Cuaderno de odontología. Revista científica
Vol. 4(especial5), 40-46, 2026
https://doi.org/10.62574/rm4npt37

Avances en biomateriales para ortodoncia, impacto clínico y biocompatibilidad: revisión sistemática

Advances in orthodontic biomaterials, clinical impact and biocompatibility: a systematic review

Salomé del Rocío Copo-Moposita
salomedcm57@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0006-6017-3212

Christopher Alejandro García-Guerrero
christophergg65@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0000-0003-3521-2823

Verónica Alejandra Salame-Ortiz
ua.veronicasalame@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0000-0002-7103-5804

RESUMEN

Objetivo: analizar la evidencia reciente sobre la biocompatibilidad de los biomateriales empleados en ortodoncia y su repercusión clínica. **Métodos:** revisión sistemática de síntesis narrativa en PubMed (2019 a 2026), con descriptores sobre citotoxicidad de alineadores, liberación de níquel, arcos y brackets; se seleccionaron 15 estudios agrupados en cuatro ejes. **Resultados:** cuatro estudios sintetizaron la citotoxicidad de alineadores y retenedores, cuatro analizaron alineadores impresos o con nanopartículas, cinco examinaron la liberación de iones metálicos y sus efectos biológicos, y dos evaluaron tratamientos de superficie. **Conclusión:** la biocompatibilidad depende tanto del material como de su procesamiento y del medio bucal; se recomienda seleccionar materiales con evidencia de seguridad y vigilar a pacientes con hipersensibilidad a metales.
Descriptores: materiales biocompatibles; aparatos ortodóncicos; ensayo de materiales (DeCS).

ABSTRACT

Objective: to analyze recent evidence on the biocompatibility of biomaterials used in orthodontics and their clinical impact. **Methods:** narrative-synthesis systematic review in PubMed (2019 to 2026), using descriptors on aligner cytotoxicity, nickel release, archwires and brackets; 15 studies were selected and grouped into four themes. **Results:** four studies synthesized the cytotoxicity of aligners and retainers, four analyzed printed or nanoparticle-modified aligners, five examined metal ion release and its biological effects, and two evaluated surface treatments. **Conclusion:** biocompatibility depends on the material, its processing and the oral environment; selecting materials with safety evidence and monitoring patients with metal hypersensitivity is recommended.
Descriptors: biocompatible materials; orthodontic appliances; materials testing (MeSH).

Recibido: 08/07/2026. Revisado: 19/07/2026. Aprobado: 25/09/2026. Publicado: 01/10/2026.
Artículo original breve

INTRODUCCIÓN

En la práctica ortodóntica, los brackets, los arcos y los alineadores permanecen en la boca durante meses o años, de modo que su biocompatibilidad interesa tanto como su desempeño mecánico. En tal sentido, Primožič et al. revisaron el estrés oxidativo inducido por los iones metálicos que libera la aparatología fija (1); asimismo, Aiswareya et al. evaluaron la liberación de metales y la citotoxicidad de distintas combinaciones de brackets y arcos (2), y Chantarawaratit y Yanisarapan estudiaron cómo la exposición al medio bucal y a productos fluorados favorece la corrosión de la aparatología metálica (3).

Ahora bien, la expansión de los alineadores transparentes trasladó la pregunta a los polímeros termoplásticos. Dentro de este orden de ideas, Yazdi et al. revisaron sistemáticamente la biocompatibilidad de alineadores y retenedores, incluida la liberación de bisfenol A (4), Nunes et al. reunieron la evidencia sobre su citotoxicidad en una revisión paraguas (5) y Laskowska et al. analizaron su citotoxicidad potencial en el medio bucal (6).

Por otra parte, la impresión tridimensional directa introduce variables nuevas. De acuerdo con Tenge et al., las pruebas de citotoxicidad de alineadores y retenedores impresos todavía carecen de estandarización (7), y Pratsinis et al. evaluaron la citotoxicidad y la estrogenicidad de un alineador impreso (8). En consecuencia, el objetivo de esta revisión fue analizar la evidencia reciente sobre la biocompatibilidad de los biomateriales empleados en ortodoncia y su repercusión clínica.

MÉTODO

Con el fin de reunir la evidencia disponible, se realizó una revisión sistemática de síntesis narrativa, sin metaanálisis, dado que los materiales, los modelos celulares y los desenlaces difieren entre los estudios; los criterios y el proceso de selección adoptaron la lógica de la declaración PRISMA en lo aplicable.

En la identificación de los registros, se consultó PubMed con combinaciones de los descriptores orthodontic aligners, cytotoxicity, nickel release, archwires y brackets, unidos mediante los operadores AND y OR, con filtro de publicación entre 2019 y 2026.

Asimismo, se incluyeron publicaciones con autores identificables, en inglés, que evaluaran la citotoxicidad, la liberación de iones, la corrosión o los tratamientos de superficie de materiales ortodónticos. Por el contrario, se excluyeron los estudios centrados solo en propiedades mecánicas y los que no guardaban relación con la biocompatibilidad.

