



Universidad Europea de Madrid

Facultad de Ciencias Biomédicas

Máster Universitario de Implantología y Cirugía Bucal Avanzada

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PROMOCIÓN 2023-2025

**INFLUENCIA DE LOS NIVELES DE VITAMINA D EN LA TASA DE
SUPERVIVENCIA, ESTABILIDAD, OSTEOINTEGRACIÓN Y LA
PÉRDIDA ÓSEA MARGINAL EN IMPLANTES DENTALES: UNA
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Autor: Sara Toufani Fahmi

Tutor: Dr. Pedro Casillas Ascanio

Tipo de trabajo: Revisión Sistemática

Madrid, a 2 de Julio de 2025

Resumen

Objetivo:

Evaluar si existe una relación entre los niveles séricos de vitamina D y el éxito de los implantes dentales, considerando como variables de resultado la tasa de supervivencia, la pérdida ósea marginal, la estabilidad del implante y la osteointegración.

Material y métodos:

Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA. La búsqueda bibliográfica se efectuó en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science, empleando términos MeSH y operadores booleanos relacionados con “vitamina D”, “implantes dentales”, “osteointegración”, “pérdida ósea marginal” y “fracaso del implante”. Se incluyeron estudios clínicos en humanos (ensayos controlados aleatorizados, estudios prospectivos y retrospectivos) publicados entre 2015 y 2025, que midieran niveles de vitamina D y reportaran al menos uno de los desenlaces definidos. Se seleccionaron finalmente seis estudios que cumplieron con los criterios de inclusión. La calidad metodológica se evaluó con la escala Newcastle-Ottawa para estudios observacionales y la herramienta Cochrane de riesgo de sesgo para los ECA.

Resultados y discusión:

Los hallazgos indican una tendencia consistente a una mayor pérdida ósea marginal y menor estabilidad en pacientes con niveles insuficientes o deficientes de vitamina D (<30 ng/mL), especialmente cuando estos no recibieron suplementación. Algunos estudios reportaron diferencias estadísticamente significativas en la POM y en valores de estabilidad (ISQ), mientras que otros observaron asociaciones no significativas, aunque clínicamente relevantes. En general, los niveles bajos de vitamina D parecen comprometer la fase inicial de la osteointegración y, en algunos casos, se asociaron con un aumento del riesgo de fracaso temprano del implante. La suplementación con vitamina D en pacientes con hipovitaminosis mostró efectos beneficiosos, como menor pérdida ósea marginal y mayor estabilidad implantaria. No obstante, la evidencia aún es limitada y heterogénea en cuanto a diseño, tamaño muestral y criterios diagnósticos, lo que impide establecer conclusiones definitivas.

Conclusiones:

Existe una asociación plausible entre niveles bajos de vitamina D y peores resultados periimplantarios, en términos de pérdida ósea, estabilidad y potencialmente supervivencia del implante.

Aunque la evidencia actual no permite recomendar de forma universal la evaluación sistemática de vitamina D en todos los pacientes, se sugiere considerar su medición en aquellos con factores de riesgo. Futuras investigaciones, especialmente ensayos clínicos aleatorizados de mayor tamaño y seguimiento prolongado, son necesarias para confirmar estos hallazgos y establecer guías clínicas basadas en la evidencia.

Abstract

Objective:

To evaluate whether there is an association between serum vitamin D levels and the success of dental implants, considering implant survival rate, marginal bone loss, implant stability, and osseointegration as outcome variables.

Materials and Methods:

A systematic review was conducted in accordance with PRISMA guidelines. A comprehensive search was performed in PubMed, Scopus, and Web of Science using MeSH terms and Boolean operators related to “vitamin D,” “dental implants,” “osseointegration,” “marginal bone loss,” and “implant failure.” Clinical human studies (randomized controlled trials, prospective and retrospective studies) published between 2015 and 2025 were included, provided they assessed serum vitamin D levels and reported at least one predefined outcome. Six eligible studies were ultimately selected. Methodological quality was assessed using the Newcastle-Ottawa Scale for observational studies and the Cochrane Risk of Bias Tool for RCTs.

Results and Discussion:

The findings revealed a consistent trend toward increased marginal bone loss and reduced stability in patients with insufficient or deficient vitamin D levels (<30 ng/mL), particularly when no supplementation was administered. Several studies reported statistically significant differences in MBL and implant stability (ISQ values), while others observed non-significant yet clinically relevant associations. Overall, low vitamin D levels appear to compromise early osseointegration and, in some cases, were associated with a higher risk of early implant failure. Vitamin D supplementation in deficient patients showed beneficial effects, including reduced marginal bone loss and improved implant stability. However, the current evidence remains limited and heterogeneous in terms of study design, sample size, and diagnostic criteria, making it difficult to draw definitive conclusions.

Conclusions:

There is a plausible association between low vitamin D levels and poorer peri-implant outcomes, including bone loss, reduced stability, and potentially lower implant survival. Although current

evidence does not support universal preoperative screening of vitamin D in all implant patients, testing should be considered in individuals with risk factors. Further research—particularly large-scale, long-term randomized controlled trials—is needed to confirm these findings and guide evidence-based clinical recommendations.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. METABOLISMO DE LA VITAMINA D Y SU PAPEL EN LA REMODELACIÓN ÓSEA
- 1.2. EPIDEMIOLOGÍA DE LA DEFICIENCIA DE VITAMINA D
- 1.3. MECANISMOS POTENCIALES QUE VINCULAN LA VITAMINA D CON EL ÉXITO DE LOS IMPLANTES
- 1.4. EVIDENCIA DE ESTUDIOS CLÍNICOS Y EXPERIMENTALES
- 1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA
- 1.6. LAGUNAS EN LA INVESTIGACIÓN ACTUAL

2. MATERIAL Y MÉTODOS

- 2.1. DESARROLLO DE LA REVISIÓN Y PREGUNTA FOCALIZADA
- 2.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ESTUDIOS
 - 2.2.1. Criterios de inclusión
 - 2.2.2. Criterios de exclusión
- 2.3. TIPO DE INTERVENCIÓN Y COMPARACIONES
- 2.4. EXTRACCIÓN DE DATOS Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD
- 2.5. MEDIDAS DE RESULTADO
- 2.6. SÍNTESIS DE DATOS

3. RESULTADOS

- 3.1. SELECCIÓN DE ESTUDIOS
- 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS
- 3.3. EVALUACIÓN DE CALIDAD
- 3.4. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS
 - 3.4.1. Acuerdo entre revisores
 - 3.4.2. Características de los pacientes
 - 3.4.3. Resultados de los estudios

4. DISCUSIÓN

4.1. RESUMEN DE LOS HALLAZGOS

4.2. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS RELEVANTES

4.3. CONTROVERSIAS Y HALLAZGOS CONTRADICTORIOS EN LA LITERATURA

4.4. LIMITACIONES DE LA EVIDENCIA EXISTENTE

4.5. RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

5. CONCLUSIÓN

6. REFERENCIAS

1. Introducción

Los implantes dentales se han convertido en una modalidad de tratamiento fiable y eficaz para sustituir los dientes ausentes, proporcionando una restauración funcional, una estética mejorada y una mayor calidad de vida [1,2]. Los estudios a largo plazo informan de altas tasas de supervivencia de los implantes: en torno al 90-95% durante 10 años o más [2]. Estos resultados favorables hacen que el tratamiento con implantes sea muy predecible para la mayoría de los pacientes[1]. El éxito de los implantes depende del proceso de osteointegración, definido como la conexión estructural y funcional directa entre el hueso vivo y ordenado y la superficie del implante [2]. Cuando se consigue la osteointegración, el implante se anquilosa en el hueso, proporcionando una base estable para los dientes protésicos. Sin embargo, a pesar del éxito general, los implantes dentales no están exentos de dificultades. Los fracasos tempranos (antes o poco después de la carga) suelen atribuirse a la falta de cicatrización ósea inicial, mientras que los fracasos tardíos pueden deberse a la pérdida ósea periimplantaria y a la infección [3]. Entre los factores clave que influyen en el éxito de los implantes se encuentran la técnica quirúrgica y el diseño del implante, pero también factores relacionados con el paciente, como la calidad y cantidad del hueso y la capacidad de cicatrización del individuo [1, 3]. En particular, se vigila de cerca el nivel de hueso marginal alrededor de los implantes, puesto que una pérdida excesiva de hueso crestral alrededor de un implante es una señal de advertencia de futuras complicaciones. Minimizar la pérdida de hueso marginal es crucial para la estabilidad a largo plazo de los implantes y la salud de los tejidos circundantes.

Incluso con una planificación quirúrgica y protésica cuidadosa, los implantes pueden fallar en pacientes aparentemente sanos, lo que sugiere que los factores de salud sistémicos pueden desempeñar un papel importante [1,2]. Las enfermedades que afectan al metabolismo óseo, por ejemplo, la osteoporosis, se han investigado para determinar su impacto en los resultados de los implantes. En este contexto, la atención se ha centrado en los factores nutricionales, especialmente el estado de la vitamina D, como posibles modificadores de la cicatrización ósea y la respuesta inmunitaria en pacientes con implantes dentales. La deficiencia de vitamina D es común en todo el mundo y tiene efectos a nivel óseo conocidos, lo que plantea la cuestión de si la deficiencia de vitamina D podría comprometer la osteointegración o acelerar la pérdida ósea alrededor de los implantes.

1.1. Metabolismo de la vitamina D y su papel en la remodelación ósea

La vitamina D es un secoesteroide liposoluble que funciona como una prohormona crítica para la homeostasis del calcio y el fosfato. Puede obtenerse de forma exógena a partir de la dieta (por ejemplo, pescado graso, alimentos enriquecidos, suplementos) o sintetizarse de forma endógena en la piel tras la exposición a la luz solar ultravioleta B (UVB) [1,4]. La producción endógena comienza con el 7-dehidrocolesterol en la piel, que se convierte fotoquímicamente en previtamina D₃ por la radiación UVB y luego en vitamina D₃ (colecalfiferol). Tanto si se obtiene de la piel como de la dieta (como vitamina D₂ ergocalciferol o D₃), la vitamina D se metaboliza en dos pasos clave (Figura 1). En primer lugar, el hígado la hidroxila a 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], también conocida como calcidiol, la forma circulante primaria y el indicador estándar del estado de vitamina D. En segundo lugar, la 25(OH)D es convertida en los riñones (y otros tejidos) por la 1 α -hidroxilasa en la hormona activa 1,25-dihidroxivitamina D [1,25(OH)₂D₃], o calcitriol. El calcitriol se une al receptor de la vitamina D (VDR) en las células diana para modular la expresión génica [5] (Figura 1).

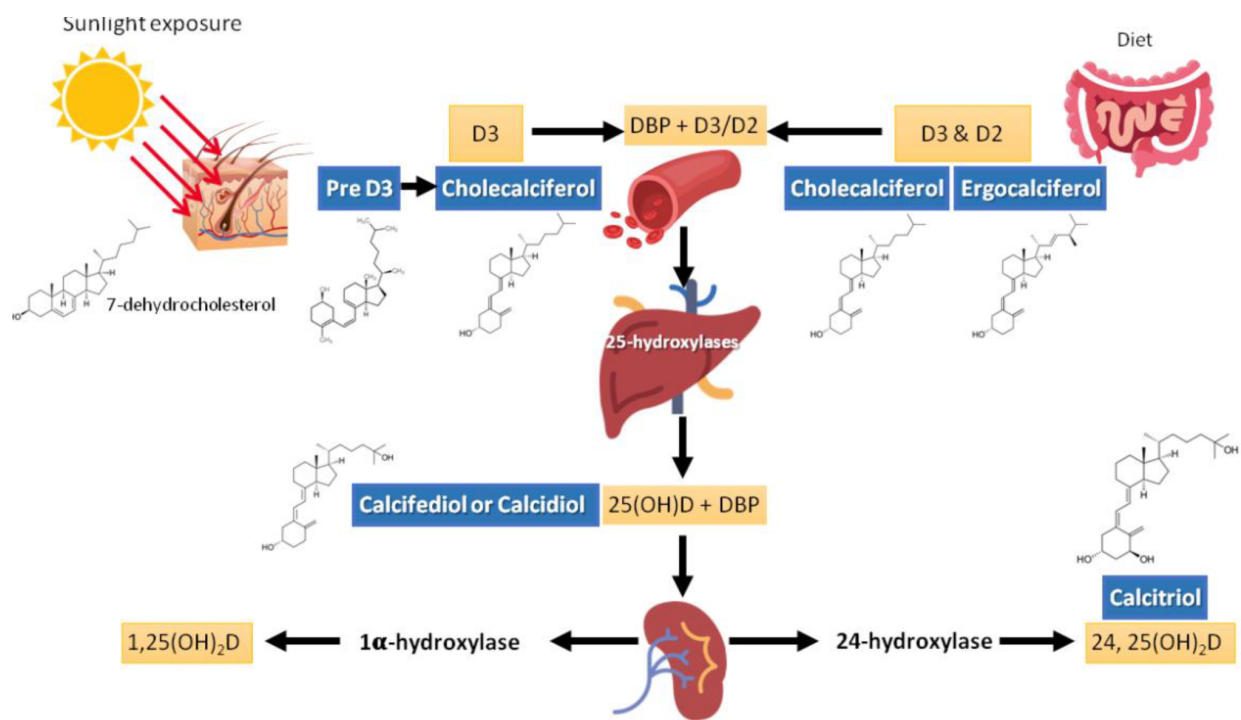


Figura 1. Muestra esquemáticamente la ruta descrita del metabolismo de la vitamina D.

Fuente: Dominguez LJ, Farruggia M, Veronese N, Barbagallo M. Vitamin D Sources, Metabolism, and Deficiency: Available Compounds and Guidelines for Its Treatment.

Metabolites. 2021, 11(4): 255.

A través de su forma hormonal, el calcitriol, la vitamina D desempeña un papel crucial en la remodelación ósea y el equilibrio del calcio. Una de sus principales acciones es mejorar la absorción intestinal de calcio y fosfato, aportando así los minerales necesarios para la formación ósea [1]. La vitamina D también afecta directamente a las células óseas: favorece la diferenciación y la actividad de los osteoblastos (células formadoras de hueso) y regula los osteoclastos (células que absorben hueso) a través de la vía RANKL/OPG [2]. Se necesitan niveles suficientes de vitamina D para una mineralización adecuada del osteoide. Sin ella, los huesos se mineralizan de manera incorrecta (como ocurre en el raquitismo o la osteomalacia). En el contexto de los implantes dentales, estos mismos procesos son relevantes: la formación de hueso nuevo en la interfaz del implante (osteointegración) depende de la función de los osteoblastos y de la disponibilidad adecuada de minerales. La vitamina D también tiene efectos documentados sobre la función muscular y el equilibrio, lo que puede influir indirectamente en la salud bucodental al reducir el riesgo de caídas y la pérdida de dientes en las personas mayores. [6,4].

El estado de la vitamina D suele evaluarse midiendo la 25(OH)D sérica. Aunque existe cierto debate sobre los niveles óptimos, una clasificación común es: deficiente <10 ng/mL, insuficiente 10-30 ng/mL y suficiente ≥ 30 ng/mL [1] (esto corresponde aproximadamente a <25 nmol/L, 25-75 nmol/L y ≥ 75 nmol/L, respectivamente). Muchas directrices (como la de la Endocrine Society) consideran que <20 ng/mL es una deficiencia franca asociada a una elevación de la hormona paratiroidea y pérdida ósea, mientras que ≥ 30 ng/mL es lo deseado para una salud ósea e inmunitaria óptimas [7]. En particular, la vitamina D no sólo es importante para la integridad del esqueleto, sino que también ejerce efectos inmunomoduladores y antiinflamatorios. El VDR se expresa en las células inmunitarias, y la vitamina D puede mejorar la inmunidad innata (por ejemplo, induciendo péptidos antimicrobianos) a la vez que modula las respuestas inflamatorias [4]. Estas funciones pleiotrópicas sugieren que la suficiencia de vitamina D podría contribuir a mejorar la cicatrización y el control de las infecciones en la cirugía de implantes. Por el contrario, la deficiencia de vitamina D puede provocar una serie de problemas: menor absorción de calcio, hiperparatiroidismo secundario, aumento de la resorción ósea y deterioro de la formación ósea [4]. Las deficiencias graves se han relacionado con un mayor riesgo de fracturas, pérdida ósea periodontal e incluso mayor propensión a las infecciones [1,4].

Por ejemplo, *Javed et al.* informaron de que una deficiencia pronunciada de vitamina D no sólo compromete la salud ósea, sino que también se correlaciona con un mayor riesgo de infección y mortalidad global [1]. Estos hallazgos subrayan por qué el estado de la vitamina D podría ser especialmente relevante para la osteointegración de los implantes y el mantenimiento del hueso periimplantario.

1.2. Epidemiología de la deficiencia de vitamina D

La carencia de vitamina D se considera un problema de salud pública mundial. Según algunas estimaciones, alrededor de mil millones de personas en todo el mundo tienen niveles inadecuados de vitamina D [2]. La prevalencia de niveles bajos de 25(OH)D es elevada en todos los grupos de edad y etnias [6], aunque varía según la región y el estilo de vida. Un análisis conjunto de datos mundiales (2000-2022) reveló que aproximadamente el 47,9% de la población tiene niveles séricos de 25(OH)D inferiores a 50 nmol/L (20 ng/mL), y el 15,7% tiene niveles inferiores a 30 nmol/L (12 ng/mL) [7]. En otras palabras, casi la mitad de la población mundial puede ser insuficiente en vitamina D. Y lo que es más importante, la deficiencia no se limita a los países de latitudes altas con luz solar limitada. De hecho, algunos de los peores estados de vitamina D se observan en regiones ricas en sol como Oriente Medio. Por ejemplo, los estudios indican que hasta el 80% de los habitantes de los países de Oriente Medio tienen niveles de 25(OH)D inferiores a 50 nmol/L [8]. Las mujeres de Oriente Medio son especialmente propensas a tener niveles muy bajos (<25 nmol/L), y un informe señala que alrededor del 70% de las mujeres están afectadas [9]. Este patrón contraintuitivo se explica por factores culturales y de estilo de vida: mucha ropa que cubre la piel, evitar la exposición al sol debido al calor o a normas culturales, e ingesta alimentaria inadecuada (con pocos alimentos naturalmente ricos en vitamina D y enriquecimiento limitado)[6]. Por el contrario, el norte de Europa, a pesar de su mayor latitud, tiene una tasa de deficiencia menor (<20% de deficiencia) en parte debido a los programas de fortificación y al uso de suplementos [8]. No obstante, incluso en Europa, la insuficiencia de vitamina D está muy extendida. Aproximadamente el 40% de la población tiene <50 nmol/L, especialmente en Europa occidental, meridional y oriental (prevalencia del 30-60%) [8].

