por otro lado, Hadad H, et al³⁸; sugieren que la investigación sobre impresión 3D en la rehabilitación oral debería recibir más atención en las revistas científicas latinoamericanas, considerando que este es un tema innovador con un potencial transformador en la odontología. Señalan que la integración de la impresión 3D en los procesos de rehabilitación podría simplificar significativamente los tratamientos, mejorando tanto la precisión como la eficiencia de las intervenciones. Para Hadad H, et al³⁸, indican que promover la investigación en Latinoamérica en este campo no solo podría potenciar el desarrollo de nuevas soluciones, sino también acercar estas tecnologías avanzadas a una región que, aunque aún en desarrollo, tiene un gran potencial para beneficiarse de estos avances

Durante los años 2020 y 2024, Estados Unidos se consolidó como el líder en la investigación sobre impresión 3D en la rehabilitación oral, destacándose tanto en publicaciones como en citas. Aunque Italia también mostró una participación significativa, con un crecimiento notable. Estados Unidos e Italia siguen siendo los referentes principales en este campo. En cuanto a las instituciones más influyentes, el laboratorio de Discipline of Prosthodontics de la Universidad de Estudiantes de Milán en Italia encabezó como la institución con más producción investigativa, seguidas por la Universidad de Sao Paulo en Brasil, el instituto IRCCS Ortopédico Galeazzi en Italia y la Redboud University Medical Center de Holanda. Estas entidades han sido clave en el avance de la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral, reflejando la colaboración internacional y el liderazgo en esta innovadora área.

Beldiman M, et al²⁴; subrayan que el financiamiento que ofrece un país a la investigación sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral es un factor crucial para avanzar con esta nueva tecnología, ya que los costos elevados de esta tecnología pueden frenar su desarrollo. La dificultad para acceder a recursos económicos limita la capacidad de muchos investigadores para profundizar en estos estudios. No obstante, Arnesano A, et al¹⁹; presentan una perspectiva diferente, destacando que, aunque Brasil ha comenzado a generar interés en este campo, la región de América Latina en general no ha mostrado un compromiso firme con la investigación sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral. En contraste, Estados Unidos e Italia han demostrado un interés continuo y sólido, respaldado por un apoyo institucional significativo, lo que ha impulsado el avance de este sector. En los últimos años, otras instituciones en Europa también han experimentado un aumento en la inversión en este tipo de investigación, lo que promete revitalizar el campo y ofrecer nuevas oportunidades para innovar en los tratamientos odontológicos. A medida que estas instituciones de distintas regiones refuercen su compromiso, se prevé que la investigación sobre impresión 3D en la rehabilitación oral continúe expandiéndose y consolidándose a nivel mundial.

El uso adecuado de palabras clave es fundamental para hacer accesibles las investigaciones científicas, permitiendo que quienes busquen información específica puedan encontrarla fácilmente. En el caso de la impresión 3D en la rehabilitación oral, los autores emplean términos como "3D printing", "Cad/Cam", "oral rehabilitation", "obturador" y "dentistry" para indexar sus publicaciones. La palabra "3D printing" destaca como la más mencionada, con 11 ocurrencias, debido a su relevancia en la creación de prótesis personalizadas y la mejora de tratamientos dentales. Estas palabras clave facilitan la búsqueda y visibilidad de investigaciones en este campo innovador.

Rezaie F, et al¹²; defienden el uso de las palabras clave como una herramienta fundamental para la indexación de investigaciones científicas, destacando que facilitan enormemente el acceso a la información y permiten a los usuarios encontrar rápidamente documentos relevantes sobre temas específicos, como la impresión 3D en la rehabilitación oral. Indican que el uso adecuado de palabras clave mejora la

visibilidad de las publicaciones y organiza la vastedad de datos disponibles. Sin embargo, Soumia A, et al²⁶; plantean que aunque las palabras clave son útiles, existen métodos de búsqueda más sofisticados que podrían ser más eficaces, como algoritmos avanzados de inteligencia artificial que podrían contextualizar la información de manera más precisa. A pesar de esto, reconocen que las palabras clave siguen siendo un complemento valioso, pero creen que podrían ser mejoradas o complementadas con otras estrategias para optimizar aún más el acceso a la investigación científica.

CONCLUSIONES

La tendencia investigativa internacional sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral experimenta un notable crecimiento, evidenciando un aumento en el interés y la actividad dentro de este campo de la odontología, subrayando la relevancia e impacto de esta tecnología, destacándose de manera significativa en la actualidad.

Soares Simone, Sforza Chiarella y Choi Wing son los investigadores de alta productividad científica y lo más citados sobre la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral. Su notable contribución en la odontología queda reflejada en sus publicaciones de calidad, lo que resalta su firme compromiso y dedicación en el estudio y avance dentro de este innovador campo.

El Journal of Prosthodontics es la revista de mayor relevancia científica sobre la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral, destacándose por su alto impacto científico y su prominente rol como fuente principal de investigación. Revistas como BMC Oral Health y Dentistry Journal también contribuyen significativamente al desarrollo y la difusión de conocimientos a nivel global.

Estados Unidos es el país líder que contribuye a la investigación científica sobre la impresión 3D en la rehabilitación oral, destacándose por su fuerte impulso hacia la innovación en este campo. Al igual que la Universidad de Milán en Italia siendo la institución que más contribuye a la investigación, reflejando su colaboración internacional y el liderazgo en esta innovadora área.

