



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
LICENCIATURA EN ESTOMATOLOGÍA

TESIS:

**EFFECTO ANTIBACTERIANO DEL LÁSER Er, Cr: YSGG EN LA DENTINA INFECTADA DE
DIENTES TEMPORALES POR *Lactobacillus* Y *Candida albicans***

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN ESTOMATOLOGÍA

PRESENTA:

CESAR ABRAHAM SANDOVAL MARCELINO

MATRÍCULA: 201714609

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. en Cs. MARÍA DE LOS ANGELES MOYAHU BERNAL

ID. 100289266

DIRECTOR DISCIPLINARIO:

Dr. en Cs. GERARDO LANDETA CORTÉS

ID. 100527166

DIRECTORA METODOLÓGICA:

M. en Cs. GLADIS JUÁREZ LUNA

ID. 100495388

ASESORA EXTERNA:

M. FLOR DE LOURDES ARRIAGA LILA

LECTOR DE TESIS:

MDHE. JORGE LUIS SOTO BALDERAS

ID: 100442633

AGOSTO, 2024.

Dictamen Aprobación Tesis.

H. Puebla de Z., a 11 de agosto del 2024.

Comité de Investigadores de la
Facultad de Estomatología (CIFE)
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Presente:

El que suscribe Mtro. Jorge Luis Soto Balderas, docente investigador tiempo completo de la Facultad de Estomatología, con ID 100442633; me dirijo a usted, en calidad de lector del proyecto de investigación titulado: "EFECTO ANTIBACTERIANO DEL LÁSER Er, Cr: YSGG EN LA DENTINA INFECTADA DE DIENTES TEMPORALES POR LACTOBACILLUS Y CANDIDA ALBICANS", del alumno César Abraham Sandoval Marcelino; manifiesto bajo protesta de decir verdad, que como resultado de esta segunda revisión:

el proyecto es **ACEPTADO**

Con la finalidad de que el interesado continué su proceso de titulación.

Si más por el momento agradezco la atención prestada a la presente quedo a sus órdenes.


Atentamente
Maestro, Jorge Luis Soto Balderas
docente investigador tiempo completo

Autorización de impresión.

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL**

Para obtener el Grado de: Licenciado (a) en Estomatología.

No. Registro CIFE: 2022185. **Fecha de Registro ante CIFE:** miércoles 26 de octubre del 2022.

Título de la Tesis: "Efecto antibacteriano del láser Er CR: YSGG en la dentina infectada de dientes temporales por Lactobacillus y Candida albicans".

Nombre del alumno: César Abraham Sandoval Marcelino. **Matrícula:** 201714609.

Domicilio: 1ra. Priv. Camino REAL 06 No. 6 Col. La Pedrea. Puebla, Pue.

Tel: 22*16 31 30 56. **Fecha de ingreso a la Facultad:** lunes 03 de agosto del 2017.

Firma: _____

Director de Tesis: DC. María de los Ángeles Moyaho Bernal. **Grado académico:** Doctor en Ciencias de la Salud

Adscripción: Facultad de Estomatología. **ID:** 100289266. **Tel:** 22*22 78 88 41

Firma: _____

Director Disciplinario: DC. Gerardo Landeta Cortés. **Grado académico:** Doctor en Ciencia y Tecnología de los alimentos.

Adscripción: Dirección de Innovación y Trasferencia del Conocimiento (DITCo). **ID:** 100527166. **Tel:** 22*23 94 03 93

Firma: _____

Director Metodológico: Mtra. Gladis Juárez Luna. **Grado académico:** Doctor en Ciencias de la Salud

Adscripción: Facultad de Estomatología. **ID:** 100495388. **Tel:** 22*27 42 45 50

Firma: _____

Lector: Mtro. Jorge Luis Soto Balderas **Grado académico:** Maestro en Desarrollo Humano y Educativo.

Adscripción: Facultad de Estomatología. **ID:** 100442633 **Tel:** 22*21 55 38 47.

Firma: _____

Nombre y firma de aprobación del presidente de la academia/Responsable de la Licenciatura en Estomatología.

DIEE. Edgar Mauricio Pérez Peláez

Firma: _____

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología, autoriza la impresión de la Tesis.

MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana



Sello _____

Fecha actual: martes 20 de agosto del 2024.

Autorización de impresión de Tesis (Oficio No. FESIEP/CIFE/075/2024)



BUAP

Oficio No. FESIEP/CIFE/075/2024

C. César Abraham Sandoval Marcelino
Estudiante de la Licenciatura en Estomatología
Matrícula No.: 201714609
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Sirva este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo, la que suscribe MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana en mi calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; para comunicarle una noticia importante en relación con su proceso académico.

Con agrado, le informo que la Secretaría de Posgrado ha otorgado la aprobación para la impresión de su Tesis Titulada:

"Efecto antibacteriano del láser Fr CR: YSGG en la dentina infectada de dientes temporales por Lactobacillus y Candida albicans"

Esta tesis está inscrita en el libro de registros No. 07, página 01, con el No. de asignación 2022185, en la Secretaría de Investigación de esta Unidad Académica. Usted presentará esta tesis para realizar su examen profesional y así obtener el grado de Licenciatura en Estomatología.

La aprobación de la impresión de su tesis represente un hito significativo en su trayectoria académica y profesional. Es el reflejo de su arduo trabajo, dedicación y la profundidad de su investigación en el campo de la Estomatología.

