

# REVISTA ODONTOLÓGICA MEXICANA ÓRGANO OFICIAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNAM

VOL. 29 NÚM. 1

## EDITORIAL

Nanomateriales con efecto antibacteriano en odontología

*Nanomaterials with Antibacterial Effect in Dentistry*

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Efectividad antibacteriana de un nanorecubrimiento de plata-cobre para mejorar los equipos de protección personal utilizados en las áreas médica y odontológica

*Antibacterial Effectiveness of a Silver-Copper Nano-Coating to Improve Personal Protective Equipment Used in the Medical and Dental Fields*

Evaluación de los efectos de la estimulación vibratoria en células troncales mesenquimales de tejidos dentales

*Evaluation of the Effects of Vibratory Stimulation on Mesenchymal Stem Cells of Dental Tissues*

## CASOS CLÍNICOS

Uso de código QR en prótesis ocular: presentación de un caso

*Use of QR Code in Ocular Prosthesis: A Case Report*

Tracción ortodóncica del incisivo central permanente superior impactado: Reporte de dos casos

*Orthodontic Traction of the Impacted Upper Permanent Central Incisor: Report of Two Cases*

Microosteoperforaciones y uso de máscara facial reversa como tratamiento de Clase III esquelética. Reporte de un caso

*Microosteoperforations and Use of Reverse Face Mask as Treatment of Skeletal Class III. Case Report*





# REVISTA ODONTOLÓGICA MEXICANA

## ÓRGANO OFICIAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNAM

---



### Universidad Nacional Autónoma de México

Leonado Lomelí Vanegas  
**RECTOR**

Patricia Dolores Dávila Aranda  
**SECRETARIA GENERAL**

Tomás Humberto Rubio Pérez  
**SECRETARIO ADMINISTRATIVO**

Diana Tamara Martínez Ruiz  
**SECRETARIA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL**

### Facultad de Odontología

Francisco Javier Marichi Rodríguez  
**DIRECTOR**

Nicolás Pacheco Guerrero  
**SECRETARIO GENERAL**

Rosa Eugenia Vera Serna  
**SECRETARIA ACADÉMICA**

Alejandro Alonso Moctezuma  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO DE INVESTIGACIÓN**

Janeth Serrano Bello  
**SUBJEFA DE INVESTIGACIÓN**

### Revista Odontológica Mexicana

## Órgano Oficial de la Facultad de Odontología UNAM

Dayanira Lorelay Hernández Nava  
**EDITOR EN JEFE**

Diana Ivette Rivera Reza  
**EDITORIA**

## Consejo editorial

Higinio Arzate (México)  
Javier de la Fuente Hernández (México)  
Enrique Luis Graue Wiechers (México)

Juan Pedro Laclette San Román (México)  
Jaime Martuscelli Quintana (México)  
José Ignacio Santos Preciado (México)

## Comité Editorial

Laura Acosta Torres  
Fátima del Carmen Aguilar Díaz  
María Isabel Aguilar Laurents  
Octavio Álvarez Fregoso  
Marco Antonio Álvarez Pérez  
Cecilia Carlota Barrera Ortega  
Joaquín Canseco Jiménez  
Vicente Cuairán Ruidiaz  
César Augusto Esquivel Chirino  
Teresa I. Fortoul Van der Goes  
Guadalupe García de la Torre  
María del Carmen García Peña  
Gloria Gutiérrez Venegas  
Carlos Hernández Hernández  
María Esther Irigoyen Camacho  
Luis Felipe Jiménez García

Eduardo Llamosas Hernández  
Ma. Guadalupe Marín González  
Juan Ángel Martínez Loza  
Arcelia Meléndez Ocampo  
Javier Nieto Gutiérrez  
Mónica Ortiz Villagómez  
Javier Portilla Robertson  
Rebeca Romo Pinales  
Sergio Sánchez García  
Teresa Leonor Sánchez Pérez  
Rossana Sentiés Castellá  
Doroteo Vargas López  
Ricardo Vera Graziano  
María del Carmen Villanueva Vilchis  
María Cristina Sifuentes Valenzuela  
Jacqueline Adelina Rodríguez Chávez

Traductoras: Getsemaní Sinaí Villanueva Amador  
Fabiola Hernández Girón

**Revista Odontológica Mexicana Órgano oficial de la Facultad de Odontología UNAM.** Vol. 29, Núm. 1, Enero-Marzo 2025. Fecha de publicación 26 de septiembre de 2025. Es una publicación trimestral editada y distribuida por la Facultad de Odontología de la UNAM, con dirección en Ciudad Universitaria, Avenida Universidad 3000, Circuito interior s/n, Col. Copilco El Bajo, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510 Ciudad de México, México. Tel. 5623-2207, <https://revistas.unam.mx/index.php/rom>, [revodontologiamexicana@gmail.com](mailto:revodontologiamexicana@gmail.com). Editora en Jefe: Dayanira Lorelay Hernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo Núm. 04-2004-092209312400-102, ISSN impreso 1870-199X, ISSN electrónico en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Certificado de Licitud de Título y Contenido en Trámite.





# REVISTA ODONTOLÓGICA MEXICANA

## ÓRGANO OFICIAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNAM

---



## CONTENIDO

### EDITORIAL

- 1 Nanomateriales con efecto antibacteriano en odontología

1 *Nanomaterials with Antibacterial Effect in Dentistry*

Alejandro L. Vega-Jiménez, Adriana Patricia Rodríguez-Hernández

### INVESTIGACIÓN ORIGINAL

- 3 Efectividad antibacteriana de un nanorecubrimiento de plata-cobre para mejorar los equipos de protección personal utilizados en las áreas médica y odontológica

3 *Antibacterial Effectiveness of a Silver-Copper Nano-Coating to Improve Personal Protective Equipment Used in the Medical and Dental Fields*

Velia Mariana Pérez-Bucio, Alejandro Lee-Colín, Lorena Reyes-Carmona, Gina Prado-Prone, Sandra E. Rodil, Argelia Almaguer-Flores

- 14 Evaluación de los efectos de la estimulación vibratoria en células troncales mesenquimales de tejidos dentales

14 *Evaluation of the Effects of Vibratory Stimulation on Mesenchymal Stem Cells of Dental Tissues*

Cassandra Alí Ríos-García, Valentina García-Lee, Guadalupe R. Fajardo-Orduña, Juan José Montesinos, Patricia González-Alva

### CASOS CLÍNICOS

- 24 Uso de código QR en prótesis ocular: presentación de un caso

24 *Use of QR Code in Ocular Prosthesis: A Case Report*

José F Torres-Terán, Silvia L Correa-Castelán, Eileen Uribe-Querol, Fabiola Salgado-Chavarría, Luis P Cruz-Hervet, Febe C Vázquez-Vázquez, Luis A Flores-Espinosa



# REVISTA ODONTOLÓGICA MEXICANA

## ÓRGANO OFICIAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNAM

---



32 Tracción ortodóncica del incisivo central permanente superior impactado:  
Reporte de dos casos

32 *Orthodontic Traction of the Impacted Upper Permanent Central Incisor:  
Report of Two Cases*

Ximena Toledo-Pinto, Juan Guillermo Valenzuela-Salas, Paola Berdeja-Zamalloa, Fernanda Monterey-Catalán, María  
Ignacia Fratte-Otero

43 Microosteoperforaciones y uso de máscara facial reversa como tratamiento  
de Clase III esquelética. Reporte de un caso

42 *Microosteoperforations and Use of Reverse Face Mask as Treatment  
of Skeletal Class III. Case Report*

Gabriel Rivera-Rosas, Francisco Javier Marichi-Rodríguez



Editorial

## Nanomateriales con efecto antibacteriano en odontología

Alejandro L. Vega-Jiménez<sup>1</sup>,  
Adriana Patricia Rodríguez-Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos.

<sup>2</sup> Laboratorio de Genética Molecular.

División de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México.

**Recibido:** 11 marzo 2025

**Aceptado:** 14 marzo 2025

**Citar como:**

Vega-Jiménez AL, Rodríguez-Hernández AP. Nanomateriales con efecto antimicrobiano en Odontología. [Nanomaterials with Antibacterial Effect in Dentistry.] *Rev Odont Mex.* 2025; 29(1): 1-2. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2025.29.1.91070

En la actualidad, las infecciones bacterianas siguen siendo uno de los principales retos en odontología, contribuyendo significativamente a la aparición de enfermedades periodontales, caries y fracasos en tratamientos restaurativos. La resistencia microbiana y la formación de biopelículas han limitado la eficacia de los tratamientos convencionales, lo que ha impulsado la búsqueda de estrategias innovadoras. Entre estas, los nanomateriales con propiedades antibacterianas han emergido como una solución prometedora<sup>1</sup>.

Los nanomateriales, como son las nanopartículas de plata (AgNPs), óxido de zinc (ZnO), nanoestructuras de cobre y compuestos basados en magnesio (Mg)<sup>2</sup>, han demostrado una actividad antibacteriana significativa contra patógenos orales como *Streptococcus mutans*, *Porphyromonas gingivalis* y *Enterococcus faecalis*, entre otras especies formadoras de biopelículas dentales. Estos materiales actúan a través de diversos mecanismos, incluyendo la alteración de la membrana celular bacteriana, la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la inhibición de procesos metabólicos esenciales para la replicación y supervivencia bacteriana<sup>3</sup>. Los hallazgos recientes sugieren que la incorporación de nanomateriales en resinas compuestas,

cementos dentales y recubrimientos para implantes no sólo mejora sus propiedades mecánicas, sino que también reduce el riesgo de infecciones postoperatorias. Además, estudios han evidenciado que algunos de estos nanomateriales presentan baja citotoxicidad en tejidos humanos, lo que refuerza su potencial para aplicaciones clínicas seguras<sup>4</sup>.

A pesar de estos avances, persisten desafíos importantes; entre ellos, la regulación y aprobación de estos materiales para su uso clínico requieren evaluaciones rigurosas sobre su biocompatibilidad y efectos a largo plazo. Además, la investigación debe centrarse en el desarrollo de formulaciones que maximicen la actividad antibacteriana sin comprometer la salud del paciente. Asimismo, es fundamental evaluar el impacto ambiental de estos materiales, ya que su liberación descontrolada podría generar problemas ecológicos en el futuro. Otro aspecto crucial es la accesibilidad y costo de estos tratamientos. Si bien la nanotecnología ofrece soluciones innovadoras, su implementación a gran escala en la práctica odontológica requiere de estrategias que permitan su producción a costos razonables, asegurando que los beneficios lleguen a una mayor población.

En conclusión, los nanomateriales con efecto antibacteriano representan una alternativa revolucionaria en odontología, ofreciendo una solución eficaz para combatir infecciones persistentes de carácter endógeno y nosocomial. No obstante, es fundamental seguir explorando su aplicación clínica con estudios adicionales para garantizar su seguridad, accesibilidad y viabilidad en la práctica odontológica. La colaboración entre científicos, clínicos y entidades regulatorias será la clave para que dicha tecnología se convierta en un estándar en la prevención y tratamiento de enfermedades orales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yin IX, Udduttulla A, Xu VW, Chen KJ, Zhang MY, Chu CH. Use of antimicrobial nanoparticles for the management of dental diseases. *Nanomaterials (Basel)*. 2025;15(3): 209. DOI: 10.3390/nano15030209
2. Vega-Jiménez AL, González-Alva P, Rodríguez-Hernandez AP, Vázquez-Olmos AR, Paz-Díaz B. Oxide nanoparticles based in magnesium as a potential dental tool to inhibit bacterial activity and promote osteoblast viability. *Dent Mater J*. 2024; 43(1): 11-19. DOI: 10.4012/dmj.2023-041
3. Vega-Jiménez AL, Vázquez-Olmos AR, Acosta-Gío E, Álvarez-Pérez MA. In vitro antimicrobial activity evaluation of metal oxide nanoparticles. *IntechOpen*. 2019; DOI: 10.5772/intechopen.84369
4. Bourgi R, Doumandji Z, Cuevas-Suárez CE, Ben Ammar T, Laporte C, Kharouf N, et al. Exploring the role of nanoparticles in dental materials: A comprehensive review. *Coatings*. 2025; 15(1): 33. DOI: 10.3390/coatings15010033

Investigación original

## Efectividad antibacteriana de un nanorecubrimiento de plata-cobre para mejorar los equipos de protección personal utilizados en las áreas médica y odontológica

Velia Mariana Pérez-Bucio<sup>1</sup>, Alejandro Lee-Colín<sup>1</sup>, Lorena Reyes-Carmona<sup>2</sup>, Gina Prado-Prone<sup>2</sup>, Sandra E. Rodil<sup>3</sup>, Argelia Almaguer-Flores<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Especialidad en Periodoncia e implantología, División de estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup> Laboratorio de Biointerfases, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México.

### Autor de correspondencia:

Dra. Argelia Almaguer Flores

E-mail: aalmaguer@comunidad.unam.mx

**Recibido:** 29 agosto 2024

**Aceptado:** 22 noviembre 2024

### Citar como:

Pérez-Bucio VM, Lee-Colín A, Reyes-Carmona L, Prado-Prone G, Rodil SE, Almaguer-Flores A. Efectividad antibacteriana de un nanorecubrimiento de plata-cobre para mejorar los equipos de protección personal utilizados en las áreas médica y odontológica. [Antibacterial Effectiveness of a Silver-Copper Nano-Coating to Improve Personal Protective Equipment Used in the Medical and Dental Fields]. *Rev Odont Mex.* 2025; 29(1): 3-13. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2025.29.1.89244

## RESUMEN

**Introducción:** el equipo de protección personal (EPP) se utiliza para proteger al personal de la salud, como médicos y dentistas, del contacto con microorganismos potencialmente patógenos que pueden estar presentes en los aerosoles generados por fluidos como la sangre y la saliva. **Objetivo:** evaluar el efecto antibacteriano del nanorecubrimiento de plata-cobre (SakCu®) depositado en

textiles de polipropileno sobre especies bacterianas frecuentemente asociadas a infecciones nosocomiales y microorganismos provenientes de muestras de biopelícula subgingival de pacientes con periodontitis, simulando el contacto con gotas contaminadas generadas durante la atención dental. **Materiales y Métodos:** el estudio experimental *in vitro* se llevó a cabo por medio de ensayos con cepas nosocomiales de las siguientes especies bacterianas: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*. Mientras que, para los ensayos clínicos, se tomaron muestras de biopelícula subgingival de cinco pacientes diagnosticados con periodontitis. Todos los ensayos consistieron en mantener el contacto de los microorganismos con el nanorecubrimiento durante 24 horas. **Resultados:** los resultados mostraron que hubo una disminución de la viabilidad celular de las cepas nosocomiales cuando estuvieron en contacto con el nanorecubrimiento, siendo *P. aeruginosa* la bacteria que presentó mayor sensibilidad al contacto seguida de *S. epidermidis* y *S. aureus*. Sin embargo, *E. coli* pareció no ser afectada por el nanorecubrimiento. Respecto a la evaluación de las bacterias provenientes de las muestras de biopelícula subgingival, hubo una disminución de entre 32.9% y 80% respecto al número de microorganismos que fueron expuestos al nanorecubrimiento, comparado con el número de bacterias presentes en los textiles del polipropileno sin recubrir. **Conclusiones:** los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran el potencial del nanorecubrimiento de plata-cobre para ser utilizado en equipo de protección personal fabricado con textiles de polipropileno como batas, gorros y cubrebocas, comúnmente usados en entornos clínicos.

**Palabras clave:** equipo de protección personal, nanorecubrimiento, antimicrobiano, plata, cobre.

## INTRODUCCIÓN

Durante la atención dental, los pacientes y los dentistas están expuestos al contacto con bacterias, virus y hongos, entre otros microorganismos patógenos que pueden estar presentes en los aerosoles generados por fluidos como la sangre y la saliva, y la utilización de piezas rotatorias y equipos ultrasónicos. Es por eso que el principal objetivo del equipo de protección personal (EPP) es el de proteger al profesional de la salud y a los pacientes de estas salpicaduras o aerosoles. Uno de los primeros reportes documentados del uso del EPP data del siglo XIV, donde los médicos se protegían del contagio de la peste negra por el contacto con pacientes enfermos<sup>1</sup>. No fue hasta la década de los 80, a raíz de la pandemia de VIH-SIDA y más recientemente, a la pandemia de SARS-CoV-2 (COVID-19), que el uso del EPP para el control de infecciones en el ámbito médico y odontológico se ha vuelto imprescindible<sup>2,3</sup>.

La cavidad bucal alberga una gran cantidad de microorganismos que normalmente conviven de manera homeostática con el hospedero<sup>4</sup>. Sin embargo, existen enfermedades como la periodontitis que alteran dicha homeostasis y cuyo tratamiento incluye diversos procedimientos con equipos ultrasónicos<sup>5</sup>, los cuales provocan la generación de gotas y aerosoles que pueden estar contaminados con diversos microorganismos presentes en la cavidad oral<sup>6</sup>. Tales microorganismos pueden mantenerse viables durante minutos e incluso horas contaminando el aire de las clínicas odontológicas<sup>7,8</sup>, el EPP y las superficies del consultorio dental<sup>9,10</sup>.

La American Dental Association (ADA) ha reconocido a los aerosoles dentales como potenciales focos para el contagio de enfermedades como tuberculosis, influenza, infecciones por *Legionella* sp. y el síndrome respiratorio agudo severo (SARS)<sup>11</sup>. Durante la pandemia de

COVID-19, un estudio publicó la estimación del riesgo de exposición y el uso del EPP de profesionales dentales hacia diversos procedimientos clínicos, siendo los procedimientos de mayor riesgo de exposición aquellos en los que se usa equipo de ultrasonido<sup>12</sup>. También se ha investigado el potencial de contaminación de diversos componentes del EPP después de tratamientos que producen aerosoles, los resultados mostraron que los cubrebocas eran de los aditamentos más contaminados, siendo las bacterias más detectadas: *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Escherichia coli*<sup>11</sup>.

El polipropileno (PP) es uno de los materiales mayormente utilizados en la fabricación de los EPPs debido a sus propiedades físicas de filtración. Es un textil sintético no tejido y ligero, resultado de la polimerización del monómero de propileno<sup>13</sup>. Ejemplos de EPP hechos a base de textiles de PP, son los cubrebocas, batas, gorros, campos quirúrgicos, entre otros<sup>14</sup>. A pesar de sus cualidades como material filtrante, los textiles de PP no cuentan con propiedades antimicrobianas inherentes al material, por lo que la acumulación de diferentes microorganismos con el tiempo de uso podría convertirse en un fómite o fuente de infección.

Para aumentar la efectividad de los cubrebocas y del EPP, se ha estudiado la incorporación de elementos metálicos como el cobre (Cu)<sup>15</sup> y nanopartículas de plata (Ag)<sup>16</sup>. Recientemente, se desarrolló un nanorecubrimiento de 30 nm de grosor de Ag y Cu depositado sobre textiles de PP llamado SakCu®. Este nanorecubrimiento demostró tener propiedades virucidas contra el SARS-CoV-2 y bacterias patógenas del grupo ESKAPE<sup>17</sup>.

El propósito del presente estudio fue evaluar el efecto antibacteriano del nanorecubrimiento SakCu® depositado sobre textiles de PP mediante dos aproximaciones: la primera consistió en la utilización de cepas de especies bacterianas frecuentemente asociadas a infecciones de tipo nosocomial como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*. En la segunda, propusimos evaluar la capacidad antimicrobiana de dicho nanorecubrimiento utilizando microorganismos provenientes de muestras de biopelícula subgingival de pacientes con periodontitis, simulando el contacto con gotas contaminadas generadas durante la atención dental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue un estudio experimental *in vitro*. El depósito del nanorecubrimiento bimetálico de Ag-Cu sobre los textiles de PP se realizó mediante la técnica de pulverización catódica o *magnetron sputtering*, en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Las condiciones del depósito y la caracterización fisicoquímica del nanorecubrimiento ya han sido publicadas previamente<sup>17,18</sup>. Una vez hecho el depósito del nanorecubrimiento, se cortaron discos de 1 cm de diámetro tanto del PP recubierto con Ag-Cu como del PP sin recubrir (control).

Para los ensayos con las especies bacterianas asociadas a infecciones nosocomiales se utilizaron las cepas de *Escherichia coli* (ATCC® 33780), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC® 43636), *Staphylococcus aureus* (ATCC® 25923) y *Staphylococcus epidermidis* (ATCC® 14990). Las cepas se cultivaron en agar soya tripticasa (TSA) (BD BBL™ Trypticase™ Soy Agar, Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, Nueva Jersey, Estados Unidos) y se incubaron a 35°C durante 24 horas para posteriormente ser transferidas hasta obtener cultivos puros. De cada bacteria se obtuvo una suspensión en caldo de soya tripticasa (TSB) (BD BBL™ Trypticase™ Soy Broth, Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, Nueva Jersey, Estados Unidos) ajustada a una concentración de  $1 \times 10^7$  células/mL. Una gota de 40 µL de esta suspensión fue colocada en

cada uno de los discos previamente esterilizados de PP sin recubrimiento y de PP con Ag-Cu, se dejaron incubar durante 24 horas a 35°C en condiciones aeróbicas. Los ensayos se realizaron por triplicado, colocando un disco extra en cada experimento para poder ser observado y analizado de manera cualitativa por microscopía óptica.

La evaluación antimicrobiana se llevó a cabo mediante el ensayo colorimétrico de viabilidad celular con MTT (bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolio) (Cell Proliferation Kit I (MTT), Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Alemania), el cual evalúa de manera indirecta la viabilidad celular de bacterias metabólicamente activas<sup>19</sup>. Después de la incubación, cada uno de los discos fue lavado dos veces con TSB y transferido a un pozo de una placa de cultivo nueva. Posteriormente, se adicionó TSB y el MTT. Las muestras fueron incubadas por 3 horas en oscuridad a 35°C y luego fueron procesadas para obtener alícuotas para ser analizadas en un espectrofotómetro (FilterMax™ F5 Multi-Mode Microplate Readers, Molecular Devices, LLC., San José, California, Estados Unidos) a una longitud de onda de  $\lambda = 570$  nm.

Con las absorbancias obtenidas del ensayo de MTT se determinó el porcentaje de viabilidad celular (VC %) mediante la siguiente fórmula:

$$VC\% = \left( \frac{O.D \text{ muestra} - O.D \text{ blanco}}{O.D \text{ control} - O.D \text{ blanco}} \right) \times 100$$

En donde:

*O.D. muestra*: corresponde a la absorbancia de las alícuotas de las muestras de las bacterias que estuvieron en contacto con el nanorecubrimiento.

*O.D control*: corresponde a la absorbancia de las muestras de bacterias que estuvieron en contacto con el PP sin recubrimiento.