La palabra clave "3D printing" se destaca como la más utilizada y con mayor número de ocurrencias, seguida de términos clave como "cad/cam" o "cad-cam" y "oral rehabilitation". Estas palabras clave juegan un papel crucial en la indexación de publicaciones científicas, facilitando el acceso a investigaciones relevantes en el campo de la impresión 3D en la rehabilitación oral.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a las instituciones académicas y a los investigadores interesados en la impresión 3D aplicada a la rehabilitación oral que centren sus esfuerzos en explorar el enorme potencial de esta tecnología para transformar la odontología. La impresión 3D permite la creación de prótesis personalizadas con alta precisión, mejorando tanto la estética como la funcionalidad de los tratamientos, además de reducir tiempos y costos. También abre nuevas posibilidades en la planificación quirúrgica, al ofrecer modelos anatómicos más detallados, lo que facilita intervenciones más precisas. Esta tecnología no solo optimiza los procesos clínicos, sino que atrae a nuevas generaciones de investigadores al ofrecer un campo innovador con un impacto directo en la calidad de vida de los pacientes. Fomentar la investigación y formación en impresión 3D no solo enriquecerá el conocimiento académico, sino que impulsará a la odontología hacia un futuro más accesible, eficiente y vanguardista.

V. REFERENCIAS

1. Dimitrova M, Vloхова A, Kalachev Y, Zlatec S, Kazakova R, Capodiferro S. Recent advances in 3D printing of polymers for application in prosthodontics. *J Polymers* [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 15(23):4525 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/23/4525>
2. Hadjichristou C, Bousnaki M, Kakapoulou A, Koidis P. 3D Printing in dentistry with emphasis on prosthetic rehabilitation and regenerative approaches. *3D Printing J* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 20(2):195-219 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323661935000095>
3. Anadioti E, Musharbash L, Blatz M, Papavasiliou G, Kamposiora P. 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. *BMC Oral Health* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 343(20) Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-020-01328-8>
4. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, Lu X, et al. A review of 3D printing in dentistry: technologies, affecting factors, and applications. *J Scanning* [Internet] 2021 [Consultado 02 enero 2025]; 2021(1):9950131 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2021/9950131>
5. Alyami M. The applications of 3d-printing technology in prosthodontics: a review of the current literature. *Rev Cureus* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 16(9):e68501 Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11447575/>
6. Naveen G, Anup G. Trends and future perspectives of 3D printing in prosthodontics. *Med J Armed Forc India* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 80(4):399-403 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377123724000856>
7. Nestic D, Schaefer B, Sun Y, Saulacic N, Sailer I. 3D printing approach in dentistry: the future for personalized oral soft tissue regeneration. *J Clin Med* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 9(7):2238 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/9/7/2238>

8. Chimeno L, Gil A, Gutierrez R, Freire P, Chimeno A, Ruales G. New adhesive rehabilitation technique with indexed occlusal tabletops made by 3D printing technology. *J Esthet Restor Dent* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 6(12):1614-1622 Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38979970/>
9. Iwaki M, Akiyama Y, Qi K, Sahaprom N, Kohri K, Masumoto M, et al. Oral health-related quality of life and patient satisfaction using three-dimensional printed dentures: A crossover randomized controlled trial. *J Dent* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 28(9):47 Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39265652/>
10. Amarante B, Cabral C, Santos C, Moraes E, Gentile A, Bonocker M, Romano M. Reabilitação oral utilizando coroas impressas em 3D para amelogênese imperfeita: relato de caso. *Rev Odont Latam* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 14(1):e-244669 Disponible en: <https://www.revistaodontopediatria.org/index.php/alop/article/view/669/526>
11. Popescu A, Vladutu D, Marasescu P, Amarascu M, Tarteu A, Popescu M, Lascu L, et al. Applications of 3D printing techniques for occlusal splints used in bruxism. *Roman Jour Oral Rehab* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 16(1):439-451 Disponible en: <https://rjor.ro/wp-content/uploads/2024/04/APPLICATIONS-OF-3D-PRINTING-TECHNIQUES-FOR-OCCLUSAL-SPLINTS-USED-IN-BRUXISM.pdf>
12. Rezaie F, Farshbaf M, Dahri M, Masjedi M, Maleki R, Amini F, Wirth J, Moharamzadeh K, et al. 3D Printing of Dental Prostheses: Current and Emerging Applications. *J Compos Sci* [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 7(2):80 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2504-477X/7/2/80>
13. Catenace C, Fonseca V. A prospective case series in regenerative endodontics: Reabilitação oral com prótese total CAD/CAM com impressão 3D – relato de caso. *Braz J Surg Clin Research* [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 41(3):36-39 Disponible en: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20230109_084321.pdf
14. Mondaca M. Prótesis totales digitales 3D fabricadas por CAD-CAM: revisión bibliográfica. *Odontol Sanmarquina* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 27(3):e28242 Disponible en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2024/10/1572471/v27n3_osorio.pdf

15. Palomino R, Solar C, Mas J. Impresiones digitales dentales com escâneres intraorales: uma revisão de la literatura. Rev Estomatolg Herediana [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 34(1):69-75 Disponible: <http://www.scielo.org.pe/pdf/reh/v34n1/1019-4355-reh-34-01-69.pdf>
16. León J. Comparación de la resistencia a la compresión in vitro de coronas provisionales fabricadas en resina biocompatible 3D y polimetilmetacrilato CAD/CAM en 2022 [Título Profesional de Cirujano Dentista] Lima: Universidad Alas Peruanas [Internet]; 2022 [Consultado 02 enero 2025] Disponible en: <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/11342>
17. Bona A, Cantelli V, Britto V, Collares K, Stansbury J. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. Dental Materials [Internet] 2021 [Consultado 02 enero 2025]; 37(2):336-350 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S010956412030350X>
18. Song Y, Ghafari Y, Asefnejad A, Toghraie D. An overview of selective laser sintering 3D printing technology for biomedical and sports device applications: Processes, materials, and applications. Optics & Laser Tech [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 17(1):110459 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003039922301352X>
19. Arnesano A, Sanosh K, Notarangelo A, Montagna F, Licciulli A. Fused deposition modeling shaping of glass infiltrated alumina for dental restoration. J Biomedicines [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 46(2):2206-2212 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272884219327427>
20. AlRumaih H. Clinical Applications of Intraoral Scanning in Removable Prosthodontics: A Literature Review. Journal of Prothodontics [Internet] 2021 [Consultado 02 enero 2025]; 30(9):747-762 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jopr.13395>
21. Rutkunas V, Auskalnis L, Pletkus J. Intraoral scanners in implant prosthodontics: a narrative review. J of Dentistry [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 148(1):105152 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030057122400321X>