En Norteamérica también hay una proporción considerable de adultos con niveles inferiores a los óptimos, aunque el enriquecimiento de la leche y otros alimentos ha ayudado a moderar los extremos.

Varios factores de riesgo contribuyen a la deficiencia de vitamina D en todo el mundo. Un factor importante es la síntesis cutánea inadecuada debida a una exposición solar limitada. Esto puede deberse a:

- Latitud geográfica y estación del año: Las personas que viven en latitudes altas no reciben suficiente UVB en los meses de invierno, lo que provoca descensos estacionales de vitamina D [7]. Incluso en latitudes más bajas, el ángulo solar invernal puede reducir la intensidad de la UVB.
- Estilo de vida y vestimenta: la urbanización y los estilos de vida modernos implican más tiempo en interiores (trabajos de oficina, hábitos sedentarios) y menos luz solar directa. Cuando se está al aire libre, el uso excesivo de protección solar (para prevenir el cáncer de piel) o la ropa tradicional que cubre la mayor parte de la piel (habitual en algunas zonas de Oriente Medio y el sur de Asia) disminuye notablemente la síntesis de vitamina D. La contaminación atmosférica que bloquea los rayos UVB puede agravar aún más este efecto [7].
- Pigmentación de la piel: Las personas con piel más oscura (más melanina) tienen un filtro solar natural que reduce la producción de vitamina D en la piel. Esto explica en parte por qué la deficiencia es prevalente entre las poblaciones de ascendencia africana, sudasiática o de Oriente Medio, incluso cuando viven en entornos soleados [6].
- Ingesta dietética: Pocos alimentos contienen vitamina D de forma natural. Sin fortificación o suplementos, la vitamina D en la dieta suele ser insuficiente. Las dietas veganas estrictas y la intolerancia a la lactosa (evitar los lácteos enriquecidos) pueden aumentar el riesgo de deficiencia. Además, la obesidad puede secuestrar la vitamina D en el tejido adiposo, haciéndola menos biodisponible.
- Edad y estado de salud: Las personas de edad avanzada presentan un riesgo elevado porque la piel envejecida produce menos vitamina D y la conversión renal en vitamina D activa puede ser menos eficaz. Las personas mayores confinadas en casa o en residencias de ancianos suelen tener una exposición mínima al sol. Ciertas afecciones médicas (síndromes de mala absorción, enfermedades renales o hepáticas) y medicamentos (por ejemplo, anticonvulsivantes, glucocorticoides) también pueden precipitar la deficiencia [2].

Es importante señalar que los adultos mayores, que constituyen una gran proporción de los pacientes de implantes dentales, suelen tener deficiencia de vitamina D. Un estudio destacó específicamente que la insuficiencia de vitamina D es muy frecuente entre las personas mayores y puede contribuir a la pérdida ósea y la fragilidad relacionadas con la edad. Así pues, un subgrupo importante de pacientes que reciben implantes, sobre todo los osteoporóticos o los que padecen enfermedades complejas, puede tener un estado de vitamina D subóptimo. Esta realidad epidemiológica impulsa a explorar si la corrección de la deficiencia de vitamina D podría mejorar los resultados del tratamiento con implantes, dado el papel de la vitamina en el metabolismo óseo [2].

1.3. Mecanismos potenciales que vinculan la vitamina D con el éxito de los implantes

El papel de la vitamina D en la biología ósea sugiere varios mecanismos por los que podría influir en la integración de los implantes dentales y la conservación del hueso periimplantario. En primer lugar, una cantidad adecuada de vitamina D es necesaria para una absorción eficaz del calcio y la mineralización ósea [1]. Si un paciente presenta un déficit de vitamina D en el momento de la colocación del implante, el desequilibrio calcio/fosfato resultante y la elevación de la hormona paratiroidea (hiperparatiroidismo secundario) podrían afectar a la formación de hueso nuevo en la zona del implante. En esencia, la deficiencia de vitamina D podría dar lugar a una matriz ósea más blanda y menos mineralizada y a un menor contacto hueso-implante durante la cicatrización temprana [4]. Esto podría aumentar el riesgo de fracaso precoz del implante (fracaso de la osteointegración), ya que el implante podría no lograr un anclaje sólido en un hueso deficiente.

Además, la vitamina D afecta directamente a las células implicadas en la remodelación ósea alrededor del implante. El calcitriol estimula a los osteoblastos para que produzcan osteocalcina y otras proteínas de la matriz ósea y facilita su maduración [2]. También regula la diferenciación de los osteoclastos a través de la vía del RANKL, ayudando a mantener un proceso de remodelación equilibrado. En un estado de abundancia de vitamina D, la actividad osteoblástica puede reparar eficazmente los microdaños alrededor del implante, mientras que su deficiencia podría inclinar la balanza hacia la resorción ósea. Los estudios en animales respaldan estos efectos: en un modelo de rata, la deficiencia de vitamina D en la dieta provocó una cicatrización ósea inferior y un menor contacto hueso-implante, mientras que los niveles normales de vitamina D o la suplementación mejoraron las métricas de osteointegración [1,2]. Además, otro experimento con

ratas osteoporóticas demostró que las dietas deficientes en vitamina D afectaban a la fijación de los implantes, pero la repleción de vitamina D restablecía una integración hueso-implante más normal. Del mismo modo, en un modelo de ratón de enfermedad renal crónica (con metabolismo óseo comprometido), la suplementación con vitamina D mejoró significativamente la fijación mecánica de los implantes de titanio [1]. Estos hallazgos preclínicos indican que la disponibilidad de vitamina D puede influir en la calidad y la resistencia del hueso formado en la interfaz del implante.

Más allá de la formación ósea, las propiedades inmunomoduladoras de la vitamina D pueden influir en la cicatrización periimplantaria y en la prevención de infecciones. La cirugía de implantes implica un traumatismo y la inserción de un cuerpo extraño, ante lo cual la respuesta inmunitaria del huésped es crítica. Se ha demostrado que la vitamina D regula positivamente los péptidos antimicrobianos (como la catelicidina) en los tejidos mucosos y los macrófagos, reforzando las defensas del cuerpo contra la invasión bacteriana [4]. En el contexto bucal, la suficiencia de vitamina D se asocia con un menor riesgo y gravedad de la enfermedad periodontal, una afección crónica provocada por una infección que causa pérdida ósea alrededor de los dientes [4, 10]. La deficiencia de vitamina D se ha relacionado con un aumento de la inflamación gingival y la resorción ósea alveolar en pacientes periodontales [4]. Extrapolando a los implantes, se puede plantear la hipótesis de que un nivel bajo de vitamina D podría predisponer de manera similar a la periimplantitis (infección e inflamación alrededor de los implantes) o dificultar la resolución de la inflamación después de la cirugía. Por el contrario, una cantidad adecuada de vitamina D puede ayudar al sistema inmunológico a prevenir infecciones postoperatorias tempranas y modular la inflamación para que la curación pueda realizarse de manera óptima. Se ha documentado que la suficiencia de vitamina D mejora la cicatrización de heridas postquirúrgicas en terapia periodontal [4].

Otro mecanismo potencial es a través de la función musculoesquelética. La deficiencia de vitamina D causa debilidad muscular y se ha asociado con un mayor riesgo de caídas y fracturas en los ancianos [7]. En la cavidad bucal, una deficiencia podría contribuir a una reducción del rendimiento de los músculos masticatorios o a un retraso en la recuperación de la función después de la colocación del implante. Si bien este vínculo es indirecto, la fragilidad y la mala coordinación muscular podrían afectar las prácticas de higiene bucal o las fuerzas transmitidas a los implantes de curación. Por lo tanto, una cantidad adecuada de vitamina D, al mejorar la fuerza mus-

cular, podría beneficiar indirectamente a los pacientes con implantes, especialmente a los adultos mayores.

En resumen, la vitamina D podría influir en los resultados de los implantes dentales a través de: (1) mejorar la formación y mineralización ósea durante la fase de osteointegración; (2) reducir la resorción ósea y mantener la densidad ósea periimplantaria a lo largo del tiempo; y (3) modular las respuestas inmunoinflamatorias para reducir la infección y facilitar la curación. Estas plausibilidades biológicas han llevado a los médicos e investigadores a sospechar que los pacientes con niveles bajos de vitamina D pueden experimentar tasas más altas de complicaciones de los implantes, como fallas tempranas o pérdida progresiva de hueso marginal.

1.4. Evidencia de estudios clínicos y experimentales

Dado el fundamento mecanicista, varios estudios han examinado la relación entre los niveles de vitamina D de los pacientes y el éxito de los implantes dentales. La atención temprana a esta cuestión surgió de informes de casos clínicos. Por ejemplo, Bryce y MacBeth (2014) describieron un caso en el que un paciente sano experimentó un fallo temprano inesperado de un implante colocado inmediatamente, y el único hallazgo notable fue una deficiencia grave de vitamina D. De manera similar, Fretwurst et al. (2016) informaron dos casos de fracasos tempranos de implantes inexplicables en pacientes que resultaron tener deficiencia de vitamina D [1]. Estos informes plantearon la cuestión de si la hipovitaminosis D podría ser un factor de riesgo "oculto" de fracaso del implante, especialmente en la fase temprana de curación.

Desde entonces, los investigadores han realizado estudios retrospectivos y prospectivos para aclarar este vínculo. Los estudios de cohortes retrospectivos han aprovechado los registros de los pacientes para comparar los resultados de los implantes en aquellos con vitamina D baja versus adecuada. Mangano et al. publicó una serie de grandes estudios retrospectivos en 2016 y 2018 que se citan con frecuencia. En un análisis de 2016 de 822 pacientes (1625 implantes), encontraron una mayor incidencia de fracaso temprano del implante (falta de osteointegración en el momento de la carga) en pacientes con deficiencia de vitamina D que en aquellos con niveles suficientes [3]. Específicamente, entre los pacientes con deficiencia grave (<10 ng/mL), alrededor del 11,1 % experimentó fracaso temprano, en comparación con el 2,9 % de fracaso en pacientes con vitamina D >30 ng/mL. Esto representó una diferencia de casi cuatro veces en las tasas de fracaso. Sin embargo, debido al pequeño número de pacientes con deficiencia grave en esa muestra, la diferencia no alcanzó significación estadística ($P = 0,105$). Su estudio retrospectivo de se-

guimiento en 2018 (885 pacientes, 1740 implantes) mostró una tendencia similar: los niveles bajos de vitamina D se asociaron con tasas más altas de fracaso temprano, pero nuevamente la correlación no fue definitiva [3]. Los autores concluyeron que sus estudios “no lograron demostrar una relación significativa” entre los niveles séricos de vitamina D y la pérdida temprana del implante, pero reconocieron una tendencia sugerente y pidieron ensayos prospectivos más amplios centrados en personas con deficiencia de vitamina D. En esencia, estos grandes estudios del mundo real no proporcionaron pruebas claras del daño causado por la deficiencia de vitamina D, pero no lo descartaron (especialmente en casos de deficiencia grave), ya que los datos insinuaban peores resultados a medida que disminuían los niveles de vitamina D.

La evidencia más convincente proviene de estudios prospectivos e intervencionistas más recientes. Un estudio observacional prospectivo realizado por Tabrizi et al. (2021) evaluaron la pérdida ósea marginal alrededor de los implantes en dos grupos de pacientes: aquellos con suficiente vitamina D y aquellos con niveles insuficientes. Después de un periodo de seguimiento, descubrieron que la pérdida media de hueso crestral alrededor de los implantes era significativamente mayor en pacientes con deficiencia de vitamina D en comparación con pacientes con suficiente vitamina D [11]. En términos numéricos, los individuos con deficiencia tenían aproximadamente entre 1,3 y 1,4 mm de pérdida ósea marginal frente a aproximadamente 0,8 mm en los controles sin deficiencia [12]. Esta diferencia fue estadísticamente significativa, lo que sugiere que incluso después de una osteointegración exitosa, los pacientes con niveles bajos de vitamina D tendían a perder más hueso de soporte alrededor de sus implantes a corto y mediano plazo. Este hallazgo se alinea con la idea de que la vitamina D desempeña un papel en el mantenimiento de la homeostasis ósea periimplantaria y que la deficiencia podría exacerbar la resorción ósea bajo carga funcional.

En particular, también se han realizado ensayos controlados aleatorios (ECA) que exploran la suplementación con vitamina D en pacientes con implantes. Garg et al. (2020) realizaron un ECA en pacientes con insuficiencia de vitamina D que recibían implantes [1]. Un grupo recibió suplementos de vitamina D₃ antes y después de la cirugía de implante, mientras que un grupo de control con niveles igualmente bajos de vitamina D no recibió suplementos (por lo demás, los implantes se colocaron de la misma manera en ambos grupos). Durante un seguimiento de 6 meses, el grupo suplementado mostró una pérdida de hueso crestral significativamente menor alrededor de los implantes que el grupo no suplementado [1]. De hecho, en el estudio de Garg, los pacientes que tenían deficiencia de vitamina D pero que tomaban suplementos lograron resultados

de curación ósea comparables o incluso mejores que los pacientes que tenían vitamina D normal para empezar [1]. Esto sugiere que corregir la deficiencia de vitamina D puede mitigar su efecto negativo sobre la remodelación ósea relacionada con los implantes. Otro ensayo aleatorio de Kwiatak et al. (2021) se centró en la osteointegración de implantes en la mandíbula, estratificando a los pacientes según el estado de vitamina D y proporcionando suplementos a aquellos que tenían deficiencia. Descubrieron que después de 12 semanas de curación, los pacientes que tenían niveles suficientes de 25(OH)D (≥ 30 ng/mL) o que recibieron vitamina D para corregir la deficiencia tenían niveles más altos de hueso periimplantario en las radiografías, mientras que los pacientes con deficiencia no tratados mostraron una mayor reducción ósea [13]. La conclusión fue que un nivel adecuado de vitamina D sérica en el momento de la cirugía, además de tratar cualquier deficiencia, “aumenta significativamente el nivel óseo en el sitio del implante en el proceso de osteointegración”. En términos prácticos, esto significa un mejor relleno óseo y menos pérdida ósea durante el período crítico de curación cuando el implante se está integrando.

En conjunto, la evidencia clínica hasta la fecha es mixta, pero en general indica una tendencia: los niveles bajos de vitamina D se asocian con peores resultados de los implantes (mayores tasas de fracaso o más pérdida ósea), mientras que la reposición de vitamina D tiende a mejorar los resultados o reducir las complicaciones. Algunos estudios, particularmente los retrospectivos anteriores, no encontraron diferencias estadísticamente significativas, probablemente debido a factores de confusión y subconjuntos limitados de pacientes muy deficientes [3]. Sin embargo, el peso de la evidencia más reciente (incluidos ensayos controlados) se inclina hacia una influencia positiva de la vitamina D en el éxito del implante [1]. Una revisión sistemática muy reciente (2022) identificó solo cuatro estudios en humanos elegibles sobre este tema, pero señaló que los casos con niveles más bajos de vitamina D mostraron consistentemente una pérdida ósea marginal ligeramente peor y posiblemente más complicaciones [1]. Esa revisión no pudo determinar de manera concluyente el efecto sobre la supervivencia de los implantes a largo plazo debido a los datos limitados a largo plazo, y enfatizó la necesidad de realizar más investigaciones con seguimientos prolongados [1]. También vale la pena señalar que los estudios genéticos (por ejemplo, el examen de los polimorfismos del receptor de vitamina D) han sido exploratorios; un estudio no encontró un vínculo claro entre las variantes del gen VDR y el éxito del implante [2], lo que sugiere que el factor ambiental del nivel real de vitamina D es más pertinente que la predisposición genética, al menos con los tamaños de muestra hasta ahora.

En resumen, estudios anteriores proporcionan una prueba de concepto de que el nivel de vitamina D puede afectar los resultados de los implantes dentales. La deficiencia de vitamina D se ha correlacionado con el fracaso temprano de los implantes en informes de casos y parece exacerbar la pérdida ósea marginal alrededor de los implantes [11]. Por el contrario, garantizar suficiente vitamina D (a través de suplementos si es necesario) se ha mostrado prometedor para mejorar la estabilidad de los implantes y la retención ósea tanto en animales como en humanos [13]. No obstante, la literatura existente tiene un alcance limitado: a menudo implica períodos de seguimiento relativamente cortos o se centra en resultados sustitutos (como cambios en el nivel óseo) en lugar de una verdadera supervivencia del implante a largo plazo. Esto motiva una evaluación exhaustiva de toda la evidencia disponible para comprender mejor la magnitud de la influencia de la vitamina D e informar las guías clínicas.