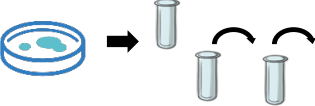
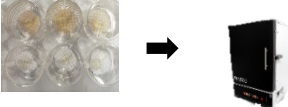
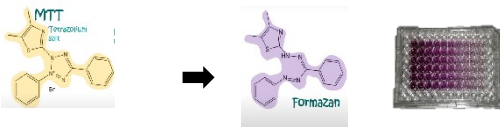
*O.D blanco*: corresponde a la absorbancia del medio de cultivo sin bacterias después de la incubación con el PP con y sin el nanorecubrimiento.

El análisis cualitativo mediante microscopía óptica se llevó a cabo utilizando un microscopio serie Eclipse Ni (Nikon Instruments Inc., Tokyo, Japón). La Tabla 1 presenta la secuencia metodológica de este ensayo.

Respecto al ensayo con microorganismos de biopelícula subgingival, esta parte del estudio comprendió la toma de muestras de biopelícula subgingival de pacientes diagnosticados con periodontitis, estadio III o IV, tratados en la Clínica de Periodoncia e Implantología de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, UNAM. El estudio fue realizado con la aprobación del Comité de Ética e Investigación de la Facultad de Odontología (CIE/0102/08/2022) y todos los pacientes asintieron a firmar el Consentimiento informado para participar. Fueron incluidos cinco pacientes que no hubieran recibido ningún tipo de tratamiento periodontal más allá de profilaxis, que no tuvieran compromiso sistémico y que tuvieran presente alguno de los primeros molares con profundidad al sondaje de  $\geq 5$  mm. Cada paciente recibió una evaluación periodontal completa realizada por un especialista experimentado de acuerdo con el procedimiento previamente descrito en la literatura<sup>20-22</sup>.

Después de la evaluación clínica, se recolectaron las muestras de biopelícula subgingival del sitio mesiobucal de cualquiera de los primeros molares presentes en cada paciente, utilizando curetas Gracey 11/12 estériles (Harmony™ Handle, Hu-Friedy Mfg. Co., Chicago, Illinois, Estados Unidos). Cada muestra fue colocada en un tubo para microcentrifuga con caldo de cultivo de *Mycoplasma*, (BBL™ Mycoplasma Broth Base, Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, Nueva Jersey, Estados Unidos) enriquecido con 0.3 µg/mL de vitamina K (Menadione, Sigma-Aldrich Inc., St. Louis, Missouri, Estados Unidos) y 5 µg/mL de hemina (Hemin, Sigma-Aldrich Inc., St. Louis, Missouri, Estados Unidos). En seguida, cada muestra fue dispersada mediante vortex

**Tabla 1.**  
**Secuencia metodológica del ensayo con cepas asociadas a infecciones nosocomiales.**

| Paso | Descripción                                                                                                        |                                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| I    | Cultivos puros de las cepas bacterianas y obtención de una solución con 1x10 <sup>7</sup> células/mL de cada cepa. |  |
| II   | Inoculación de cada cepa sobre discos del PP sin recubrir y PP con Ag-Cu e incubación por 24 horas.                |  |
| III  | Ensayo de viabilidad celular con MTT.                                                                              |  |
| IV   | Análisis cuantitativo (MTT, absorbancia) y cualitativo (Microscopía óptica).                                       |  |

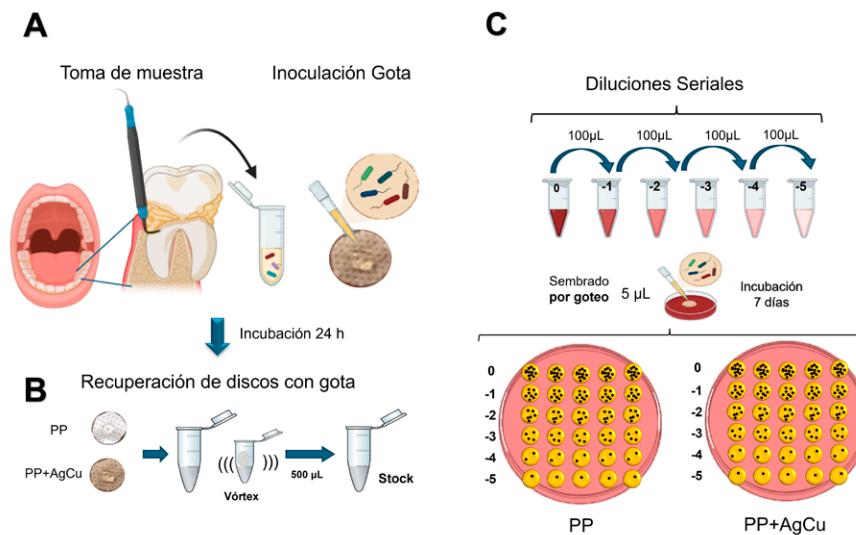
para obtener una suspensión bacteriana homogénea y una gota de 40 µL de esta fue colocada sobre los discos de PP con y sin el nanorecubrimiento. Las muestras fueron incubadas por 24 h a 35°C en una cámara de anaerobiosis (Coy Laboratory Products Inc., Grass Lake, Michigan, Estados Unidos) con atmósfera de 80% N<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub> y 10% H<sub>2</sub> (Figura 1. A). Después del tiempo de incubación, cada disco fue procesado para desprender las bacterias presentes en cada uno (Figura 1. B). De cada muestra se realizaron cinco diluciones seriales 1:10 y se sembraron 5 µL de cada una de ellas en cajas de Petri con agar enriquecido (TSA, Brain Heart Infusion Agar, Yeast extract, suplementado con 25 mL de sangre de carnero desfibrinada (5%), 5 mL vitamina K (0.3 µg/mL) y 5 mL de hemina (5 µg/mL)). Una vez sembradas todas las diluciones, las cajas Petri fueron incubadas a 35°C en condiciones anaeróbicas por 5 días. Después de la incubación, se realizaron los conteos de las unidades formadoras de colonias (UFCs) de cada una de las diluciones sembradas (Figura 1. C). La efectividad antibacteriana del nanorecubrimiento de Ag-Cu sobre los microorganismos cultivables de cada una de las muestras de biopelícula subgingival, fue expresada como porcentaje de inhibición de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de inhibición} = \left( \frac{A1 - A2}{A1} \right) \times 100$$

Donde:

A1: número de UFCs que crecieron en el PP sin recubrimiento (control negativo).  
A2: número de UFCs que crecieron en el PP en presencia del nanorecubrimiento de Ag-Cu (experimental).

Para el análisis estadístico, todos los resultados se expresaron como valores de la Media ± EEM (error estándar de la media). La significancia estadística se determinó mediante la prueba *t* de student pareada y se consideraron diferencias estadísticamente significativas a partir de una *p*<0.05, utilizando el programa GraphPad Prism versión 8.0.1 (GraphPad Software Inc., San Diego, California, Estados Unidos).



**Figura 1. Procesamiento de muestras de biopelícula. A.** Toma de la muestra de biopelícula e inoculación sobre los textiles de PP con y sin el nanorecubrimiento de Ag-Cu. **B.** Recuperación de los discos inoculados con microorganismos expuestos por 24 hrs al PP sin recubrir y PP con Ag-Cu. **C.** Diluciones seriadas y sembrado en cajas de Petri con agar para la cuantificación de las UFCs.

## RESULTADOS

Los resultados del análisis cuantitativo para determinar la capacidad antibacteriana del nanorecubrimiento mediante el ensayo de viabilidad celular con MTT de las bacterias nosocomiales utilizadas en este estudio, se presentan en la Figura 2. A. Se puede observar que hubo una disminución de la viabilidad celular cuando las bacterias estuvieron en contacto con el nanorecubrimiento, siendo *P. aeruginosa* la que presentó mayor sensibilidad al contacto con una viabilidad de  $44.2 \pm 4.9\%$ , seguida de *S. epidermidis* y *S. aureus* con un  $59.4 \pm 14.9$  y  $69.3 \pm 3.4\%$  de viabilidad, respectivamente. Sin embargo, *E. coli* pareció no ser afectada por el nanorecubrimiento, ya que su porcentaje de viabilidad celular se incrementó hasta  $113.7 \pm 6\%$ .

Respecto a la evaluación del efecto antibacteriano del nanorecubrimiento de Ag-Cu en contra de las especies bacterianas provenientes de las muestras de biopelícula subgingival de pacientes, la Figura 2. B muestra los resultados de los conteos de las UFCs de las bacterias expuestas a los textiles con y sin el nanorecubrimiento de Ag-Cu de cada muestra. En dichos resultados se observa una disminución en el crecimiento de microorganismos cuando fueron expuestos al PP con Ag-Cu, comparado con las bacterias presentes en el PP sin recubrir, de todas las muestras evaluadas. Esta disminución fue estadísticamente significativa en las muestras bacterianas que fueron expuestas al nanorecubrimiento vs. las que no fueron expuestas ( $p < 0.05$  y  $p < 0.001$ ).

El análisis cualitativo de las muestras con microscopía óptica (Figura 3) confirmó los hallazgos encontrados con el ensayo de MTT. Debido a la naturaleza del reactivo de MTT, a mayor cantidad de tinción morada, mayor cantidad de bacterias viables. En las microfotografías se puede observar que la tinción de la cepa de *E. coli* es muy similar cuando se comparó el PP sin recubrir y el PP con Ag-Cu, mientras que en las demás cepas se puede distinguir un efecto antibacteriano del nanorecubrimiento. Es importante observar que la topografía de las fibras del PP se mantiene aún después del depósito del nanorecubrimiento.

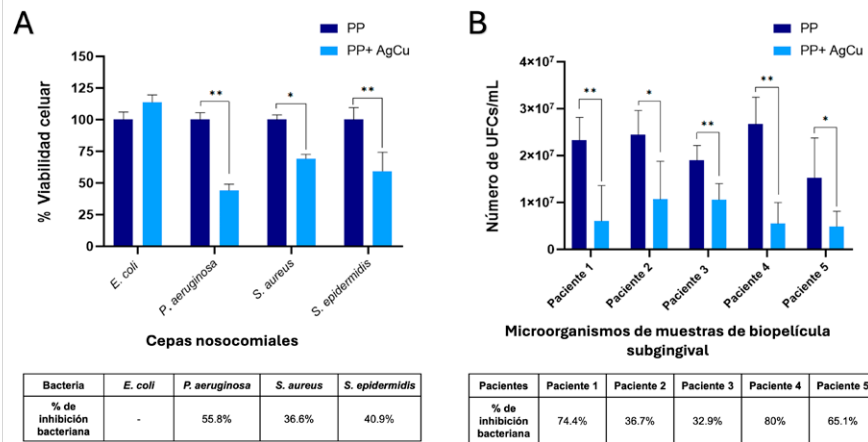


Figura 2. Viabilidad celular de los microorganismos expuestos a los textiles de PP con y sin el nanorecubrimiento. **A.** Resultados del ensayo con las cepas nosocomiales. **B.** Resultados del conteo de las UFCs/mL de microorganismos provenientes de las muestras de biopelícula subgingival de 5 pacientes con periodontitis. En la parte inferior de cada gráfica se presenta el porcentaje de inhibición de cada cepa o microorganismos obtenidos de las muestras de biopelícula subgingival. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

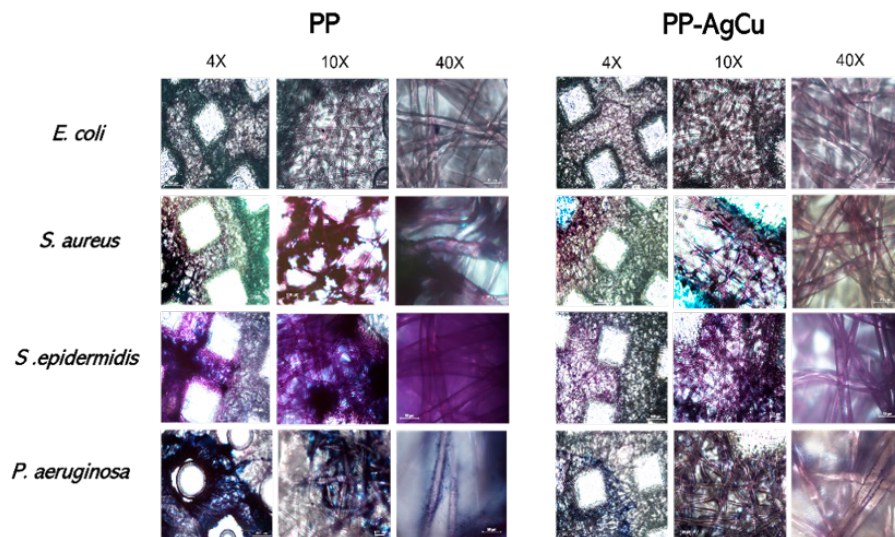


Figura 3. Análisis cualitativo de las cepas nosocomiales expuestas a los textiles de PP con y sin el nanorecubrimiento después de haber realizado el ensayo con MTT. Imágenes de microscopía óptica a 4X, 10X y 40X aumentos.

## DISCUSIÓN

El principal objetivo de la presente investigación fue determinar el potencial antibacteriano de un recubrimiento de espesor nanométrico de plata-cobre (Ag-Cu) depositado sobre textiles de polipropileno (PP), para ser incorporado en la fabricación de equipo de protección personal (EPP), como cubrebocas, batas y gorros, y mejorar el control de infecciones en la medicina y

la odontología. La efectividad antimicrobiana del nanorecubrimiento fue examinada mediante dos pruebas; la primera, utilizando cepas de especies bacterianas frecuentemente asociadas a infecciones de tipo nosocomial y la segunda, evaluando microorganismos provenientes de muestras de biopelícula subgingival de pacientes con periodontitis.

El nanorecubrimiento fue depositado mediante la técnica de pulverización catódica o “*magnetron sputtering*”, un método físico que permite el depósito de películas nanométricas en superficies de distinta naturaleza<sup>23,24</sup>. La efectividad antibacteriana del nanorecubrimiento en contra de las cuatro cepas bacterianas asociadas a infecciones nosocomiales probadas<sup>25,26</sup>, mostró una alta efectividad especialmente contra *P. aeruginosa*, *S. aureus* y *S. epidermidis*. Nuestros resultados son congruentes con otros estudios que han reportado la sensibilidad de estas cepas a la plata y el cobre<sup>27-29</sup>. Más aún, en un estudio realizado previamente por nuestro grupo de trabajo se reportó un porcentaje de inhibición del 70 al 92 % al contacto con aerosoles contaminados con las mismas cepas<sup>18</sup>. Aunque los resultados en el presente estudio mostraron un menor porcentaje de inhibición (del ~37 al ~56 %), es importante aclarar que la metodología utilizada en este estudio fue diferente, ya que se utilizó el reactivo MTT para medir la viabilidad celular y en el estudio antes mencionado, se realizó la cuantificación directa de las unidades formadoras de colonias (UFCs). Un resultado inesperado fue que la cepa *E. coli* mostró una sensibilidad similar al contacto entre el PP con nanorecubrimiento y el PP sin recubrir. Esto pudiera explicarse por la poca capacidad intrínseca de *E. coli* para adherirse a las superficies de PP, como ha sido previamente descrito en la literatura<sup>30,31</sup>.

Respecto a los resultados cuando se utilizaron microorganismos provenientes de biopelícula dental subgingival de pacientes con periodontitis, es interesante observar la variabilidad de la sensibilidad al contacto con el nanorecubrimiento entre las diferentes muestras provenientes de cada uno de los pacientes. Sin embargo, la variabilidad entre las muestras confirma la noción de que la sensibilidad de un mismo tipo de cepa a un agente antimicrobiano, ya sea antibiótico, antiséptico o como en este caso a dos elementos metálicos con potencial biocida, puede variar debido a factores como resistencia intrínseca, o resistencia adquirida por exposición previa<sup>32,33</sup>. Si bien no se realizó una identificación de los microorganismos presentes en las muestras, se da por entendido que todas las muestras contenían bacterias anaeróbicas y facultativas tanto Gram positivas, como Gram negativas<sup>34</sup>. Es importante mencionar que, aunque el número de muestras clínicas incluidas fue limitado, el objetivo en esta parte de la investigación fue evaluar la capacidad antibacteriana contra las cepas de aislados clínicos de manera complementaria a las evaluaciones hechas utilizando cepas tipo (ATCC). Este enfoque metodológico permitió analizar el comportamiento del nanorecubrimiento de Ag-Cu contra bacterias periodontales aisladas de muestras de biopelícula dental.

La importancia de evitar la contaminación con aerosoles o gotas durante la atención odontológica es evidente, puesto que está comprobado que la microaspiración bacteriana es posible, causando daño a nivel pulmonar, a pesar de existir salud pulmonar en las personas<sup>35</sup>. La presencia de microorganismos patógenos orales se puede asociar a la gravedad o sinergia con otras enfermedades sistémicas. Los microorganismos transportados por el aire y el microbioma oral son las principales fuentes de infecciones pulmonares, y dado que la cavidad oral es el punto de entrada para el sistema digestivo y parte del sistema respiratorio, no es sorpresa que se compartan algunos microorganismos del microbioma de ambos sistemas. Debido a que la orofaringe y el árbol traqueobronquial son contiguos, la microaspiración continua probablemente inocule a los pulmones con bacterias orales<sup>36,37</sup>.

La utilización de pequeñas cantidades de plata y cobre en textiles del PP representa una excelente opción para el control de infecciones durante la atención odontológica. Ambos

metales en tamaño nanométrico se han reportado como una alternativa al uso de antibióticos con excelentes resultados contra una gran diversidad de bacterias orales, así como en la adición a enjuagues bucales y dentífricos con la finalidad de evitar la formación de la biopelícula dental, específicamente contra *Streptococcus* spp. en su estado planctónico y contra especies como *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, SARM (*Staphylococcus aureus* resistente a meticilina), *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*. También, se ha reportado su uso en sistemas adhesivos y materiales de restauración mejorando las propiedades de los mismos<sup>38,39</sup>.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran el potencial del nanorecubrimiento de plata-cobre para ser utilizado en equipo de protección personal fabricado con textiles de polipropileno como batas, gorros y cubrebocas en entornos clínicos. Dicho equipo podría disminuir la exposición del personal de salud a estos y otros patógenos, e incluso disminuir el riesgo de infecciones de tipo nosocomial en los pacientes hospitalizados. De igual manera, la disminución de la viabilidad de bacterias periodontopatógenas en contacto con el nanorecubrimiento de Ag-Cu, abre la puerta para más investigaciones respecto a mayores aplicaciones clínicas en el ámbito periodontal e implantológico.

## AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada gracias a los Programas UNAM-PAPIIT # IN207824 y # TA100424. Lorena Reyes-Carmona agradece al CONAHCYT por la beca doctoral (CVU: 917708). Velia Mariana Pérez-Bucio y Alejandro Lee-Colín agradecen a la DGOAE-UNAM, por conducto de la Dirección de Becas y Enlace con la Comunidad, por las becas de titulación (Folios 1238101 y 1238123). Los autores agradecen el apoyo técnico de la laboratorista Leticia Cruz-Fonseca de la Facultad de Odontología, UNAM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Glatte KA, Finkelman P. History of the plague: An ancient pandemic for the age of COVID-19. *Am J Med*. 2021; 134(2): 176-181. DOI: 10.1016/j.amjmed.2020.08.019
2. Honda H, Iwata K. Personal protective equipment and improving compliance among health-care workers in high-risk settings. *Curr Opin Infect Dis*. 2016; 29(4): 400-406. DOI: 10.1097/qco.0000000000000280
3. Amato A, Caggiano M, Amato M, Moccia G, Capunzo M, De Caro F. Infection control in dental practice during the COVID-19 pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(13): 4769. DOI: 10.3390/ijerph17134769
4. Aas JA, Paster BJ, Stokes LN, Olsen I, Dewhirst FE. Defining the normal bacterial flora of the oral cavity. *J Clin Microbiol*. 2005; 43(11): 5721-5732. DOI: 10.1128/jcm.43.11.5721-5732.2005
5. Sanz M, Herrera D, Kebschull M, Chapple I, Jepsen S, Beglundh T, et al. Treatment of stage I-III periodontitis – the EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol*. 2020; 47(S22): 4-60. DOI: 10.1111/jcpe.13290

6. Rautemaa R, Nordberg A, Wuolijoki-Saaristo K, Meurman JH. Bacterial aerosols in dental practice – a potential hospital infection problem? *J Hosp Infect.* 2006; 64(1): 76-81. DOI: 10.1016/j.jhin.2006.04.011
7. Chatoutsidou SE, Saridaki A, Raisi L, Katsivela E, Tsiamis G, Zografakis M, et al. Airborne particles and microorganisms in a dental clinic: Variability of indoor concentrations, impact of dental procedures, and personal exposure during everyday practice. *Indoor Air.* 2021; 31(4): 1164-1177. DOI: 10.1111/ina.12820
8. Mirhoseini SH, Koolivand A, Bayani M, Sarlak H, Moradzadeh R, Ghamari F, et al. Quantitative and qualitative assessment of microbial aerosols in different indoor environments of a dental school clinic. *Aerobiologia.* 2021; 37(2): 217-224. DOI: 10.1007/s10453-020-09679-z
9. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis.* 2006; 6(1): 130. DOI: 10.1186/1471-2334-6-130
10. Wissmann JE, Kirchhoff L, Brüggemann Y, Todt D, Steinmann J, Steinmann E. Persistence of pathogens on inanimate surfaces: a narrative review. *Microorganisms.* 2021; 9(2): 343. DOI: 10.3390/microorganisms9020343
11. Gund MP, Naim J, Rupf S, Gärtner B, Hannig M. Bacterial contamination potential of personal protective equipment itself in dental aerosol-producing treatments. *Odontology.* 2024; 112(2): 309-316. DOI: 10.1007/s10266-023-00848-3
12. Wan Q, Han L, Yang X, Yu S, Zheng X. Dental professionals' use of personal protective equipment during COVID-19: A cross-sectional study in China. *Front Public Health.* 2023; 11: 1183580. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1183580
13. Maddah HA. Polypropylene as a promising plastic: A review. *Am J Polym Sci.* 2016; 6(1): 1-11. DOI: 10.5923/j.ajps.20160601.01
14. Centers for Diseases Control and Prevention. *Summary of infection prevention practices in dental settings: basic expectations for safe care.* Atlanta, GA: CDC, Dept of Health and Human Services, 2016: 6-15. Disponible en: <https://www.cdc.gov/dental-infection-control/media/pdfs/2024/07/safe-care2.pdf>
15. Jung S, Yang JY, Byeon EY, Kim DG, Lee DG, Ryoo S, et al. Copper-coated polypropylene filter face mask with SARS-CoV-2 antiviral ability. *Polymers.* 2021; 13(9): 1367. DOI: 10.3390/polym13091367
16. López-Martín R, Rodrigo I, Ballesta C, Arias A, Mas A, Santos Burgos B, et al. Effectiveness of silver nanoparticles deposited in facemask material for neutralising viruses. *Nanomaterials.* 2022; 12(15): 2662. DOI: 10.3390/nano12152662
17. Bello-Lopez JM, Silva-Bermudez P, Prado G, Martínez A, Ibáñez-Cervantes G, Cureño-Díaz MA, et al. Biocide effect against SARS-CoV-2 and ESKAPE pathogens of a noncytotoxic silver-copper nanofilm. *Biomed Mater.* 2021; 17(1): 015002. DOI: 10.1088/1748-605X/ac3208
18. Reyes-Carmona L, Sepúlveda-Robles OA, Almaguer-Flores A, Bello-Lopez JM, Ramos-Vilchis C, Rodil SE. Antimicrobial activity of silver-copper coating against aerosols containing surrogate respiratory viruses and bacteria. *PLoS One.* 2023; 18(12): e0294972. DOI: 10.1371/journal.pone.0294972
19. Oh YJ, Hong J. Application of the MTT-based colorimetric method for evaluating bacterial growth using different solvent systems. *LWT.* 2022; 153: 112565. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112565
20. Haffajee AD, Socransky SS, Goodson JM. Clinical parameters as predictors of destructive periodontal disease activity. *J Clin Periodontol.* 1983; 10(3): 257-265. DOI: 10.1111/j.1600-051x.1983.tb01274.x
21. Almaguer-Flores A, Moreno-Borjas JY, Salgado-Martinez A, Sanchez-Reyes MA, Alcantara-Maruri E, Ximenez-Fyvie LA. Proportion of antibiotic resistance in subgingival plaque samples from Mexican subjects. *J Clin Periodontol.* 2006; 33(10): 743-748. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2006.00975.x
22. Reyes-Carmona L, Camps E, Campos-González E, Mercado-Celis G, Cervantes-Garduño A, Pérez-Ibarra EA, et al. Antimicrobial evaluation of bismuth subsalicylate nanoparticles synthesized by laser