22. Sorrentino R, Zarone F, Cantile T, Mastrosimone A, Cervino G, Ruggiero G. The Use of Digital Tools in an Interdisciplinary Approach to Comprehensive Prosthodontic Treatments. *J Prosthesis* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 6(4):863-870 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2673-1592/6/4/62>

23. Burde A, Fratila C, Varvara E, Varvara A. Short-term aesthetic rehabilitation with 3D printed snap-on smiles devices. *Rom J Oral Rehab* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 16(2):631-640 Disponible en: <https://rjor.ro/10.6261/RJOR.2024.2.16.58>

24. Beldiman M, Diaconu D, Tatarciuc M, Nicolaiciuc O, Vasilache C, Luca O. Digital smile design in prosthodontics – an overview. *Rom J Oral Rehab* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 14(1):150-156 Disponible en: <https://www.rjor.ro/wp-content/uploads/2022/04/DIGITAL-SMILE-DESIGN-IN-PROSTHODONTICS-%E2%80%93-AN-OVERVIEW.pdf>

25. Narde J, Maiti S. Precision smile design: a case report on 3D printed guides for perfect tooth preparation. *Acta Biomed* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 95(2):100-109 Disponible en: https://www.jnardental.com/uploads/1/4/6/5/146583889/guided_tooth_preparation_compressed.pdf

26. Soumia A, Abdulwahab I, Mohsen A, Anas A. Using artificial intelligence-based 3D smile design: REBEL in prosthetic rehabilitation. *J Clinical Research and Reports* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 16(1):1-11 Disponible en: <https://www.auctoresonline.org/article/using-artificial-intelligence-based-3d-smile-design-rebel-in-prosthetic-rehabilitation-with-patients-personal-preferences-case-2>

27. Braga L, Relvas A, Lefrancoes M, Azevedo M, Sotelo P. Digital planning and guided surgery in oral rehabilitation. *Clin Lab Res Den* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 8(1):11-18 Disponible en: <https://www.revistas.usp.br/clrd/article/view/172078>

28. Zoabi A, Redenski I, Oren D, Kasem A, Zigron A, Daoud S, Maskovich L, et al. 3D Printing and Virtual Surgical Planning in Oral and Maxillofacial Surgery. *J Clin Med* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 11(9):2385 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/9/2385>

29. Yau H, Liao S, Chang C. Modeling of digital dental articulator and its accuracy verification using optical measurement. *Computer methods and programs in biomedicine* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 19(6):105646 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169260720314796>
30. Pellegrino M, Suriano C, Grammatica A, Lepedi L. Digital workflow for a direct restorative procedure using a 4D virtual articulator. *Journal of Dentistry* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 12(1):104020 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030057122200077X>
31. Li J, Chen Z, Dong B, Wang H, Joda T, Yu H. Registering maxillomandibular relation to create a virtual patient integrated with a virtual articulator for complex implant rehabilitation. *Journal of Prosthodontics* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 29(7):553-557 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jopr.13204>
32. Li J, Att W, Chen Z, Lepidi L, Wang H, Joda T. Prosthetic articulator-based implant rehabilitation virtual patient: a technique bridging implant surgery and reconstructive dentistry. *Journal of Prosthetic Dentistry* [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 130(1):8-13 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002239132100514X>
33. Kim J, Lee Y, Kim S, Garagiola. Advancements in oral maxillofacial surgery: a comprehensive review on 3D printing and virtual surgical planning. *J Appl Sci* [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 13(17):9907 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/17/9907>
34. Wang X, Mu M, Yan J, Han B, Ye R, Guo G. 3D printing materials and 3D printed surgical devices in oral and maxillofacial surgery: design, workflow and effectiveness. *Regenerative biomaterials* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 11(1):066 Disponible en: <https://academic.oup.com/rb/article/doi/10.1093/rb/rbae066/7700740?login=false>

- 35.** Ostay D, Almasan O, Ilesan R, Andrei V, thieringer F, Hedesiú M, Rotar H. Point-of-care virtual surgical planning and 3D printing in oral and cranio-maxillofacial surgery: a narrative review. *J Clin Med* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 11(22):6625 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/22/6625>
- 36.** Alalawy H, Abdulnabi H. The use of virtual surgical planning and 3D printing in reconstruction of a mandibular symphesial defect, challeneges and gains: a case report. *Advances in oral and maxilofacial surgery* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 2(4):100235 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667147621002247>
- 37.** Annino D, Sethi R, Hansen E, Horne S, Dey T, Rettig E, Uppaluri R. Virtual planning and 3D-printed guides for mandibular reconstruction: factors impactin accuracy. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 7(6):1798-1807 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/lio2.830>
- 38.** Hadad H, Lima F, Shirinbak I, Porto T, Chen J, Guastaldi F. The impact of 3D printing on oral and maxillofacial surgery. *Journal of 3D Printind Medicine* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 7(1):007 Disponible en: <https://mail.cro-https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2217/3dp-2022-0025>
- 39.** Kim J, Lee Y, Kim S, Garagiola U. Advancements in orthognatic and oral maxillofacial surgery: a comprehensive review on 3D printing and virtual surgical planning. *Dentistry and Oral Surgery* [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 15(2):31-40 Disponible en: <https://www.preprints.org/manuscript/202308.0098>
- 40.** Vasamsetty P, Pss T, Kukkala D, Singamshetty M, Gajula S. 3D printing in dentistry – exploring the new horizons. *Materials Today* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 26(2):838-841 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785320301103>
- 41.** Khorsandi D, Fahimipour A, Abasian P, Sadeghpour S, Sayedi M, Ghanavati S, Ahmad A, et al. 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: printing techniques, materials, and applications. *Acta Biomaterialia* [Internet] 2021 [Consultado 02 enero 2025]; 122(1):26-49 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1742706120307674>