1.5. Justificación e importancia

El interés en la vitamina D y los implantes dentales surge de una convergencia de factores descritos anteriormente: la plausibilidad biológica, la alta prevalencia de la deficiencia de vitamina D y observaciones clínicas sugerentes. El fundamento para investigar este tema es sencillo: si los niveles bajos de vitamina D comprometen la osteointegración o aceleran la pérdida ósea periimplantaria, este es un factor de riesgo modificable que podría abordarse para mejorar los resultados de los pacientes. Los implantes dentales son una inversión importante para los pacientes y optimizar las condiciones para su éxito es una prioridad en la implantología. A diferencia de los factores fijos del paciente, como la edad o las enfermedades sistémicas, el nivel de vitamina D se puede medir y corregir con relativa facilidad. Por lo tanto, establecer un vínculo claro (o la falta de él) tiene implicaciones prácticas: podría conducir a protocolos para evaluar la 25(OH)D sérica antes de la cirugía de implante y proporcionar suplementos de vitamina D cuando los niveles son subóptimos, de manera muy similar a como los cirujanos ya manejan otros factores de riesgo (por ejemplo, controlar los niveles glucémicos en los diabéticos o alentar el abandono del hábito de fumar antes de la colocación del implante).

La importancia clínica de este problema se ve amplificada por lo común que es la insuficiencia de vitamina D entre los pacientes con implantes dentales, particularmente los de mediana edad y los ancianos. Si incluso una fracción de los fracasos de los implantes o los casos de pérdida ósea pueden prevenirse mediante la optimización preoperatoria de la vitamina D, el beneficio para la salud pública sería considerable dados los millones de implantes que se colocan anual-

mente. Además, los pacientes con osteoporosis o trastornos óseos coexistentes (que con frecuencia necesitan implantes) podrían beneficiarse especialmente, ya que la vitamina D es la piedra angular del tratamiento de la osteoporosis y la salud ósea [1]. Desde la perspectiva de la atención al paciente, identificar la deficiencia de vitamina D como un factor de riesgo podría personalizar la planificación del tratamiento: por ejemplo, se podría retrasar la cirugía de implante electiva para corregir una deficiencia grave, o elegir un abordaje quirúrgico en dos etapas para permitir más tiempo de curación, o reforzar la higiene bucal y las medidas antimicrobianas en un paciente con deficiencia debido a su riesgo potencialmente mayor de infección.

Más allá de los resultados clínicos, este tema es importante desde el punto de vista académico y científico. Se encuentra en la intersección de la odontología y la medicina (específicamente la endocrinología y la nutrición), destacando el vínculo cada vez más reconocido entre la salud sistémica y la implantología oral [2]. Una mejor comprensión de cómo los factores sistémicos, como la nutrición, afectan el éxito de los implantes podría fomentar la atención interdisciplinaria: los dentistas colaboran con los médicos de atención primaria para tratar a los pacientes de manera integral. También contribuye a una discusión más amplia sobre los efectos “extraesqueléticos” de la vitamina D, que han despertado gran interés en los últimos años (con estudios sobre la vitamina D y la inmunidad, la salud cardiovascular, etc.). El éxito de los implantes dentales puede servir como un resultado tangible para estudiar el impacto funcional de la vitamina D en la curación y la inmunidad ósea in vivo.

También es importante discernir la magnitud del efecto. Si la vitamina D tiene sólo una influencia menor, es posible que los recursos se asignen mejor a factores de riesgo más dominantes. Pero si el efecto es sustancial (como sugieren algunos datos, por ejemplo, una diferencia de cuatro veces en las tasas de fracaso temprano entre deficiencia grave y suficiencia) [3], entonces abordar la vitamina D podría producir una reducción significativa en la incidencia de fracaso. Además, comprender esta relación puede ayudar a identificar subgrupos de riesgo: por ejemplo, los pacientes que fuman o tienen enfermedad periodontal pueden experimentar un riesgo agravado cuando también tienen deficiencia de vitamina D [2], ya que una revisión señaló que las tasas más altas de pérdida de implantes se observaron en personas con deficiencia de vitamina D con factores de riesgo coexistentes como tabaquismo y antecedentes de periodontitis. Estos conocimientos permitirían una gestión de pacientes más personalizada.

En resumen, el fundamento de esta revisión sistemática se basa en la necesidad de consolidar la evidencia emergente sobre el impacto de la vitamina D en la implantología dental, y la importancia radica en el potencial de mejorar los resultados clínicos mediante una intervención segura y de bajo costo (suplementos nutricionales) siguiendo un enfoque basado en la evidencia. Esto se alinea con la tendencia más amplia en medicina de buscar factores de riesgo modificables para mejorar el éxito de los tratamientos.

1.6. Lagunas en la investigación actual

El número de estudios sobre este tema específico ha sido limitado. Muchos de estos estudios tienen muestras pequeñas o son investigaciones de un solo centro, lo que puede limitar la generalización de sus hallazgos [2]. En este campo faltan ensayos multicéntricos de gran tamaño o estudios prospectivos poblacionales que puedan proporcionar evidencia de mayor calidad. Los estudios existentes también muestran cierta heterogeneidad en su diseño y medidas de resultados: algunos se centran en el fracaso temprano del implante (en un plazo de 3 a 6 meses), mientras que otros miden la pérdida ósea marginal en 1 a 2 años [12] y algunos analizan la supervivencia de los implantes a largo plazo, entre 5 y 10 años [2]. Esta variabilidad dificulta sacar conclusiones generales. Una revisión sistemática puede resaltar estas diferencias e intentar sintetizar los resultados entre diferentes criterios de valoración (por ejemplo, insuficiencia aguda frente a pérdida ósea crónica), pero también subraya una brecha: la necesidad de resultados estandarizados en estudios futuros.

En segundo lugar, faltan datos a largo plazo. La implantología generalmente considera el éxito en términos de décadas, sin embargo, la mayoría de los estudios relacionados con la vitamina D tienen seguimientos relativamente cortos. Por ejemplo, los ECA sobre suplementación monitorearon los cambios óseos hasta 3 o 6 meses [1], capturando la fase de osteointegración pero no si esas diferencias persisten años después. Los estudios retrospectivos de Mangano et al. incluyeron seguimientos más prolongados (los implantes se siguieron durante varios años), pero informaron principalmente sobre fracasos tempranos (dentro de 4 a 6 meses) como resultado de interés. Por lo tanto, sigue siendo incierto si el nivel de vitamina D afecta el fracaso tardío del implante o la resorción ósea continua a largo plazo (por ejemplo, 5+ años después de la colocación). La revisión sistemática existente en 2022 señaló explícitamente que se necesitan períodos de seguimiento más prolongados para determinar si los niveles de vitamina D tienen un efecto real en la supervivencia del implante a lo largo del tiempo [1]. Esta brecha es crítica porque una

influencia en la curación temprana no significa automáticamente una influencia en los resultados tardíos, y viceversa. Nuestra revisión examinará cualquier evidencia de resultados a más largo plazo, pero anticipamos que esto es una deficiencia en la literatura que se resaltarán para futuras investigaciones.

Otra brecha es la inconsistencia en la definición y el manejo de la deficiencia de vitamina D en los estudios. Diferentes estudios utilizaron diferentes valores umbral (algunos utilizan 20 ng/ml como punto de corte, otros 30 ng/ml) [7], y la gravedad de la deficiencia en las poblaciones estudiadas varía. Muchos estudios incluyeron principalmente pacientes con insuficiencia moderada (como 15 a 30 ng/ml) y muy pocos con deficiencia grave (<10 ng/ml) [3]. Es posible que sólo una deficiencia grave afecte realmente a los implantes, mientras que una insuficiencia leve podría no hacerlo, pero sin suficientes sujetos con deficiencias graves, es posible que los análisis no hayan tenido el poder suficiente para detectar un efecto [3]. Además, el tratamiento de los pacientes fue diferente: algunos estudios complementaron a todos los pacientes deficientes (sin dejar así un control sin suplemento, que podría enmascarar las diferencias), mientras que otros observaron resultados sin intervención. Nuestra revisión sistemática observará cuidadosamente cómo cada estudio definió el estado de la vitamina D y si la suplementación fue parte del protocolo, ya que estos factores podrían explicar las discrepancias en los resultados. Esto habla de una brecha más amplia: ningún ensayo aleatorio hasta la fecha se ha centrado en resultados concretos como el fracaso del implante como criterio de valoración principal. Éticamente, dejar deliberadamente a los pacientes deficientes podría ser cuestionable si la deficiencia es grave, pero al menos comparar grupos suficientes versus insuficientes (o probar diferentes regímenes de suplementación) de manera controlada agregaría evidencia valiosa. Actualmente carecemos de un ECA de alta calidad con un tamaño de muestra adecuado que responda definitivamente si la suplementación con vitamina D mejora las tasas de supervivencia de los implantes.

También existen lagunas en la comprensión de los aspectos mecanicistas en los humanos. Si bien los estudios en animales e in vitro sugieren mecanismos, los estudios clínicos no han investigado por qué la vitamina D podría fallar en un implante. Por ejemplo, ningún estudio ha medido directamente los biomarcadores óseos o los marcadores de inflamación en pacientes con implantes en relación con los niveles de vitamina D. No sabemos si los pacientes con deficiencia muestran signos de alteración de la formación ósea (por ejemplo, fosfatasa alcalina más baja o mineralización retrasada en la biopsia) alrededor de sus implantes, o si tienen niveles más altos de citoquinas inflamatorias que podrían contribuir a la pérdida ósea. Esta investigación traslacio-

nal es escasa. Identificar estos mecanismos en sujetos humanos podría fortalecer la inferencia causal. Es posible que la revisión actual no responda estas preguntas mecanicistas directamente (ya que van más allá de los resultados clínicos típicos), pero al resumir los resultados puede apoyar o refutar indirectamente las hipótesis mecanicistas. Por ejemplo, si la revisión encuentra que el nivel de vitamina D se correlaciona más con la falla temprana (fase de integración) que con la pérdida ósea tardía, eso podría sugerir que el mecanismo se debe principalmente a la formación ósea inicial en lugar de a la modulación inmune crónica, o viceversa. Son matices que quedan por aclarar.

En conclusión, si bien los estudios iniciales sugieren que mantener una cantidad adecuada de vitamina D puede beneficiar el éxito de los implantes dentales, persisten importantes lagunas de conocimiento. Estos incluyen datos limitados sobre los resultados de los implantes a largo plazo, variabilidad en los diseños y definiciones de los estudios y la falta de ensayos aleatorios de gran tamaño. Abordar estas brechas es esencial para determinar si las intervenciones dirigidas a la vitamina D deberían convertirse en un componente estándar de la evaluación previa al implante y, en última instancia, mejorar la longevidad y el éxito de los implantes dentales para pacientes en todo el mundo.

La presente revisión sistemática incluye únicamente estudios en humanos y su objetivo es determinar si existe una relación entre los niveles séricos de vitamina D y las tasas de supervivencia de los implantes, osteointegración, estabilidad, así como la pérdida ósea marginal.

2. Material y métodos

2.1. Desarrollo de la revisión y pregunta focalizada

Esta revisión sistemática se realizó de acuerdo con las directrices PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) y para el diseño se utilizó la escala PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome):

Population. Pacientes edéntulos y parcialmente edéntulos sistémicamente sanos;

Intervention. Colocación de implantes con niveles séricos normales de vitamina D;

Comparison. Colocación de implantes con niveles séricos bajos de vitamina D;

Outcome. Tasa de supervivencia y pérdida ósea marginal de los implantes colocados.

Por tanto, la pregunta PICO es: En pacientes edéntulos y parcialmente edéntulos que reciben implantes dentales (P), ¿influye un nivel sérico suficiente de vitamina D (I), en comparación con un nivel insuficiente o deficiente (C), en la supervivencia del implante y la pérdida ósea marginal (O)?

2.2. Estrategia de búsqueda y selección de estudios

Se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica en bases de datos electrónicas como PubMed, Scopus y Web of Science, con sus respectiva estrategia de búsqueda (Tabla 1). La búsqueda se restringió a estudios clínicos en humanos publicados en inglés y castellano entre enero de 2015 y febrero de 2025.

BASE DE DATOS	ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA (Operadores Booleanos y Términos MeSH)
PubMed	("vitamin D" OR "vitamin D3" OR "serum") AND ("dental implant" OR "dental implants" OR "implant" OR "implants") AND ("survival rate" OR "survival" OR "Implant Failure" OR "osseointegration" OR "marginal bone loss")
Scopus	("Vitamin D" OR "vitamin D3") AND ("dental implants") AND ("survival rate" OR "osseointegration" OR "marginal bone loss") AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026
Web of Science	TS=("Vitamin D") AND TS=("Dental Implants") AND TS=("Osseointegration") AND TS=("Marginal Bone Loss") AND TS=("Implant Failure")

Tabla 1. Estrategia de búsqueda en las distintas bases de datos.

2.2.1. Criterios de inclusión

- Estudios clínicos en humanos que incluían implantes osteointegrados colocados en pacientes con diferentes niveles séricos de vitamina D
- Ensayos clínicos aleatorizados
- Estudios prospectivos longitudinales observacionales
- Estudios retrospectivos longitudinales observacionales

- Estudios de casos y controles
- Los estudios clínicos en humanos proporcionaron los siguientes datos: niveles séricos de vitamina D, tasa de supervivencia del implante y cantidad de pérdida ósea marginal tras un seguimiento de al menos tres meses.
- Los artículos fueron publicados en inglés o castellano.

2.2.2. Criterios de exclusión.

- Estudios clínicos en los que se colocan implantes osteointegrados, pero no se miden los niveles séricos de vitamina D.
- Estudios transversales.
- Estudios con animales.
- Informes de casos.
- Estudios in vitro.

2.3. Tipo de intervención y comparaciones

La revisión evaluó las técnicas para la colocación de implantes osteointegrados en pacientes con distintos niveles séricos de vitamina D, incluyendo tanto estudios que compararon niveles séricos bajos con normales, como aquellos que analizaron exclusivamente niveles bajos de vitamina D.

2.4. Extracción de datos y evaluación de la calidad

Los títulos y resúmenes se revisaron de forma independiente en las bases de datos, y los manuscritos que cumplían los criterios de inclusión detallados anteriormente también fueron leídos por dos revisores (S.T.F e I.G.G), así como los trabajos sin datos suficientes en el título y el resumen en los que basar su decisión. Las discrepancias entre los revisores se resolvieron por consenso o, cuando fue necesario, mediante discusión con un tercer revisor. La concordancia entre revisores se evaluó mediante el coeficiente kappa de Cohen (κ), interpretado de la siguiente manera: valores ≤ 0 indican ausencia de concordancia, 0,01-0,20 concordancia leve, 0,21-0,40

concordancia regular, 0,41-0,60 concordancia moderada, 0,61-0,80 concordancia sustancial y 0,81-1,00 concordancia casi perfecta. Los parámetros extraídos incluyeron:

- Diseño del estudio.
- Tamaño de la muestra y datos demográficos.
- Umbrales de vitamina D sérica y métodos de medición.
- Medidas de resultado: tasa de supervivencia del implante, pérdida ósea marginal (en mm) o valores ISQ
- Tiempo de seguimiento

La evaluación de la calidad de los estudios incluidos se realizó mediante la Escala Newcastle-Ottawa (NOS) para los estudios de cohortes y de casos y controles, y la Herramienta Cochrane de Riesgo de Sesgo RoB 2.0 (Cochrane Risk of Bias Tool) para los ensayos controlados aleatorios.

2.5. Medidas de resultado

Las medidas de resultado consideradas en esta revisión sistemática se clasificaron en primarias y secundarias, siguiendo los desenlaces clínicos reportados en los estudios incluidos.

- La medida de resultado primaria fue la tasa de supervivencia del implante, definida como la presencia de un implante funcional y asintomático in situ, sin movilidad clínica, sin signos de infección y sin evidencia radiográfica de fracaso, durante el periodo de seguimiento especificado en cada estudio.
- Como medidas de resultado secundarias, se evaluaron:
 - La pérdida ósea marginal (POM), cuantificada en milímetros mediante radiografías periapicales, radiovisiografía digital o tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), a partir de referencias estandarizadas (como la distancia entre el cuello del implante y el nivel óseo mesial o distal), según el protocolo empleado en cada estudio.

- La estabilidad del implante, medida por medio del cociente de estabilidad del implante (ISQ, por sus siglas en inglés: Implant Stability Quotient), obtenido mediante análisis de frecuencia de resonancia (RFA), que permite evaluar la estabilidad primaria (inmediatamente tras la colocación del implante) y secundaria (durante el proceso de cicatrización).
- La osteointegración clínica y radiográfica, entendida como la integración del implante con el tejido óseo circundante sin signos de movilidad, dolor, infección ni radiolucencia periimplantaria, y valorada a través de parámetros clínicos (ausencia de síntomas) y radiográficos (hueso íntimamente unido al implante), según los criterios definidos por cada estudio.

Estas variables se recopilaron de forma estandarizada a partir de los datos proporcionados por los artículos seleccionados y se utilizaron como base para comparar los resultados entre los grupos con niveles de vitamina D suficientes, insuficientes o deficientes, así como para valorar el impacto de la suplementación vitamínica.

2.6. Síntesis de datos

Debido a la heterogeneidad en los diseños de los estudios, las definiciones de los resultados, las duraciones del seguimiento y los métodos de medición, se adoptó un enfoque de síntesis cualitativa en lugar de un metanálisis. Los hallazgos se compararon narrativamente, estratificados por el estado de suficiencia de vitamina D (deficiente, insuficiente o suficiente) y, cuando correspondía, por la presencia o ausencia de suplementos.

3. Resultados

3.1. Selección de estudios

La búsqueda inicial en bases de datos localizó 699 artículos en la base de datos Medline/PubMed, 621 títulos en la base de datos SCOPUS y 112 títulos en la base de datos Web of Science. Del total de 1432 artículos, 120 eran duplicados y 5 fueron marcados como no aptos por las herramientas de automatización y se descartaron. Se revisaron 1307 artículos y tras un cribado inicial para identificar artículos irrelevantes para la pregunta PICO, seguido de un cribado de títulos y resúmenes, se leyeron los textos completos de 15 artículos. Finalmente, se seleccionaron

seis estudios para su inclusión en la revisión y se sometieron a extracción y análisis de datos. El diagrama de flujo (Figura 2) ilustra cada paso del proceso de búsqueda y selección.