- ablation against clinical oral microorganisms. *Opt Laser Technol.* 2023; 158: 108930. DOI: 10.1016/j.optlastec.2022.108930
23. Tan XQ, Liu JY, Niu JR, Liu JY, Tian JY. Recent progress in magnetron sputtering technology used on fabrics. *Materials.* 2018; 11(10): 1953. DOI: 10.3390/ma11101953
24. Markowska-Szczupak A, Paszkiewicz O, Michalkiewicz B, Kamińska A, Wróbel RJ. Fabrication of antibacterial metal surfaces using magnetron-sputtering method. *Materials.* 2021; 14(23): 7301. DOI: 10.3390/ma14237301
25. Kollef MH, Torres A, Shorr AF, Martin-Loeches I, Micek ST. Nosocomial infection. *Crit Care Med.* 2021; 49(2): 169-187. DOI: 10.1097/ccm.0000000000004783
26. Vincent JL. Nosocomial infections in adult intensive-care units. *The Lancet.* 2003; 361(9374): 2068-2077. DOI: 10.1016/S0140-6736(03)13644-6
27. Pormohammad A, Turner RJ. Silver antibacterial synergism activities with eight other metal(loid)-based antimicrobials against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus*. *Antibiotics.* 2020; 9(12): 853. DOI: 10.3390/antibiotics9120853
28. Jang J, Lee JM, Oh SB, Choi Y, Jung HS, Choi J. Development of antibiofilm nanocomposites: Ag/Cu bimetallic nanoparticles synthesized on the surface of graphene oxide nanosheets. *ACS Appl Mater Interfaces.* 2020; 12(32): 35826-35834. DOI: 10.1021/acsami.0c06054
29. Takahashi C, Yamada T, Yagi S, Murai T, Muto S. Preparation of silver-decorated Soluplus® nanoparticles and antibacterial activity towards *S. epidermidis* biofilms as characterized by STEM-CL spectroscopy. *Mater Sci Eng C.* 2021; 121: 111718. DOI: 10.1016/j.msec.2020.111718
30. Adnan M, Sousa AM, Machado I, Pereira MO, Khan S, Morton G, et al. Role of *bolA* and *rpoS* genes in biofilm formation and adherence pattern by *Escherichia coli* K-12 MG1655 on polypropylene, stainless steel, and silicone surfaces. *Acta Microbiol Immunol Hung.* 2017; 64(2): 179-189. DOI: 10.1556/030.63.2016.018
31. Varshney S, Sain A, Gupta D, Sharma S. Factors affecting bacterial adhesion on selected textile fibres. *Indian J Microbiology.* 2021; 61(1): 31-37. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12088-020-00903-5>
32. Souque C, Gonzalez Ojeda I, Baym M. From Petri dishes to patients to populations: Scales and evolutionary mechanisms driving antibiotic resistance. *Annu Rev Microbiol.* 2024; 78: 361-382. DOI: 10.1146/annurev-micro-041522-102707
33. Maillard JY, Pascoe M. Disinfectants and antiseptics: Mechanisms of action and resistance. *Nat Rev Microbiol.* 2024; 22(1): 4-17. DOI: 10.1038/s41579-023-00958-3
34. Socransky SS, Haffajee AD. Periodontal microbial ecology. *Periodontol 2000.* 2005; 38(1): 135-187. DOI: 10.1111/j.1600-0757.2005.00107.x
35. Koh WJ, Lee JH, Kwon YS, Lee KS, Suh GY, Chung MP, et al. Prevalence of gastroesophageal reflux disease in patients with nontuberculous mycobacterial lung disease. *Chest.* 2007; 131(6): 1825-1830. DOI: 10.1378/chest.06-2280
36. Cvejic L, Harding R, Churchward T, Turton A, Finlay P, Massey D, et al. Laryngeal penetration and aspiration in individuals with stable COPD. *Respirology.* 2011; 16(2): 269-275. DOI: 10.1111/j.1440-1843.2010.01875.x
37. Pathak JL, Yan Y, Zhang Q, Wang L, Ge L. The role of oral microbiome in respiratory health and diseases. *Respir Med.* 2021; 185: 106475. DOI: 10.1016/j.rmed.2021.106475
38. Yin IX, Zhang J, Zhao IS, Mei ML, Li Q, Chu CH. The antibacterial mechanism of silver nanoparticles and its application in dentistry. *Int J Nanomedicine.* 2020; 15: 2555-2562. DOI: 10.2147/ijn.S246764
39. Xu VW, Nizami MZI, Yin IX, Yu OY, Lung CYK, Chu CH. Application of copper nanoparticles in dentistry. *Nanomaterials.* 2022; 12(5): 805. DOI: 10.3390/nano12050805

Investigación original

## Evaluación de los efectos de la estimulación vibratoria en células troncales mesenquimales de tejidos dentales

Cassandra Alí Ríos-García<sup>1</sup>, Valentina García-Lee<sup>2</sup>,  
Guadalupe R. Fajardo-Orduña<sup>3</sup>, Juan José Montesinos<sup>3</sup>,  
Patricia González-Alva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup> Laboratorio de Células Troncales Mesenquimales, Unidad de Investigación Médica en Enfermedades Oncológicas, Hospital de Oncología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social

**Autor de correspondencia:**

Dra. Patricia González-Alva

E-mail: pgonzalezalva@fo.odonto.unam.mx

**Recibido:** 8 octubre 2024

**Aceptado:** 3 diciembre 2024

**Citar como:**

Ríos-García CA, García-Lee V, Fajardo-Orduña GR, Montesinos JJ, González-Alva P. Evaluación de los efectos de la estimulación vibratoria en células mesenquimales de tejidos dentales [Evaluation of the Effects of Vibratory Stimulation on Mesenchymal Stem Cells of Dental Tissues]. *Rev Odont Mex.* 2025; 29(1): 14-23. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2025.29.1.89803

### RESUMEN

**Introducción:** Los efectos de la vibración en las células troncales mesenquimales (MSCs) derivadas de tejidos dentales aún son poco estudiados. Sin embargo, su aplicación en la odontología clínica está avanzando, haciendo crucial comprender cómo estas terapias pueden mejorar los tratamientos en la clínica. **Objetivo:** Mostrar la eficacia de un dispositivo vibratorio para investigar los efectos de la vibración mecánica sobre tres líneas celulares: osteoblastos, MSCs derivadas de

la pulpa dental (DPSCs) y de tejido gingival (GMSCs). **Material y métodos:** Se utilizó un sistema de vibración vertical caracterizado mediante un acelerómetro de tres ejes, y se aplicaron vibraciones sinusoidales a frecuencias de 20 y 60 Hz a las líneas celulares. La caracterización confirmó la correcta dirección y magnitud de la vibración. Los efectos sobre la viabilidad y la actividad celular fueron analizados mediante el ensayo de resazurina y la tinción de Calceína-am a las 24, 48 y 72 h. **Resultados:** La estimulación vibratoria inicial afectó la viabilidad de los osteoblastos, pero se normalizó tras 72 horas. Se observó que las DPSCs respondieron mejor a 60 Hz, mientras que las GMSCs tuvieron resultados similares a los controles no vibrados. La terapia vibratoria demostró resultados positivos sobre la viabilidad celular, sin afectar la morfología de los cultivos estudiados. **Conclusiones:** La vibración de baja magnitud y alta frecuencia emerge como un tratamiento no invasivo para mejorar la viabilidad celular. Aun así, se requieren estudios más exhaustivos para desentrañar los mecanismos exactos y optimizar los protocolos clínicos. Además, la terapia podría también mitigar efectos secundarios del tratamiento ortodóntico.

**Palabras clave:** terapia vibratoria, tratamiento de ortodoncia, células troncales mesenquimales de tejido dental, vibraciones de baja magnitud y alta frecuencia.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, los tratamientos de ortodoncia son comúnmente solicitados en el consultorio dental, por razones tanto estéticas como funcionales. Pese a que estos tratamientos pueden llevar a efectos adversos, incluyendo la resorción radicular, dolor, cambios pulpares, enfermedad periodontal, descalcificaciones, y disfunción temporomandibular; tales efectos secundarios no se comprenden en su totalidad, pero se asocian a tratamientos prolongados<sup>1</sup>. Por lo anterior, se considera que el reducir el tiempo de tratamiento podría también disminuir los efectos secundarios<sup>1,2</sup>.

A lo largo del tiempo se han desarrollado métodos para acelerar el movimiento dental y acortar la duración de los tratamientos ortodónticos, incluyendo la estimulación quirúrgica, farmacológica, física, y las pulsaciones ultrasónicas piezoeléctricas de baja intensidad (lipus)<sup>1,3-6</sup>. En odontología se han desarrollado dispositivos como AcceleDent® (OrthoAccel® Technologies, Inc., Bellaire, Estados Unidos), que buscan facilitar el movimiento dental mediante la estimulación vibratoria, aunque su eficacia es objeto de debate. En este contexto, los pacientes tratados con AcceleDent® no presentan diferencias significativas en la nivelación de la dentición mandibular, la reducción del dolor o la aceleración del cierre de espacios interproximales durante el tratamiento con aparatos fijos, en comparación con el grupo de control<sup>4,7</sup>.

Por otro lado, la teoría detrás de dispositivos como AcceleDent® sugieren que las fuerzas vibratorias estimulan la diferenciación y maduración celular, lo que podría acelerar la remodelación ósea y el movimiento dental a través de un efecto anabólico en el hueso. Asimismo, estudios realizados en modelos animales muestran que la terapia vibratoria mejora el tiempo de consolidación de fracturas y aumenta la expresión de genes relacionados con la osteogénesis<sup>8,9</sup>.

Investigaciones *in vitro* han estudiado el efecto de la estimulación vibratoria en osteoblastos, osteocitos, y osteoclastos, así como en las células troncales mesenquimales (MSCs). Las MSCs son células multipotentes que juegan un papel crucial en la regeneración y reparación tisular<sup>10</sup>. Entender cómo las vibraciones mecánicas afectan el comportamiento y la diferenciación de las células troncales mesenquimales es esencial en medicina regenerativa y ortodoncia.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de las vibraciones en tres líneas celulares: osteoblastos, MSCs derivadas de la pulpa dental (DPSCs) y MSCs derivadas de tejido gingival (GMSCs), para establecer protocolos para la aplicación de vibraciones mecánicas en tratamientos ortodónticos. Se espera que los resultados contribuyan al desarrollo de terapias para acelerar la regeneración de tejidos o tratar condiciones médicas específicas, incluyendo el tratamiento de ortodoncia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio es de tipo experimental *in vitro*, observacional y prospectivo. Para ello, se ensambló una plataforma de vibración sostenida basada en metodologías previas<sup>11-13</sup>. Utilizando un generador de funciones marca Feeltech (FY-2300) y un amplificador de audio (XH-M542) se emitieron señales sinusoidales que producían vibraciones mediante una bocina de 300 watts (Cerwin Vega, XED650C). Para evaluar el estímulo vibratorio, las placas de cultivo se fijaron a una pantalla de acrílico de 3 mm adherida al cono de la bocina con seguros de resorte. Se aplicaron frecuencias de 20 y 60 Hz, calibradas a una amplitud de + 0.3 mm usando un acelerómetro (AX3, Axivity) de tres ejes, y un osciloscopio MD03032 (Tektronix). La amplitud se seleccionó con base en investigaciones previas en el campo utilizando equipos similares<sup>12</sup>. El acelerómetro capaz de medir vibraciones en tres dimensiones: eje X, eje Y, y eje Z, se fijó en la base de la placa de acrílico, registrando las vibraciones en una tasa de muestreo de 3200 Hz.

El desplazamiento producido se calculó utilizando el valor de la raíz del error cuadrado medio (RECM) y las equivalencias marcadas del calibrador y del acelerómetro. La ecuación utilizada para determinar el volumen óptimo en el amplificador de potencia para alcanzar la amplitud designada fue:

$$D = \frac{GA}{2\pi^2 F}$$

Donde D = desplazamiento (m), G = gravedad (constante a 9,81 m/s<sup>2</sup>), A = aceleración (g) y F = frecuencia (Hz).

Se utilizaron tres líneas celulares: osteoblastos (hFoB 1.19), células troncales mesenquimales derivadas de la pulpa dental (DPSCs) y de tejido gingival (GMSCs). Las MSCs fueron de un banco de células preexistente y han sido caracterizadas según los criterios de la Sociedad Internacional de Terapia Celular (ISCT)<sup>14</sup>. Las DPSCs y las GMSCs expresan altos niveles de los marcadores de superficie CD105, CD90 y CD73. También una alta expresión de CD13, y expresan niveles moderados de HLA-ABC, son negativas para la expresión de HLA-DR y no expresan marcadores hematopoyéticos (CD34, CD45 y CD14) ni endoteliales (CD31). Las células presentan una morfología fibroblastoide y capacidad de diferenciarse hacia linajes adipogénicos, osteogénicos y condrogénicos<sup>14</sup>. La línea hFoB 1.19 fue adquirida de la ATCC.

Las DPSCs y GMSCs se cultivaron en Medio Modificado Eagle de Dulbecco (DMEM), suplementado con 10% de suero fetal bovino (FBS), solución antibiótica-antimicótica al 1% y 2 mM de glutamina, e incubadas en condiciones estándar (37° C, 5% CO<sub>2</sub>). Las células hFoB 1.19 se cultivaron en medio DMEM/F12, suplementado con 10% de suero fetal bovino y solución antibiótica-antimicótica al 1%, e incubadas en las condiciones antes mencionadas.

La estimulación vibratoria a 20 Hz o 60 Hz se realizó durante 20 minutos antes de sembrar las células en las placas de 12 pozos y se repitió a las 24, 48 y 72 horas, dentro de una campana de flujo laminar. Para el grupo control no vibrado (0 Hz), las placas de cultivo se dejaron 20 minutos en la campana de flujo laminar sobre la plataforma sin activarla.

Se evaluó la viabilidad celular mediante el ensayo de resazurina (10% de 44µm v/v) en medio base no suplementado, incubando las placas de cultivo por 4 h, con una densidad de 1,500 células/cm<sup>2</sup> para las mscs y de 1,000 células/cm<sup>2</sup> para los osteoblastos (*n* = 9 muestras por condición). Los tiempos de medición fueron a las 24, 48 y 72 h. Se utilizó un pozo sin células, con medio de cultivo y resazurina, como blanco. Finalmente, la densidad óptica (D.O.) se midió a 570 nm.

Para evaluar la integridad de la membrana celular posterior a la estimulación vibratoria (a las 72 h de cultivo), se empleó la tinción de Calceína AM (1µM) (Invitrogen™ Calcein AM, Thermo Fisher Scientific Inc., Carlsbad, Estados Unidos) durante 10 min a 37° C. Las células se visualizaron utilizando un microscopio de Epi-fluorescencia (AmScope, Irvine, Estados Unidos). La cantidad de células por campo se contabilizó con ayuda del software ImageJ (NIH, Bethesda, Estados Unidos), cada fotografía del campo de interés se ajustó al umbral tipo Otsu, y se convirtió a 8 bits, y después a imagen binaria, seguido del plugin Watershed y se aplicó la función de Analizar partículas.

Finalmente, utilizamos una ANOVA de una vía, seguida de la prueba de rango de Tukey con el fin de evaluar diferencias estadísticamente significativas entre los grupos examinados. Para lo anterior se utilizó el software Graph Pad Prism versión 10.3.1 (GraphPad Software, Inc., San Diego, Estados Unidos), y se consideró el valor de  $p \geq 0.05$  como estadísticamente significativa.

## RESULTADOS

Las vibraciones fueron exitosamente generadas por un dispositivo acústico diseñado para producir ondas sinusoidales con frecuencia y amplitud determinadas. La placa de cultivo recibía la vibración de manera vertical, con desplazamiento lineal respecto a la base estacionaria. Los registros de frecuencia y desplazamientos se muestran en la Tabla 1.

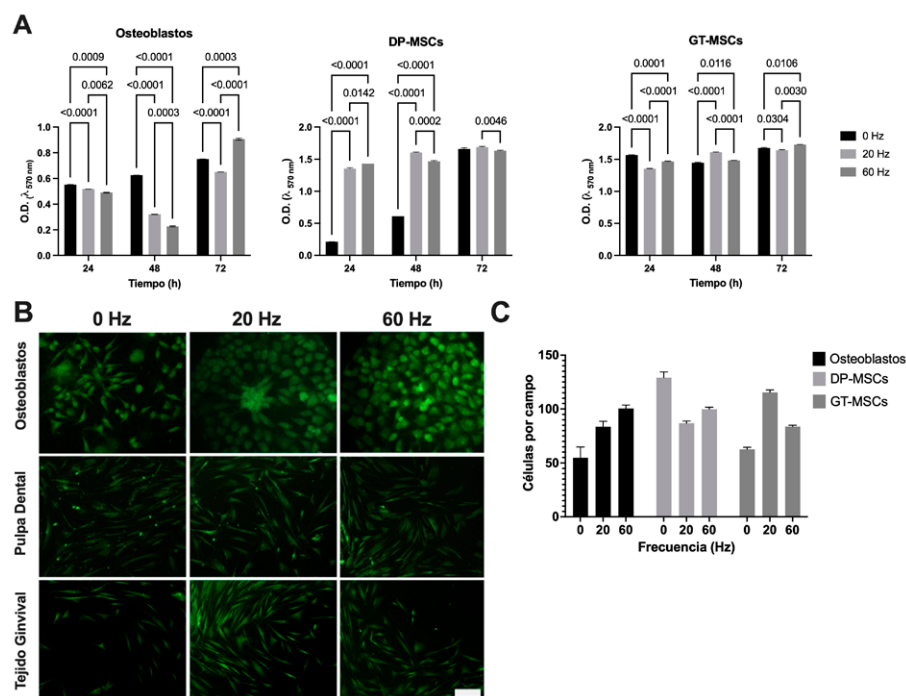
**Tabla 1.**  
**Registro de frecuencia y cantidad de desplazamiento**

| Frecuencia Programada | Promedio registrado | Máximo   | Mínimo   | Desplazamiento rms | Aceleración pico a pico |       |
|-----------------------|---------------------|----------|----------|--------------------|-------------------------|-------|
|                       |                     |          |          |                    | Valor                   | Media |
| 20 Hz                 | 19.95 Hz            | 20.05 Hz | 19.83 Hz | 7.4 µm             | 232 mV                  | 237 m |
| 60 Hz                 | 60.04 Hz            | 60.41 Hz | 58.88 Hz | 6 µm               | 202 mV                  | 196 m |

La generación de ondas sinusoidales con frecuencias de 20 Hz y 60 Hz afectó a todas las líneas celulares estudiadas. A las do del blanco se restaron a las do del ensayo de viabilidad celular de resazurina de todas las líneas celulares, incluyendo el grupo control. La estimulación vibratoria tuvo un efecto negativo en la viabilidad de los osteoblastos a las 24 horas, con una D.O. promedio de 0.5177 ( $DE \pm 0.003$ ) a 20 Hz y 0.4906 ( $DE \pm 0.025$ ) a 60 Hz, en comparación con el control, que presentó una D.O. de 0.5519 ( $DE \pm 0.001$ ). A las 48 horas, la viabilidad disminuyó aún más, con una D.O. de 0.3206 ( $DE \pm 0.0659$ ) a 20 Hz y 0.2270 ( $DE \pm 0.0659$ ) a 60 Hz, en comparación con el control, que tuvo una D.O. promedio de 0.6257 ( $DE \pm 0.0072$ ). A las 72 horas, la viabilidad se recuperó, mostrando una D.O. de 0.6508 ( $DE \pm 0.0416$ ) a 20 Hz, y 0.9066 ( $DE \pm 0.0737$ ) a 60 Hz, mientras el control fue de 0.7514 ( $DE \pm 0.0351$ ). Las diferencias y el análisis estadístico se presentan en la Figura 1. A.

Para las DPSCs, la estimulación vibratoria mejoró la viabilidad celular. A las 24 horas, se observó una D.O. promedio de 1.354 ( $DE \pm 0.0115$ ) a 20 Hz y 1.468 ( $DE \pm 0.001$ ) a 60 Hz, en comparación con el control que presentó una D.O. de 0.2116 ( $DE \pm 0.00125$ ). A las 48 horas, la viabilidad celular aumentó aún más, alcanzando una D.O. de 1.604 ( $DE \pm 0.0072$ ) a 20 Hz, 1.468 ( $DE \pm 0.0156$ ) a 60 Hz, comparado a la D.O. de 0.6117 ( $DE \pm 0.0605$ ) del control. Después de 72 horas, la viabilidad fue similar entre los grupos, observándose diferencias significativas solo entre los grupos de 20 Hz (D.O. 1.689) y 60 Hz (D.O. 1.631), mientras que el control mostró una D.O. de 1.660 ( $DE \pm 0.0173$ ).

Las GMSCs mantuvieron una viabilidad similar a lo largo de todos los tiempos de cultivo, presentando solo ligeras variaciones. A las 24 horas, la viabilidad presentó una D.O. de 1.354 ( $DE \pm 0.0036$ ) a 20 Hz y de 1.467 ( $DE \pm 0.052$ ) a 60 Hz, en comparación con el control, que mostró una D.O. de 1.571 ( $DE \pm 0.410$ ). A las 48 horas, la viabilidad aumentó mostrando una D.O. de 1.6083 ( $DE \pm 0.0055$ ) a 20 Hz y a 1.4826 ( $DE \pm 0.0032$ ) a 60 Hz, mientras que el control presentó una D.O. de 1.447 ( $DE \pm 0.072$ ). Finalmente, a las 72 horas, la D.O. de la viabilidad fue de 1.675 ( $DE \pm 0.0141$ ) en el control, de 1.641 ( $DE \pm 0.0146$ ) a 20 Hz y de 1.7283 ( $DE \pm 0.040$ ) a 60 Hz.