42. Ahmad S, Hasan N, Gupta F, Nadaf A, Ahmad L. Review on 3D printing in dentistry: conventional to personalized dental care. *J Biomaterials Science* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 33(17):2292-2323 Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09205063.2022.2099666>
43. Balamurugan P, Selvakumar. Development of patient specific dental implant using 3D printing. *J Ambient Intelligence and Humanized Computing* [Internet] 2021 [Consultado 02 enero 2025]; 12(1):3549-3558 Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12652-020-02758-6>
44. Petre A, Pantea M, Drafta S, Imre M, Tancu A, Liciu E, Didilescu A, et al. Modular digital and 3D-printed dental models with applicability in dental education. *J Medicina* [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 59(1):116 Disponible en: <https://www.mdpi.com/1648-9144/59/1/116>
45. Polo M, Barmak A, Ortega R, Rutkunas V, Kojs J, Leon M. Accuracy, scanning time, and patient satisfaction of stereophotogrammetry system for acquiring 3D dental implant positions: a systematic review. *J of Prosthodontics* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 32(2):208-224 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jopr.13751>
46. Nowicki A, Osypko K. Digital workflow in full mouth rehabilitation with immediate loading, intraoral welding and 3D-printed reconstructions. *J Reports* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 6(4):52 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2571-841X/6/4/52>
47. Zhao M, Geng Y, Fan S, Yao X, Zhu M. 3D printed strong hybrid materials with low shrinkage for dental restoration. *Composites Science and Tech* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 2(13):108902 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026635382100258X>
48. Yun Y, Kang H, Kim E, Park S, Lee Y, Yun K. Fundamental properties and clinical application of 3D printed bioglass porcelain fused to metal dental restoration. *Int J Mol Sci* [Internet] 2023 [Consultado 02 enero 2025]; 24(8):7203 Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/24/8/7203>

49. Punia U, Kaushik A, Kumar R, Chhabra D, Sharma A. 3D printable biomaterials for dental restoration: a systematic review. *Materials Today* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 63(1):566-572 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785322021320>
50. Gomes I, Martins J, Branco C, Lopes L. 3D-printed CAD/CAM complete dentures – case report. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 65(2):85-93 Disponible en: https://administracao.spemd.pt/app/assets/imagens/files_img/1_19_667e94c2e9e3b.pdf
51. Marcel R, Reinhard H, Andreas K. Accuracy of CAD/CAM- fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clinical Oral Investigations* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 24(1):4607-4615 Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-020-03329-x>
52. Chimeno L, Gil A, Gutierrez R, Freire P, Chimeno A, Suarez G. New adhesive rehabilitation technique with indexed occlusal tabletops made by 3d printed technology. *J Esthetic and Restorative Dentistry* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 36(12):1614-1622 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jerd.13278>
53. Li C, Wu C, Lin C. Design of patient specific mandible reconstruction implant with dental prosthesis for metal 3D printing using integrated weighted topology optimization and finite analysis. *J Mechanical behavior of biomedical materials* [Internet] 2020 [Consultado 02 enero 2025]; 10(5):103700 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751616119316662>
54. Shaikh S, Nahar P, Yakub S, Sayed A, Habibullah M. Current perspectives of 3d printing in dental applications. *Brazilian Dental Science* [Internet] 2024 [Consultado 02 enero 2025]; 24(3):12-24 Disponible en: <https://ojs.ict.unesp.br/index.php/cob/article/view/2481>
55. Gonzales A. Digital versus conventional workflow in oral rehabilitations: current status. *Appl Sci* [Internet] 2022 [Consultado 02 enero 2025]; 12(8):3710 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/8/3710>

ANEXOS

ANEXO 01: UMBRALES Y TIPO DE ANÁLISIS USADO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS TESAUSOS SOBRE LOS INVESTIGADORES CON ALTA PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA

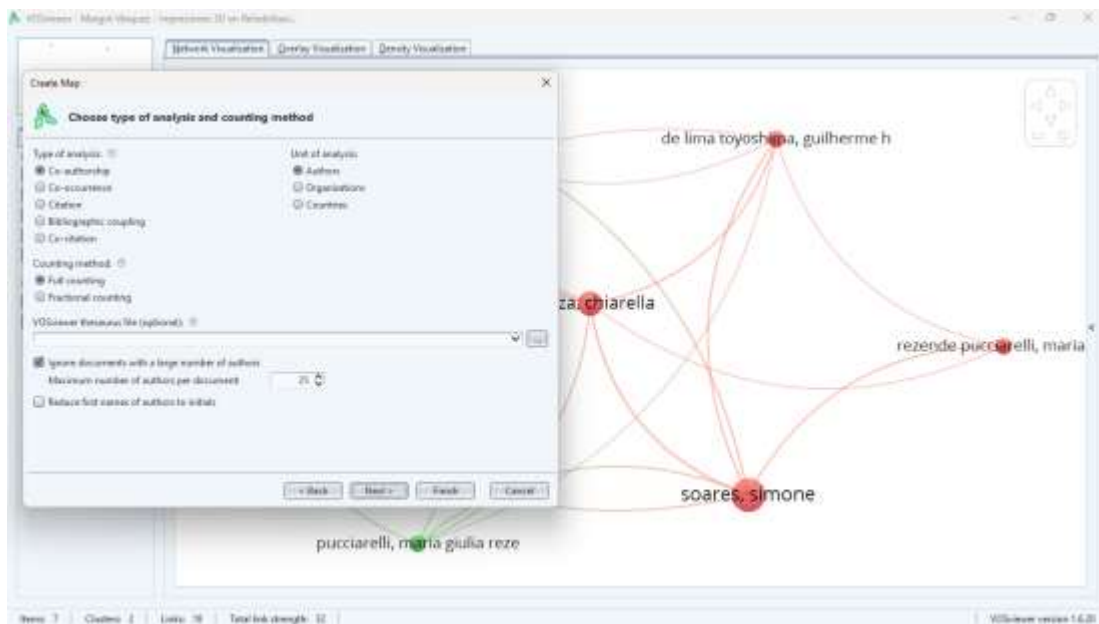


Figura 9: Tipo de análisis: Co-autoría; Unidad de análisis: Autores; Método de conteo: Conteo total (Ignorar documentos con más de 25 autores)