Diagrama de flujo PRISMA 2020 para nuevas revisiones sistemáticas que incluían únicamente búsquedas en bases de datos y registros

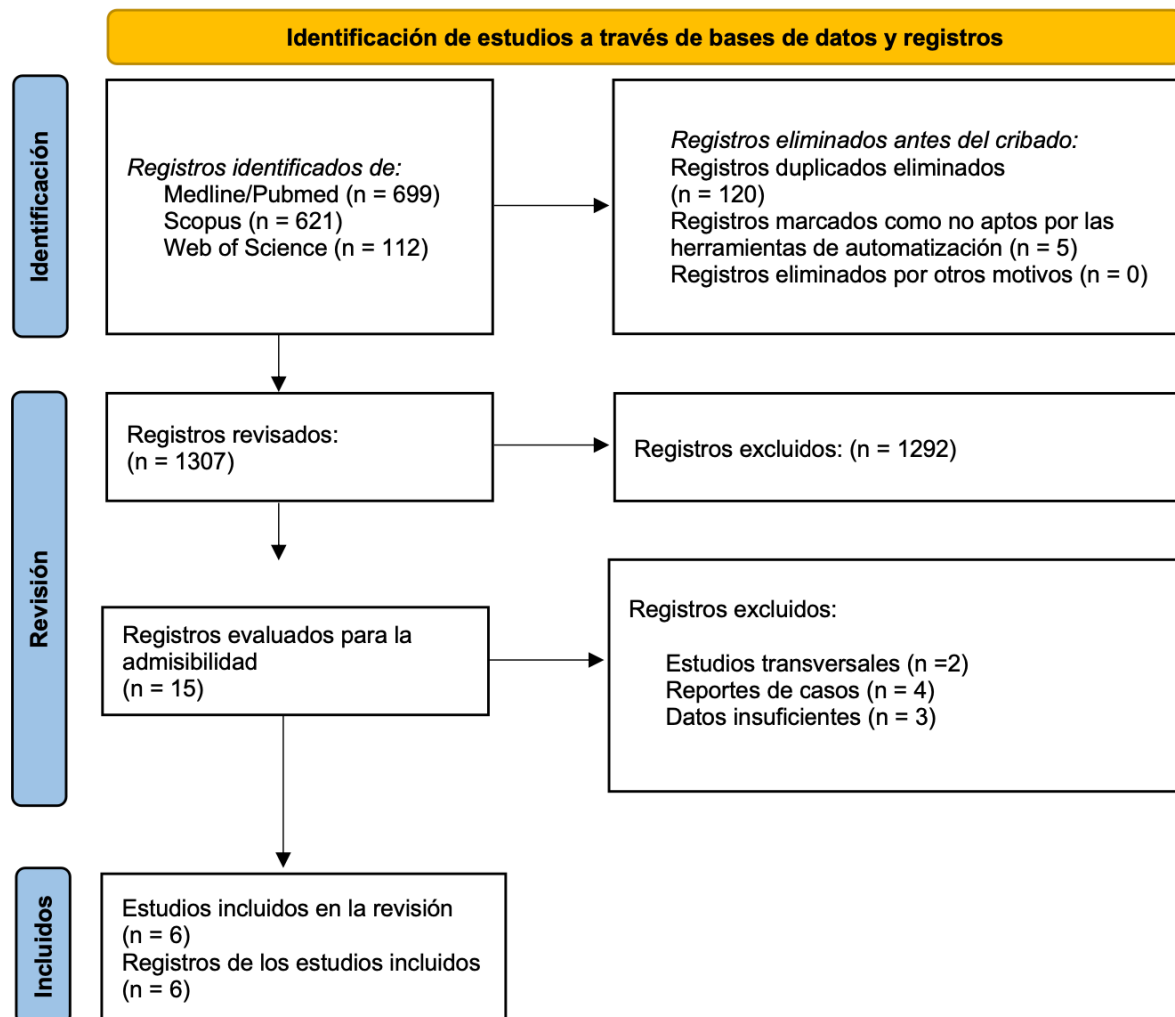


Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA 2020

3.2. Características de los estudios

Esta revisión sistemática incluyó seis estudios clínicos que investigaron la influencia de los niveles séricos de vitamina D en la supervivencia de los implantes, en la pérdida ósea marginal (POM), estabilidad y osteointegración de los implantes. Los estudios variaron en diseño, ta-

maño de la población y métodos de evaluación, pero todos proporcionaron resultados cuantitativos que contribuyen a comprender el papel de la vitamina D en implantología. Los seis artículos seleccionados consistían en un estudio retrospectivo de tres cohortes [3], tres ensayos clínicos aleatorizados [13, 14, 15], y un estudio prospectivo de tres cohortes [16]. Los artículos fueron publicados desde 2017 hasta 2024. La Tabla 2 proporciona información sobre los estudios revisados: tipo de estudio, número de pacientes, sexo de los pacientes, edad media, niveles séricos de vitamina D, número y localización de los implantes, supervivencia de los implantes, pérdida ósea marginal, remodelado óseo durante la osteointegración y duración del seguimiento.

Autor y año	Estudio	Pacientes (nº)	Género (hombre/mujer)	Edad media (años)	Niveles Vitamina D (pacientes)	Momento de medición de Vitamina D	Implantes (Nº)	Implantes (Localización)	Supervivencia de implantes (%)	Pérdida Ósea Marginal (mm)	Remodelado óseo durante oseointegración	Seguimiento medio
Mangano et al., 2018	Retrospectivo. Tres cohortes	885	455/430	57.3 ± 14.4	G1: <10 ng/mL: 27 G2: 10–30 ng/mL: 448 G3: >30 ng/mL: 410	Dos Semanas antes de la cirugía	1740	-	G1: 88.9 G2: 95.6 G3: 97.1	-	-	168
Garg et al., 2020	Ensayo clínico aleatorizado	32	-/-	20-40	G1: <30 ng/mL (supplement): 16 G2: <30 ng/mL: 16	En el momento del diagnóstico. Mediciones de seguimiento a los 3 y 6 meses en el G1.	32	Dientes mandibulares posteriores	100	-	G1: M: 0.832 D: 1.085 G2: M: 0.229 D: 0.285 RVG	6
Kwiatek et al., 2021	Ensayo clínico aleatorizado	122	57/65	43.8 ± 12.15	G1: <30 ng/mL (supplement): 48 G2: <30 ng/mL: 43 G3: >30 ng/mL: 31	El día de la cirugía, después de 6 semanas y después de 12 semanas	122	Premolares y molares mandibulares	100	-	G1: 0.08 ± 0.93 G2: 0.53 ± 0.77 G3: 0.48 ± 0.74 RVG	3
Tabrizi et al., 2021	Prospectivo. Tres cohortes	90	56/34	G1: 41.50 ± 10.13 G2: 45.03 ± 11.16 G3:	G1: <10 ng/mL: 30 G2: 10–30 ng/mL: 30 G3: >30 ng/mL: 30	En el momento de la carga y 12 meses después	90	Molares mandibulares	100	G1: 1.38 ± 0.33 G2: 0.89 ± 0.16 G3: 0.78 ± 0.12/RVG	-	12
				40.73 ± 9.95								
Iqbal et al., 2024	Ensayo clínico aleatorizado	100	59/41	18-45	GA: <10 ng/mL: 30 GB: 10–30 ng/mL: 30	Antes de la cirugía	100	Mandíbula y maxilar anterior: 24% Mandíbula y maxilar posterior: 76%	100	-	-	3
Al-Quisi et al., 2024	Prospectivo	108	36/72	52.81 ± 11.14	G1: >30 ng/mL G2: < 20 ng/mL G3: 20-29 ng/mL	Antes de la cirugía	120	Zona 1: incisivos, caninos maxilar Zona 2: premolar y molar maxilar Zona 3: incisivos, caninos mandibulares Zona 4: premolar y molar mandibular	98,3%	-	-	4

Tabla 2. Resultados de los estudios**3.3. Evaluación de la calidad**

La calidad de los estudios incluidos se evaluó mediante dos herramientas establecidas: la Escala Newcastle-Ottawa (NOS) para los estudios de cohortes y observacionales, y la Herramienta Cochrane de Riesgo de Sesgo RoB 2.0 para los ensayos controlados aleatorizados (ECA).

La herramienta NOS se utilizó para evaluar tres estudios de cohortes: Mangano et al. (2018) [3], Tabrizi et al. (2022) [12] y Al-Quisi et al. (2024) [16]. Mangano obtuvo 7 de 9 estrellas, lo que indica un bajo riesgo de sesgo, aunque la comparabilidad y la evaluación de los resultados se vieron limitadas por la falta de cegamiento y claridad de la línea de base. Tabrizi obtuvo 6 estrellas, y las principales limitaciones se encontraban en los ámbitos de la comparabilidad y los resultados. El estudio de Al-Quisi también fue evaluado con 6 estrellas, debido principalmente a las limitaciones en la evaluación y la información de los resultados (Tabla 3).

Se utilizó la Herramienta Cochrane de Riesgo de Sesgo para evaluar a Iqbal et al. (2024) [15], Kwiatek et al. (2021) [13] y Garg et al. (2020) [14]. Los ensayos de Iqbal y Kwiatek demostraron un riesgo de sesgo general bajo o moderado, mientras que Garg et al. mostraron un riesgo alto en varios dominios, en particular debido a la falta de generación de secuencias aleatorias y de ocultación de la asignación. Ninguno de los estudios abordó plenamente el cegamiento de los participantes o del personal (Tabla 4).

	Selección				Comparabilidad		Resultado			
Estudio	S1	S2	S3	S4	C1	C2	E1	E2	E3	Estrellas totales (de 9)
Mangano et al., 2018	★	★	★	0	★	★	0	★	★	7
Tabrizi et al., 2022	★	★	★	0	★	★	0	0	★	6
Al-Quisi et al., 2024	★	★	★	0	★	★	0	0	★	6

★= 1.

Tabla 3. Evaluación de la calidad de los estudios de cohortes mediante la escala New-castle-Ottawa

Estudio	Secuencia aleatoria	Ocultación de la asignación	Cegamiento de participantes y personal	Cegamiento en evaluación de resultados	Datos de resultados incompletos	Reporte selectivo	Otros sesgos
Garg et al., 2020	Alto riesgo	Alto riesgo	Riesgo incierto	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Kwiatek et al., 2021	Bajo riesgo	Riesgo incierto	Riesgo incierto	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Iqbal et al., 2024	Bajo riesgo	Riesgo incierto	Riesgo incierto	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo

Tabla 4. Evaluación del riesgo de sesgo con la herramienta Cochrane para ensayos clínicos aleatorizados

3.4. Síntesis de los resultados

3.4.1. Acuerdo entre revisores

La estadística Kappa para el acuerdo entre revisores (S.T.F y I.G.G) fue del 95%; kappa = 0,955; $p < 0,001$; IC 95%: 0,99; 0,95 para la selección de artículos, y del 93%; kappa = 0,938; $p < 0,001$; IC 95%: 0,99; 0,52 para el análisis de los artículos. No fue necesaria la consulta con un tercer revisor para alcanzar un consenso.

3.4.2. Características de los pacientes

En los seis estudios incluidos, se evaluó a un total de 1.337 pacientes, con edades comprendidas entre los 20 y los 70 años. La distribución por sexos fue generalmente equilibrada, aunque unos pocos estudios no especificaron el desglose por sexos. El estado sérico de la vitamina D variaba entre los participantes: aproximadamente 80 pacientes tenían niveles séricos de vitamina D <10 ng/mL, 500 pacientes tenían niveles entre 10-30 ng/mL y 580 pacientes tenían niveles ≥ 30 ng/mL. Algunos estudios incluyeron grupos que recibieron suplementos activos de vitamina D3, la mayoría con 60.000 UI/mes de colecalciferol.

En total, se colocaron 2.154 implantes dentales entre estos pacientes, con periodos de seguimiento que oscilaron entre los 3 meses y los 20 años en todos los estudios.

3.4.3. Resultados de los estudios

Dado el número limitado de estudios y la variación en las definiciones de resultados y la duración del seguimiento, el metanálisis no fue factible. Por tanto, se realizó una síntesis cualitativa.

En el estudio retrospectivo de tres cohortes realizado por Mangano et al. (2018) [3], se colocaron 1740 implantes en 885 pacientes y se clasificaron según los niveles séricos iniciales de vitamina D: <10 ng/ml, 10 a 30 ng/ml y >30 ng/ml. A los 14 años, el fracaso del implante fue del 2,9% en el grupo suficiente, del 4,4% en el grupo insuficiente y del 11,1% en el grupo deficiente. Aunque la tendencia sugirió fuertemente una asociación, no se alcanzó significación estadística ($p = 0,105$).

En un ECA prospectivo realizado por Garg et al. (2020) [14], se colocaron 32 implantes en pacientes con deficiencia de vitamina D divididos en dos grupos: el grupo I recibió colecalciferol (60.000 UI/mes), mientras que el grupo II no recibió suplementación. La pérdida de hueso crestal se redujo significativamente en el grupo suplementado en la cara distal a los 3 meses ($p < 0,01$), lo que confirma el beneficio de la corrección de la deficiencia durante la curación temprana.

En el ECA de tres brazos realizado por Kwiatak et al. (2021) [13], se colocaron 122 implantes y se midieron los niveles óseos a las 6 y 12 semanas. El grupo A (deficiente, sin suplementos) no mostró ninguna mejora significativa en el nivel óseo de $0,06 \pm 0,48$ mm a $0,08 \pm 0,92$ mm ($p = 0,232$). El grupo B (deficiente, suplementado) tuvo un aumento significativo en el nivel óseo de $0,25 \pm 0,51$ mm a $0,53 \pm 0,77$ mm ($p < 0,001$). El grupo C (suficiente) también mostró un aumento estadísticamente significativo de $0,29 \pm 0,53$ mm a $0,48 \pm 0,74$ mm ($p < 0,008$). El grupo B exhibió niveles óseos más altos que el grupo A ($p < 0,028$). No se registraron fracasos de implantes.

En un estudio de cohorte prospectivo realizado por Tabrizi et al. (2022) [12], 90 pacientes recibieron implantes y fueron agrupados por niveles de vitamina D. La MBL a los 12 meses fue más alta en el Grupo 1 (<10 ng/mL): $1,38 \pm 0,33$ mm; seguido del grupo 2 ($10-30$ ng/mL): $0,89 \pm 0,16$ mm; y el más bajo en el Grupo 3 (>30 ng/mL): $0,78 \pm 0,12$ mm. Se observaron dife-

rencias estadísticamente significativas en MBL entre los grupos ($p < 0,001$) y se estableció una correlación entre MBL y el nivel de vitamina D. No se perdió ningún implante.

En un estudio prospectivo de Al-Quisi et al. (2024) [16], 108 pacientes recibieron 128 implantes. Los niveles séricos de vitamina D se midieron al inicio del estudio y el éxito del implante se evaluó clínica y radiográficamente. Se identificó una correlación positiva entre la suficiencia de vitamina D y la osteointegración del implante. Los pacientes con niveles séricos bajos tenían valores de torque y soporte óseo radiográfico más bajos a pesar de una densidad ósea normal. Los autores concluyeron que el nivel de vitamina D puede influir de forma independiente en el éxito temprano del implante ($p < 0,05$).

Finalmente, en el ensayo controlado aleatorio de Iqbal et al. (2024) [15], 100 pacientes con insuficiencia de vitamina D fueron asignados aleatoriamente para recibir 5000 UI/día de vitamina D3 durante 12 semanas o un placebo. Los valores de ISQ a los tres meses fueron significativamente mayores en el grupo suplementado (mediana 71) que en el grupo placebo (mediana 65; $p = 0,001$). Las concentraciones séricas de 25(OH)D aumentaron de una mediana de 22,3 a 34,2 ng/ml en el grupo de intervención. Ningún implante falló, pero las ganancias en estabilidad sugieren un beneficio funcional de la corrección con vitamina D.

4. Discusión

4.1. Resumen de los hallazgos

Los estudios analizados en esta revisión sistemática sugieren en conjunto que la deficiencia de vitamina D se asocia con peores resultados en torno a implantes dentales, especialmente en lo referente a la pérdida ósea marginal (POM) y potencialmente a la integración ósea. Varios trabajos encontraron una mayor POM en pacientes con niveles insuficientes de vitamina D, así como indicios de menor estabilidad o éxito de los implantes en ausencia de niveles adecuados de este micronutriente. Por ejemplo, Tabrizi et al. (2022) [12] realizaron un estudio de cohorte prospectivo con 90 pacientes divididos en tres grupos según sus niveles séricos de 25(OH)D (deficientes < 10 ng/mL, insuficientes $10\text{--}30$ ng/mL y suficientes > 30 ng/mL). Tras 12 meses de carga funcional, observaron que la POM media fue significativamente mayor en el grupo deficiente ($1,38 \pm 0,33$ mm) en comparación con los grupos insuficiente ($0,89 \pm 0,16$ mm) y suficiente ($0,78 \pm 0,12$ mm). La diferencia entre pacientes con vitamina D deficiente versus suficiente fue de aproximadamente 0,60 mm de pérdida ósea en un año. El análisis estadístico confirmó diferencias

significativas entre los tres grupos (ANOVA, $p < 0,001$). Además, los autores reportan una correlación inversa significativa entre el nivel sérico de vitamina D y la POM (a menor vitamina D, mayor pérdida ósea; $p < 0,001$). En otras palabras, un nivel bajo de vitamina D podría asociarse con un incremento de la reabsorción ósea crestral alrededor de los implantes. Este es un hallazgo de relevancia clínica, ya que aunque la diferencia absoluta de POM entre grupos extremos ($\sim 0,6$ mm en un año) podría parecer modesta, sugiere que la deficiencia de vitamina D contribuye a una pérdida ósea marginal por encima de lo fisiológicamente esperado. De hecho, dicha POM en pacientes deficientes superó los límites considerados “normales” en el primer año post-implantación, según referencias previas, mientras que los pacientes con niveles suficientes de vitamina D se mantuvieron dentro de una remodelación ósea típica. No se reportaron fallos de implantes en el estudio de Tabrizi et al., lo que indica que todos los implantes sobrevivieron al menos hasta el año de seguimiento, permitiendo centrar el análisis en los cambios óseos marginales.