**Figura 1. Efectos de las vibraciones *in vitro*.** **A.** Se presentan los efectos en la viabilidad de los osteoblastos, las células mesenquimales de pulpa dental (DPSCs) y las células mesenquimales de tejido gingival (GMSCs) mediante el ensayo de resazurina. Los corchetes indican los resultados del análisis estadístico de ANOVA y Tukey post hoc. **B.** Imágenes representativas de la tinción fluorescente de Calceína am. La fluorescencia verde brillante indica resultado positivo, sin cambios en la viabilidad y la morfología celular a las 72 horas de cultivo tras el estímulo vibratorio. Los osteoblastos muestran agregados complejos y largas prolongaciones citoplasmáticas. Magnificación de 20X, barra de escala 50  $\mu$ m. **C.** El recuento de células por campo se realizó mediante el software Image J en fotografías a una magnificación de 20X sin encontrar diferencias estadísticamente significativas. Por otro lado, a la examinación visual simple se observó un mayor número de células por campo en los grupos vibrados comparados con los no vibrados, se analizaron 9 campos ( $n=9$ ) por condición experimental o control, después de 72 horas de cultivo. do Densidad Óptica.

Los ensayos de viabilidad indicaron que las DPSCs tenían mayor actividad metabólica, mientras que las de MSCs mostraron mayor estabilidad sin cambios bruscos. La observación microscópica mostró que las células permanecieron intactas y bien distribuidas. A las 72 horas, la tinción de Calceína-AM demostró que la integridad de las membranas celulares en los grupos vibrados y no vibrados era similar (Figura 1. B y C), indicando que el estímulo vibratorio no contribuye sustancialmente ni afecta la adhesión de las células utilizadas en este estudio. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos (Figura 1. C).

Los osteoblastos formaron estructuras intracelulares alargadas con la vibración a 20 Hz y en menor medida a 60 Hz (Figura 1. B). Las DPSCs y las MSCs mantuvieron su forma fibroblástica, desarrollando extensas prolongaciones citoplasmáticas con la estimulación a 20 y 60 Hz. Estas extensiones facilitaron un mayor contacto célula-célula en los grupos experimentales, comparadas con el control.

## DISCUSIÓN

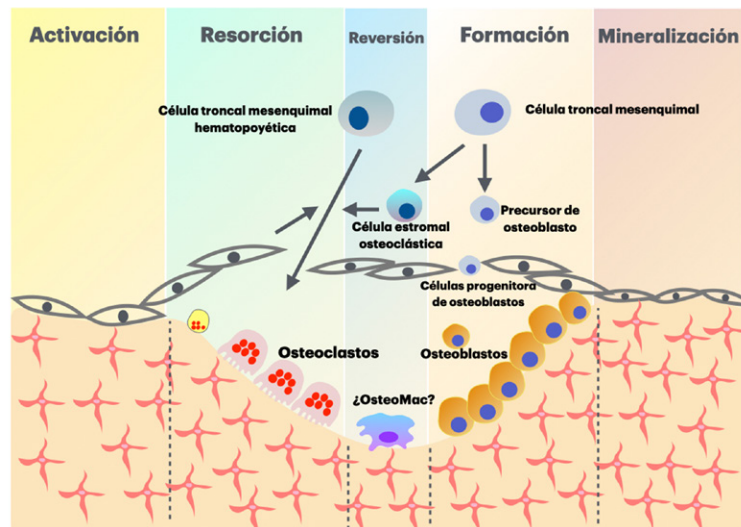
Actualmente, pocos estudios abordan los efectos de la vibración en cultivo de células troncales mesenquimales (MSCs) derivadas de tejidos dentales<sup>15</sup>. A pesar de que la terapia vibratoria ya se está aplicando en el ámbito clínico odontológico, lo que hace crucial entender sus efectos para mejorar las terapias y planes de tratamiento<sup>4</sup>.

Los estudios realizados hasta la fecha se han centrado en la diferenciación osteogénica mediante osteoblastos o MSC de médula ósea, y en marcadores de estrés/inflamación celular en células epiteliales<sup>16,17</sup>. Los ensayos clínicos se enfocan en los efectos de la vibración sobre músculo y tejido óseo, encontrando que la terapia vibratoria tiene un efecto anabólico sobre el hueso, mejorando la consolidación de fracturas y aumentando la expresión de fosfatasa alcalina, osteocalcina, Col-1, Runx2 y Osterix<sup>18-20</sup>.

Dispositivos como el AcceleDent® han sido desarrollados para promover el movimiento dental ortodóntico mediante la estimulación vibratoria a 30 Hz, aun cuando los resultados son contradictorios<sup>4,7,21</sup>. Durante la resorción ósea, la matriz extracelular libera factores de crecimiento que reclutan MSCs para la remodelación ósea, un proceso regulado por las vías de señalización que implican la hormona paratiroidea y el factor de crecimiento tumoral beta (TGF-β)<sup>22</sup>. Las MSCs contribuyen a la regeneración ósea mediante su diferenciación hacia osteoblastos y secreción de factores paracrinos que promueven la angiogénesis, además de encargarse de reclutar células hematopoyéticas e inmunitarias al sitio de remodelación (Figura 2)<sup>16,23</sup>.

Para estudiar los efectos de las vibraciones mecánicas en MSCs derivadas de tejidos dentales y osteoblastos, se desarrolló un sistema de vibración vertical caracterizado mediante un acelerómetro de tres ejes, confirmando que la vibración era perpendicular a la superficie de cultivo. Se observaron armónicos impares y frecuencias ligeramente superiores a las esperadas, posiblemente debido a resonancias mecánicas de la placa de acrílico, aunque estos no afectaron el desplazamiento de los pozos de cultivo. Esta caracterización permitió evaluar directamente los efectos vibratorios *in vitro*.

En un entorno inflamatorio, los estímulos mecánicos influyen significativamente en la actividad de las MSCs y osteoblastos durante la remodelación ósea<sup>10</sup>. Comprender la interrelación entre las MSCs, las moléculas de señalización y el microambiente óseo es esencial para desarrollar terapias efectivas para la reparación ósea. Nuestro estudio presenta un modelo *in vitro* capaz de replicar estímulos mecánicos contribuyendo a un mejor entendimiento de los procesos relacionados con la terapia vibratoria.



**Figura 2. Proceso de remodelación ósea.** Durante el proceso de resorción ósea, la matriz extracelular del hueso libera factores de crecimiento que se encargan de reclutar mscs de sitios residentes, y desde la médula ósea a los sitios de resorción, dando lugar a proceso de remodelación ósea, el cual ocurre entre etapas de formación y resorción. Osteomac es un término que se refiere a un subgrupo especializado de macrófagos que desempeñan un papel crucial en la homeostasis y remodelación ósea. Se piensa que los osteomac se encuentran relacionados con los osteoblastos y las células troncales mesenquimales en el microambiente óseo y colaboran en la formación y mantenimiento del hueso, así como en la cicatrización de fracturas.

La estimulación vibratoria sinusoidal a 20 y 60 Hz tuvo efectos en todas las líneas celulares estudiadas. Inicialmente, hubo efectos negativos en la viabilidad de los osteoblastos, los cuales se regularizaron después de 72 horas, subrayando la importancia de la mecanosensibilidad en la arquitectura ósea. Estudios similares reportan que las frecuencias entre 30 y 90 Hz no causan efectos tóxicos sobre osteoblastos *in vitro* y activan la vía del receptor de estrógeno  $\alpha^{24}$ . También estimulan la osteogénesis en mscs derivadas de médula ósea y tejido adiposo, con mayores efectos observados entre 40 y 50 Hz<sup>11,24</sup>.

En las mscs derivadas de la pulpa dental (DPSCs) y mscs derivadas de tejido gingival (GMSCs), la estimulación vibratoria tuvo efectos positivos sobre la viabilidad, siendo más notable en DPSCs a 60 Hz. En tanto, las GMSCs mostraron respuestas similares entre el grupo no vibrado y los vibrados, debido quizás a que el tejido gingival tiene una mayor exposición a estímulos físicos y químicos por lo que podría ser más resistente a la estimulación mecánica. Los efectos observados en las DPSCs sugieren que la terapia vibratoria podría prevenir cambios en la pulpa dental durante el tratamiento ortodóntico. Por consiguiente, se propone la modificación de las frecuencias utilizadas para evitar posibles efectos secundarios<sup>25,26</sup>.

Se ha observado que las vibraciones entre 30 y 90 Hz estimulan la diferenciación osteogénica de las mscs y las frecuencias de 30 Hz inducen la expresión de RANKL a través de la vía de la ciclooxygenasas y prostaglandina 2 (COX/PGE2), moléculas relacionadas con el dolor<sup>27</sup>. Lo anterior podría justificar el uso de dispositivos vibratorios para controlar el dolor durante los tratamientos de ortodoncia.

El proceso de diferenciación osteoblástica incluye proliferación, depósito, y maduración y mineralización de la matriz extracelular (Figura 2), lo cual requiere de procesos de proliferación y migración celular. Estudios en mscs de ligamento periodontal muestran que la vibración de

baja magnitud y alta frecuencia promueve proliferación, migración y diferenciación osteogénica<sup>15</sup>. En el presente estudio, pese a que no se encontraron diferencias estadísticas entre el número de células por campo entre grupos vibrados y no vibrados, sí se observó que tanto los osteoblastos como las mscs se distribuyen abordando áreas más extensas en el plato de los grupos vibrados, por lo que la estimulación podría tener efectos sobre la migración celular, lo que requiere un estudio más a profundidad. Igualmente, tanto las mscs como los osteoblastos formaron estructuras intercelulares extensas, reflejando una característica fenotípica de arquitecturas complejas, similar a lo que ocurre en el tejido óseo<sup>28,29</sup>.

Los estudios *in vitro* muestran variabilidad en los parámetros utilizados, dificultando conclusiones definitivas<sup>10,30</sup>. No obstante, magnitudes por debajo de 1 gravedad y frecuencias entre 20 y 100 Hz estimulan la diferenciación osteogénica en mscs<sup>10,16,31</sup>. Una de las limitantes de nuestro estudio fue que no se estudiaron tanto los cultivos en condiciones de diferenciación, o por un periodo más largo de tiempo, por lo que sería importante explorar los efectos de la vibración bajo diferentes condiciones de diferenciación en las células estudiadas.

## CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio, junto con investigaciones previas, sugieren que las vibraciones de baja magnitud y alta frecuencia pueden ser un tratamiento no invasivo y económico en ortodoncia. En particular la frecuencia de 20 y 30 Hz, que es la sugerida para la utilización de dispositivos como AcceleDent® parece ser la adecuada para el tejido óseo. Se necesitan estudios más extensos que aborden los efectos de la terapia en mscs derivadas de tejidos dentales, para conocer los mecanismos por los cuales esta terapia influye en la biología celular de la remodelación ósea, así como un mayor número de ensayos clínicos para optimizar los protocolos de su aplicación.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por UNAM-DGAPA-PAPIIT-IN223521. Y cuenta con la aprobación del comité de investigación de la Facultad de Odontología-UNAM CIE/0102/05/2023.

## CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés asociado con el presente trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Talic NF. Adverse effects of orthodontic treatment: A clinical perspective. *Saudi Dent J*. 2011; 23(2): 55-59. DOI: 10.1016/j.sdentj.2011.01.003
2. Felemban OM, Alharabi NT, Alamoudi RA, Alturki GA, Helal NM. Factors influencing the desire for orthodontic treatment among patients and parents in Saudi Arabia: A cross-sectional study. *J Orthod Sci*. 2022; 11(1): 25. DOI: 10.4103/jos.jos\_181\_21

3. Yamasaki K, Shibata Y, Imai S, Tani Y, Shibasaki Y, Fukuhara T. Clinical application of prostaglandin E1 (pge1) upon orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1984; 85(6): 508-518. DOI: 10.1016/0002-9416(84)90091-5
4. Judex S, Pongkitwitoon S. Differential efficacy of 2 vibrating orthodontic devices to alter the cellular response in osteoblasts, fibroblasts, and osteoclasts. *Dose Response.* 2018; 16(3): 1559325818792112. DOI: 10.1177/1559325818792112
5. Mostafa YA, Fayed MMS, Mehanni S, ElBokle NN, Heider am. Comparison of corticotomy-facilitated vs standard tooth-movement techniques in dogs with miniscrews as anchor units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 136(4): 570-577. DOI: 10.1016/j.ajodo.2007.10.052
6. Veronick JA, Assanah F, Piscopo N, Kutes Y, Vyas V, Nair LS, et al. Mechanically loading cell/hydrogel constructs with low-intensity pulsed ultrasound for bone repair. *Tissue Eng Part A.* 2018; 24(3-4): 254-263. DOI: 10.1089/ten.TEA.2016.0547
7. Woodhouse NR, DiBiase AT, Papageorgiou SN, Johnson N, Slipper C, Grant C, et al. Supplemental vibrational force does not reduce pain experience during initial alignment with fixed orthodontic appliances: a multicenter randomized clinical trial. *Sci Rep.* 2015; 5(1): 17224. DOI: 10.1038/srep17224
8. Chung SL, Leung KS, Cheung WH. Low-magnitude high-frequency vibration enhances gene expression related to callus formation, mineralization and remodeling during osteoporotic fracture healing in rats. *J Orthop Res.* 2014; 32(12): 1572-1579. DOI: 10.1002/jor.22715
9. Wu SH, Zhong ZM, Chen JT. Low-magnitude high-frequency vibration inhibits rankl-induced osteoclast differentiation of raw264.7 cells. *Int J Med Sci.* 2012; 9(9): 801-807. DOI: 10.7150/ijms.4838
10. McClarren B, Olabisi R. Strain and vibration in mesenchymal stem cells. *Int J Biomater.* 2018; 8686794. DOI: 10.1155/2018/8686794
11. Marędzia M, Lewandowski D, Tomaszewski KA, Kubiak K, Marycz K. The effect of low-magnitude low-frequency vibrations (lmf) on osteogenic differentiation potential of human adipose derived mesenchymal stem cells. *Cell Mol Bioeng.* 2017; 10(6): 549-562. DOI: 10.1007/s12195-017-0501-z
12. Beckingham LJ, Todorovic M, Tello Velasquez J, Vial ML, Chen M, Eckberg JAK, et al. Three-dimensional cell culture can be regulated by vibration: low-frequency vibration increases the size of olfactory ensheathing cell spheroids. *J Biol Eng.* 2019; 13: 41. DOI: 10.1186/s13036-019-0176-1
13. Broadbent S, Rousseau JJ, Thorp RM, Choate SL, Jackson FS, Rowlands DS. Vibration therapy reduces plasma IL6 and muscle soreness after downhill running. *Br J Sports Med.* 2010; 44(12): 888-894. DOI: 10.1136/bjsm.2008.052100
14. de la Rosa-Ruiz MP, Álvarez-Pérez MA, Cortés-Morales VA, Monroy-García A, Mayani, H, Frago-so-González, G, et al. Mesenchymal stem/stromal cells derived from dental tissues: A comparative in vitro evaluation of their immunoregulatory properties against T cells. *Cells.* 2019; 8(12): 1491. DOI: 10.3390/cells8121491
15. Zhang C, Li J, Zhang L, Zhou Y, Hou W, Quan H, et al. Effects of mechanical vibration on proliferation and osteogenic differentiation of human periodontal ligament stem cells. *Arch Oral Biol.* 2012; 57(10): 1395-1407. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2012.04.010
16. Mohseni M, Vahidi B, Azizi H. Computational simulation of applying mechanical vibration to mesenchymal stem cell for mechanical modulation toward bone tissue engineering. *Proc Inst Mech Eng H.* 2023; 237(12): 1377-1389. DOI: 10.1177/09544119231208223
17. Bakdach WMM. Effectiveness of supplemental vibrational force in reducing pain associated with orthodontic treatment: a systematic review. *Quintessence Int.* 2020; 51(9): 742-752. DOI: 10.3290/j.qi.a44497
18. Jepsen DB, Thomsen K, Hansen S, Jørgensen NR, Masud T, Ryg J. Effect of whole-body vibration exercise in preventing falls and fractures: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2017; 7(12): e018342. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-018342

19. Omidvar M, Alavinia SM, Craven BC. The effects of whole body vibration therapy on reducing fat mass in the adult general population: A systematic review and meta-analyses. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2019; 19(4): 455-464. PMID: 31789296
20. Chow SKH, Ho CY, Wong HW, Chim YN, Wong RMY, Cheung WH. Efficacy of low-magnitude high-frequency vibration (lmhfv) on musculoskeletal health of participants on wheelchair: a study protocol for a single-blinded randomised controlled study. *BMJ Open.* 2020; 10(12): e038578. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-038578
21. Reiss S, Chouinard MC, Frias Landa D, Nanda R, Chandhoke T, Sobue T, *et al.* Biomarkers of orthodontic tooth movement with fixed appliances and vibration appliance therapy: a pilot study. *Eur J Orthod.* 2020; 42(4): 378-386. DOI: 10.1093/ejo/cjaa026
22. Crane JL, Cao X. Bone marrow mesenchymal stem cells and tgf- $\beta$  signaling in bone remodeling. *J Clin Invest.* 2014; 124(2): 466-472. DOI: 10.1172/JCI70050
23. Ilas DC, Churchman SM, McGonagle D, Jones E. Targeting subchondral bone mesenchymal stem cell activities for intrinsic joint repair in osteoarthritis. *Future Sci OA.* 2017; 3(4): FSO228. DOI: 10.4155/fsoa-2017-0055
24. Steppe L, Krüger BT, Tschaffon MEA, Fischer V, Tuckermann J, Ignatius A, *et al.* Estrogen receptor  $\alpha$  signaling in osteoblasts is required for mechanotransduction in bone fracture healing. *Front Bioeng Biotechnol.* 2021; 9: 782355. DOI: 10.3389/fbioe.2021.782355
25. Kim IS, Song YM, Lee B, Hwang SJ. Human mesenchymal stromal cells are mechanosensitive to vibration stimuli. *J Dent Res.* 2012; 91(12): 1135-1140. DOI: 10.1177/0022034512465291
26. García-López S, Villanueva RE, Massó-Rojas F, Páez-Arenas A, Meikle MC. Micro-vibrations at 30 Hz on bone cells cultivated in vitro produce soluble factors for osteoclast inhibition and osteoblast activity. *Arch Oral Biol.* 2020; 110: 104594. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2019.104594
27. Lau E, Al-Dujaili S, Guenther A, Liu D, Wang L, You L. Effect of low-magnitude, high-frequency vibration on osteocytes in the regulation of osteoclasts. *Bone.* 2010; 46(6): 1508-1515. DOI: 10.1016/j.bone.2010.02.031
28. Robey P. "Mesenchymal stem cells": Fact or fiction, and implications in their therapeutic use. *F1000Res.* 2017; 6. DOI: 10.12688/f1000research.10955.1
29. Haffner-Luntzer M, Liedert A, Ignatius A. Mechanobiology of bone remodeling and fracture healing in the aged organism. *Innov Surg Sci.* 2016; 1(2): 57-63. DOI: 10.1515/iss-2016-0021
30. Campsie P, Childs PG, Robertson SN, Cameron K, Hough J, Salmeron-Sanchez M, *et al.* Design, construction and characterisation of a novel nanovibrational bioreactor and cultureware for osteogenesis. *Sci Rep.* 2019; 9(1): 12944. DOI: 10.1038/s41598-019-49422-4
31. Ota T, Chiba M, Hayashi H. Vibrational stimulation induces osteoblast differentiation and the upregulation of osteogenic gene expression in vitro. *Cytotechnology.* 2016; 68(6): 2287-2299. DOI: 10.1007/s10616-016-0023-x



Caso clínico

## Uso de código QR en prótesis ocular: presentación de un caso

José F Torres-Terán<sup>1</sup>, Silvia L Correa-Castelán<sup>1</sup>, Eileen Uribe-Querol<sup>2</sup>,  
Fabiola Salgado-Chavarría<sup>3</sup>, Luis P Cruz-Hervert<sup>4</sup>,  
Febe C Vázquez-Vázquez<sup>5</sup>, Luis A Flores-Espinosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Clínica de Prótesis Maxilofacial, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup> Laboratorio de Biología del Desarrollo, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup> Clínica de Cirugía Oral y Maxilofacial, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>4</sup> Clínica de Ortodoncia, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>5</sup> Laboratorio de Materiales Dentales, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México.

**Autor de correspondencia:**

Luis A Flores-Espinosa

E-mail: luis.cito@fo.odonto.unam.mx

**Recibido:** 29 septiembre 2024

**Aceptado:** 3 diciembre 2024

**Citar como:**

Torres-Terán JF, Correa-Castelán SL, Uribe-Querol E, Salgado-Chavarría F, Cruz-Hervert LP, Vázquez-Vázquez FC, et al. Uso de código QR en prótesis ocular: Presentación de un caso [Use of QR Code in Ocular Prosthesis: A Case Report]. *Rev Odont Mex*. 2025; 29(1): 24-31. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2025.29.1.89733

## RESUMEN

**Introducción:** Existen dos métodos para identificar mediante una marca, las prótesis oculares fabricadas con resina acrílica de polimetilmetacrilato, el de superficie y el de inmersión. En el

método de superficie, los datos se graban en relieve sobre la prótesis terminada y en el método de inmersión, una etiqueta informativa se encapsula con resina acrílica. Actualmente, un código QR permite almacenar información y tener acceso a ella de manera muy sencilla y rápida. Dicho código ya se emplea en la Odontología para identificar prótesis de cavidad oral. **Objetivo:** Presentar por primera vez, el uso de un código QR en una prótesis ocular. **Presentación del caso:** Paciente femenina de 34 años con pérdida ocular izquierda por trauma a la edad de año y medio. La prótesis ocular se elaboró y el código QR fue diseñado y colocado en la prótesis mediante el método de inmersión. La paciente refiere aceptación de la prótesis y agrado porque su prótesis cuenta con un código QR que le permitirá el seguimiento de su tratamiento más fácilmente. **Conclusiones:** El uso del código QR en las prótesis oculares es una forma innovadora, eficaz, accesible y rentable que permitirá dar seguimiento tanto a la prótesis como al paciente que la porta.