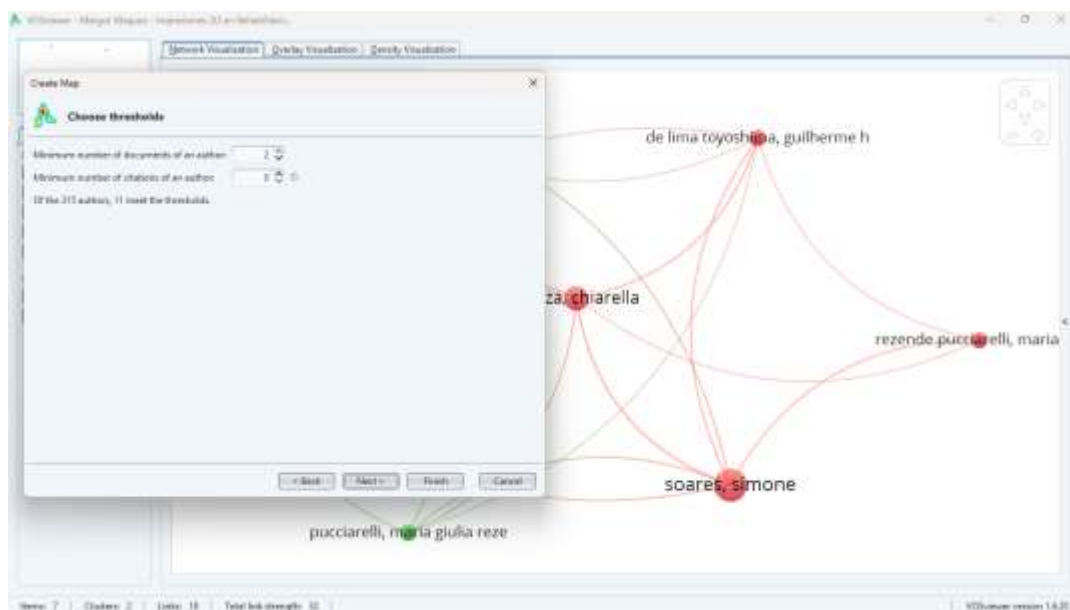


Figura 10: Mínimo de documentos por autor: 2; Mínimo de citas por autor: 0; Umbrales: 11 umbrales de 315 autores.

ANEXO 02: UMBRALES Y TIPO DE ANÁLISIS USADO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS TESAUSOS SOBRE LAS REVISTAS DE MAYOR RELEVANCIA CIENTÍFICA

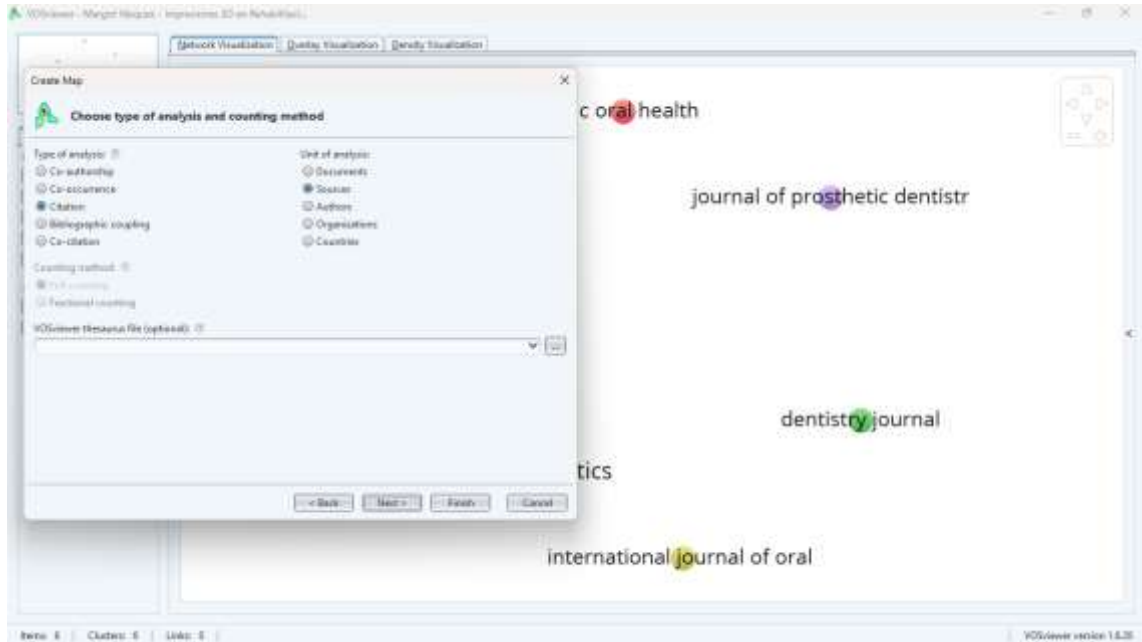


Figura 11: Tipo de análisis: Citaciones; Unidad de análisis: Fuentes/Revista; Método de conteo: Directo (Default)