La influencia de la vitamina D en la formación ósea periimplantaria durante las primeras fases de la oseointegración también fue evidenciada por estudios clínicos controlados. Kwiatek et al. (2021) [13] llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorizado con 122 pacientes, diseñado para evaluar cambios en el nivel óseo alrededor de implantes mandibulares durante 12 semanas post-cirugía en relación con la 25-hidroxi-vitamina D sérica. Los participantes con insuficiencia de vitamina D (< 30 ng/mL) se dividieron aleatoriamente en un grupo sin suplementación (Grupo A, $n=43$) y otro con suplementación (Grupo B, $n=48$, que recibió vitamina D3 oral, ~ 8000 UI diarias); además, se incluyó un grupo control de pacientes con nivel normal de vitamina D (Grupo C, ≥ 30 ng/mL, $n=31$). Utilizando radiografías digitales, midieron la posición del hueso crestral a las 6 y 12 semanas tras la colocación del implante. Los resultados mostraron que en los grupos con aporte adecuado de vitamina D (B y C) el nivel óseo periimplantario aumentó significativamente entre las 6 y 12 semanas, reflejando ganancia ósea o mínima pérdida, mientras que en el grupo deficiente no suplementado (A) no hubo mejoría apreciable en ese periodo. En concreto, a las 12 semanas el grupo con deficiencia no tratada no mostró casi ninguna ganancia ósea (cambio medio $\sim 0,08$ mm), frente a una ganancia significativamente mayor en el grupo suplementado ($\approx 0,53$ mm) y el grupo con nivel normal ($\approx 0,48$ mm). La diferencia en el cambio óseo entre el grupo suplementado (B) y el grupo no suplementado (A) fue estadísticamente significativa ($p = 0,028$). Asimismo, este estudio corroboró que los pacientes con concentraciones séricas más altas de 25(OH)D en el día de la cirugía tendieron a presentar niveles de hueso periimplantario más elevados (es decir, menor pérdida ósea) a las 6 y 12 semanas. Dicho de otro modo, existió una correlación positiva entre la vitamina D basal y la formación/retención ósea inicial alrededor

del implante. Cabe destacar que ninguno de los implantes en este ensayo falló durante el seguimiento corto (3 meses), lo cual concuerda con la expectativa de altas tasas de supervivencia a corto plazo en contextos controlados. No obstante, las diferencias observadas en la radiología sugieren que optimizar el estado de vitamina D (ya sea asegurando suficiencia o mediante suplementación en caso de deficiencia) mejora la osteogénesis inicial y la altura ósea marginal tras la implantación.

De forma similar, Garg et al. (2020) [14] investigaron la POM en pacientes con hipovitaminosis D, comparando la evolución ósea en 32 pacientes deficientes de vitamina D (<30 ng/mL) cuyos implantes recibieron o no suplementación con vitamina D3. En este estudio prospectivo, el Grupo I (con 16 pacientes, tratados con dosis periódicas de colecalciferol 60.000 UI/mes) se comparó con el Grupo II (16 pacientes, sin suplementar) durante 6 meses de seguimiento. Los autores encontraron que ambos grupos mantuvieron niveles de hueso crestral clínicamente aceptables en todos los intervalos evaluados. No se detectaron diferencias significativas entre grupos en la mayor parte de los puntos temporales ($p > 0,05$), salvo en una medida intermedia: a los 3 meses, en la cara distal del implante, el grupo suplementado mostró un nivel de hueso crestral significativamente mayor que el grupo no suplementado (diferencia estadísticamente significativa con $p < 0,05$). Esto indica que la vitamina D podría acelerar la formación ósea o disminuir la reabsorción en las fases iniciales post-implante. Sin embargo, para los 6 meses las diferencias entre ambos grupos ya no fueron significativas, sugiriendo que el grupo sin suplementar pudo experimentar una recuperación ósea retardada o que la ventaja inicial del grupo tratado no aumentó con el tiempo. A pesar de las limitaciones de tamaño muestral, Garg et al. concluyen que la administración sistémica de colecalciferol ejerce efectos beneficiosos en la formación de hueso alrededor de los implantes, acelerando la osteointegración inicial. Consistentemente, ninguno de los implantes en este estudio de 6 meses presentó fallo clínico, de modo que los hallazgos se centran igualmente en diferencias sutiles de POM más que en supervivencia.

Por otro lado, la tasa de supervivencia de los implantes en relación con la vitamina D fue evaluada principalmente en estudios de mayor muestra o con diseños observacionales. La evidencia actual sobre este aspecto es menos concluyente, aunque apunta a que una deficiencia marcada de vitamina D podría asociarse a un mayor riesgo de fallo temprano de implantes, si bien no todos los datos alcanzan significación estadística. El estudio más amplio disponible, de Mangano et al. (2018) [3], analizó retrospectivamente 885 pacientes con un total de 1740 implantes colocados, registrando los fracasos ocurridos *antes de la conexión protésica* (es decir, fracasos tempra-

nos en los primeros 4 meses post-colocación). A cada paciente se le había medido la 25(OH)D 2 semanas antes de la cirugía, clasificándolos en tres cohortes: deficiencia severa (<10 ng/mL, $n=27$ pacientes), insuficiencia moderada ($10-30$ ng/mL, $n=448$) y suficiencia (>30 ng/mL, $n=410$). Los resultados mostraron una tendencia clara: a menor nivel de vitamina D, mayor incidencia de fallos tempranos, aunque sin alcanzar diferencias significativas debido al reducido número de eventos en términos absolutos. En total se reportaron 35 fracasos. Desglosados por nivel de vitamina D: el grupo con deficiencia severa (<10 ng/mL) tuvo 3 fracasos tempranos, equivalente a un 11,1% de esos pacientes con al menos un implante fallido; el grupo insuficiente ($10-30$ ng/mL) registró 20 fracasos (4,4%); y el grupo con vitamina D suficiente (>30 ng/mL) presentó 12 fracasos (2,9%). En términos de probabilidad de supervivencia, los implantes en pacientes con vitamina D normal tuvieron 97% de supervivencia inicial, versus 96% en insuficientes y 89% en deficientes severos. No obstante, al aplicar la prueba de *chi cuadrado*, estas diferencias porcentuales (97,1% vs 88,9%, etc.) no resultaron estadísticamente significativas entre los tres grupos ($p = 0,105$). Los autores concluyen, por tanto, que en su muestra no se pudo demostrar una relación significativa entre niveles bajos de vitamina D y mayor riesgo de fracaso temprano de implantes. No deja de ser notable, sin embargo, que *todos* los fracasos ocurrieron en pacientes con <30 ng/mL, y particularmente la tasa más alta (11%) se observó en el pequeño subgrupo de severamente deficientes. Mangano et al. subrayan esta limitación: el número de pacientes con deficiencia grave era muy reducido (27 individuos), lo que limita la potencia estadística para detectar diferencias. Recomiendan, por ello, estudios prospectivos o ensayos con mayor cohorte de pacientes deficientes para aclarar si esta tendencia se confirma.

Evidencia más reciente de países con alta prevalencia de hipovitaminosis D sugiere igualmente que la deficiencia grave puede comprometer la oseointegración inicial. Al-Quisi et al. (2024) [16] realizaron un estudio clínico prospectivo en 108 pacientes (120 implantes), midiendo el nivel sérico de vitamina D3 preoperatorio y evaluando la oseointegración a los 4 meses post-colocación (momento de la re-entrada quirúrgica para conectar los pilares de cicatrización). La población se distribuyó de forma natural en: 35 pacientes con nivel suficiente de vitamina D, 46 con insuficiencia y 27 con deficiencia (según puntos de corte no explicitados, pero probablemente similares: >30 , $10-30$ y <10 ng/mL, respectivamente). Tras el periodo de cicatrización de 4 meses, sólo 2 implantes (de 128, $\sim 1,6\%$) fracasaron en oseointegrar; crucialmente, ambos fracasos ocurrieron en pacientes con deficiencia severa de vitamina D (eran las únicas dos personas de todo el estudio con nivel sérico por debajo de 5 ng/mL). Aunque el número de eventos fue muy bajo, los autores hallaron una correlación positiva estadísticamente significativa entre el nivel de

vitamina D3 preoperatorio y el éxito de la oseointegración a 4 meses. En términos estadísticos, el coeficiente de correlación punto-biserial entre la concentración de 25(OH)D y la integración del implante resultó significativo ($p \approx 0,045$), lo que indica que niveles más elevados de vitamina D se asociaron a mayor probabilidad de integración exitosa. Asimismo, observaron que otros factores como la densidad ósea local medida por CBCT y el torque de inserción inicial mostraron sólo asociaciones positivas débiles y no significativas con el resultado de oseointegración, mientras que la vitamina D sí destacó como factor correlacionado. Estos hallazgos llevaron a Al-Quisi et al. a recomendar la evaluación prequirúrgica rutinaria de vitamina D en pacientes candidatos a implantes, dado que una deficiencia profunda podría asociarse a fracaso temprano a pesar de lograr buena estabilidad primaria y densidad ósea adecuada. Conviene señalar que este estudio, al igual que el de Tabrizi, no introdujo intervención; es decir, se limitó a observar resultados con niveles naturales de vitamina D (ningún paciente fue suplementado). Pese al corto plazo de seguimiento (4 meses), aporta evidencia clínica directa de que una deficiencia severa (<5 ng/mL, en este caso) puede comprometer la supervivencia temprana del implante, concordando con la tendencia descrita por Mangano et al. y otros.

Finalmente, en cuanto a parámetros de estabilidad primaria y calidad de la oseointegración, cabe destacar los resultados del ensayo controlado aleatorizado de Iqbal et al. (2024) [15]. Este estudio incluyó 100 pacientes con niveles insuficientes de vitamina D (todos con 25(OH)D por debajo de la normalidad, si bien se excluyeron casos de deficiencia severa por criterios éticos). Los participantes fueron asignados al azar a recibir suplementación con vitamina D3 (Grupo A: 5000 UI diarias por 12 semanas) o un placebo equivalente (Grupo B), iniciados tras la colocación de implantes dentales unitarios. El desenlace principal fue la estabilidad del implante medida mediante análisis de frecuencia de resonancia (ISQ) a los 3 meses de la implantación, junto con la medición del nivel sérico de vitamina D pre y post-intervención. Los resultados demostraron de forma contundente que la suplementación elevó significativamente los niveles de 25(OH)D en el grupo tratado (confirmando la eficacia del protocolo), y mejoró la estabilidad de los implantes comparado con el grupo placebo. A los 3 meses, el valor ISQ medio fue notablemente mayor en el grupo con vitamina D (mediana ~ 71) frente al grupo control (mediana ~ 65), diferencia altamente significativa ($p = 0,001$). En términos prácticos, esto sugiere una mejor oseointegración o un mayor anclaje del implante al hueso en los pacientes suplementados en el periodo inicial de cicatrización. Ningún implante fue perdido en ninguno de los grupos durante ese intervalo de 3 meses, acorde con la corta duración del seguimiento. Sin embargo, el estudio de Iqbal aporta evidencia de nivel I de que intervenir sobre el estado de vitamina D puede influir

positivamente en el proceso de integración ósea temprana. Los autores concluyen que la suplementación dirigida de vitamina D3 mejora significativamente la oseointegración de los implantes dentales en pacientes con niveles bajos.

En la Tabla 5 se presenta un resumen comparativo de las características y hallazgos principales de los seis estudios incluidos, para facilitar su contraste. Se muestran el diseño, población, categorización de vitamina D (VitD), tiempo de seguimiento y hallazgos principales en términos de pérdida ósea marginal (POM), estabilidad/oseointegración y tasas de fallo o supervivencia de implantes. En todos los estudios, los valores séricos de vitamina D referidos corresponden a 25-hidroxi-vitamina D (25(OH)D). Los puntos de corte para deficiencia e insuficiencia pueden variar ligeramente entre trabajos (generalmente <10 ng/mL se considera deficiencia severa, $10\text{--}20$ ng/mL deficiencia moderada, $20\text{--}30$ ng/mL insuficiencia, y >30 ng/mL suficiencia).

Estudio (año)	Diseño y muestra	Niveles de vitamina D (grupos o intervención)	Seguimiento	Resultados principales
Mangano et al. (2018)	Retrospectivo (n=885 pacientes, 1740 implantes)	Grupos por 25(OH)D sérica: <10 ng/mL (deficiencia, n=27); $10\text{--}30$ ng/mL (insuf., n=448); >30 ng/mL (suf., n=410)	4 meses (hasta carga protésica); seguimiento máximo 14 años	Fracasos tempranos (EDIF): 35/1740 (3,9%) en total. Tasa de fallo 11,1% en deficiencia severa vs 2,9% en nivel suficiente (trend no significativa, $p = 0,105$). Sugiere mayor riesgo con VitD muy baja, pero sin significación estadística.
Garg et al. (2020)	Prospectivo comparativo (n=32 pacientes con VitD <30 ng/mL)	Grupo I (n≈16) con suplemento VitD ₃ (60.000 UI/mes); Grupo II (n≈16) sin suplementar (control)	6 meses (evaluación a 1 semana, 3 meses y 6 meses post-op)	POM (crestal): Ambos grupos con pérdida ósea marginal mínima y similar a 6 meses. Diferencia transitoria a 3 meses: el grupo suplementado mostró mayor nivel óseo distal (menor pérdida) que control ($p<0,05$). Sin diferencias significativas a 6 meses. Conclusión: la VitD3 puede acelerar la formación ósea periimplantaria inicial.
Kwiatek et al. (2021)	Ensayo clínico aleatorizado (n=122)	Grupo A: VitD <30 ng/mL, sin suplemento (n=43); Grupo B: VitD <30 ng/mL, con suplemento (≈8000 UI/d, n=48); Grupo C: VitD ≥ 30 ng/mL (suficiente, n=31)	12 semanas (controles a 6 y 12 semanas post-op)	Nivel óseo periimplantario: A las 12 semanas, el grupo B (suplementado) y C (suficiente) mostraron mayor altura ósea que el grupo A (deficiente sin tratar). Ganancia ósea media $\sim +0,53$ mm (B) vs $+0,08$ mm (A), $p = 0,028$. La 25(OH)D basal correlacionó con la formación ósea ($r \approx 0,3\text{--}0,4$). Fracasos: ninguno.
Tabrizi et al. (2022)	Cohorte prospectiva (n=90 implantes unitarios)	Grupo 1: VitD deficiente <10 ng/mL (n=30); Grupo 2: insuficiente $10\text{--}30$ ng/mL (n=30); Grupo 3: suficiente >30 ng/mL (n=30)	12 meses (radiografías post-carga inicial y al año)	POM al año: Grupo deficiente $1,38 \pm 0,33$ mm vs grupo suficiente $0,78 \pm 0,12$ mm (diferencia $\sim 0,6$ mm; ANOVA $p<0,001$). Correlación inversa significativa entre nivel de VitD y POM ($p<0,001$). Supervivencia: 100% (sin fracasos).
Iqbal et al. (2024)	Ensayo clínico aleatorizado (n=100, Karachi)	Grupo A: pacientes con insuficiencia VitD, suplementados (5000 UI/día por 12 sem); Grupo B: insuficiencia VitD, placebo (ambos grupos n=50)	3 meses (evaluación post-implante a los 3 meses)	Estabilidad ISQ (3 meses): Grupo VitD mediana ISQ 71 vs Grupo placebo ISQ 65 ($p = 0,001$), indicando mejor oseointegración con VitD. Vitamina D sérica post-tratamiento significativamente mayor en Grupo A ($p = 0,001$). Fracasos: ninguno en 3 meses.

Al-Quisi et al. (2024)	Estudio prospectivo observacional (n=108 pacientes, 128 implantes)	Distribución según VitD_3 basal: 35 suficiente; 46 insuficiente; 27 deficiente (dos de ellos con VitD_3 <5 ng/mL)	4 meses (evaluación a la re-entrada quirúrgica)	Éxito de oseointegración (4 meses): 2 implantes no osteointegraron (1,6%); ambos fracasos ocurrieron en pacientes con VitD_3 <5 ng/mL. Correlación positiva significativa entre nivel sérico VitD_3 y tasa de éxito (punto-biserial $p \approx 0,045$). Inserción con buen torque y densidad ósea no evitaron el fallo en casos de deficiencia severa.
------------------------	--	---	---	--

Tabla 5. Comparativa de los estudios incluidos sobre niveles de vitamina D y resultados en implantes dentales.

4.2. Comparación con otros estudios relevantes

Al contrastar estos hallazgos con la literatura existente, se aprecia un creciente consenso en torno a la influencia de la vitamina D en la salud ósea periimplantaria, aunque persisten algunas discrepancias en cuanto a su impacto directo sobre el fracaso de implantes. En general, los estudios clínicos recientes reafirman la importancia de un estado óptimo de vitamina D para una oseointegración adecuada, concidiendo con lo observado en modelos animales y en la fisiología ósea en general. Por ejemplo, investigaciones preclínicas han demostrado que la deficiencia de vitamina D puede alterar la reparación ósea: Kelly et al. [17] documentaron que la insuficiencia de vitamina D perjudicó significativamente el establecimiento de la oseointegración de implantes de titanio en modelos in vivo, y Dvorak et al. [18] reportaron que la falta de vitamina D afectó negativamente la formación de hueso cortical alrededor de implantes en ratas osteopénicas. Estos mecanismos podrían explicar por qué, en humanos, los niveles bajos de vitamina D se asocian a menor formación ósea y mayor POM, tal como evidenciaron Tabrizi et al. (2022) [12] y Kwiatek et al. (2021) [13].