Posteriormente, se seleccionaron 15 estudios por su afinidad con el objetivo planteado. De cada uno se extrajeron el material estudiado y el aspecto analizado, y los datos se organizaron en la Tabla 1 y se agruparon en cuatro ejes temáticos: síntesis sobre alineadores, alineadores impresos y con nanopartículas, liberación de iones metálicos y tratamientos de superficie. Al tratarse de una revisión de literatura publicada, el trabajo no requirió dictamen de un comité de ética.

RESULTADOS

En primer lugar, la selección final reunió 15 publicaciones (Tabla 1), agrupadas en cuatro ejes; cuatro sintetizaron la citotoxicidad de alineadores y retenedores, cuatro analizaron alineadores impresos o modificados con nanopartículas, cinco examinaron la liberación de iones metálicos y sus efectos biológicos, y dos evaluaron tratamientos de superficie.

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión sistemática.

Estudio	Material	Aspecto analizado
Primožič et al., 2021 (1)	Aparatología fija metálica	Estrés oxidativo por iones metálicos (revisión narrativa)
Aiswareya et al., 2023 (2)	Combinaciones bracket y arco	Liberación de metales y citotoxicidad
Chantarawaratit y Yanisarapan, 2021 (3)	Aparatología metálica	Corrosión con productos fluorados

Estudio	Material	Aspecto analizado
Yazdi et al., 2023 (4)	Alineadores y retenedores	Bisfenol A, efectos adversos y citotoxicidad (revisión sistemática)
Nunes et al., 2025 (5)	Alineadores	Citotoxicidad (revisión paraguas)
Laskowska et al., 2026 (6)	Alineadores	Citotoxicidad en el medio bucal (revisión de alcance)
Tenge et al., 2026 (7)	Alineadores y retenedores impresos	Estandarización de pruebas de citotoxicidad
Pratsinis et al., 2022 (8)	Alineador impreso	Citotoxicidad y estrogenicidad
Iodice et al., 2024 (9)	Alineadores impresos	Tiempo de curado y citotoxicidad
Taher y Rasheed, 2023 (10)	Alineadores con quitosano	Biopelícula y citotoxicidad
Ravi y Kailasam, 2025 (11)	Alineadores con óxido de zinc	Citotoxicidad
Durgo et al., 2023 (12)	Aparatología fija	Toxicidad de iones en células gastrointestinales
Umaña et al., 2024 (13)	Arcos ortodónticos	Fragmentación del ADN por níquel
Bącela et al., 2020 (14)	Arcos ortodónticos	Recubrimientos funcionales (revisión)
Lara-Carrillo et al., 2024 (15)	Aparatología metálica	Electropulido e hipersensibilidad

Elaboración propia a partir de los estudios incluidos. Entre paréntesis, número de la referencia.

En el eje de síntesis sobre alineadores, las revisiones sistemática (4), paraguas (5) y de alcance (6, 7) coinciden en tratar la citotoxicidad como una propiedad que depende del polímero, del proceso de fabricación y del método de prueba.

En el eje de alineadores impresos, Pratsinis et al. evaluaron la citotoxicidad y la estrogenicidad de un alineador de impresión directa (8); a su vez, Iodice et al. estudiaron cómo el tiempo de curado posterior a la impresión modifica la citotoxicidad (9), y dos trabajos incorporaron nanopartículas de quitosano (10) y de óxido de zinc (11) para intervenir sobre la biopelícula o sobre la respuesta celular.

En el eje de la aparatología metálica, la liberación de iones se vinculó con la citotoxicidad de combinaciones de bracket y arco (2), con la corrosión favorecida por productos fluorados (3) y con el estrés oxidativo (1); del mismo modo, Durgo et al. analizaron la toxicidad de estos iones sobre líneas celulares gastrointestinales (12) y Umaña et al. examinaron la fragmentación del ADN asociada al níquel liberado por los arcos (13).

En el eje de superficie, Bącela et al. revisaron los recubrimientos funcionales de los arcos (14) y Lara-Carrillo et al. propusieron el electropulido para reducir el riesgo de hipersensibilidad a metales (15).

DISCUSIÓN

De acuerdo con la distribución de los estudios, la biocompatibilidad en ortodoncia ya no se discute solo en términos de níquel, sino también de polímeros y de procesos de fabricación (4 a 11). Esta ampliación obedece al crecimiento de los alineadores; sin embargo, la falta de estandarización de las pruebas de citotoxicidad (7) limita la comparación entre productos.

Por otro lado, el procesamiento del material parece tan relevante como su composición. Dicho de otro modo, un mismo polímero impreso puede comportarse de manera distinta según el tiempo de curado (9), lo que traslada parte de la responsabilidad al laboratorio y a la clínica que imprime sus propios aparatos.

En cuanto a la aparatología metálica, la liberación de iones aparece ligada al medio bucal y a los productos de higiene (3), y sus posibles efectos se estudian desde el estrés oxidativo (1) hasta el daño en el ADN (13); no obstante, la mayoría de estos diseños son de laboratorio o preliminares, de modo que su relevancia clínica directa debe interpretarse con cautela. Desde la práctica, conviene interrogar sobre hipersensibilidad a metales y considerar opciones con tratamiento de superficie (14, 15) en pacientes susceptibles.