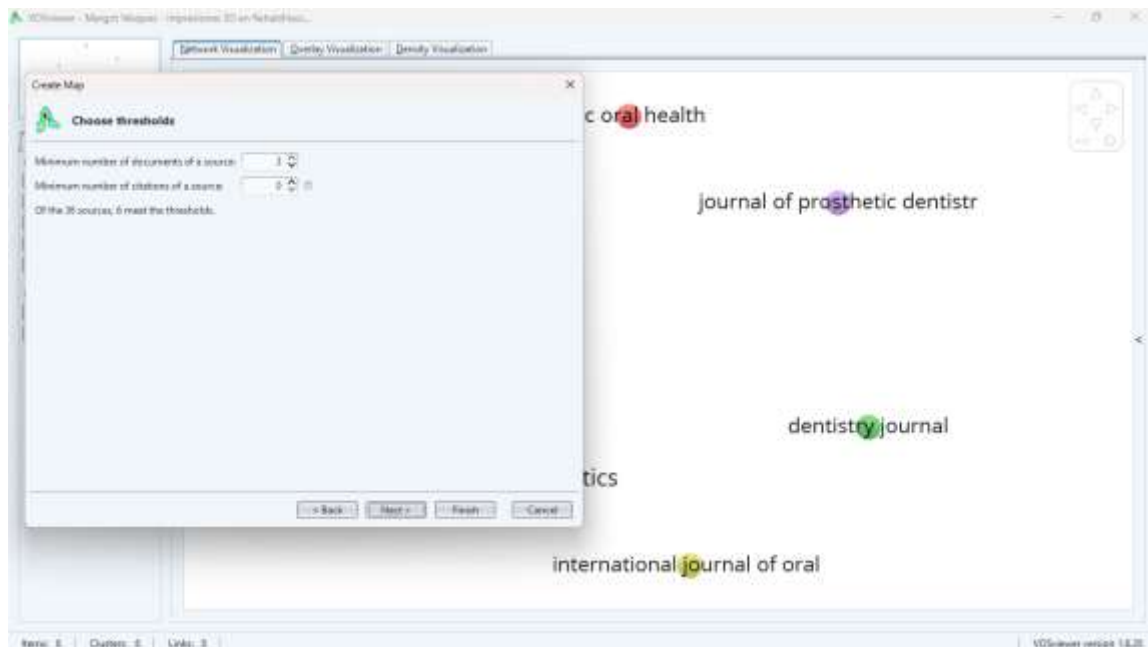


Figura 12: Mínimo de documentos por revista: 3; Mínimo de citaciones por revistas: 0; Umbrales: 6 umbrales de 36 Fuentes/Revistas

ANEXO 03: UMBRALES Y TIPO DE ANÁLISIS USADO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS TESAUSOS SOBRE LOS PAÍSES CONTRIBUYENTES A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

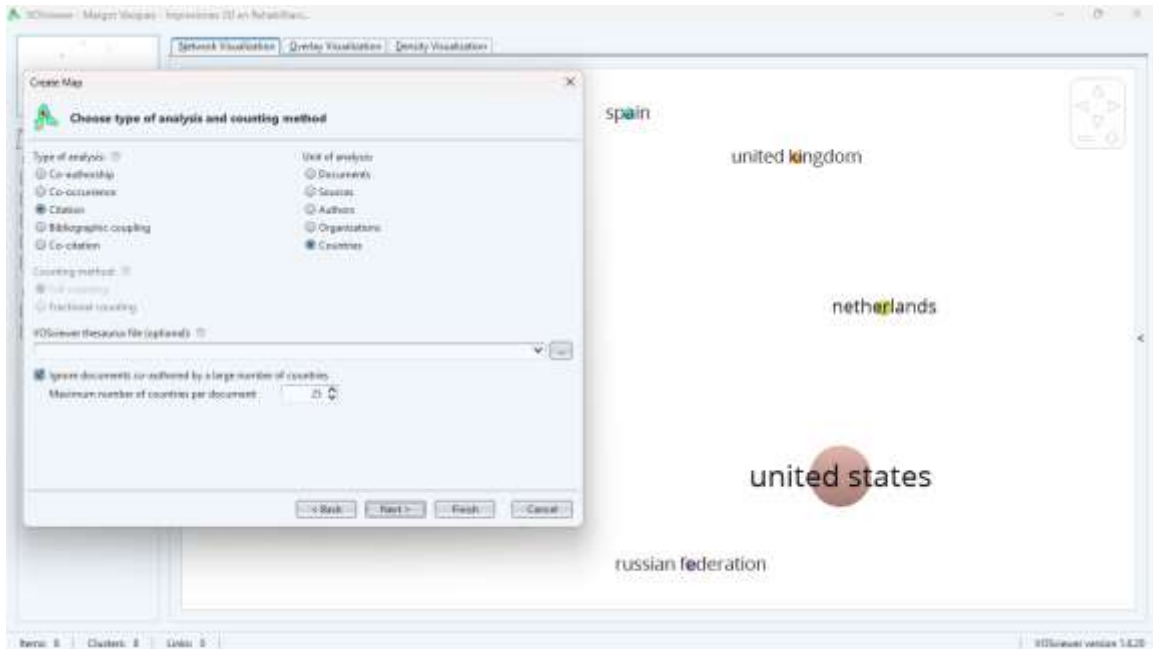


Figura 13: Tipo de análisis: Citaciones; Unidad de análisis: Países; Método de conteo: Directo (Default) (Ignorar documentos con más de 25 países en co-autoría)