Los resultados de Tabrizi et al. [12] son particularmente relevantes, ya que representaron el primer estudio en humanos enfocado específicamente en la pérdida ósea marginal en función del estado de vitamina D. Su hallazgo de que la deficiencia se correlaciona con ~0,6 mm más de POM en un año se alinea con observaciones previas indirectas en pacientes osteoporóticos: por ejemplo, de Medeiros et al. encontraron mayor pérdida ósea alrededor de implantes en pacientes con osteoporosis (condición asociada frecuentemente a hipovitaminosis D). Así, múltiples fuentes convergen en que la deficiencia de vitamina D incrementa la reabsorción ósea crestral post-implante por encima de la remodelación normal, respaldando los hallazgos de Tabrizi et al. [12].

La eficacia de la suplementación con vitamina D para mejorar la respuesta ósea también ha sido corroborada en distintos contextos clínicos. Los ensayos de Kwiatek et al. [13] e Iqbal et al. [15] coinciden en demostrar un efecto beneficioso de aportar vitamina D exógena a pacientes con niveles bajos, manifestado en una integración ósea más robusta o más rápida. Kwiatek et al. observaron que el grupo de pacientes deficientes que recibió 8000 UI/día logró una recuperación ósea radiográfica similar a la de pacientes originalmente suficientes, superando claramente al grupo no suplementado en solo 3 meses. Por su parte, Iqbal et al. registraron un aumento significativo de la estabilidad (ISQ) a corto plazo con 5000 UI/día, lo que implica una mejor calidad de la interfase hueso-implante. Es destacable que ambas investigaciones implementaron dosis relativamente altas de colecalciferol (entre 5000–8000 UI diarias), superiores a la ingesta de referencia, pero en lapsos limitados (12 semanas), logrando normalizar los niveles séricos y traducirlo en efectos locales positivos sin eventos adversos reportados. Esto sugiere que corregir la insuficiencia de vitamina D en el periodo perioperatorio es una intervención segura y potencialmente útil para optimizar la oseointegración.

En contraste, cuando se examina la supervivencia a corto y largo plazo de los implantes, la literatura muestra resultados más heterogéneos. Varios estudios retrospectivos de gran tamaño, además del de Mangano et al. (2018) [3], no han podido confirmar con significancia estadística que la vitamina D baja conlleve más fracasos de implantes. Mangano et al. publicaron también en 2016 un análisis de 822 pacientes (1625 implantes) con resultados congruentes: no hallaron una asociación significativa entre niveles insuficientes de vitamina D y fracasos tempranos, a pesar de observar igualmente una mayor incidencia numérica de fallos en pacientes deficientes. Javed et al. (2016) [20], en una amplia revisión de la literatura hasta entonces, subrayaron que si bien la vitamina D está estrechamente ligada al metabolismo óseo, los escasos estudios clínicos disponibles mostraban resultados contradictorios y no permitían establecer una relación directa y consistente entre la hipovitaminosis D y el éxito o fracaso de implantes. Este panorama comenzó a cambiar con la aparición de estudios prospectivos más recientes (2020–2024) que, aunque con muestras más pequeñas, sugieren una tendencia a favor de la vitamina D en la supervivencia implantaria temprana. Por ejemplo, Al-Quisi et al. (2024) [16] aportaron evidencia de que la deficiencia severa *sí* puede traducirse en fracasos clínicos incluso en ausencia de otros factores de riesgo, aportando un matiz importante: es posible que solo los niveles muy bajos (<5–10 ng/mL) tengan un efecto crítico, mientras que diferencias entre valores moderados (por ejemplo 15 ng/mL vs 25 ng/mL) podrían no ser tan determinantes por sí solas. Esta idea concuerda con lo reportado por Mangano et al. [3], donde el grueso de pacientes (insuficientes 10–30 ng/mL) tuvo una

tasa de fracaso (~4%) cercana a la de pacientes suficientes (~3%), y solo el subgrupo <10 ng/mL mostró una proporción claramente más alta (~11%). Por consiguiente, al comparar estudios, emerge la hipótesis de un umbral crítico de vitamina D por debajo del cual el riesgo de fallo de implante aumenta sustancialmente. Los estudios con pocos pacientes en ese rango extremo pueden no alcanzar significación estadística, pero la repetición del patrón en diferentes cohortes (Mangano 2018, Al-Quisi 2024) [3, 16] es clínicamente sugestiva.

Otro aspecto a comparar es cómo se midieron los desenlaces y el tiempo de observación. Los estudios de POM (Kwiatek, Tabrizi, Garg) [12, 13, 14] se centraron en cambios óseos radiográficos en el corto-mediano plazo (3–12 meses), proporcionando indicadores sensibles de la salud periimplantaria antes de que ocurran fracasos. Por otro lado, los estudios de supervivencia (Mangano, Al-Quisi) [3, 16] evalúan directamente eventos binarios (éxito o fracaso) en plazos variablemente largos. Es de esperar que los efectos de la vitamina D en el hueso puedan manifestarse primero como diferencias en remodelación ósea (POM) o estabilidad, y solo con seguimiento prolongado y muestras grandes llegar a impactar en tasas de supervivencia acumulada. En este sentido, los hallazgos de Tabrizi et al. [12] y Kwiatek et al. [13] complementan a los de Mangano et al. [3]: estos últimos no vieron diferencias significativas en supervivencia temprana, pero los primeros sí detectaron diferencias óseas significativas en el primer año. En coherencia, una revisión sistemática de 2014 (Monje et al.) [21] concluyó que los casos con vitamina D baja obtienen resultados “ligeramente peores” en pérdida ósea marginal, mientras que para confirmar un efecto en la supervivencia de los implantes se requieren seguimientos más largos. De hecho, la misma revisión indicó que en tres de los estudios analizados no ocurrieron fracasos de implantes (seguramente debido al corto plazo de evaluación, ≤ 12 meses) y por tanto *“se podría afirmar que niveles bajos de vitamina D no disminuyen la supervivencia implantaría temprana”*. No obstante, añadieron que un estudio con seguimiento hasta 14 años (Mangano 2018) [3] mostró una diferencia de 8% en la supervivencia a favor de pacientes con vitamina D suficiente versus deficientes, aunque sin significación estadística. En conjunto, estos datos sugieren que la influencia de la vitamina D en la supervivencia puede ser sutil y requerir grandes muestras o poblaciones de alto riesgo para detectarse, pero su influencia en la calidad de la oseointegración y el mantenimiento óseo marginal es más fácilmente apreciable en el corto plazo.

Vale la pena mencionar también estudios relacionados con complicaciones biológicas periimplantarias distintas al fracaso primario. Algunos autores han hipotetizado que la deficiencia de vitamina D podría predisponer a la *periimplantitis* u otras complicaciones a largo plazo, dado

el rol de la vitamina D en la modulación inmune y la inflamación [22]. Si bien ninguno de los seis estudios analizados evaluó directamente la incidencia de periimplantitis, la mayor pérdida ósea marginal en pacientes deficientes podría indicar una menor resistencia del tejido periimplantario frente a la agresión bacteriana o mecánica. En la literatura, se han reportado casos donde la suplementación con vitamina D mejora marcadores periodontales y reduce la inflamación gingival; es razonable pensar que un efecto similar podría ocurrir alrededor de implantes, aunque hace falta investigación específica [23]. En cualquier caso, mantener niveles adecuados de vitamina D no solo favorece la densidad y calidad ósea, sino que también podría contribuir a una mejor respuesta inmune local, reduciendo el riesgo de infecciones, una teoría que al menos un estudio *in vitro* apoya, mostrando que metabolitos de vitamina D pueden inducir producción de péptidos antimicrobianos en tejidos gingivales [24].

En resumen, los hallazgos de los seis estudios incluidos son congruentes en términos generales con la evidencia previa: la vitamina D parece jugar un papel positivo en la integración ósea y la estabilidad de los implantes dentales, mientras que su deficiencia puede asociarse a una cicatrización ósea subóptima y posiblemente a mayores tasas de complicaciones óseas (pérdida marginal) e incluso de fracasos en casos extremos. Las discrepancias entre estudios, particularmente en la asociación con fallos tempranos, pueden atribuirse en parte a diferencias metodológicas (diseño retrospectivo vs prospectivo, duración del seguimiento, definición de deficiencia, tamaño muestral) y al hecho de que los fracasos de implantes son eventos multifactoriales y relativamente infrecuentes, lo que dificulta aislar la contribución de un solo factor sistémico como la vitamina D.

4.3. Controversias y hallazgos contradictorios en la literatura

A pesar de la tendencia general antes descrita, existen aún controversias en la literatura sobre cuánto influye realmente el estado de vitamina D en el éxito de los implantes dentales. Una de las principales discordancias proviene de estudios que no han encontrado asociación significativa entre la vitamina D y el fracaso de implantes, o que incluso sugieren que su papel podría ser menos crítico de lo que se pensaba. Como ya se comentó, los amplios estudios retrospectivos de Mangano et al. (2016, 2018) [25, 3] concluyeron que la deficiencia de vitamina D, por sí sola, no se pudo correlacionar claramente con un mayor riesgo de fracasos tempranos. Estos resultados inicialmente sorprendieron, ya que contradecían la noción prevalente de que una peor calidad ósea (potencialmente asociada a hipovitaminosis D) conllevaría más fallos. De hecho, durante

algún tiempo se generó debate sobre si era clínicamente relevante medir o corregir la vitamina D antes de la colocación de implantes, dado que no había evidencia contundente de que ello afectase a la tasa de éxito [26]. Algunos autores argumentaban que factores locales (técnica quirúrgica, control de carga, biotipo del paciente, higiene) eclipsan cualquier influencia sistémica modesta de la vitamina D [27].

Otra fuente de controversia es la heterogeneidad de los estudios disponibles hasta la fecha. Muchos de los primeros reportes sobre el tema fueron series de casos o estudios pequeños, a veces con resultados dispares. Por ejemplo, se publicaron reportes aislados de pacientes con deficiencia severa de vitamina D que presentaron fracasos repetidos de implantes, sugiriendo una conexión, mientras que otras series no controladas no lograron replicar tales observaciones de forma consistente [28, 29, 30, 31]. Este escenario llevó a revisiones narrativas que concluían que la evidencia era “indirecta y contradictoria”. Monje et al. (2014) [21] resumieron que, pese a la expectativa de una relación estrecha, los pocos estudios clínicos y algunos experimentales arrojaban resultados contradictorios y, hasta ese momento, *“no se hallaban estudios directos que demostraran una conexión entre la vitamina D y el éxito de los implantes”*. Esta conclusión debe matizarse con la llegada de nuevos estudios, pero ilustra el nivel de incertidumbre que existía.

Un aspecto crítico en esta controversia es que la mayoría de estudios tempranos carecían de seguimiento suficiente para detectar efectos en la supervivencia a largo plazo. Por ejemplo, Garg et al. (2020) [14] sólo siguieron 6 meses a sus pacientes, período en el cual es raro observar fallos tardíos o periimplantitis; consiguientemente, no encontraron diferencias más allá de la cicatrización inicial. Iqbal et al. (2024) [15] también se limitaron a 3 meses con foco en estabilidad, por lo que su aporte a la cuestión de supervivencia es indirecto. Cuando se analizan los resultados de tales estudios de corto plazo, podría argumentarse que ninguna diferencia en fracasos fue observable simplemente porque el periodo de riesgo evaluado fue muy breve. Esto entra en debate con la afirmación de la revisión de 2022 que sugirió que la vitamina D no influye en la supervivencia temprana –argumento cierto dentro de ~12 meses, pero que no niega posibles diferencias en periodos más largos.

Otra discrepancia relevante es la referente a los puntos de corte y definiciones de suficiencia vs. deficiencia de vitamina D, que varían entre estudios y regiones. Algunos trabajos definen <20 ng/mL como deficiencia y 20–30 como insuficiencia, mientras que otros (como Tabrizi et al.) [12] usaron <10 ng/mL para deficiencia severa y 10–30 ng/mL para insuficiencia. Estas dife-

rencias influyen en la comparación directa de resultados. Por ejemplo, un paciente con 15 ng/mL sería “insuficiente” en un estudio y “deficiente” en otro; si su implante falla o no, podría contarse de manera distinta según la categorización. La controversia se agrava debido a la alta prevalencia de insuficiencia moderada (entre 20–30 ng/mL) en la población general; aún no hay consenso claro sobre si estos niveles moderadamente bajos conllevan un riesgo significativo o si solo la deficiencia profunda (<10–15 ng/mL) es problemática [32]. Algunos autores sostienen que mientras el paciente no esté en un estado de deficiencia grave u osteomalacia, el proceso de oseointegración no se verá afectado de manera tangible [3]; otros argumentan que incluso diferencias pequeñas dentro del rango “insuficiente” podrían influir en la calidad ósea y la inmunidad local [13].

La deficiencia de vitamina D muchas veces coexiste con otras condiciones adversas (p. ej., pacientes de edad avanzada, con comorbilidades sistémicas, fumadores, osteoporosis, etc.). Esto genera controversia al discernir si el efecto observado se debe realmente a la vitamina D o a dichos factores concomitantes. Mangano et al. (2018) [3] analizaron algunas de estas variables y no hallaron correlación de la vitamina D con el fracaso independientemente de edad, sexo, hábito de fumar o periodontitis previa, sugiriendo que ninguno de esos factores enmascaró un efecto fuerte de la vitamina D (de hecho, todos resultaron no significativos). Sin embargo, podría argumentarse que en su muestra, por ejemplo, pocos fumadores tenían deficiencia severa, o que los casos de deficiencia severa eran tan pocos que cualquier confusión no pudo evaluarse bien. La interacción entre factores es un tema controvertido: ¿es la vitamina D un factor de riesgo solo cuando coexiste con mala calidad ósea por otra causa? ¿O es un factor independiente? Algunos clínicos han notado que los pacientes con *plurideficiencias* (vitamina D baja, nutrición deficiente, salud oral pobre) son los que tienden a presentar complicaciones, lo que sugiere una sinergia de factores más que un efecto aislado de la vitamina D [23]. Por ahora, los datos son insuficientes para resolver esta cuestión, y sigue siendo materia de debate.

Por último, existe cierta divergencia en las recomendaciones clínicas derivadas de la evidencia disponible, lo cual refleja la incertidumbre subyacente. Mientras que algunos especialistas abogan ya por evaluar rutinariamente la vitamina D antes de una cirugía de implantes (apoyados en estudios como Al-Quisi 2024 e Iqbal 2024 que muestran beneficios de la suplementación) [15,16], otros consideran que no es necesario ni coste-efectivo hacer pruebas a todos los pacientes ni suplementar indiscriminadamente, dada la falta de evidencia definitiva de un impacto en el éxito a largo plazo [33]. En ciertos entornos (por ejemplo, países con alta prevalencia de hipovitaminosis o en pacientes con historial de osteoporosis), se ha vuelto más común asegurar

que el paciente no esté severamente deficiente antes de colocar implantes [34]. Sin embargo, no existen guías internacionales unificadas que obliguen o recomienden formalmente la suplementación universal en implantología, a diferencia de lo que ocurre con otras medidas (como profilaxis antibiótica en ciertas cirugías, etc.).

En resumen, las controversias actuales giran en torno a la magnitud real del efecto de la vitamina D, los umbrales relevantes de 25(OH)D para implantes, y la necesidad de intervención clínica rutinaria. No obstante, la balanza de evidencia parece inclinarse gradualmente hacia reconocer un rol significativo de la vitamina D, especialmente en casos de deficiencia severa, aunque quedan aspectos por clarificar y convencer a toda la comunidad científica.

4.4. Limitaciones de la evidencia existente

Aun cuando las investigaciones recientes han arrojado luz sobre la relación entre la vitamina D y los implantes dentales, la evidencia disponible presenta importantes limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados y emitir recomendaciones. En primer lugar, muchos estudios cuentan con duraciones de seguimiento cortas, insuficientes para evaluar plenamente los desenlaces clínicos relevantes a largo plazo. Por ejemplo, cuatro de los seis estudios analizados (Garg 2020, Kwiatek 2021, Iqbal 2024, Al-Quisi 2024) [13,14,15,16] tuvieron seguimientos de 6 meses o menos. Si bien en esos plazos es posible medir cambios en el nivel óseo o la estabilidad primaria, no permiten observar eventos de interés como fracasos tardíos (que pueden ocurrir varios años después) ni la estabilidad de la rehabilitación en el tiempo. Como lo señala la revisión sistemática de Werny et al. (2022), hacen falta seguimientos más prolongados para determinar si los niveles de vitamina D llegan a afectar las tasas de supervivencia a largo plazo [35]. Tabrizi et al. (2022) [12], con 12 meses, ofrecieron más información sobre la remodelación ósea del primer año, pero incluso ese periodo es relativamente corto en la vida esperada de un implante (que idealmente es de décadas). Por tanto, existe la limitación de que no sabemos con certeza si las diferencias observadas en 3–12 meses se mantendrán, disminuirán o aumentarán con los años, ya que podrían intervenir otros factores (carga protésica prolongada, envejecimiento del paciente, aparición de periimplantitis, etc.).