En cuanto a las limitaciones, la revisión se restringió a PubMed y a publicaciones en inglés, incluyó 15 estudios, no valoró el riesgo de sesgo y agrupó los trabajos por foco temático; en consecuencia, no permite clasificar la seguridad relativa de los materiales. Se requieren estudios clínicos y protocolos de prueba estandarizados.

CONCLUSIÓN

La biocompatibilidad de los biomateriales ortodónticos depende del material, de su procesamiento y del medio bucal en que actúa; la evidencia reciente se concentra en la citotoxicidad de los alineadores y en la liberación de iones de la aparatología metálica, sobre todo con diseños de laboratorio. Se recomienda seleccionar materiales con evidencia de seguridad, respetar los protocolos de fabricación y vigilar a los pacientes con hipersensibilidad a metales.

FINANCIAMIENTO

Este trabajo se llevó a cabo con recursos exclusivamente aportados por los autores.

CONFLICTO DE INTERESES

No existen conflictos de interés por parte de los autores respecto a la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador.

REFERENCIAS

1. Primožič J, Poljšak B, Jamnik P, Kovač V, Čanadi Jurešić G, Spalj S. Risk assessment of oxidative stress induced by metal ions released from fixed orthodontic appliances during treatment and indications for supportive antioxidant therapy: a narrative review. Antioxidants (Basel). 2021;10(9):1359.
2. Aiswareya G, Verma SK, Khan S, Owais M, Farooqi IH, Naseem S. Metal release and cytotoxicity of different orthodontic bracket-wire combinations: an in vitro study. J Int Soc Prev Community Dent. 2023;13(6):469-76.
3. Chantarawaratit PO, Yanisarapan T. Exposure to the oral environment enhances the corrosion of metal orthodontic appliances caused by fluoride-containing products: cytotoxicity, metal ion release, and surface roughness. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2021;160(1):101-12.
4. Yazdi M, Daryanavard H, Ashtiani AH, Moradinejad M, Rakhshan V. A systematic review of biocompatibility and safety of orthodontic clear aligners and transparent vacuum-formed thermoplastic retainers: bisphenol-A release,

adverse effects, cytotoxicity, and estrogenic effects. Dent Res J (Isfahan). 2023;20:41.
5. Nunes C, Ornelas B, Marto CM, Paula A, Laranjo M, Mestre C, et al. Cytotoxicity of orthodontics aligners: an umbrella review. J Evid Based Dent Pract. 2025;25(3):102168.
6. Laskowska J, Paradowska-Stolarz A, Mikulewicz M. Potential cytotoxicity of orthodontic aligners in the oral environment: a scoping review. Materials (Basel). 2026;19(9):1774.
7. Tenge K, Bhagwandas N, Bos A, de Vries R, Veldhuijzen van Zanten L. Towards standardizing cytotoxicity testing of 3D-printed orthodontic aligners and retainers: a scoping review. Prog Orthod. 2026;27(1):30.
8. Pratsinis H, Papageorgiou SN, Panayi N, Iliadi A, Eliades T, Kletsas D. Cytotoxicity and estrogenicity of a novel 3-dimensional printed orthodontic aligner. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2022;162(3):e116-22.
9. Iodice G, Ludwig B, Polishchuk E, Petruzzelli R, Di Cunto R, Husam S, et al. Effect of post-printing curing time on cytotoxicity of direct printed aligners: a pilot study. Orthod Craniofac Res. 2024;27 Suppl 2:141-6.
10. Taher BB, Rasheed TA. The impact of adding chitosan nanoparticles on biofilm formation, cytotoxicity, and certain physical and mechanical aspects of directly printed orthodontic clear aligners. Nanomaterials (Basel). 2023;13(19):2649.
11. Ravi I, Kailasam V. Assessment of cytotoxicity of clear aligners coated with zinc oxide nanoparticles. J Oral Biol Craniofac Res. 2025;15(2):262-5.
12. Durgo K, Orešić S, Rinčić Mlinarić M, Fiket Ž, Jurešić GČ. Toxicity of metal ions released from a fixed orthodontic appliance to gastrointestinal tract cell lines. Int J Mol Sci. 2023;24(12):9940.
13. Umaña JAF, Parra RBDR, Martínez RUM, Martínez NB, Luna PIG, Morán Martínez J. DNA fragmentation of lymphocytes and sperm cells induced by nickel released from orthodontic archwires: a preliminary study. Dent Mater J. 2024;43(4):539-45.
14. Bącela J, Łabowska MB, Detyna J, Zięty A, Michalak I. Functional coatings for orthodontic archwires: a review. Materials (Basel). 2020;13(15):3257.
15. Lara-Carrillo E, Velázquez-Enríquez U, Ramírez-García BA, Lara-Fonseca MF, Morales-Luckie RA, Santillán-Reyes AM, et al. Use of electropolishing in orthodontic appliances: an option to reduce the risk of metal hypersensitivity. Dent J (Basel). 2024;12(7):193.

Derechos de autor: 2026. Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/