**Palabras clave:** Código QR, prótesis ocular, resina acrílica PMMA, impresión laser.

## INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1960, el uso de códigos de barras se implementó en Japón para la identificación de productos de uso cotidiano, y han sido muy útiles para el manejo de ciertos productos. Sin embargo, la cantidad de información que se puede guardar es de solo veinte caracteres alfanuméricos<sup>1</sup>. Ante la necesidad de aumentar el número de caracteres de información para la descripción de los productos, la compañía Denso Wave Incorporated, anunció en 1994, el lanzamiento de su código de respuesta rápida o código QR (en inglés Quick Response). El código QR es un tipo de código de barras bidimensional, capaz de almacenar hasta un máximo de 4296 caracteres alfanuméricos de información, en dirección vertical y horizontal<sup>1-5</sup>. El código QR se visualiza como cuadros negros y blancos llamados módulos<sup>5,6</sup>. Tres módulos se ubican en las esquinas y posicionan la información. Junto a dos de ellos, se sitúa la información de la versión y junto al tercero, la información del formato<sup>3</sup>. Gracias a la detección de patrones de posición es posible la lectura omnidireccional del código QR. Además, posee funciones integradas de corrección de errores que permiten leerlos incluso cuando están parcialmente oscurecidos<sup>1-4</sup>. El código QR es detectado por un sensor de imagen a través de la cámara de dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o *tablets*. La imagen es analizada digitalmente por un sistema operativo ya sea Android o iOS<sup>2</sup>.

La información almacenada en un código QR es muy amplia y por tanto se usa para diversos fines. Por ejemplo, guardar direcciones de páginas en internet, imágenes, texto y correos electrónicos<sup>4-7</sup>. En las ciencias de la salud, las aplicaciones del código QR incluyen su uso como herramienta educativa, el etiquetado de medicamentos, la difusión de información y el acceso a expedientes clínicos<sup>7-9</sup>. En el área odontológica, el código QR se ha utilizado en prótesis dentales removibles elaboradas con resina acrílica de polimetilmetacrilato (PMMA) termopolimerizable. La información del código QR en la prótesis sirve para identificar al paciente, para dar seguimiento de la prótesis y su alcance se puede extender hasta en las investigaciones médico-legales y del ámbito forense<sup>2,10-13</sup>. Más aún, en la norma número 12 de la Asociación Dental Estadounidense (*American Dental Association, ADA*) se encuentran las especificaciones de marcado de prótesis, que incluyen: 1) utilizar un método simple de marcado, resistente a altas temperaturas y a productos químicos, 2) evitar debilitar la prótesis y 3) evitar comprometer la estética de la

prótesis<sup>11,14,15</sup>. Existen dos métodos para marcar las prótesis fabricadas con resina acrílica de PMMA, el de superficie y el de inmersión. En el método de superficie, los datos se graban en relieve sobre la prótesis terminada y en el método de inmersión, una etiqueta informativa se encapsula con resina acrílica en el cuerpo de la prótesis, lo que otorga una superficie final lisa<sup>2,16</sup>.

La resina acrílica de PMMA es también utilizada para la elaboración de prótesis oculares<sup>17-19</sup>. Sin embargo, en estas prótesis no se ha implementado el uso del código QR para identificación de la prótesis y el seguimiento del paciente. Es así que el objetivo del presente trabajo es mostrar una manera de implementar el uso del código QR para dicho fin. El marcado con código QR es de gran utilidad ya que a través del número de serie que se obtiene del código QR, se puede tener acceso a la información de cada paciente y del seguimiento de su rehabilitación. La información incluye la etiología del defecto ocular, fechas de intervenciones quirúrgicas, diagnóstico principal y fecha de la colocación de la última prótesis ocular. A continuación se presenta el primer caso clínico donde se colocó una prótesis ocular con código QR.

## PRESENTACIÓN DEL CASO CLÍNICO

Una paciente femenina de 34 años se presentó a la Clínica de Prótesis Maxilofacial, de la División de Estudios de Posgrado e Investigación en la Facultad de Odontología, de la Universidad Nacional Autónoma de México para la elaboración de una prótesis ocular izquierda. En el interrogatorio inicial, la paciente refirió que, al año y medio de edad, tuvo un accidente en el ojo izquierdo que progresó a *ptisis bulbi*. Posteriormente, a la edad de 10 años, presentó sintomatología dolorosa cuyo tratamiento fue una cirugía de evisceración ocular con colocación de implante orbitario y rehabilitación con prótesis ocular. Más tarde, a la edad de 16 años, su cuerpo rechazó dicho implante y éste fue retirado de la cavidad orbitaria. A la edad de 30 años, su párpado inferior comenzó a deformarse de manera tal que cualquier prótesis ocular se desalojaba de la cavidad. Para mejorar las condiciones físicas y estéticas de su cavidad orbitaria, la paciente se sometió a cirugía oculoplástica, teniendo éxito hasta ese momento. Todos sus antecedentes heredo-familiares, patológicos y personales no son relevantes para el padecimiento actual.

La paciente presentó asimetría facial acentuada en el tercio medio. La asimetría fue causada por la cirugía de evisceración del globo ocular izquierdo hace 24 años, que causó una cavidad anoftálmica. La distancia de canto interno a canto externo de la cavidad izquierda fue 7 mm menor que la cavidad derecha debido a la cicatrización de la cavidad izquierda, posterior a la cirugía. La cavidad presentó una conjuntiva clínicamente sana, sin inflamación o síntomas relacionados con infección o alguna otra patología. La paciente refirió lágrima transparente y de consistencia acuosa. A su vez, los párpados se observaron clínicamente sanos, con un color uniforme en su superficie, sin inflamación o síntomas relacionados con infección o alguna otra patología (Figura 1. A).

Previo a la colocación del QR en la prótesis de la paciente, se realizó una prueba de colocación del código QR sobre un disco de 16.5 mm de largo y 4 mm de espesor, fabricado con resina de PMMA termopolimerizable (Opti-Cryl® Heat-cure, New Stetic S.A., Guarne, Antioquia, Colombia). El disco fue teñido con aceite de titanio blanco de aproximadamente 2 mm de espesor abrasivo, utilizando un micromotor y una piedra rosa montada en un cilindro. Luego, el código QR fue colocado sobre la superficie del disco, encapsulado y tratado con resina acrílica transparente termopolimerizable de PMMA mediante polimerización tradicional. El disco se pulió al alto brillo y el código QR pudo ser decodificado sin problemas mediante la cámara de dispositivos móviles.

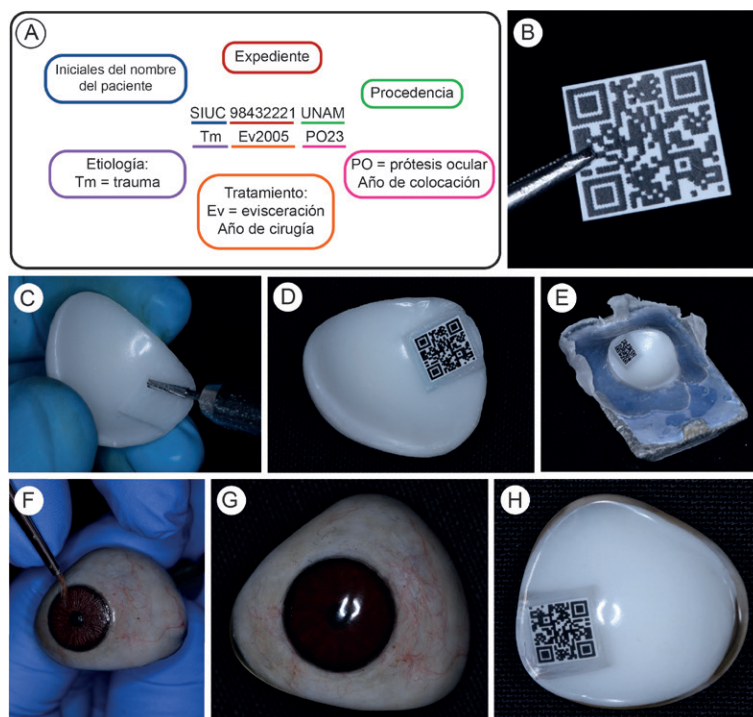
El código QR para la prótesis de la paciente se creó utilizando la aplicación QR4Office de Michael A. Zlatkovsky, a través del programa Microsoft® Excel (Microsoft Corporation, Redmond, USA). En la aplicación se incluyeron, el valor mínimo para tamaño, en corrección de error se usó low-7% y se usó la opción de texto. En la opción de texto se ingresaron 31 caracteres que corresponden a los siguientes datos: iniciales del nombre de la paciente, número de expediente, procedencia clínica, etiología del defecto, año y tipo de tratamiento de la cavidad ocular y el año de elaboración de la prótesis ocular (Figura 2. A). Los datos presentados en este trabajo son supuestos para resguardo de datos personales de la paciente.

En el caso de la prótesis para la paciente, un conformador fue preparado con base en la técnica UNAM para prótesis oculares<sup>20</sup>. Primero, se seleccionó un conformador ocular blanco con la forma correspondiente a las características de la cavidad anoftálmica, se ubicó el centro pupilar y el tamaño de iris, teniendo como referencia del ojo contralateral (Figura 1. B). Enseguida, el conformador se enmufló de la siguiente manera, se preparó yeso dental tipo III siguiendo instrucciones del fabricante y se vertió en una mufla metálica. Las burbujas de aire se eliminaron utilizando un vibrador de yeso de laboratorio por 60 segundos. Luego, se colocó el conformador ocular y se dejó fraguar durante 45 minutos. Después, se aplicó una capa de separador de yeso-acrílico sobre el yeso, se colocó la contramufla, se vertió nuevamente yeso dental tipo III y se dejó fraguar durante 45 minutos. Pasado este tiempo, se retiró el conformador ocular de la mufla y se le realizó un desgaste en la zona más plana de la parte posterior, utilizando una fresa quirúrgica de carburo de tungsteno 701L y micromotor, a profundidad de 2 mm aproximadamente, de forma cuadrada y con dimensiones de 8 mm por lado. El código QR de 6.0 × 6.0 mm generado se imprimió con una impresora láser (ZT610, Zebra Technologies Corporation, Lincolnshire, USA) en papel estucado brillante de 180 g (Papel Couchê Brilho 180g Branco A4 21 x 29.7cm 50 FL, Jotapel, Santo André, Brasil) (Figura 2. B). El código QR se colocó en una posición completamente plana en la cara que estará dentro de la cavidad ocular (Figura 2. C), se cubrió con plástico autoadhesivo (Figura 2. D) y se enmufló (Figura 2. E). Posteriormente, en el conformador se caracterizaron la pupila, el iris y la esclera teniendo como referencia el ojo derecho de la paciente (Figura 2. F) y finalmente se selló (Figura 2. G). A continuación, para encapsular este caracterizado, se colocó separador yeso-acrílico sobre el yeso de la mufla y sobre la contramufla. La resina acrílica PMMA transparente termopolimerizable se preparó en proporción por volumen 3:1 y en fase plástica, se colocó sobre el código QR. De manera inmediata, se colocó la prótesis en la mufla y se prensó con prensa neumática a 1500 PSI durante 10 minutos. Enseguida, la mufla se cambió a una prensa manual para polimerizar el acrílico con técnica convencional; es decir, se sumergió en un recipiente en baño maría hasta alcanzar una temperatura no mayor a los 100°C, durante 120 minutos. La prótesis se pulió por la parte interna al alto brillo con un motor de banco con discos de manta, pasta pulidora a base de polvo (Policryl, MDC® Dental, Zapopan, Mexico) y pasta blanco de España. Después, se probó que el código QR pudiera ser decodificado por la cámara del dispositivo móvil de manera correcta (Figura 2. H). Finalmente, la prótesis fue colocada en la cavidad anoftálmica de la paciente (Figura 1. C). La paciente usa anteojos, que ayudan como medio de distracción visual (Figura 1. D).

La implementación del código QR en la prótesis ocular de la paciente cumplió satisfactoriamente con el objetivo inicial pues al ser posible su lectura e interpretación con la cámara de diversos dispositivos móviles se logra tener acceso a los datos de la paciente, del defecto ocular y de la prótesis misma. La técnica de inmersión del código QR en la prótesis ocular no afecta la estética que refleja la prótesis en la paciente, ni afecta las características de forma y función de la prótesis.



**Figura 1.** Fotografías en vista frontal de la Rehabilitación con la prótesis ocular izquierda que contiene el código qr. **A.** Hallazgos clínicos. **B.** Colocación del conformador. **C.** Colocación de la prótesis con código qr. **D.** Colocación de la prótesis con código qr y anteojos.



**Figura 2.** Elaboración de prótesis ocular con código qr. **A.** Información contenida en el código qr. **B.** Impresión del código qr de 6 x 6 mm. **C.** Desgaste de la prótesis ocular. **D.** Cubierta con plástico autoadhesivo. **E.** Enmuflado. **F.** Caracterización de la pupila, el iris y la esclera teniendo como referencia el ojo derecho de la paciente. **G.** Encapsulado parte frontal de la prótesis ocular. **H.** Encapsulado parte posterior de la prótesis ocular donde se aprecia el código qr legible.

La calidad de vida de la paciente mejoró ya que la paciente mencionó estar agradecida y conforme con su rehabilitación ocular.

Los códigos qr son herramientas versátiles que también permiten un beneficio al paciente. Estamos trabajando para incluir en el código la información para llevar al paciente a una página

web donde pueda revisar el cuidado de su prótesis y la forma de colocarla. Cada paciente decide si este código se coloca en su prótesis y firma un consentimiento informado para ello. Además, se les explica cómo leer este código con su dispositivo móvil. Los datos personales son resguardados mediante un aviso de privacidad integral de la Facultad de Odontología.

## DISCUSIÓN

El uso del código QR como medio de marcaje para prótesis dentales removibles ha sido aceptado por ser sencillo, preciso, con variedad de información en su contenido, barato y fácil de crear<sup>10</sup>. Además, el código QR se puede imprimir en multitud de superficies como papel, plástico o metal. El código QR ha sido ponderado en la actualidad como una tecnología idónea en situaciones donde el paciente cuenta con bajo presupuesto para dar seguimiento a su prótesis<sup>14,18</sup>. Asimismo, ciertos autores los consideran una tecnología *low-cost* por lo que, el uso del código QR en prótesis oculares, podría ser implementado a nivel institucional con el propósito de control e identificación de los pacientes y de seguimiento de sus tratamientos<sup>9</sup>. La técnica de elaboración de prótesis oculares con el uso del código QR que se reporta, se caracteriza por ser factible para ser aplicada por el protesista maxilofacial ya que la forma y estética de la prótesis ocular no se ve afectada por la incorporación del código QR.

A pesar de que el código QR se ha usado en prótesis dentales, la calidad de la lectura del código QR no es la misma que presentamos en este trabajo. En el caso de las prótesis dentales, una vez procesada la prótesis, se realiza un desgaste con las dimensiones previstas, y se incluye el código QR en el encapsulado final con resina acrílica transparente autopolimerizable. Este doble procesamiento impide la correcta lectura del código QR<sup>10,12</sup>. En cambio, en nuestro caso, una peculiaridad del procesamiento de la resina acrílica transparente termopolimerizable es que se realiza en una sola fase, con el código QR inmerso en el cuerpo de la prótesis ocular. Al procesar la prótesis de esta forma, no se afecta su estructura física y la lectura del código QR se puede realizar sin problema, con la cámara fotográfica de distintos dispositivos móviles.

El criterio principal para la acertada interpretación del código QR es que para su lectura no exista distorsión alguna, por lo que la ADA ha recomendado la resistencia al calor y la estética de los métodos de marcado de prótesis dentales. En el presente trabajo, los materiales utilizados para la impresión y protección del código QR no se alteraron pese a la alta temperatura requerida en el termopolimerizado de la resina acrílica PMMA<sup>14</sup>. Otro criterio para la correcta lectura del código QR es la traslucidez final de la resina acrílica PMMA que encapsula al mismo, ya que de contener vetas y porosidades alteraría físicamente al código QR y no podría interpretarse correctamente. Por lo tanto, se requiere del adecuado manejo de los materiales dentales para obtener los resultados deseados.

Las limitaciones del uso del código QR radican en su tamaño de impresión, que es directamente proporcional a la cantidad de información que posee. El tamaño promedio del código QR impreso en papel es de 10.0 × 10.0 mm<sup>10,14</sup>. Sin embargo, si los datos son más concisos se genera un código QR de menor tamaño, como 9.0 × 9.0 mm. En el presente trabajo, se logró un código QR de tamaño mínimo de 6.0 × 6.0 mm, que las cámaras de los distintos dispositivos móviles pueden detectar e interpretar. Es importante poder obtener códigos QR pequeños pues ya que así lo determina el tamaño de la prótesis ocular. En caso de una prótesis muy pequeña, no es posible incorporar la misma cantidad de información en el código QR, con la consiguiente dificultad para ser escaneado por las cámaras fotográficas de los dispositivos móviles.

## CONCLUSIONES

El uso del código QR en prótesis oculares es una técnica innovadora y eficiente para consultar datos del paciente y su defecto ocular, lo que hace que sea un medio más, de donde obtener información de interés para el protesista maxilofacial y con ello, ofrecer al paciente seguimiento en su rehabilitación. Al ser accesible y económico, el uso del código QR en las prótesis oculares es viable para implementarse a nivel institucional con el propósito de control, identificación de los pacientes y seguimiento de la rehabilitación.

## AUTORIZACIÓN DEL USO DE IMAGEN

Se cuenta con la autorización escrita y firmada por la paciente para mostrar su rostro en las fotografías del presente caso clínico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. QRcode.com *History of QR Code*. [Internet]. [Consultado oct. 3, 2024]. Disponible en: <https://www.qrcode.com/en/history/>
2. Albrecht T, Plinkert PK. QR-Code? was ist das? *HNO*. 2011; 59: 1224-1225. DOI: 10.1007/s00106-011-2421-x
3. Meneses Fernández MD, Martín Gutiérrez J, Álvarez Martín E. Audiovisualización del papel. Usos del código QR para innovar en la industria periodística impresa. *Innovar*. 2014; 24: 67-80. DOI: 10.15446/innovar.v24n1spe.47547
4. Hoy MB. An introduction to QR codes: linking libraries and mobile patrons. *Med Ref Serv Q*. 2011; 30(3): 295-300. DOI: 10.1080/02763869.2011.590423
5. Yuan T, Wang Y, Xu K, Martin RR, Hu SM. Two-layer QR codes. *IEEE Trans Image Process*. 2019; 28(9): 4413-4428. DOI: 10.1109/TIP.2019.2908490
6. Hung SH, Yao CY, Fang YJ, Tan P, Lee RR, Sheffer A, et al. Micrography QR codes. *IEEE Trans Vis Comput Graph*. 2020; 26(9): 2834-2847. DOI: 10.1109/TVCG.2019.2896895
7. Brodie K, Madden LL, Rosen CA. Applications of quick response (QR) codes in medical education. *J Grad Med Educ*. 2020; 12(2): 138-140. DOI: 10.4300/JGME-D-19-00516.1
8. Toyohiro K, Yuki N, Shoko Y, Shiraishi T, Mamoru S, Daisuke I, et al. Development of flash cards to teach about lesions in the jaws and maxillary sinuses. *Oral Radiol*. 2021; 37(2): 231-235. DOI: 10.1007/s11282-020-00435-0
9. Queiroz CL, Bostock EM, Santos CF, Guimarães MA, Silva RHAD. A forensic identification case and DPid – can it be a useful tool? *J Appl Oral Sci*. 2017; 25(3): 346-353. DOI: 10.1590/1678-7757-2016-0175
10. Rojas-Torres J, Navarro-Cáceres P, Fonseca GM. Attitudes, perceptions, and preferences of individuals from Temuco (Chile) about denture marking. *J Forensic Sci*. 2018; 64(4): 1187-1195. DOI: 10.1111/1556-4029.13991
11. Mohan J, Kumar CD, Simon P. "Denture marking" as an aid to forensic identification. *J Indian Prosthodont Soc*. 2012; 12(3): 131-136. DOI: 10.1007/s13191-012-0125-x
12. Colvenkar S, Ravindra SV. Denture marking for forensic identification using laser-marked stainless steel quick response (QR) code. *Cureus*. 2022; 14(2): e22431. DOI: 10.7759/cureus.22431

13. Briem Stamm AD, Fernández Iriarte MA, Irazábal AS, Outes MS, Zemborain CR, Di Pietro SF, *et. al.* Análisis forense de códigos qr grabados con láser en prótesis dentales acrílicas. *Rev Fac Odontol (B. Aires)*. 2022; 37(85): 41-48. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1402386>
14. Rojas-Torres J, Cea M, Zhu YJ, Fonseca GM. Behavior of 4 types of paper with printed qr codes for evaluating denture marking in conditions of extreme heat. *J Prosthet Dent*. 2022; 127(4): 645-650. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.08.032
15. Bhardwaj A, Priya MS, Kannan SK, Singh S, Shaikh SBA, Fadaleh MA. Denture identification using individual national identification number of Saudi Arabia: An innovative inclusion method of casted metal. *J Forensic Dent Sci*. 2017; 9(1): 20-23. DOI: 10.4103/0975-1475.206484
16. Aguilar Ramírez R. Desarrollo de una técnica para la identificación de prótesis totales por medio de la inmersión de un código qr. [Tesis] México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2016. Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/152281>
17. Ruiters S, de Jong S, Mombaerts I. Bespoke ocular prostheses. *Eye*. 2019; 33(7): 1158-1160. DOI: 10.1038/s41433-019-0385-3
18. Cevik P, Dilber E, Eraslan O. Different techniques in fabrication of ocular prosthesis. *J Craniofac Surg*. 2012; 23(6): 1779-1781. DOI: 10.1097/SCS.0b013e31826701bb
19. Rokaya D, Kritsana J, Amornvit P, Dhakal N, Khurshid Z, Zafar MS, *et. al.* Magnification of iris through clear acrylic resin in ocular prosthesis. *J Funct Biomater*. 2022; 13(1): 29. DOI: 10.3390/jfb13010029
20. Jiménez R, Benavides A. Unidad V. Prótesis ocular. En: I Jankielewicz (ed.). *Prótesis buco-máximo-facial*. Barcelona: Quintessence; 2003. ISBN: 84-898773-29-1.

Caso clínico

## Tracción ortodóncica del incisivo central permanente superior impactado: Reporte de dos casos

Ximena Toledo-Pinto<sup>1</sup>, Juan Guillermo Valenzuela-Salas<sup>1</sup>,  
Paola Berdeja-Zamalloa<sup>2</sup>, Fernanda Monterey-Catalán<sup>3</sup>,  
María Ignacia Fratte-Otero<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Docente, Especialidad Ortodoncia y Ortopedia Dento Maxilofacial, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

<sup>2</sup> Cirujano Dentista, Escuela de Odontología, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad Mayor, Santiago de Chile.

<sup>3</sup> Cirujano Dentista, Facultad de Odontología, Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile.

<sup>4</sup> Cirujano Dentista, Facultad de Odontología, Universidad de los Andes, Santiago de Chile.