Relacionado con lo anterior, la baja incidencia de fracaso de implantes (especialmente en el corto plazo) dificulta la obtención de conclusiones sólidas sobre factores de riesgo. Los implantes dentales tienen altas tasas de éxito (95–98% en condiciones óptimas), por lo que detectar diferencias en tasas de fracaso requiere muestras muy voluminosas o poblaciones seleccionadas de

alto riesgo [27]. En los estudios analizados, el número absoluto de fracasos fue muy bajo. Esta escasez de eventos implica intervalos de confianza amplios y riesgo de error tipo II (falso negativo) al analizar la influencia de la vitamina D. Mangano et al. [3] reconocen explícitamente que su estudio pudo pasar por alto una asociación real debido al bajo número de pacientes con deficiencia severa. Del mismo modo, Al-Quisi et al. [16] aunque observaron 2 fracasos en deficientes, no podían establecer estadísticamente mucho con solo 2 casos. En resumen, la potencia estadística de varios estudios es limitada para el desenlace “fracaso del implante”. Se necesitan muestras mayores o metaanálisis integrando datos de múltiples estudios para mejorar esta potencia, pero hasta ahora los meta-análisis publicados también han estado restringidos por el escaso número de estudios elegibles.

Otra limitación general es la falta de ensayos clínicos aleatorizados (RCTs) a largo plazo. De los trabajos analizados, solo tres (Garg 2020, Kwiatek 2021 e Iqbal 2024) [14, 13, 15] fueron RCTs. Los demás son cohortes prospectivas o retrospectivas. Si bien los estudios de cohorte bien diseñados (como Tabrizi 2022 o Al-Quisi 2024) [12, 16] aportan evidencia valiosa, no alcanzan el mismo nivel de evidencia que un ensayo controlado aleatorizado, debido a potenciales sesgos de selección. En particular, los estudios retrospectivos presentan ciertas limitaciones: dependen de la calidad de registros clínicos existentes, pueden tener criterios de inclusión heterogéneos y usualmente no controlan de manera estricta la exposición (p. ej., algunos pacientes con vitamina D muy baja podrían haber recibido suplementos fuera del protocolo, u otros cuidados especiales, lo cual no siempre se documenta). Mangano et al. (2018) [3] se basaron en registros de una clínica privada en 15 años; es posible que haya variabilidad en la técnica, tipo de implante o cuidados postoperatorios en ese periodo que no se controlaron totalmente, introduciendo ruido en los datos. Además, los estudios retrospectivos no siempre pueden asegurar que la medición de vitamina D se realizó en un momento apropiado. En Mangano 2018 la medición fue 2 semanas antes, lo cual es adecuado; pero en otras series retrospectivas puede que los datos de vitamina D provengan de analíticas de rutina hechas en fechas no muy próximas a la implantación, lo que añade incertidumbre.

Un aspecto metodológico crítico es la variabilidad en los criterios diagnósticos y medidas entre estudios. Como se mencionó, no existe uniformidad absoluta en la definición de “deficiencia” vs “insuficiencia” de vitamina D en los estudios (algunos usan 20 ng/mL como corte, otros 30 ng/mL). Ninguno de los estudios, salvo los RCTs (que midieron al menos dos veces, pre y post suplementación), realizó mediciones seriadas de 25(OH)D para ver si cambiaba durante el

seguimiento; por tanto, no sabemos si algunos pacientes inicialmente deficientes corrigieron espontáneamente su nivel (por dieta, sol o suplementos por cuenta propia) en el transcurso del estudio. En Tabrizi et al. [12], se midió al inicio y al año, pero los resultados por grupo se reportaron según la clasificación inicial, es decir, no informaron cuántos pacientes continuaron deficientes tras un año o si algunos cruzaron de categoría. Esto puede ser una limitación si, por ejemplo, parte del grupo “deficiente” mejoró su nivel durante el año, atenuando las diferencias finales de POM.

Otra limitación a destacar es la posible influencia de factores no considerados o *sesgos residuales*. Por ejemplo, la densidad mineral ósea local y la calidad del hueso receptor pueden variar entre pacientes y zonas, y aunque Al-Quisi [16] midió densidad por CBCT, otros estudios no lo hicieron explícitamente. Si un paciente tenía hueso muy esclerótico o muy poroso, eso podría afectar la POM independientemente de la vitamina D. Idealmente, un análisis multifactorial sería deseable (controlando densidad ósea, inflamación, etc.), pero con los tamaños de muestra disponibles no siempre es factible. Asimismo, la variabilidad en el *diseño del implante y protocolo quirúrgico* puede ser un factor de confusión: Tabrizi [12] usó implantes tissue-level Straumann en todos los casos para homogeneizar; en cambio, en un estudio retrospectivo puede haber múltiples tipos de implantes con diferentes microrugosidades o conexiones, lo cual podría influir en la POM. Mangano et al. [3] no detallan en su resumen si todos los implantes eran similares; esa heterogeneidad técnica podría enmascarar efectos sutiles de la vitamina D. Por otra parte, ningún estudio analizó la influencia de la vitamina D en la *velocidad de cicatrización de tejidos blandos* o en la incidencia de infecciones postoperatorias, aspectos que podrían ser relevantes dada la función inmunomoduladora de la vitamina D. Son áreas no exploradas que podrían sumar evidencia a favor o en contra de su importancia global en implantología.

Desde la perspectiva de la calidad de evidencia, la revisión de 2022 aplicó escalas de Newcastle-Ottawa [36] y Cochrane [37] a los estudios incluidos, encontrando en general moderada calidad en las cohortes y señalando alto riesgo de sesgo en al menos un RCT por deficiencias en la ocultación de la asignación [14]. Esto refleja que, si bien vamos acumulando datos, muchos estudios presentan limitaciones metodológicas que impiden considerarlos evidencia de alto nivel. Para afinar las conclusiones se requerirán estudios con menor riesgo de sesgo, mayor tamaño y más diversidad poblacional.

Reconocer estas limitaciones es crucial, ya que nos indica que si bien la evidencia sugiere ciertos patrones, las conclusiones deben tomarse con cautela. Hace falta fortalecer la base científica con investigaciones más rigurosas antes de establecer guías clínicas definitivas en este campo.

4.5. Recomendaciones para futuras investigaciones

Dada la importancia de la vitamina D en el éxito de la rehabilitación con implantes y las mencionadas limitaciones del conocimiento actual, es imprescindible orientar futuras investigaciones para clarificar las incógnitas pendientes y proveer una base más sólida para la práctica clínica. A continuación, se proponen varias recomendaciones y líneas prioritarias:

- Ensayos clínicos aleatorizados con seguimiento a medio y largo plazo: la evidencia más necesaria es la proveniente de RCTs bien diseñados que comparen de forma prospectiva grupos con niveles normales vs bajos de vitamina D, idealmente con intervención (suplementación) en los grupos deficientes, y que hagan un seguimiento mínimo de varios años. Un ensayo multicéntrico donde pacientes con deficiencia/insuficiencia de vitamina D sean asignados al azar a recibir suplementación pre- y postoperatoria (frente a un grupo placebo o control estándar) permitiría evaluar no solo diferencias en POM temprana, sino también en *tasas de supervivencia de implantes a 1, 3, 5 años*, incidencia de periimplantitis y éxito protésico. Con suficientes participantes, se podrían detectar diferencias modestas en las tasas de fracaso que hasta ahora no se pueden determinar debido al tamaño muestral. Es importante que tales ensayos incluyan pacientes de diversos perfiles (jóvenes, mayores, con factores de riesgo) para aumentar la generalización. Asimismo, se debería asegurar la ocultación de la asignación y el cegamiento de evaluadores para reducir sesgos. Si múltiples centros contribuyen, se alcanzaría la potencia estadística necesaria dado que la tasa de fracasos es baja. Estos RCTs de más larga duración podrían confirmar si la suplementación sistemática en pacientes deficientes reduce significativamente los fracasos o las complicaciones tardías, lo cual tendría un impacto inmediato en las guías clínicas.

- Estudios enfocados en la *deficiencia severa* de vitamina D: como se ha visto, el mayor efecto adverso parece concentrarse en los niveles muy bajos (<10 ng/mL). Sin embargo, paradójicamente, estos pacientes suelen ser excluidos o poco representados en muchos estudios (por ejemplo, Iqbal 2024 los excluyó; Mangano 2018 incluyó pocos). Sería valioso realizar estudios (no necesariamente RCT, podrían ser cohortes prospectivas) que

recluten específicamente a pacientes con deficiencia severa de vitamina D que requieran implantes, para observar sus resultados bajo un manejo estándar versus un manejo optimizado. Estos estudios aclararían cuánto más riesgo tienen realmente los pacientes con VitD muy baja y si la corrección revierte ese riesgo. También ayudarían a definir si existe un “umbral de seguridad” de vitamina D por encima del cual el riesgo ya no disminuye sustancialmente (por ejemplo, saber si llevar de 8 ng/mL a 20 ng/mL reduce la incidencia de fallos de forma apreciable).

- Estandarización de definiciones y mediciones: se recomienda que futuros trabajos sigan criterios homogéneos para definir la suficiencia e insuficiencia de vitamina D, quizás adoptando los rangos ampliamente utilizados en medicina (deficiencia <20 ng/mL, insuficiencia 20–30, suficiencia >30, y deficiencia severa <10 ng/mL). Además, se sugiere medir la 25(OH)D en momentos definidos (idealmente justo antes de la cirugía de implante) y, en estudios longitudinales, volver a medir en puntos clave (por ejemplo, a los 3 o 6 meses y al año) para monitorizar cambios. Esto permitiría correlacionar no solo el nivel basal, sino también la *evolución* de la vitamina D con los resultados (por ejemplo, identificar si pacientes que permanecen deficientes todo el año presentan más POM que aquellos deficientes que se corrigieron espontáneamente). Igualmente, reportar la adherencia a la suplementación mediante niveles séricos (como hizo Iqbal 2024) [15] debería ser un estándar en los RCTs para validar los protocolos. La uniformización de las mediciones haría más fácil comparar estudios y realizar meta-análisis cuantitativos más precisos.

- Estudios mecanísticos y marcadores biológicos: para complementar la evidencia clínica, sería útil investigar los mecanismos biológicos subyacentes mediante estudios que midan marcadores de remodelación ósea e inflamación en pacientes implantados con distintos niveles de vitamina D. Por ejemplo, estudios prospectivos podrían recoger muestras de fluido crevicular periimplantario o suero para medir citocinas pro-inflamatorias, marcadores de recambio óseo (CTX, P1NP) u otros indicadores (osteocalcina, RANKL/OPG) y correlacionarlos con la vitamina D y la POM [23]. Esto podría esclarecer si la deficiencia de vitamina D conduce a un entorno más pro-resortivo o pro-inflamatorio alrededor del implante. También estudios histomorfométricos (en humanos es difícil obtener biopsias, pero eventualmente en casos de explantación por fracaso se podría analizar el tejido neoformado) podrían revelar diferencias en porcentaje de contacto hueso-implante (BIC) según el estado de vitamina D.

- Evaluación de la vitamina D en poblaciones especiales: sería valioso dirigir investigaciones a grupos poblacionales específicos donde la influencia de la vitamina D pudiera ser más crítica. Por ejemplo, pacientes osteoporóticos u osteopénicos que reciben implantes, pacientes con enfermedades autoinmunes o inflamatorias crónicas (artritis reumatoide, enfermedad inflamatoria intestinal) que suelen tener deficiencia de vitamina D, pacientes fumadores o diabéticos. Estas subpoblaciones suelen quedar excluidas en ensayos controlados estrictos, pero representan la realidad clínica diaria, por lo que estudios observacionales o RCTs específicos con ellos serían muy útiles para guiar decisiones individualizadas.

- Investigación sobre estrategias de optimización clínica: más allá de simplemente constatar la influencia de la vitamina D, futuras investigaciones pueden enfocarse en buscar la mejor manera de aprovechar este conocimiento en la práctica. Por ejemplo, determinar cuál es el protocolo óptimo de suplementación, comparar distintas dosis o duraciones de suplementación y momento preferible de administrar vitamina D, ya sea antes de la cirugía (para llegar con niveles óptimos) o iniciar justo después de la colocación del implante. Estudios como el de Iqbal [15] empezaron justo tras la cirugía; podría plantearse un ensayo donde un grupo reciba 8–12 semanas pre-implante de vitamina D y otro grupo solo post-implante, para ver si hay diferencia en la oseointegración (teóricamente, mejorar el estado antes de la cirugía podría ayudar a la fase inicial de cicatrización) [27]. También sería conveniente estudiar si todos los pacientes con insuficiencia deben ser suplementados o solo aquellos con niveles bajo un cierto umbral. Además, dado que la vitamina D funciona en sinergia con el calcio [38], sería interesante investigar si la suplementación combinada de vitamina D + calcio (u otros cofactores como vitamina K2) mejora aún más los resultados óseos periimplantarios en comparación con vitamina D sola [39].

- Innovaciones como aplicaciones locales de vitamina D o biomateriales mejorados: otra vía de investigación es evaluar si la vitamina D puede administrarse de forma localizada para mejorar la oseointegración. Ya existen estudios animales piloto (como menciona Tabrizi et al.) donde recubrimientos de vitamina D en la superficie del implante redujeron la pérdida ósea crestal [40]. Si se demuestra seguro y eficaz, esto podría ofrecer un enfoque complementario al sistémico, concentrando el efecto en el sitio de interés. Asimismo, el diseño de biomateriales que liberen vitamina D de forma controlada en el lecho óseo (por ejemplo, nano-partículas en el recubrimiento del implante) podría poten-

ciar la formación ósea local. Se requeriría investigación tanto de desarrollo como ensayos clínicos para validar estos conceptos.

- Investigación en inmunología periimplantaria: Dado que la vitamina D tiene un papel inmunológico (promueve respuesta antimicrobiana innata, modula inflamación), sería interesante investigar si la deficiencia de vitamina D podría predisponer a mayores niveles de inflamación crónica de bajo grado alrededor de implantes. Futuras investigaciones podrían examinar biopsias de mucosa periimplantaria o análisis del microbioma periimplantario en pacientes con y sin vitamina D adecuada, para ver si hay diferencias en la composición bacteriana o en la respuesta inmune. Esto vincula la implantología con la periodoncia a nivel de investigación, ya que quizá la vitamina D baja sea un factor de riesgo compartido para periodontitis y periimplantitis. Ensayos clínicos podrían evaluar si la suplementación de vitamina D reduce la inflamación gingival/periimplantaria en pacientes con mucositis, por ejemplo.

En conclusión, las futuras investigaciones deben dirigirse a fortalecer la evidencia con mejores diseños y mayor alcance temporal. Solo con estudios más completos se podrá determinar con certeza la significancia práctica de estos hallazgos. Por ahora, las evidencias reunidas, aunque prometedoras, requieren confirmación y ampliación. Los clínicos deben mantenerse atentos a los resultados de estas investigaciones en curso, pues de ellas podrían derivarse cambios en los protocolos prequirúrgicos (como la implementación de un control del estado de vitamina D en pacientes candidatos a implantes). La tendencia actual sugiere que integrar la evaluación nutricional y metabólica del paciente –incluyendo la vitamina D– en la planificación implantológica podría convertirse en una práctica estándar en el futuro, siempre y cuando la investigación futura continúe respaldando su influencia en la longevidad y éxito de los implantes dentales. Por ende, invertir esfuerzo científico en esclarecer esta área es de gran relevancia para la implantología basada en evidencia y la mejora de los resultados clínicos a largo plazo.

5. Conclusión

El objetivo principal de esta revisión fue examinar rigurosamente si los niveles séricos de vitamina D influyen en la tasa de supervivencia de implantes dentales, en su estabilidad, osteointegración y en la pérdida ósea marginal periimplantaria. Para ello se llevó a cabo una revisión sistemá-

tica siguiendo las directrices PRISMA, abarcando búsquedas exhaustivas en bases de datos científicas (incluyendo PubMed, Scopus y Web of Science) y selección de literatura relevante.

Los resultados de los seis estudios analizados sugieren una relación potencialmente significativa entre el estado de vitamina D y el éxito de los implantes dentales, aunque con cierta heterogeneidad en las observaciones. De manera general, se identificó que los pacientes con niveles insuficientes o deficientes de vitamina D tienden a presentar peores desenlaces implantológicos en comparación con aquellos con niveles adecuados. Específicamente, cuatro de los seis estudios revisados reportaron una asociación negativa entre una vitamina D baja y los resultados de los implantes – hallando ya sea mayor incidencia de fracasos tempranos (menor supervivencia) o mayor reabsorción ósea marginal – mientras que dos estudios no encontraron una relación significativa de este tipo. Esta disparidad indica que, si bien la tendencia general de la evidencia apunta a un impacto perjudicial de la deficiencia de vitamina D sobre la oseointegración, los hallazgos no son uniformes en todos los contextos clínicos. Cabe destacar que los estudios que sí evidenciaron efectos negativos coincidieron en que la hipovitaminosis D puede comprometer la osteointegración inicial del implante, traducándose en un riesgo aumentado de pérdida del implante en fases tempranas y en una resorción ósea periimplantaria acelerada en comparación con pacientes con estado vitamínico normal. Por ejemplo, se documentaron casos clínicos en los que pacientes con deficiencia severa de vitamina D experimentaron la falta de integración de sus implantes dentales, situación que fue atribuida en parte a la deficiencia y que revirtió al corregirse los niveles de vitamina D mediante suplementación. Del mismo modo, algunos estudios clínicos controlados observaron una tendencia a mayor pérdida ósea marginal alrededor de los implantes en pacientes con vitamina D insuficiente, en comparación con aquellos con niveles óptimos, aun cuando dicha diferencia pudiera ser moderada en magnitud. Es importante señalar que, en ciertos estudios, las diferencias observadas – como una ligera mayor reabsorción ósea en el grupo deficiente – no siempre alcanzaron significación estadística, lo que sugiere que aunque la dirección del efecto favorece a los pacientes con buen estado de vitamina D, la fuerza de dicha asociación varía entre investigaciones. Esta variabilidad podría obedecer a diferencias en el diseño de los estudios, tamaños muestrales, puntos de corte empleados para definir deficiencia vitamínica, y al control de factores de confusión (por ejemplo, salud ósea general, exposición solar, comorbilidades) en cada trabajo. Pese a estas inconsistencias, el mensaje global extraído es que niveles subóptimos de vitamina D parecen asociarse a resultados periimplantarios menos favorables, en términos tanto de estabilidad del implante como de conservación del hueso circundante.