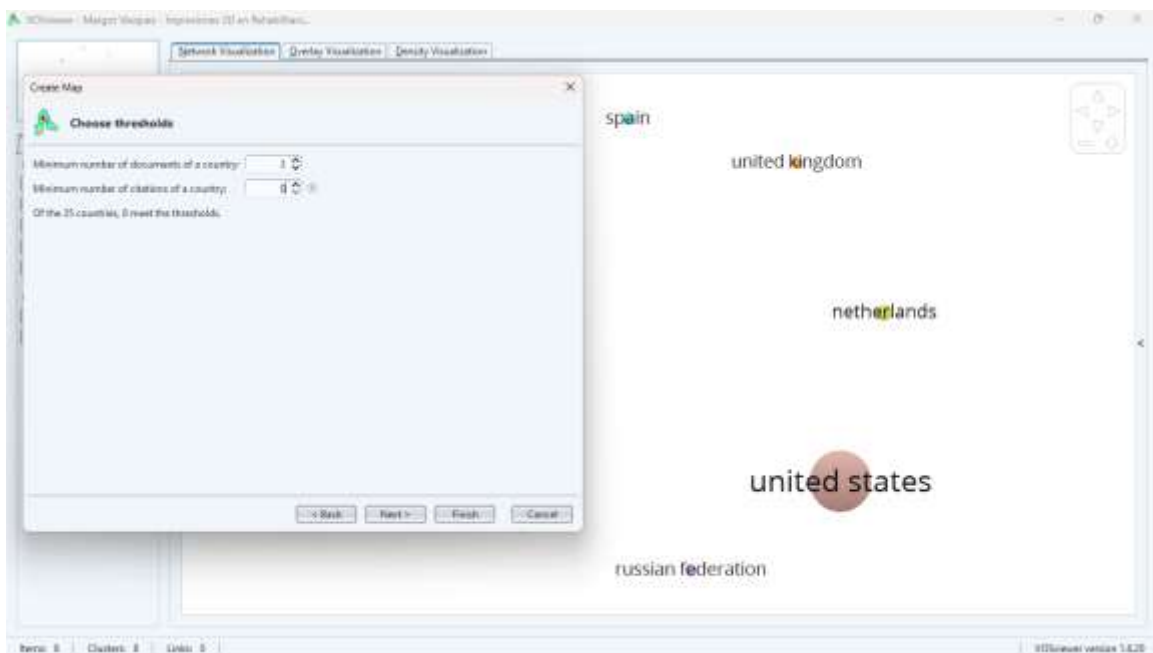


Figura 14: Mínimo de documentos por países: 3; Mínimo de citas por países: 0; Umbrales: 8 umbrales de 35 países

ANEXO 04: UMBRALES Y TIPO DE ANÁLISIS USADO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS TESAUROS SOBRE LAS INSTITUCIONES CONTRIBUYENTES A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

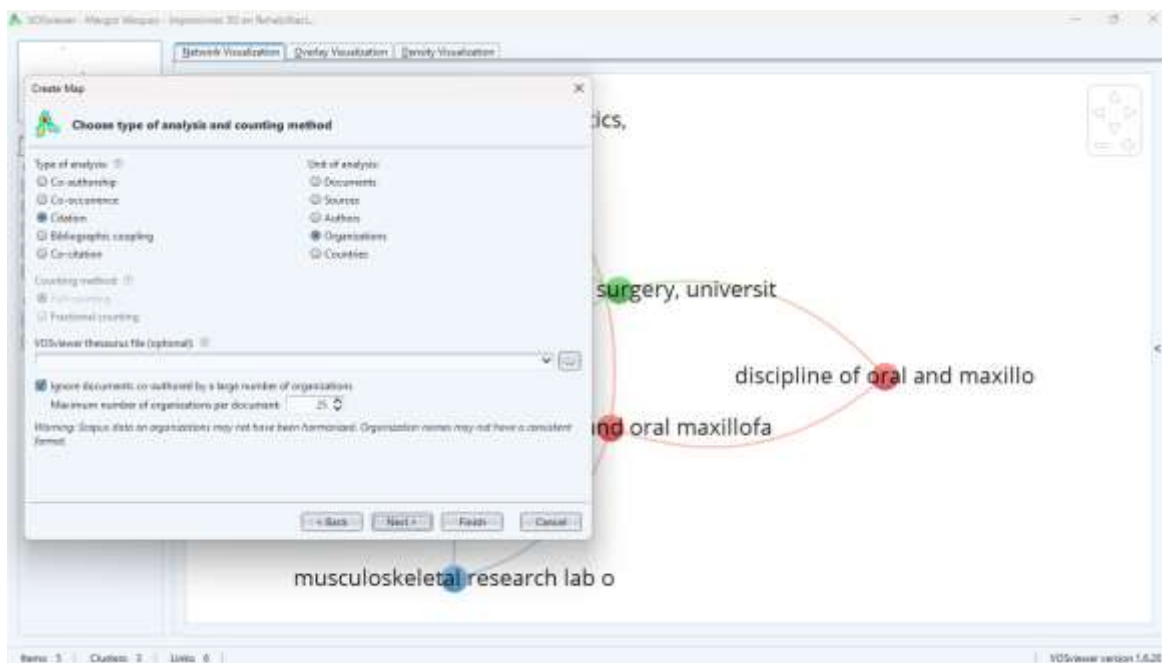


Figura 15: Tipo de análisis: Citación; Unidad de análisis: Organizaciones; Método de conteo: Directo (Default) (Ignorar documentos con más de 25 organizaciones en co-autoría)

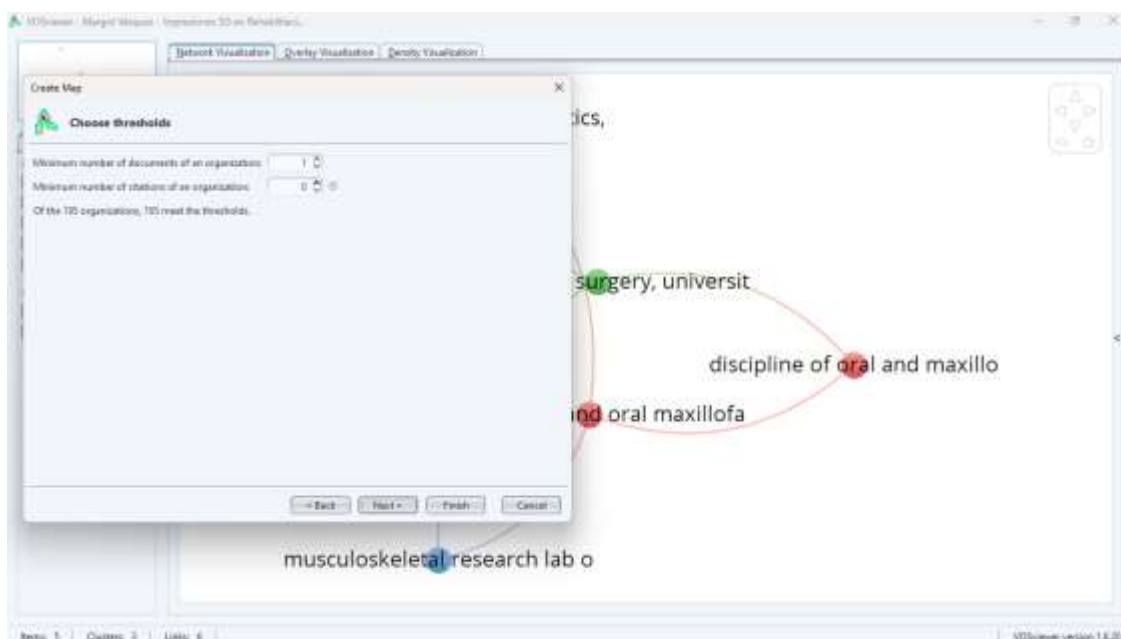


Figura 16: Mínimo de documentos por organizaciones: 1; Mínimo de citaciones por países: 0; Umbrales: 195 umbrales de 195 organizaciones