**Autor de correspondencia:**

Ximena Toledo Pinto

E-mail: xtoledo@odontologia.uchile.cl

**Recibido:** 30 septiembre 2023

**Aceptado:** 14 enero 2025

**Citar como:**

Toledo-Pinto X, Valenzuela-Salas JG, Berdeja-Zamalloa P, Monterey-Catalán F, Fratte-Otero MI. Tracción ortodóncica del incisivo central permanente superior impactado: Reporte de dos casos. [Orthodontic Traction of the Impacted Upper Permanent Central Incisor: Report of Two Cases]. *Rev Odont Mex.* 2025; 29(1): 32-42. DOI:10.22201/fo.1870199xp.2025.29.1.91514

### RESUMEN

**Introducción:** la impactación del incisivo central permanente superior es una condición poco frecuente; afecta entre el 0.05% y el 3-4% de los pacientes, se presenta comúnmente en dentición mixta. La impactación puede ser causada por factores obstructivos como dientes supernumerarios o traumatismos que afectan la formación radicular. Esta condición puede tener un impacto significativo en la estética, la función y la salud psicológica del paciente. La tracción ortodóncica

es una estrategia terapéutica efectiva para tratar estos casos. **Objetivo:** demostrar la eficacia del tratamiento ortodóncico-quirúrgico mediante tracción y control de torque en dientes impactados debido a la presencia de dientes supernumerarios. **Presentación de casos:** Caso 1: Paciente femenina de 9 años con dentición mixta temprana y ausencia del diente incisivo central superior izquierdo permanente. Se realizó la exposición quirúrgica y tracción ortodóncica utilizando un botón vestibular y brazo de tracción. La erupción del diente incisivo central superior izquierdo permanente se logró en aproximadamente 8 semanas, seguido de la instalación de aparatología fija para alineación. Caso 2: Paciente masculino de 8 años con dentición mixta temprana y diente incisivo central superior derecho permanente impactado. Se llevó a cabo una cirugía de exposición dentaria y tracción con disyuntor McNamara. La tracción permitió la erupción del diente incisivo central superior derecho permanente en 28 semanas, seguida de la colocación de aparatos fijos para la alineación. **Conclusiones:** La tracción ortodóncica, complementada con una adecuada intervención quirúrgica para la eliminación de obstrucciones, demostró ser efectiva en ambos casos, logrando la erupción de los incisivos impactados sin secuelas significativas. La planificación cuidadosa de la dirección y magnitud de la fuerza aplicada es crucial para un tratamiento exitoso. La intervención temprana es clave para evitar complicaciones y asegurar resultados estéticos y funcionales favorables.

**Palabras clave:** Impactación dentaria, tracción ortodóncica, exposición quirúrgica, ortodoncia quirúrgica

## INTRODUCCIÓN

El término impactación dental hace referencia a aquel diente con tres cuartos de formación radicular que no ha erupcionado en la cavidad oral en la cronología esperada, generando una alteración en la secuencia eruptiva<sup>1</sup>. La impactación del incisivo central superior permanente es de baja prevalencia, varía entre 0.05% a 3-4% a nivel mundial<sup>2</sup> y generalmente ocurre en la primera fase de dentición mixta<sup>1</sup>. Tiene como ventaja que puede ser diagnosticado fácilmente por los padres y/o tutores de los niños, debido a la ausencia notoria de éste en su arcada<sup>3</sup>. Sin embargo, cuando es detectada conlleva un gran impacto funcional, psicológico, social y por sobre todo estético para el paciente pediátrico<sup>1,2,4</sup>.

La etiología de la impactación del incisivo central superior permanente puede ser dividida en dos grupos: obstructiva o traumática. Dentro de las causas obstructivas se describe la presencia de supernumerarios, odontomas, lesiones patológicas, encía fibrótica, o falta de espacio como consecuencia de una compresión maxilar<sup>5,6</sup>, siendo los *mesiodens* la causa más común<sup>2</sup>. Por otra parte, el trauma dentario a temprana edad previo a la erupción de los dientes permanentes daña las células encargadas de la formación de la raíz de germen dentario no erupcionado, afectando su orientación y grado de desarrollo<sup>5</sup>, lo que puede dar lugar a dientes ectópicos, dilaceraciones y anquilosis<sup>1</sup>. Causas idiopáticas como anomalías de forma, descoordinación entre la rizálisis del diente deciduo y la erupción del diente sucesor y anquilosis, también son descritas en la etiología de la impactación de estos dientes<sup>6</sup>.

Como consecuencias de la impactación del incisivo central superior permanente, se describen la reducción del perímetro del arco con desplazamiento mesial de los dientes adyacentes, desviación de la línea media, lesiones en dientes vecinos, quistes e implicaciones estéticas y

funcionales por la ausencia del diente anterior<sup>7</sup>. El abordaje terapéutico debe implicar la identificación de su causa y en este sentido realizar un adecuado y oportuno diagnóstico<sup>8</sup> que debe ser complementado con la utilización de exámenes imagenológicos complementarios, tales como una ortopantomografía y/o una tomografía computarizada de haz cónico (*Cone Beam Computerized Tomography* o CBCT, por sus siglas en inglés) para verificar la presencia y posición del diente impactado, evaluar morfología y estructura del diente impactado y evaluación de obstáculos o lesiones patológicas. El CBCT es el elemento más preciso para determinar un plan de tratamiento para la impactación dental. Proporciona información más precisa de la ubicación y relación dental con respecto a estructuras adyacentes<sup>1,9</sup>.

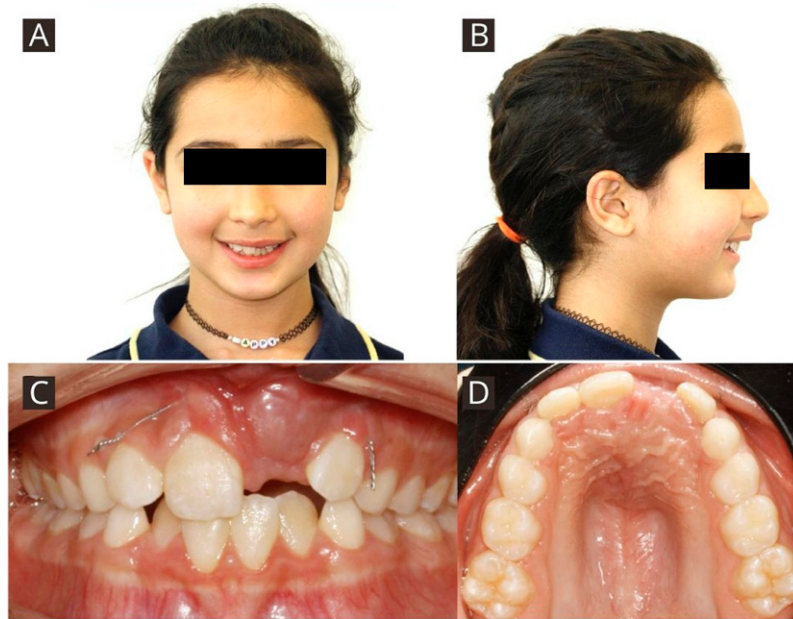
Dentro de las opciones de tratamiento para los incisivos maxilares impactados, se describe la creación de espacio espontáneo para la erupción, exposición quirúrgica y tracción ortodóncica o extracción del incisivo impactado seguida por rehabilitación prostodóntica. La tracción ortodóncica se ha reportado como aquel tratamiento con resultados más favorables tanto estética como funcionalmente<sup>3,4</sup>. La exposición quirúrgica de un diente impactado puede realizarse mediante una técnica abierta o cerrada. Se ha discutido que una técnica abierta podría presentar inconvenientes estéticos por la cicatrización de los tejidos blandos y el contorno gingival que podría quedar irregular. La técnica de exposición quirúrgica cerrada se realiza mediante la cementación de un botón para luego cubrir nuevamente el diente y así idealmente permitir que el tejido gingival no se vea afectado, sin embargo, podría presentar inconvenientes como posible anquilosis, un movimiento más lento y una mecánica de ortodoncia más difícil de realizar<sup>10</sup>.

El propósito de esta presentación es exponer dos casos de pacientes en dentición mixta primera fase, los cuales fueron parte de un tratamiento ortodóncico-quirúrgico mediante tracción y control de torque de un incisivo central superior permanente ectópico e impactado, causado por un diente supernumerario.

## PRESENTACIÓN DE CASOS CLÍNICOS

### CASO 1

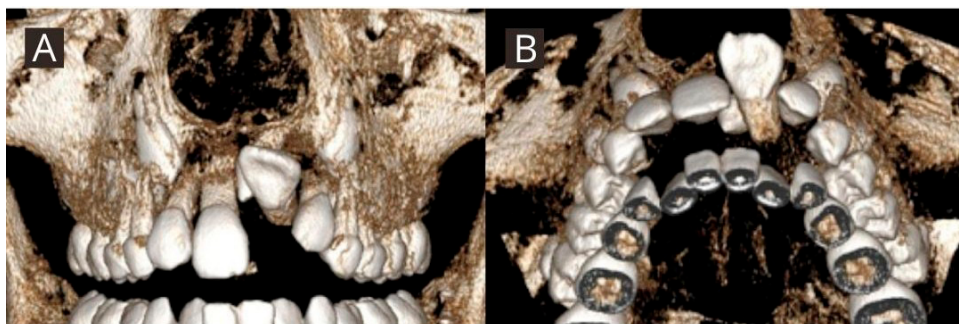
Paciente de género femenino de 9 años de edad, sin antecedentes mórbidos, perfil convexo, clase II esquelética. En el análisis intraoral se observó dentición mixta primera fase, ausencia del diente 21, neutroclusión molar bilateral, discrepancia óseo-dentoalveolar moderada superior y severa inferior, relación transversal favorable, línea media dentaria superior desviada un milímetro a la izquierda respecto a la línea facial y la línea media dentaria inferior centrada con la línea media facial (Figura 1. A-D). En el análisis con CBCT, realizado con el software Nemotec® se observó el diente 21 en evolución intraósea en una posición alta, horizontal y paralelo al plano oclusal, con formación radicular incompleta, con una distancia de 26.39 milímetros al borde incisal del incisivo central contralateral, y asociado a este se encontró un diente supernumerario en posición alta en relación con el piso de fosas nasales, de forma coronaria cónica ubicado hacia palatino (Figura 2. A-B). En la primera fase de tratamiento, se inició por la desinclusión del diente supernumerario y luego se abordó el diente 21 mediante una exposición quirúrgica cerrada realizada por un cirujano maxilofacial, en el mismo acto quirúrgico se instaló un botón vestibular y uno palatino de refuerzo con ligadura de acero inoxidable de 0.9 Ferderhard (FH) para la tracción. Se realizó instalación de biteblock céntrico, el cual consistió en un dispositivo interoclusal cementado confeccionado en articulador digital para mantener la funcionalidad masticatoria y evitar contactos prematuros, y que tiene un botón central para otorgar rigidez



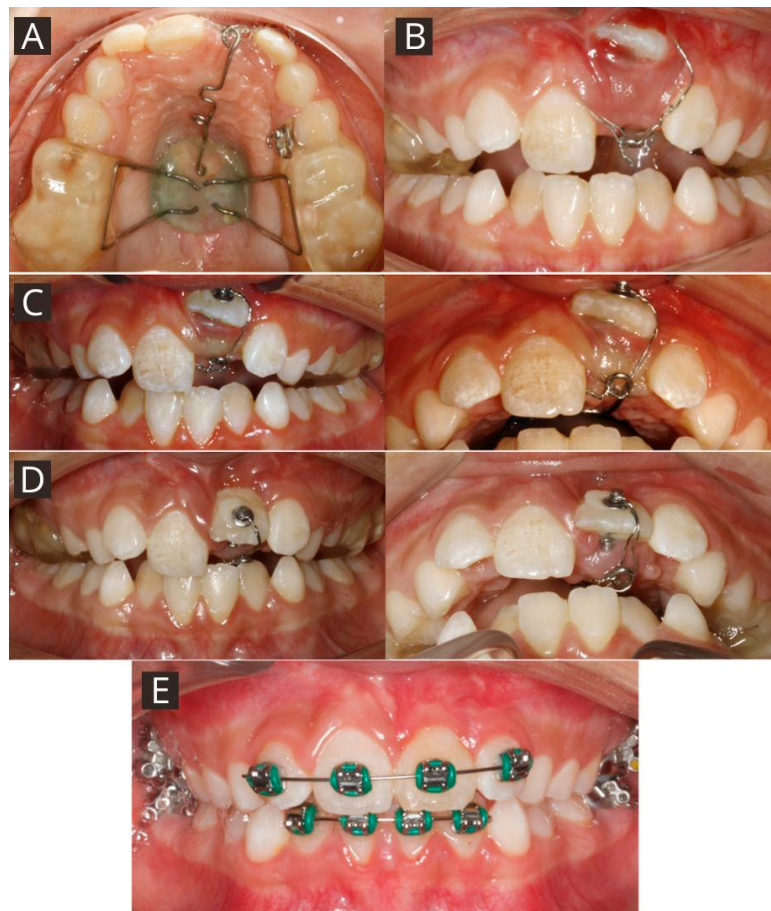
**Figura 1. Fotografías iniciales. A. Extraoral frontal. B. Extraoral de perfil. C. Intraoral frontal. D. Intraoral oclusal superior.**

que fue activado  $\frac{1}{4}$  de vuelta a diario por 12 días. Desde este botón se confeccionó un brazo de tracción en alambre de acero inoxidable de calibre 0.8 FH, realizando la activación de la tracción 15 días posterior a la cirugía cada cuatro semanas, dejando la encía del reborde marginal levemente isquémica con una fuerza de aproximadamente 50 gramos (Medidor de tensión  $\nu\tau s\gamma i q\iota$  model ATG-500-2 °) (Figura 3. A-B).

Al control de cuatro semanas se observó exposición de un tercio coronario del diente 21 (Figura 3. C), y en el control de 8 semanas ya se tenía una evolución favorable con exposición de la cara vestibular casi completa del diente 21 (Figura 3. D). En la semana 8 se realizó el retiro del biteblock céntrico, se instaló aparatología fija autoligante prescripción cco 2x4 para una mejor alineación del grupo incisivo superior con una secuencia de arco NiTi termoactivado 0.014" - 0.016" - 0.018" - 0.017" x 0.025" y luego arco de acero 0.019" x 0.025" (Figura 3. E). Durante la tracción solo se utilizó el botón vestibular para generar un vector de fuerza más favorable con sentido posteroinferior y así mejorar el pronóstico periodontal del diente 21.



**Figura 2. Representación tridimensional de posición inicial de diente 21 evaluado en cbct. A. Vista frontal. B. Vista axial.**



**Figura 3. Fotografías durante el tratamiento. A. Instalación Bite block céntrico con brazo de tracción. B. Activación de brazo de tracción. C. Control a las 4 semanas de tracción. D. Control a las 8 semanas de tracción. E. Instalación de aparatología fija 2x4 para alineación del grupo incisivo superior.**

## CASO 2

Paciente de género masculino de 8 años de edad, sin antecedentes mórbidos. Perfil convexo, clase II esquelética. En el análisis intraoral se observó dentición mixta primera fase, diente parcialmente erupcionado en zona de diente 11, diente 21 mesiorotado, distoclusión molar bilateral, discrepancia óseo-dentoalveolar severa superior y moderada inferior, relación transversal desfavorable, líneas medias dentarias centradas (Figura 4. A-D). En el análisis con CBCT, realizado con el software Nemotec<sup>®</sup> se observó el diente 11 en evolución intraósea en una posición alta, perpendicular al plano oclusal con formación radicular incompleta, ubicado hacia vestibular, con una distancia de 19.57 milímetros al borde incisal del incisivo central contralateral, y la presencia de un diente supernumerario parcialmente erupcionado, de forma coronaria cónica en zona del diente 11 (Figura 5. A-B).

El abordaje quirúrgico del diente 11 se realizó con exposición quirúrgica cerrada llevada a cabo por un cirujano maxilofacial y en el acto quirúrgico se instalaron un botón vestibular y uno palatino de refuerzo con ligadura de acero inoxidable de 0.9 FH para la tracción. Se realizó la desinclusión del supernumerario previo a la cirugía de exposición dentaria. Se realizó la instalación de disyuntor McNamara con extensión palatina acrílica, brazo de tracción palatino con

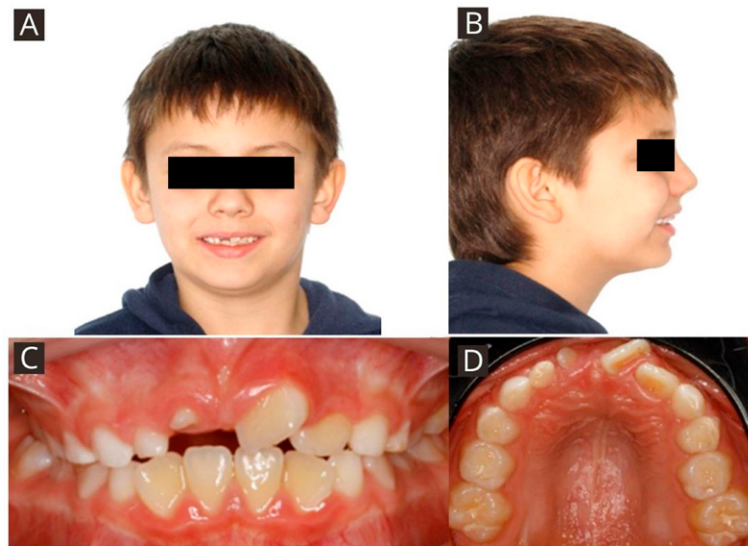


Figura 4. Fotografías iniciales. A. Extraoral frontal. B. Extraoral de perfil. C. Intraoral frontal. D. Intraoral oclusal superior.

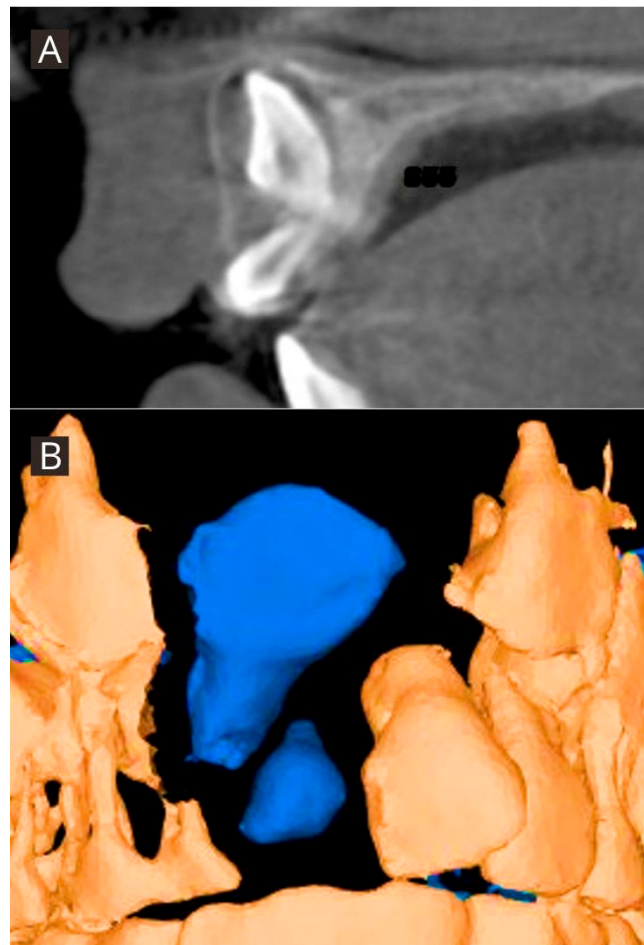
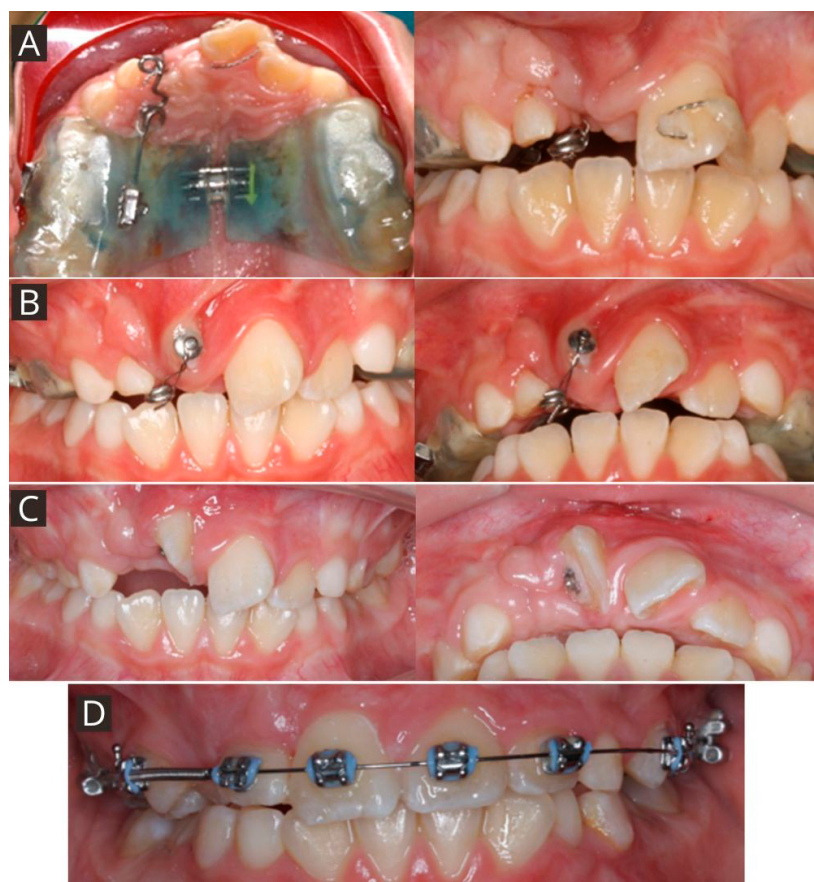


Figura 5. Imágenes tomográficas. A. Corte sagital inicial de diente 11 evaluado en CBCT. B. Representación tridimensional de posición inicial de diente 11 evaluado en CBCT, vista frontal.

alambre 0.9 FH y tornillo central simple con  $\frac{1}{4}$  de activación diaria por 20 días para lograr una expansión de 5 milímetros (Figura 6. A). Se agregaron tubos vestibular y palatino en el disyuntor para un eventual cantilever de titanio beta molibdeno (TMA). Se empleó disyunción maxilar acorde a lo planificado y 15 días posterior a la cirugía se activó el brazo de tracción palatino con una fuerza de 50 gramos (Medidor de tensión  $\nu\tau\sigma\iota\eta\kappa\iota$  model ATG-500-2 °) aproximadamente cada cuatro semanas, dejando la encía del reborde marginal levemente isquémica.

A las 20 semanas se observó exposición de botón vestibular del diente 11 (Figura 6. B), retirando a las 28 semanas el disyuntor (Figura 6. C) e instalando aparatología fija para la alineación y nivelación del grupo incisivo superior, donde se realizó la misma secuencia del primer caso: brackets autoligantes prescripción cco 2x4 para una mejor alineación del grupo incisivo superior con una secuencia de arco NiTi termoactivado 0.014" - 0.016" - 0.018" - 0.017" x 0.025" y luego arco de acero 0.019" x 0.025". Como refleja la Figura 6. D fue posible observar la evolución de 1 año de tratamiento con aparatología fija. Durante la tracción se utilizó solo el botón vestibular para generar un vector de fuerza más favorable con sentido posteroinferior y así, mejorar el pronóstico periodontal del diente 11. No se utilizaron los tubos añadidos al disyuntor.