Entre los hallazgos más relevantes, sobresale que varios estudios detectaron diferencias cuantitativas en la pérdida ósea marginal asociadas al estado de vitamina D. En algunos de ellos, los pacientes con niveles insuficientes mostraron una reabsorción ósea marginal significativamente mayor (por ejemplo, diferencias de algunas décimas de milímetro adicionales de pérdida ósea a lo largo del periodo de seguimiento) en comparación con pacientes con niveles suficientes. Aunque por sí misma una diferencia de esta magnitud puede parecer modesta, en términos clínicos es significativa, ya que una mayor pérdida ósea periimplantaria, incluso sutil, puede comprometer la estabilidad a largo plazo del implante y predisponer a complicaciones como la periimplantitis. En cuanto a la tasa de supervivencia de los implantes, los datos acumulados muestran un panorama mixto: dos de los estudios retrospectivos de mayor tamaño incluidos en la revisión (con cientos de pacientes y más de un millar de implantes evaluados) no encontraron una correlación estadísticamente significativa entre la deficiencia de vitamina D y un aumento en los fracasos tempranos de implantes. Sin embargo, incluso en dichos estudios, se observó una tendencia numérica sugestiva – por ejemplo, una frecuencia ligeramente mayor de fallos en pacientes con vitamina D baja frente a aquellos con niveles normales – lo cual apunta a que la falta de significancia podría deberse a limitaciones del tamaño muestral o del poder estadístico, más que a la ausencia real de efecto. Por otra parte, los restantes estudios sí reportaron asociaciones significativas o al menos clínicamente relevantes: uno de ellos sugiere que la deficiencia de vitamina D triplicaría aproximadamente el riesgo de fracaso implantario temprano, según la interpretación de sus datos, aunque con la salvedad de que este aumento de riesgo proviene de análisis observacionales. En conjunto, estos resultados heterogéneos evidencian que existe un impacto clínico plausible de la vitamina D en la implantología oral, pero que su magnitud exacta y significación estadística varían según el contexto investigado.

Los resultados de esta revisión sistemática tienen implicaciones claras para la práctica odontológica, especialmente en el campo de la implantología oral. Dado que la vitamina D es un factor sistémico modificable, se destaca la importancia de integrar la evaluación del estado de vitamina D en la planificación clínica de los implantes dentales. En la actualidad, la evaluación preoperatoria de pacientes implantológicos suele centrarse en factores locales (calidad y cantidad de hueso alveolar, control de infecciones, técnica quirúrgica) y en factores de riesgo clásicos como el tabaquismo o la higiene oral. A la luz de la evidencia sintetizada, se propone que la valoración rutinaria de los niveles séricos de 25(OH)D (metabolito indicador del estado de vitamina D) se incorpore como parte del protocolo prequirúrgico, especialmente en pacientes con factores predisponentes de deficiencia (tales como residencia en latitudes de baja insolación, edad avanza-

da, osteoporosis, dietas pobres en vitamina D, entre otros). Integrar esta evaluación permitiría identificar a pacientes con insuficiencia o deficiencia de vitamina D antes de la cirugía implantaria, brindando la oportunidad de corregir dicha deficiencia mediante cambios dietéticos, mayor exposición solar controlada o suplementación farmacológica antes de la colocación del implante. Esta visión preventiva y personalizada podría traducirse en una reducción de las tasas de fracaso temprano y en un mantenimiento más estable de los niveles óseos marginales a largo plazo.

Es imperativo reconocer las limitaciones inherentes a la evidencia recopilada y, por ende, al alcance de las conclusiones de esta revisión. En primer lugar, el número de estudios clínicos disponibles sobre esta temática es limitado. Los seis estudios incluidos presentan diseños heterogéneos, con tamaños muestrales dispares y poblaciones distintas. Esta variabilidad metodológica dificulta la comparación directa de resultados y la posibilidad de realizar un metaanálisis cuantitativo robusto. En segundo lugar, muchas de las investigaciones disponibles carecen de aleatorización o control exhaustivo de sesgos: por ejemplo, los estudios retrospectivos pueden estar sujetos a sesgos de selección y de información, y es posible que factores confundentes (tales como la densidad mineral ósea general del paciente, la presencia de otras deficiencias nutricionales, o el uso de medicación concomitante) no hayan sido completamente aislados. Otra limitación relevante es la inconsistencia en la definición de “niveles bajos de vitamina D” entre estudios, lo que complica la estandarización de los hallazgos. Del mismo modo, la duración del seguimiento de los implantes varió ampliamente (desde evaluaciones a corto plazo de meses hasta reportes a varios años), pudiendo algunos estudios enfocar solo el fracaso temprano y otros abarcar también la pérdida ósea crónica; esta disparidad temporal influye en la capacidad de detectar ciertos efectos (por ejemplo, puede que la influencia de la vitamina D sea más crítica en la fase inicial de osteointegración que en el mantenimiento a largo plazo). Estas limitaciones en conjunto implican que nuestras conclusiones, si bien fundamentadas en la mejor evidencia disponible, poseen un nivel de evidencia moderado y deben tomarse con cautela.

A la luz de las limitaciones mencionadas, resulta clara la necesidad de profundizar en la investigación sobre el papel de la vitamina D en implantología. Serían especialmente valiosos estudios prospectivos de mayor escala y ensayos clínicos aleatorizados que evalúen de forma controlada el efecto de la vitamina D (y de su suplementación) sobre la tasa de éxito de implantes y la estabilidad ósea periimplantaria a mediano y largo plazo.

En conclusión, esta revisión ha logrado recapitular y analizar críticamente la información científica disponible sobre la influencia de los niveles de vitamina D en la supervivencia de implantes dentales, estabilidad, osteointegración y la pérdida ósea marginal, cumpliendo con el objetivo propuesto. A pesar de las limitaciones en la evidencia, los hallazgos obtenidos sugieren consistentemente que mantener un estado adecuado de vitamina D podría favorecer el éxito de los implantes y la conservación del hueso periimplantario, mientras que la deficiencia vitamínica podría actuar como un factor de riesgo adicional para complicaciones implantológicas. En última instancia, el trabajo sienta bases para que clínicos e investigadores continúen explorando esta interrelación y adopten enfoques de atención más integrales. De este modo, esta revisión sistemática contribuye al progreso de la ciencia odontológica y a la mejora de la práctica clínica, recordando que factores sistémicos como la vitamina D pueden ser la clave para alcanzar resultados implantológicos más exitosos y duraderos.

6. Referencias

1. Bazal-Bonelli, S., Sánchez-Labrador, L., Cortés-Bretón Brinkmann, J., Cobo-Vázquez, C., Martínez-Rodríguez, N., Beca-Campoy, T., Santos-Marino, J., Rodríguez-Fernández, E., & Alvarado-Lorenzo, M. (2022). Influence of Serum Vitamin D Levels on Survival Rate and Marginal Bone Loss in Dental Implants: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(16), 10120.
2. Brånemark, P.I.; Adell, R.; Breine, U.; Hansson, B.O.; Lindström, J.; Ohlsson, A. Intraosseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* **1969**, 3, 81–100.
3. Guido Mangano, F., Ghertasi Oskouei, S., Paz, A., Mangano, N., & Mangano, C. (2018). Low serum vitamin D and early dental implant failure: Is there a connection? A retrospective clinical study on 1740 implants placed in 885 patients. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 12(3), 174–182.
4. Jagelavičienė, E., Vaitkevičienė, I., Šilingaitė, D., Šinkūnaitė, E., & Daugėlaitė, G. (2018). The Relationship between Vitamin D and Periodontal Pathology. *Medicina (Kau-nas, Lithuania)*, 54(3), 45.
5. Palak. S. Role of Vitamin D in human Diseases and Disorders – An Overview. *International Journal of Pharmacological Research*. 2014;4(2). doi:10.7439/ijpr.v4i2.84
6. Palacios, C., & Gonzalez, L. (2014). Is vitamin D deficiency a major global public health problem?. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 144 Pt A, 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2013.11.003>
7. Cui A, Zhang T, Xiao P, Fan Z, Wang H and Zhuang Y (2023) Global and regional prevalence of vitamin D deficiency in population-based studies from 2000 to 2022: A pooled analysis of 7.9 million participants. *Front. Nutr.* 10:1070808. doi: 10.3389/fnut.2023.1070808
8. Lips P, Cashman KD, Lamberg-Allardt C, Bischoff-Ferrari HA, Obermayer-Pietsch BR, Bianchi M, Stepan J, El-Hajj Fuleihan G, Bouillon R, Working Group on Vitamin D of the European Calcified Tissue Society. Current vitamin D status in European and Middle East countries and strategies to prevent vitamin D deficiency: a position statement of the European Calcified Tissue Society. *Eur J Endocrinol*. 2019;180(4):P23–P54. doi:10.1530/EJE-18-0736
9. AlBlooshi, S., Al Anouti, F., & Hijazi, R. (2023). Knowledge about Vitamin D among Women in the United Arab Emirates. *International journal of environmental research and public health*, 20(2), 1252.
10. Lu E-C. The role of vitamin D in periodontal health and disease. *J Periodont Res.* 2023; 58: 213-224. doi:[10.1111/jre.13083](https://doi.org/10.1111/jre.13083)
11. Wiedemann, T.G., Jin, H.W., Gallagher, B., Witek, L., Miron, R.J. and Talib, H.S. (2025), Vitamin D Screening and Supplementation—A Novel Approach to Higher Success: An Update and Review of the Current Literature. *J Biomed Mater Res*, 113: e35558.

12. Tabrizi R, Mohajerani H, Jafari S, et al. Does the serum level of vitamin D affect marginal bone loss around dental implants? A prospective cohort study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2022 Jun;51(6):832–836. doi:10.1016/j.ijom.2021.11.006
13. Kwiatek, J., Jaroń, A., & Trybek, G. (2021). Impact of the 25-Hydroxycholecalciferol Concentration and Vitamin D Deficiency Treatment on Changes in the Bone Level at the Implant Site during the Process of Osseointegration: A Prospective, Randomized, Controlled Clinical Trial. *Journal of clinical medicine*, 10(3), 526.
14. Garg P, Ghalaut DK, Dahiya K, Ravi R, Sharma A, Wakure P. Comparative evaluation of crestal bone level in patients with low serum vitamin D treated with dental implants with or without vitamin D₃ supplements: a prospective study. *Natl J Maxillofac Surg*. 2020 Jul–Dec;11(2):199–206. doi:10.4103/njms.NJMS_49_20
15. Iqbal A, Khan S, Rizvi A, et al. Efficacy of vitamin D₃ supplementation in deficient patients undergoing dental implant placement: a randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res*. 2024;35(4):e239–e247. doi:10.1111/clr.13850
16. Al-Quisi FA, Al-Tahhan DI, Al-Hamami AS, et al. Association between serum vitamin D levels and early implant success: a prospective cohort study. *J Prosthodont Res*. 2024;68(2):105–112. doi:10.1016/j.jpor.2023.09.004
17. Kelly, J., Lin, A., Wang, C. J., Park, S., & Nishimura, I. (2009). Vitamin D and bone physiology: Demonstration of vitamin deficiency in an implant osseointegration rat model. *Journal of Prosthodontists*, 18, 473-478. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2009.00446.x>
18. Dvorak, G., Fügl, A., Watzek, G, Tangl, S., Pokorny, P., & Gruber, R. (2012). Impact of dietary vitamin D on osseointegration in the ovariectomized rat. *Clinical Oral Implants Research*, 23,1308–1313. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2011.02346.x>
19. de Medeiros, F. C. F. L., Kudo, G. A. H., Leme, B. G., Saraiva, P. P., Verri, F. R., Honório, H. M., Pellizzer, E. P., & Santiago Junior, J. F. (2018). Dental implants in patients with osteoporosis: a systematic review with meta-analysis. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 47(4), 480–491. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2017.05.021>
20. Javed, F.; Malmstrom, H.; Kellesarian, S.V.; Al-Kheraif, A.A.; Vohra, F.; Romanos, G.E. Efficacy of Vitamin D₃ Supplementation on Osseointegration of Implants. *Implant Dent*. **2016**, 25, 281–287.
21. Monje, A.; Suarez, F.; Galindo-Moreno, P.; García-Nogales, A.; Fu, J.H.; Wang, H.L. A systematic review on marginal bone loss around short dental implants (<10 mm) for implant-supported fixed prostheses. *Clin. Oral Implants Res*. **2014**, 25, 1119–1124.
22. Charoenngam, N.; Shirvani, A.; Holick, M.F. The ongoing D-lemma of vitamin D supplementation for nonskeletal health and bone health. *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes*. **2019**, 26, 301–305.
23. Thim, T.; Scholz, K.J.; Hiller, K.A.; Buchalla, W.; Kirschneck, C.; Fleiner, J.; Woelber, J.P.; Cieplik, F. Radiographic Bone Loss and

- Its Relation to Patient-Specific Risk Factors, LDL Cholesterol, and Vitamin D: A Cross-Sectional Study. *Nutrients* **2022**, *14*, 864.
24. Munhoz Pereira, T.; Alvim-Pereira, F.; Kaiser Alvim-Pereira, C.C.; Ignácio, S.A.; Machado de Souza, C.; Trevilatto, P.C. A complete physical mapping of the vitamin D receptor gene for dental implant loss: A pilot study. *Clin. Oral Implants Res.* **2019**, *30*, 1165–1178.
 25. Mangano, F.; Mortellaro, C.; Mangano, N.; Mangano, C. Is Low Serum Vitamin D Associated with Early Dental Implant Failure? A Retrospective Evaluation on 1625 Implants Placed in 822 Patients. *Mediators Inflamm.* **2016**, *2016*, 5319718.
 26. Pludowski, P.; Holick, M.F.; Grant, W.B.; Konstantynowicz, J.; Mascarenhas, M.R.; Haq, A.; Povoroznyuk, V.; Balatska, N.; Barbosa, A.P.; Karonova, T.; et al. Vitamin D supplementation guidelines. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* **2018**, *175*, 125–135.
 27. Howe, M.S.; Keys, W.; Richards, D. Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis. *J. Dent.* **2019**, *84*, 9–21.
 28. Fretwurst, T., Grunert, S., Woelber, J.P. *et al.* Vitamin D deficiency in early implant failure: two case reports. *Int J Implant Dent* **2**, 24 (2016). <https://doi.org/10.1186/s40729-016-0056-0>
 29. Bryce G, MacBeth NVitamin D deficiency as a suspected causative factor in the failure of an immediately placed dental implant: a case report *Journal of The Royal Naval Medical Service* 2014;**100**:328-332.
 30. Diachkova E, Abramova EV, Blagushina NA, *et al* Surgical treatment with dental implants in a patient with secondary loss of teeth and osteoporosis caused by an imbalance of vitamin *DBMJ Case Reports CP* 2020;**13**:e235585.
 31. Starck, W. J., & Epker, B. N. (1995). Failure of osseointegrated dental implants after diposphonate therapy for osteoporosis: a case report. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, *10*(1), 74–78.
 32. Cashman, K.D.; Dowling, K.G.; Škrabáková, Z.; Gonzalez-Gross, M.; Valtuena, J.; De Henauw, S.; Michaelsen, K.F. Vitamin D deficiency in Europe: Pandemic? *Am. J. Clin. Nutr.* **2016**, *103*, 1033–1044.
 33. Karaoglu A, Pekcetin Z, Koray E, Soyer HY, Koray M. The Role of Vitamin D in Implant Success. *Open Journal of Stomatology*. 2019;*9*:260–269. doi:10.4236/ojst.2019.911027
 34. Greene-Finestone, L.S.; Berger, C.; de Groh, M.; Hanley, D.A.; Hidiroglou, N.; Sarafin, K.; Poliquin, S.; Krieger, J.; Richards, J.B.; Goltzman, D.; et al. 25-Hydroxyvitamin D in Canadian adults: Biological, environmental, and behavioral correlates. *Osteoporos. Int.* **2011**, *22*, 1389–1399.

35. Werny JG, Sagheb K, Díaz Agurto L, Kämmerer PW, Al-Nawas B, Schiegnitz E. Does vitamin D have an effect on osseointegration of dental implants? A systematic review. **Int J Implant Dent.** 2022 Apr 11;8(1):16. doi:10.1186/s40729-022-00414-6
36. Higgins, J.P.; Altman, D.G.; Gøtzsche, P.C.; Juni, P.; Moher, D.; Oxman, A.D.; Savovic, J.; Schulz, K.F.; Weeks, L.; Sterne, J.A.C.; et al. The Cochrane collaboration's tool for assessing risk of bias in randomized trials. *BMJ* 2011, 343, d5928.
37. Wells, G.A.; Shea, B.; O'Connell, D.; Peterson, J.; Welch, V.; Losos, M.; Tugwell, P. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for Assessing the Quality of Nonrandomized Studies in Meta-Analyses.
38. Prince RL, Devine A, Dhaliwal SS, Dick IM. Effect of calcium and vitamin D supplementation on bone density in elderly community-dwelling subjects. *N Engl J Med.* 1997 Sep 4;337(10):701–707. doi:10.1056/NEJM199709043371009
39. Iwamoto J, Takeda T, Ichimura S. Effect of combined administration of vitamin D₃ and vitamin K₂ on bone mineral density of the lumbar spine in postmenopausal women with osteoporosis. *J Orthop Sci.* 2000;5(6):546–551. doi:10.1007/s007760070003
40. Wu YY, Xiao E, Graves DT. Vitamin D and its role in skeletal and immune health in periodontal disease. *Clin Chim Acta.* 2015;451(Pt A):14–20. doi:10.1016/j.cca.2015.01.019.