ANEXO 05: UMBRALES Y TIPO DE ANÁLISIS USADO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS TESAUSOS SOBRE LAS PALABRAS CLAVE MÁS USADAS DE LOS AUTORES EN SUS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

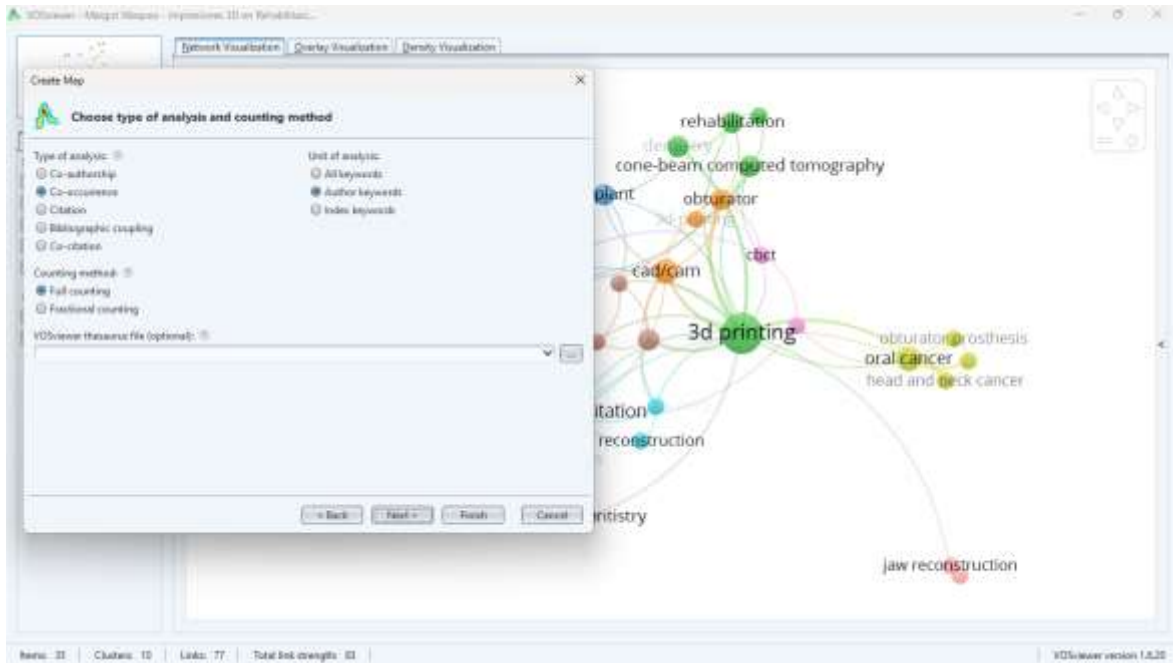


Figura 17: Tipo de análisis: Co-ocurrencia; Unidad de análisis: Palabras Clave del Autor; Método de conteo: Conteo total

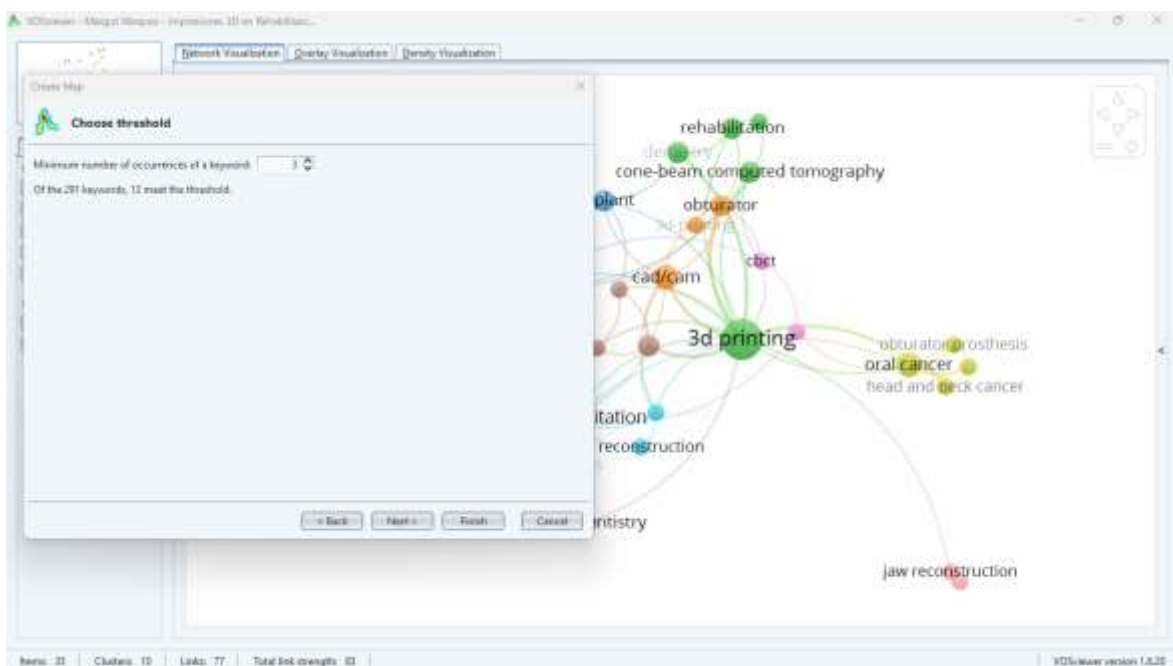


Figura 18: Mínimo de documentos por palabra clave: 3; Umbrales: 12 umbrales de 291 palabras clave