Los resultados obtenidos son favorables para ambos casos descritos. Respecto al caso número uno, en el control tomográfico el diente 21 presenta un soporte periodontal favorable,



**Figura 6. Fotografías clínicas de seguimiento. A. Instalación de disyuntor McNamara con extensión palatina acrílica, brazo de tracción palatino con alambre 0.9 FH y tornillo central simple. B. Control a las 20 semanas de tracción. C. Control a las 28 semanas de tracción. D. Instalación de aparatología fija para la alineación y nivelación del grupo incisivo superior.**

paralelismo radicular y proporción corono radicular 1:1 (Figura 7. A-B). Respecto al caso número dos, en el control tomográfico, el diente 11 presenta una posición adecuada en la arcada, una longitud radicular disminuida y un soporte periodontal con pronóstico reservado (Figura 8. A-B). Ambos casos clínicamente presentan un posicionamiento adecuado en el arco y no presentaron defectos mucogingivales posterior a la tracción.

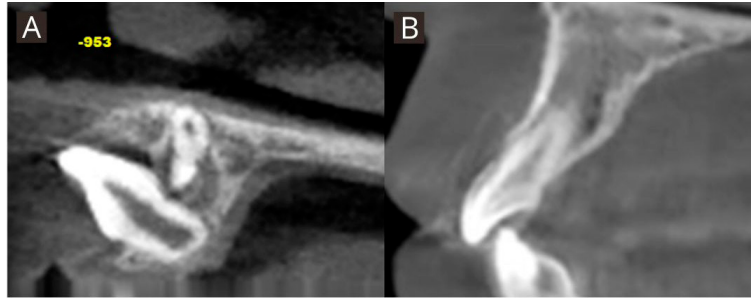


Figura 7. Imágenes tomográficas. A. Evaluación inicial de diente 21 en cbct, corte sagital. B. Evaluación final de diente 21 en cbct, corte sagital.

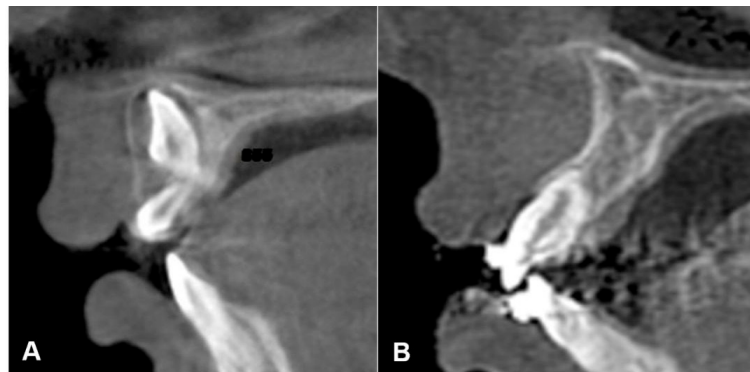


Figura 8. Imágenes tomográficas A. Corte sagital inicial de diente 11 evaluado en cbct. B. Corte sagital final de diente 11 evaluado en cbct.

## DISCUSIÓN

Diversos estudios mencionan que el tratamiento para los incisivos impactados por obstrucción consiste primordialmente en la eliminación del agente que obstruye la vía de erupción del diente afectado<sup>11</sup>. Tras la eliminación de la obstrucción, Prillaman *et al.*<sup>12</sup> sugieren que, si la ubicación del diente no erupcionado es favorable, se anticiparía una erupción espontánea, la cual se describe como posible mediante la creación de espacio en la arcada.

Leyland *et al.*<sup>13</sup> observaron que, si la obstrucción es debido a un diente supernumerario, como lo es en los casos presentados, la edad recomendada para su extracción es entre los 8 y 9 años de edad, presentando una tasa de éxito en la erupción espontánea que fluctúa entre un 49-91%. Por otra parte, otros autores indican que, en casos de localización desfavorable, se recomienda un manejo ortodóncico-quirúrgico que consiste en la eliminación de la obstrucción, complementando con tracción ortodóncica<sup>1,3,14</sup>.

Los procedimientos ortodóncico-quirúrgicos se han reportado como la opción terapéutica con resultados más favorables tanto estéticos como funcionales<sup>15</sup>. Sin embargo, Jiang *et al.*<sup>4</sup> discuten que puede existir riesgo de falla de tracción y falta de control del torque de los incisivos impactados, siendo este último un problema común cuando la fuerza de tracción es aplicada solo en un punto de los dientes impactados, es por esto que es fundamental la planificación biomecánica del vector de tracción ortodóncica<sup>4,16</sup>. En casos donde se realice la eliminación de la obstrucción sin tracción ortodóncica coadyuvante, existe un aumento significativo de la duración total del tratamiento y una disminución, a su vez, en la efectividad del mismo<sup>1</sup>. Se ha demostrado que las posibilidades de erupción de un diente impactado aumentan al 90% cuando la exposición quirúrgica es combinada con tracción ortodóncica<sup>9</sup>.

Se ha descrito ampliamente que el tratamiento ortodóncico-quirúrgico de los dientes impactados es relativamente largo. La fase de tracción de los casos expuestos fue eficiente, con una duración aproximada de 5 meses, a diferencia de lo postulado por Chaushu *et al.*<sup>5</sup> que fue aproximadamente 8 +/- 4.5 meses, lo que también se ha evidenciado que el tiempo de tratamiento tiene relación a la altura que tiene el diente impactado, si la raíz presenta o no dislaceraciones y la posición inversa en la que se encuentre, tal como se presenta en ambos casos<sup>9,17</sup>. Son preferibles abordajes tempranos cuando se presentan dientes impactados, ya que un retraso puede implicar alteraciones secundarias como dilaceraciones, anquilosis de los dientes afectados o reabsorciones radiculares de la dentición adyacente<sup>1</sup>. Para ponderar el pronóstico de la tracción ortodóncica, se deben tomar en cuenta factores como la edad del paciente, espacio disponible, grado de desarrollo radicular, posición y angulación del diente impactado, relación con los dientes adyacentes, grado de percepción del problema tanto por parte del paciente como de su apoderado y la cooperación del paciente durante el tratamiento<sup>2,8</sup>.

En ambos casos descritos el incisivo impactado se incorporó con éxito a la arcada sin secuelas endodónticas y mucogingivales. El vector de tracción debe ser idealmente en diagonal hacia abajo y palatino, como en los casos expuestos; lo que permitió que los dientes impactados erupcionen con encía adherida, favoreciendo su pronóstico periodontal, sin la necesidad de cirugía complementaria de tejidos blandos, debido a que se ha demostrado que cuando se prevalece mantener tejido conectivo en la superficie vestibular se obtiene un borde gingival estético en los incisivos simétricamente<sup>10</sup>. Además, el espacio disponible para la alineación de los dientes fue suficiente para que el incisivo central permanente superior lograra su posición anatómica en la arcada, siendo necesario en uno de los casos una disyunción maxilar para aumentar el perímetro de la arcada. La edad de ambos pacientes fue la óptima para eliminar el supernumerario sin presentar complicaciones.

Por último, la frecuencia, magnitud y sentido de la fuerza aplicada en la tracción del diente fue importante ya que fue controlada con una activación cada cuatro semanas con 50 gramos. Es esencial definir estos puntos desde el inicio del plan de tratamiento, para así optimizar el movimiento dentario que se espera realizar en el diente impactado y lograr un buen pronóstico.

## CONCLUSIONES

La impactación del incisivo central permanente representa un desafío en la práctica ortodóntica, requiere de un diagnóstico acertado y oportuno, lo que permite que el ortodoncista se enfoque en lograr un adecuado plan de tratamiento. El abordaje temprano en pacientes que presentan dientes impactados nos ayuda a evitar que se puedan presentar complicaciones secundarias capaces de comprometer en un mayor grado el pronóstico de nuestros pacientes.

Para la obtención de resultados favorables es necesario una evaluación que contemple todos los factores tanto locales como generales presentados por el paciente, y asegurando que la tracción sea realizada mediante fuerzas controladas y en la dirección adecuada, junto con seguimientos clínicos e imagenológicos a corto, mediano y largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rédua RB, Nascimento DD, Minchio ES, Dos Santos LS. Interception and early treatment with rapid maxillary expansion for the impacted maxillary permanent central incisor in children: Two cases report with 5-years follow-up. *Int Orthod*. 2020; 18(3): 603-623. DOI: 10.1016/j.ortho.2020.04.007
2. Yordanova G, Gurgurova G. Impacted upper central incisors – frequency and factors complicating the treatment protocol. *Folia Med (Plovdiv)*. 2021; 63(3): 405-412. DOI: 10.3897/folmed.63.e55145
3. Machado AW, Maia LGM, Vianna AP, Gandini Júnior LG. Orthodontic traction of impacted upper central incisors related to mesiodens. *Rev Gaúch Odontol*. 2015; 63(1): 75-80. DOI: 10.1590/1981-8637201500010000111548
4. Jiang Q, Yang R, Mei L, Ma Q, Wu T, Li H. A novel approach of torque control for maxillary displaced incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019; 155(6): 860-870. DOI: 10.1016/j.ajodo.2017.11.045
5. Chaushu S, Becker T, Becker A. Impacted central incisors: factors affecting prognosis and treatment duration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015; 147(3): 355-362. DOI: 10.1016/j.ajodo.2014.11.019
6. Cozzani M, Fontana M. Macrodontic maxillary incisor in alagille syndrome. *Dent Res J (Isfahan)*. 2012; 9(Suppl 2): S251-S254. DOI: 10.4103/1735-3327.109784
7. Singh H, Kapoor P, Sharma P, Dudeja P, Maurya RK, Thakkar S. Interdisciplinary management of an impacted dilacerated maxillary central incisor. *Dental Press J Orthod*. 2018; 23(3): 37-46. DOI: 10.1590/2177-6709.23.3.037-046.oar
8. Estrada Manilla A, Katagiri Katagiri M. Orthodontic-surgical treatment of an impacted central incisor. Case report. *Rev Mex Ortodon*. 2017; 5(3): e184-e189. DOI: 10.1016/j.rmo.2017.12.018
9. Jain S, Raza M, Sharma P, Kumar P. Unraveling impacted maxillary incisors: The why, when, and how. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021; 14(1): 149-157. DOI: 10.5005/jp-journals-10005-1903
10. Weinstein C, Alarcon C, Flores-Mir C, Dupré C, Hirschhaut M. Orthodontic and periodontal considerations in maxillary central incisor impactions: Case series. *Am J Orthod Dentofacial Orthop Clin Companion*. 2022; 2(4): 372-386 DOI: 10.1016/j.xaor.2022.04.003
11. Lygidakis NN, Chatzidimitriou K, Theologie-Lygidakis N, Lygidakis NA. Evaluation of a treatment protocol for unerupted maxillary central incisors: retrospective clinical study of 46 children. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2014; 16(2): 153-164. DOI: 10.1007/s40368-014-0150-z
12. Prillaman WN, Macon CR, Visser BE, Isaacson RJ. Treatment of a Class II malocclusion with impacted maxillary central incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997; 112(4): 367-371. DOI: 10.1016/s0889-5406(97)70044-1
13. Leyland L, Batra P, Wong F, Llewelyn R. A retrospective evaluation of the eruption of impacted permanent incisors after extraction of supernumerary teeth. *J Clin Pediatr Dent*. 2006; 30(3): 225-232. <https://www.jocpd.com/articles/10.17796/jcpd.30.3.60p6533732v56827>
14. Uematsu S, Uematsu T, Furusawa K, Deguchi T, Kurihara S. Orthodontic treatment of an impacted dilacerated maxillary central incisor combined with surgical exposure and apicoectomy. *Angle Orthod*. 2004; 74(1): 132-136. <https://angle-orthodontist.kglmeridian.com/downloadpdf/view/journals/angl/74/1/article-p132.pdf>

15. Gebert TJ, Palma VC, Borges AH, Volpato LER. Dental transposition of canine and lateral incisor and impacted central incisor treatment: A case report. *Dental Press J Orthod.* 2014; 19(1): 106-112. DOI: 10.1590/2176-9451.19.1.106-112.oar
16. Nguyen TP, Le Ngoc KN. Orthodontic and surgical treatment in an inverted maxillary impacted central incisor: A case report. *Dentistry.* 2017; 7(9): 1000452. DOI: 10.4172/2161-1122.1000452
17. Yavuz BS, Yilmaz A, Haznedaroglu E, Sezer B, Okutan AE, Sezgin BI, *et al.* Retrospective evaluation of traction time for impacted dilacerated maxillary central incisors in mixed dentition. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2023; 124(6): 101485. DOI: 10.1016/j.jormas.2023.101485



Caso clínico

## Microosteoperforaciones y uso de máscara facial reversa como tratamiento de Clase III esquelética. Reporte de un caso

Gabriel Rivera-Rosas<sup>1</sup>, Francisco Javier Marichi-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Profesor de asignatura, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup> Director de la Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México

### Autor de correspondencia

Francisco Javier Marichi Rodríguez  
fmarichi@fo.odonto.unam.mx

Fecha recibido: 22 de abril 2021

Fecha aceptado: 20 agosto 2024

### Citar como:

Rivera-Rosas G, Marichi-Rodríguez FJ. Microosteoperforaciones y uso de máscara facial reversa como tratamiento de clase III esquelética. Reporte de un caso. [Microosteoperforations and Use of Reverse Face Mask as Treatment of Skeletal Class III. Case Report]. *Rev Odont Mex*. 2025; 29(1): 43-52. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2025.29.1.92964

## RESUMEN

**Introducción:** las maloclusiones repercuten en los aspectos funcionales del complejo maxilo-mandibular. Existen diversos factores para determinar el plan de tratamiento de estas maloclusiones como la edad, la maduración esquelética, hábitos, y la carga genética, entre otros. **Objetivo:** corregir problemas esqueléticos y dentales clase III por hipoplasia maxilar, mediante el uso de máscara de protracción maxilar reversa y microosteoperforaciones, ya que es un tratamiento eficiente para obtener función y estética. **Presentación de caso:** se presentó paciente masculino de 12 años con 10 meses de edad, clase III esquelética, braquifacial, mordida cruzada anterior esquelética y dental, tercio facial inferior ligeramente aumentado, clase III molar bilateral y clase III canina bilateral, con vías aéreas estrechas. Sin antecedentes patológicos. El plan de tratamiento ortopédico consiste en aplicación de tornillo Hyrax con bandas en maxilar apoyado en molares y premolares

con uso de máscara facial reversa, durante 10 meses; realización de microosteoperforaciones con miniimplantes de 1.5mm x 8mm para estimular el movimiento óseo-dental; tratamiento ortodóncico sin extracciones con sistema de autoligado pasivo con tubos en primeros y segundos molares. Los resultados dentales y faciales obtenidos fueron satisfactorios. Se lograron una adecuada relación maxilomandibular de Clase I molar y canina y adecuadas sobremordidas horizontal y vertical; corrigiendo la hipoplasia maxilar y proporcionando rotación a la mandíbula hacia abajo y hacia atrás. Así mismo se corrigió la mordida cruzada anterior, clase I molar, líneas medias coincidentes. **Conclusiones:** el tratamiento adecuado de estas maloclusiones puede evitar la realización de extracciones o de cirugía ortognática. Los resultados también están determinados por la cooperación del paciente.

**Palabras claves:** máscara facial, mordida cruzada anterior, microosteoperforaciones, máscara de protracción maxilar, máscara reversa, sistema de autoligado.

## INTRODUCCIÓN

Existen diferentes tipos de maloclusiones que repercuten en varios aspectos funcionales del complejo maxilo-mandibular, afectando la fonación, respiración y masticación entre otros. Los pacientes con una maloclusión clase III esquelética se caracterizan por tener un perfil cóncavo, tercio medio deprimido, mordida cruzada anterior y posterior, así como clase III dental. Existen muchos factores para determinar el plan de tratamiento de estas maloclusiones como la edad, la maduración esquelética, la presencia de hábitos y la carga genética, entre otros<sup>1,2</sup>.

Se estima que menos del 5% de la población presenta una maloclusión clase III. Existe una incidencia de 3% en caucásicos, 4-14% se presenta en los coreanos, japoneses y chinos, en la población afroamericana es de 6.3% y en los latinos es del 9%, similar al 8.3% en los estadounidenses de origen mexicano<sup>3,4</sup>. Este tipo de maloclusión presenta una carga genética muy fuerte. Un adecuado diagnóstico y plan de tratamiento pueden evitar la realización de extracciones o de una cirugía ortognática<sup>5,6</sup>. En la literatura<sup>7-9</sup> se encuentran descritos diversos métodos para la corrección de la mordida cruzada anterior. Uno de ellos es el uso de máscara de protracción maxilar, para evitar una cirugía ortognática; en la actualidad existen diferentes modelos de máscara facial, todas con el propósito de corregir la relación maxilomandibular<sup>10</sup>.

El Dr. Potpeschnigg<sup>8</sup> en 1875 fue de los primeros en desarrollar la idea de una tracción maxilar; posteriormente Delaire<sup>9</sup> *et al.*, a finales de los años 60's, intensificó el interés por el uso de una máscara facial y la protracción maxilar, pero Petit<sup>10</sup>, a finales de los 70's, quien modificó el diseño anatómico del Dr. Delaire cambiando la forma y ergonomía de la máscara facial, aumentó la magnitud de la fuerza generada por el aparato y redujo el tiempo de tratamiento. Sheridan<sup>11</sup> describió la importancia de realizar una protracción ortopédica del maxilar para la corrección esquelética de las maloclusiones de clase III, afirmando que los efectos ortopédicos se pueden lograr con la morfología sutural y la fisiología de las ocho articulaciones maxilares cuando se emplea una fuerza ortopédica. Esto se hace con el fin de producir la ruptura de todo el sistema sutural y facilitar así la protracción del maxilar superior con la máscara facial<sup>7</sup>. Las suturas que componen este sistema, las cuales se rompen con la expansión rápida del maxilar son: fronto-maxilar, naso-maxilar, cigomático-temporal, cigomático-maxilar, sutura media palatina, pterigo-palatina, etmoido-maxilar, lacrimo-maxilar.

Al igual que con la expansión transversal, es más fácil y más efectivo traccionar el maxilar hacia adelante en edades más tempranas, aunque algunos estudios recientes revelan que se pueden producir algunos cambios anteroposteriores hasta el inicio de la adolescencia<sup>7,8</sup>. La literatura reporta diversos métodos de ortodoncia acelerada; la mayoría de ellos describen múltiples casos tanto en animales como en humanos con excelentes resultados; la mayoría de ellos implica someterse a cirugías más complejas en las cuales debe intervenir otro especialista, ya sea cirujano maxilofacial o periodoncista para realizar estos cortes, aumentando costos y cuidados postratamiento<sup>12</sup>. Düker<sup>13</sup> y diversos autores apoyan que el tratamiento debería comenzar lo más precozmente posible para producir una mayor respuesta significativa para la terapia de protracción, ya que a edades más tempranas existe un mayor potencial de crecimiento que puede ser estimulado por la terapia ortopédica.

## PRESENTACIÓN DEL CASO CLÍNICO

Paciente masculino de 12 años que asistió a la clínica de ortodoncia de la DEPeI de la Facultad de Odontología UNAM, donde tenemos sus registros fotográficos (Figura 1), radiológicos (Figura 2) y digitales (Figura 3). El diagnóstico facial consistió en un perfil cóncavo, proquelia inferior y biotipo euriprosopo. Cefalométricamente el paciente presentó Clase III esquelética combinada por retrusión y prognatismo, con un tipo de crecimiento horizontal (Figura 2.B). Dentalmente, clase III molar y canina bilateral y mordida cruzada anterior.

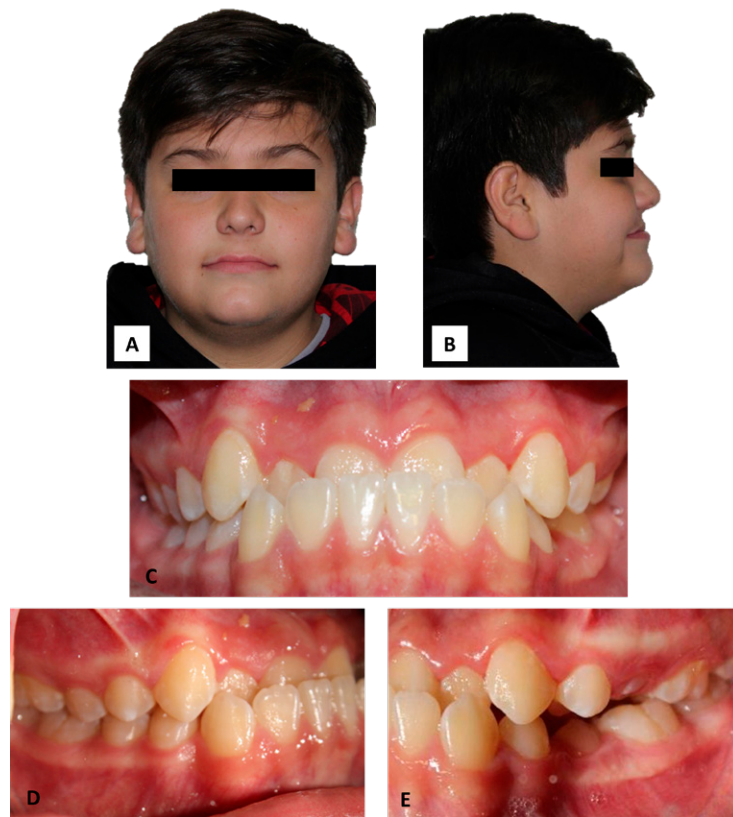


Figura 1. Imágenes iniciales. A. Fotografía extraoral frontal. B. Fotografía extraoral lateral. C. Fotografía intraoral en vista frontal. D. Fotografía intraoral en vista lateral derecha. E. Fotografía intraoral en vista lateral izquierda.

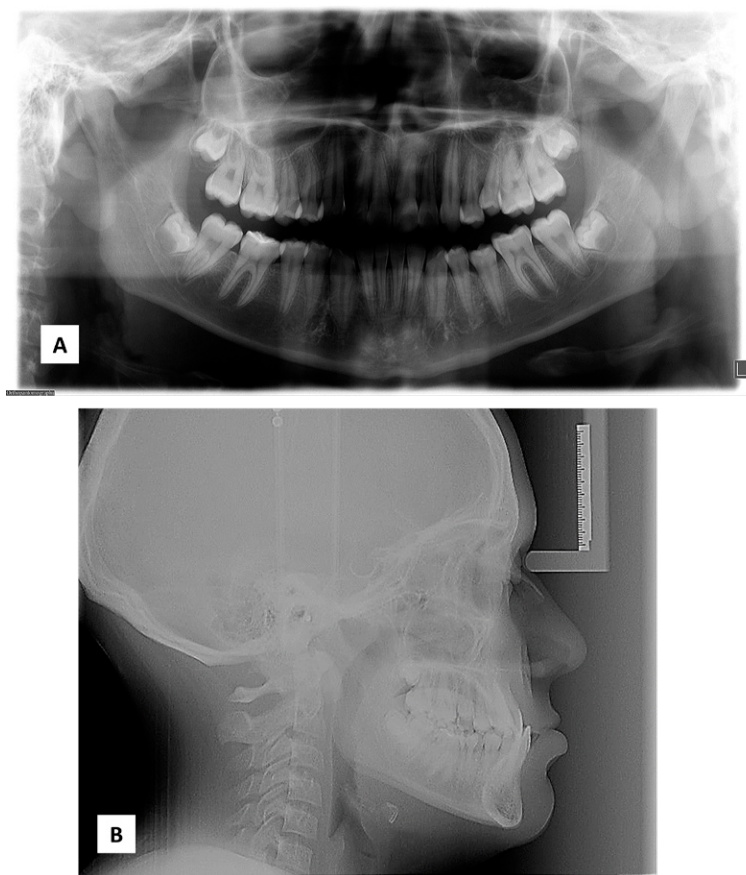


Figura 2. Imágenes radiográficas iniciales. A. Ortopantomografía. B. Lateral de cráneo.

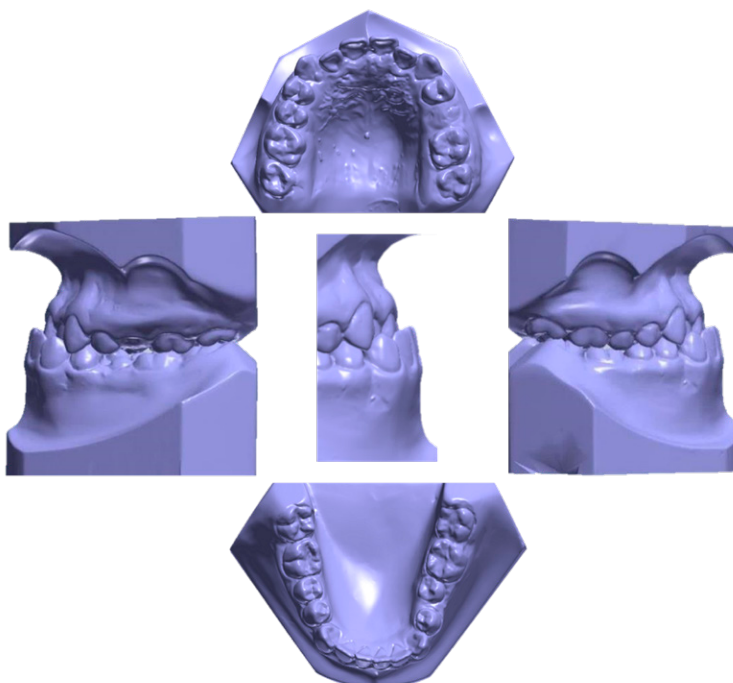
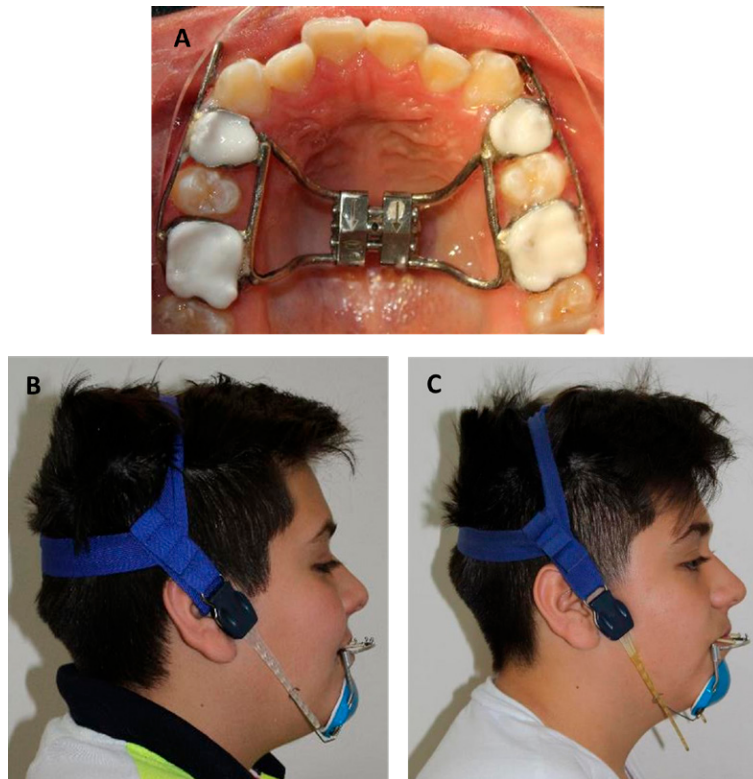


Figura 3. Modelos de estudio digitales iniciales.

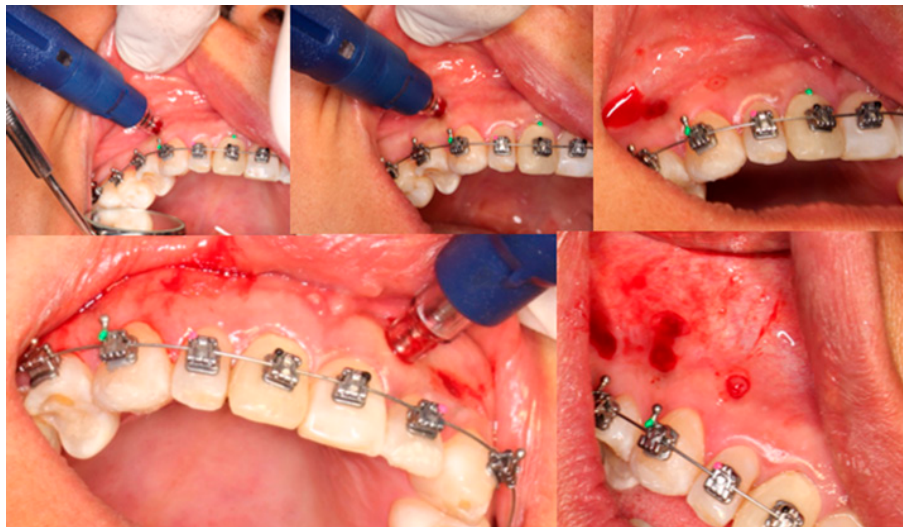
El tratamiento de elección constó de dos fases: una ortopédica y posteriormente la ortodónica. Inició con la colocación de tornillo Hyrax de 7 mm (Figura 4. A) con máscara facial reversa y elásticos de 12oz iniciales. Se utilizó máscara facial reversa durante 10 meses aumentando la fuerza gradualmente (Figura 4. B-C). Posteriormente se realizaron microosteoperforaciones (MOP's) en 3 ocasiones en la zona subapical (fondo de saco) entre los dientes 13 al 23 con miniimplantes de 2mm x 10mm de acero inoxidable, en intervalos de 8 semanas, para estimular las suturas intermaxilares y favorecer la tracción maxilar.

Tras 10 meses de ortopedia, se procedió a la colocación de aparatología de autoligado pasivo, con tubos en segundos y primeros molares. Se colocaron arcos CuNiTi 0.014" en ambas arcadas. No se realizaron extracciones. Se decidió realizar nuevamente MOP's en las zonas interproximales del hueso alveolar para inducir la formación de hueso y acelerar los movimientos dentales. Dichas perforaciones se realizaron tres veces entre los dientes 13 y 23 (Figura 5), con una profundidad de 7mm. Posteriormente se colocó un arco 0.016" de acero inoxidable, con omega en mesial de molares superiores para proinclinación incisivos superiores, y se colocó cadena elástica para cierre de espacios inferiores y retroinclinación de incisivos inferiores. Después se colocó un arco CuNiTi 0.014"x 0.025" superior y 0.018"x 0.025" inferior con ligadura en bloque de los dientes 12 a 22. Se colocó cadena y resorte abierto para mesializar caninos superiores y elásticos en vector Clase III de 3.5 Oz.

Se cerraron espacios tras la mesialización de caninos, primeros premolares y segundos premolares. Se colocó ligadura en bloque de 5-5 con e-link de 7-7 para cerrar espacios entre molares. Se colocaron arcos braided 0.021"x 0.025" superior y 0.019"x 0.025" inferior, y elásticos



**Figura 4. Fase ortopédica. A. Colocación de Hyrax cementado con bandas. B. Fotografía extraoral lateral con la colocación de máscara facial reversa. C. Fotografía extraoral lateral de avance, 10 meses de uso de la máscara facial reversa.**



**Figura 5. Fotografías intraorales donde se observa el procedimiento de MOP's en zona interradicular de 13-23.**

de asentamiento de 6 oz. Posteriormente se llevó a cabo un ajuste oclusal y se procedió al retiro de la aparatología fija (Figura 6) donde se observan los resultados finales y se confirmaron con los estudios de imagen (Figura 7). Derivado de las características del paciente se decidió optar por un retenedor Prefinisher (Figura 8).

Los cambios obtenidos tanto clínico como radiográficos, se observaron de manera considerable y los resultados dentales y faciales fueron satisfactorios. Se logró obtener una adecuada relación maxilomandibular de Clase I molar y canina, adecuadas sobremordidas horizontal y vertical; corrigiendo la hipoplasia maxilar y proporcionando rotación a la mandíbula hacia abajo y hacia atrás, asimismo se corrigió la mordida cruzada anterior y se obtuvieron líneas medias coincidentes.



**Figura 6. Fotografías intraorales finales, después del retiro de la aparatología fija.**

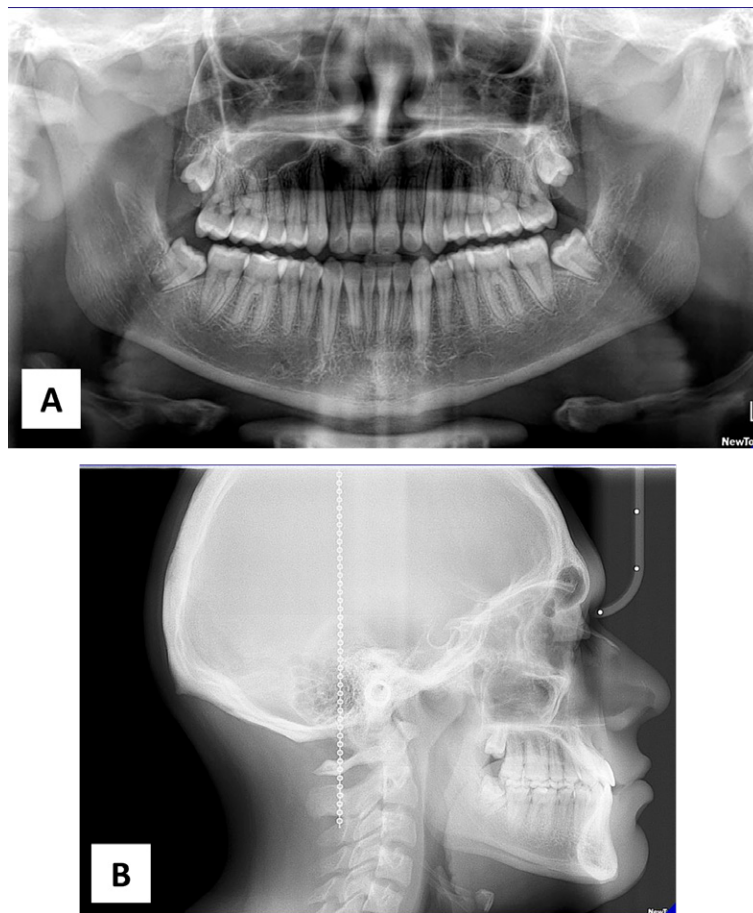


Figura 7. Imágenes radiográficas finales. A. Ortopantomografía. B. Lateral de cráneo.



Figura 8. Fotografías intraorales donde se observa la colocación del retenedor *Prefinisher*.

## DISCUSIÓN

La hipoplasia maxilar con mordida cruzada anterior se corrigió con el uso de la máscara facial reversa y las micro-osteoperforaciones. Köle<sup>12</sup> en 1949 realizó cortes en la cortical de la premaxila que fueron altamente efectivos en acelerar el movimiento dental corrigiendo la discrepancia ósea. Düker<sup>13</sup> y AlGhamdi *et al.*<sup>14</sup>, describieron en sus resultados que ni la pulpa ni el periodonto fueron dañados al momento de realizar las corticotomías mediante la técnica establecida por Köle; esta es una de las principales ventajas de los cortes o perforaciones óseas. Sin embargo, fue un acto quirúrgico muy traumático<sup>15</sup>. En este paciente al realizar MOPs en las suturas cigomaticomaxilar y pterigopalatina se obtuvieron resultados satisfactorios, similares a lo reportado por estos autores.

Alikhani *et al.*<sup>15,16</sup>, demostraron que, al realizar pequeñas perforaciones en el hueso cortical, aumenta significativamente la tasa de remodelado óseo y de movimiento dentario, ya que se potencializa la respuesta inflamatoria y la expresión de citoquinas en los tejidos periodontales<sup>17,18</sup>. Teixeira *et al.*<sup>19</sup>, utilizaron un dispositivo diseñado para realizar las micro-osteoperforaciones, y se reportó una aceleración en la tasa de movimiento dentario en el tratamiento de ortodoncia<sup>20</sup>.

En este artículo se presenta el caso de un paciente al que se le realizaron MOP's interradiculares en tres ocasiones en la zona anterior del maxilar, obteniendo aceleración de los movimientos dentales. Estos resultados clínicos coinciden con lo reportado por Alikhani *et al.*<sup>15,16,18</sup> y Texeira *et al.*<sup>19</sup>, así como Prasad y Ravindran<sup>20</sup>. Se ha registrado en diversos reportes de casos clínicos que las corticotomías ayudan en una disminución significativa del tiempo de tratamiento ortodóncico, así como en una disminución de la resorción radicular y mayor estabilidad postratamiento ortodóncico<sup>21,22</sup>. Los movimientos rápidos no dañan la vascularización de la pulpa. Si el corte de osteotomía no incide sobre el hueso marginal, los cambios vasculares se verán en la mucosa gingival libre e indicarán reacciones en el periodonto<sup>23</sup>.

Williams *et al.*<sup>23</sup> sostienen que las mejoras obtenidas en la posición sagital del maxilar mediante disyunción y tracción se mantuvieron a largo plazo, y que las recidivas observadas fueron debido al crecimiento mandibular, mas no una recaída en la posición maxilar, por lo que concluyen que los efectos de la protracción parecen ser estables. En el presente caso, se indicó el uso de una máscara de protracción reversa para la corrección de la Clase III esquelética, la cual permite el control vertical de manera eficiente. Después del uso de la máscara se indica la mentonera como parte de la retención, para mantener la relación mandibular y para evitar una recidiva por parte del crecimiento de la mandíbula.

Deguchi y McNamara<sup>24</sup> afirman que la mentonera resulta eficaz como opción en el tratamiento de las clases III, incluso en aquellas con la dimensión vertical más elevada, ya que encuentran una disminución en el ángulo goniaco, disminución en el crecimiento mandibular y un desplazamiento hacia atrás de la sínfisis sin aumentar la dimensión vertical. En este caso clínico se obtuvieron resultados coincidentes a lo reportado por McNamara *et al.*<sup>25</sup>, se logró avance sagital del maxilar con formación y remodelación del hueso alveolar.

## CONCLUSIONES

La selección de un tratamiento adecuado de las maloclusiones Clase III puede evitar la realización de extracciones e inclusive evitar una cirugía ortognática.

Según lo presentó Ibarra-Ramírez –en la bibliografía complementaria– la máscara facial reversa reportada por el Dr. Ruiz es capaz de corregir la Clase III esquelética, con control vertical.

La estimulación mecánica de la máscara reversa en conjunto con las MOPs logra una formación y remodelación del hueso alveolar del maxilar.

La utilización de la máscara facial de protracción reversa permite un control vertical del maxilar al efectuar la tracción en sentido sagital; además, dicha máscara puede ser utilizada como mentonera en la retención.

La utilización de micro-osteoperforaciones, como estímulo para amplificar la respuesta inflamatoria en los tejidos periodontales durante los movimientos ortodóncicos y ortopédicos, provocaron una aceleración en la remodelación del hueso, lo cual se reflejó en los resultados clínicos y radiográficos finales obtenidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ngan P, Wei SHY. Early treatment of class III patients to improve facial aesthetics and predict future growth. *Hong Kong Dental Journal*. 2004; 1: 24-30. Available at <https://dentistry.hsc.wvu.edu/media/1245/early-treatment-of-class-iii-patients-to-improve-facial-aesthetics-and-predict-future-growth.pdf>
2. Arman A, Toygar TU, Abuhijleh E. Profile changes associated with different orthopedic treatment approaches in class III malocclusions. *Angle Orthod*. 2004; 74(6): 733-740. DOI: 10.1043/0003-3219(2004)074<0733:PCAWDO>2.0.CO;2
3. Cha KS. Skeletal changes of maxillary protraction in patients exhibiting skeletal class III malocclusion: a comparison of three skeletal maturation groups. *Angle Orthod*. 2003; 73(1): 26-35. DOI: 10.1043/0003-3219(2003)073<0026:SCOMPI>2.0.CO;2
4. Toffol LD, Pavoni C, Baccetti T, Franchi L, Cozza P. Orthopedic treatment outcomes in class III malocclusion. A systematic review. *Angle Orthod*. 2008; 78(3): 561-573. DOI: 10.2319/030207-108.1
5. Küçükkeleş N, Nevzatoglu S, Koldaş T. Rapid maxillary expansion compared to surgery for assistance in maxillary face mask protraction. *Angle Orthod*. 2011; 81(1): 42-49. DOI: 10.2319/042210-220.1
6. Mandall N, DiBiase A, Littlewood S, Nute S, Stivaros N, McDowall R, et al. Is early class III protraction facemask treatment effective? A multicenter, randomized, controlled trial: 15-month follow-up. *J Orthod*. 2010; 37(3): 149-161. DOI: 10.1179/14653121043056
7. Viazis A. Máscara para la protracción facial. In: A. Viazis. *Atlas de ortodoncia: Principios y aplicaciones clínicas*. 2 ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 1995. 219-222.
8. Potpeschnigg. A tooth regulating machine. *Deutsche Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde*, 1875. Reviewed in *Monthly Review of Dental Surgery*. 1875; 3: 464-465. Available at <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=osu.32436010316402&seq=500>
9. Delaire J, Verdon P, Flour J. Ziele und Ergebnisse extraoraler Züge in postero-anteriorer Richtung in Anwendung einer orthopädischen Maske bei der Behandlung von Fällen der Klasse III. *Fortschr Kieferorthop*. 1976; 37(3), 246-262. DOI: 10.1007/BF02168670
10. Petit H. Adaptation following accelerated facial mask therapy. In JA McNamara, KA Ribbens, RP Howe (eds). *Clinical alteration of the growing face*. (Craniofacial Growth Series, 14), Ann Arbor: University of Michigan, Center for Human Growth and Development, 1983.
11. Sheridan JJ. Oral orthopedics. *J La Dent Assoc*. 1968; 26(1): 5-6. PMID: 5243524.
12. Köle H. Surgical operations of the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1959; 12(5): 515-529. DOI: 10.1016/0030-4220(59)90177-x
13. Düker J. Experimental animal research into segmental alveolar movement after corticotomy. *J Maxillofac Surg*. 1975; 3(2): 81-84. DOI: 10.1016/s0301-0503(75)80022-1

14. AlGhamdi AST. Corticotomy facilitated orthodontics: Review of a technique. *Saudi Dent J*. 2010; 22(1): 1-5. DOI: 10.1016/j.sdentj.2009.12.008
15. Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami B, et al. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013; 144(5): 639-648. DOI: 10.1016/j.ajodo.2013.06.017.
16. Alikhani M, Khoo E, Alyami B, Raptis M, Salgueiro JM, Oliveira SM, et al. Osteogenic effect of high-frequency acceleration on alveolar bone. *J Dent Res*. 2012; 91(4): 413-419. DOI: 10.1177/0022034512438590
17. Zamora Escobar Y, Murillo Samper FJ. Micro-osteoperforations for accelerating tooth movement during canine distalization, split-mouth study. Case report. *Rev Mex Ortodon*. 2017; 5(4): 205-213. DOI: 10.1016/j.rmo.2018.01.011
18. Alikhani M, Alansari S, Sangsuwon C, Alikhani M, Chou MY, Alyami B, et al. Micro-osteoperforations: minimally invasive accelerated tooth movement. *Semin Orthod*. 2015; 21(3): 162-169. DOI: 10.1053/j.sodo.2015.06.002
19. Teixeira CC, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant LM, et al. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *J Dent Res*. 2010; 89(10): 1135-1141. DOI: 10.1177/0022034510373764
20. Prasad S, Ravindran S. Effect of micro-osteoperforations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014; 145(3): 273. DOI: 10.1016/j.ajodo.2014.01.003
21. Alikhani M, Lopez JA, Alabdullah H, Vongthongleur T, Sangsuwon C, Alikhani M, et al. High-frequency acceleration: Therapeutic tool to preserve bone following tooth extractions. *J Dent Res*. 2016; 95(3): 311-318. DOI: 10.1177/0022034515621495
22. Robles-Andrade MS, Guerrero-Sierra C, Hernández-Hernández C. Ortodoncia acelerada periodontalmente: fundamentos biológicos y técnicas quirúrgicas. *Rev Mex Periodontol*. 2011; 2(1): 12-16. Available at: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=29975>
23. Williams MD, Sarver DM, Sadowsky PL, Bradley E. Combined rapid maxillary expansion and protraction facemask in the treatment of class III malocclusions in growing children: a prospective long-term study. *Semin Orthod*. 1997; 3(4): 265-274. DOI: 10.1016/s1073-8746(97)80059-x
24. Deguchi T, McNamara JA. Craniofacial adaptations induced by chin cup therapy in Class III patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1999; 115(2): 175-82. DOI: 10.1016/s0889-5406(99)70346-x
25. McNamara JA, Brudon WL, Kokich VG. The facial mask. in: *Orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2 ed. Needham, MA: Needham Press; 2002: 375-386.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1. Ibarra Ramírez DA. *Ventajas y desventajas de la máscara facial del Dr. Morales contra la máscara facial del Dr. Ruiz en el tratamiento de clase III* [Tesis, Licenciatura]. México: UNAM, Facultad de Odontología, 2019. 61 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000788440>
2. Da Silva de Carballo L. Tratamiento temprano vs tratamiento tardío en la maloclusión clase III. *Rev Latinoam Ortod Odontoped*. 2006; art. 5. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2006/art-5/>
3. Franchi I, Baccetti T, McNamara JA. Postpubertal assessment of treatment timing for maxillary expansion and protraction therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004; 126(5): 555-568. DOI: 10.1016/j.ajodo.2003.10.036