Le insto a que proceda con los pasos necesarios para la impresión y presentación de Tesis, cumpliendo con todas las normativas y plazos establecidos por la Facultad. Esto incluye la revisión final de su documento, asegurándose de que desempeñe todos los requisitos académicos y formatos establecidos, así como la coordinación con la Secretaría para la programación de su examen profesional.

Para cualquier consulta, aclaración o información adicional, le invito a contactar directamente a este Posgrado, estamos aquí para asistirle en cada paso restante de su proceso académico.

Sin otro particular, le reitero mi más atenta y distinguida consideración y le deseo éxito en la etapa final de esta carrera académica.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a martes 20 de agosto del 2024

MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana
Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología

*Nota: Se anexa Formato de Impresión de Tesis - C. César Abraham Sandoval Marcelino - Licenciatura en Estomatología - Facultad de Estomatología - B.U.A.P. (origina)
-p.s.c.y.a.
*C.c.p. Archivo
*MCO. FJMA/MEP. GNRCQ/veneth

Secretaría de Investigación y
Estudios de Posgrado
Facultad de
Estomatología

31 poniente 1304, Col. Volcanes
Puebla, Pue.
C.P. 72410
Tel. Of. 22*22 29 55 00
Ext. 5526

Oficio de Aceptación de proyecto C.I.F.E.



Oficio No. FESIEP/CIFE/086/2022

ASUNTO: Dictamen

**A quien corresponda
PRESENTE:**

*La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado con base a lo estipulado por el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por este medio hace **CONSTAR** que:*

*El Proyecto de Investigación (Colectivo) “Efecto antibacteriano del láser Er CR: YSGG en la dentina infectada de dientes temporales por Lactobacillus y Candida albicans” presentado por el Responsable del proyecto: D. en C.S. María de los Ángeles Moyaho Bernal ID 100289266; teniendo como Director Metodológico: Mtra. Gladis Juárez Luna 100495388; teniendo como Director Disciplinario: Dr. en Cs. Gerardo Landeta Cortés ID 100527166; como Asesor externo: Asesor externo: Dra. Flor de Lourdes Arriaga Lila; teniendo como alumno al C. César Sandoval Marcelino matrícula 201714609; ha sido **ACEPTADO** y queda registrado en esta secretaría en el libro de registros 07 en la hoja 01 con No. de registro 2022185.*

Se extiende la presente constancia en la Heroica Puebla de Zaragoza a los veinticinco días del mes de octubre del año dos mil veintidós.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z., a 26 de octubre de 2022

MO. Farid Alfonso Dipp Volázquez
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología



Facultad
de Estomatología

31 Poniente 1304, Col. Volcanes,
Puebla, Pue. C. P. 72410
01 (222) 229 55 00 Ext. 6400

Reporte de similitud Anti-plagio.

Reporte de similitud

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	dokumen.pub Fuente de Internet	1%
4	titula.universidadeuropea.es Fuente de Internet	1%
5	diposit.ub.edu Fuente de Internet	1%
6	docshare.tips Fuente de Internet	1%
7	www.revestomatologia.sld.cu Fuente de Internet	1%
8	scielo.isciii.es Fuente de Internet	1%
9	idus.us.es Fuente de Internet	

EVIDENCIA DE PRODUCTO ACADÉMICOS DERIVADOS DEL PROYECTO

1^{er} CONGRESO
NACIONAL E
INTERNACIONAL
AOIEP

FUSIONANDO LA
Odontopediatría
moderna



La Asociación de Odontología Infantil del Estado de Puebla A.C.
otorga el presente

RECONOCIMIENTO A:

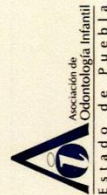
Sandoval Marcelino César Abraham, Arriaga Lila Flor de Lourdes, Martín Santiago María del Pilar,
Labastida Andrade Judith, Pedraza Espejel María del Rocío, Moyaho Bernal María de los Angeles

Por haber obtenido el: **SEGUNDO LUGAR** en la categoría Licenciatura Investigación Básica con su trabajo
Efecto antibacteriano del láser Er Cr: YSGG en dentina infectada por Lactobacillus y Cándida albicans

En el 2do concurso de carteles del 1er Congreso Nacional e Internacional AOIEP
celebrado los días 22, 23 y 24 de Junio del 2023, en la Ciudad de Puebla.

Dra. María Karina Machorro Espinosa
Presidente de la A.O.I.E.P.
2022-2024

M.E.P. María Guadalupe Sol Gamboa
Vicepresidente de la A.O.I.E.P.
2022-2024





BUAP

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

A través de la Facultad de Estomatología
otorga la presente

CONSTANCIA

A: Sandoval Marcelino Cesar Abraham, Landeta Cortés Gerardo, Arriaga Lila Flor de Lourdes, Labastida Andrade Judith, Moyaho Bernal María de los Angeles

Por haber obtenido el SEGUNDO LUGAR en la categoría LICENCIATURA:
INVESTIGACIÓN BÁSICA con su presentación del cartel: EFECTO
ANTIBACTERIANO DEL LÁSER ER CR: YSGG EN DENTINA INFECTADA POR
MICROORGANISMOS PRESENTES EN CARIES DE LA PRIMERA INFANCIA.
en el marco del

XI CONGRESO MULTIDISCIPLINARIO EN ESTOMATOLOGÍA
Y 1ER. ENCUENTRO EN INVESTIGACIÓN.

Realizado los días 17 y 18 de octubre de 2023

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z., a 18 de octubre de 2023



Mtra. Rubí Alejandra González Manrique
Colaboradora de Educación Continua y Vinculación

Mtro. Floriberto Calixto Arellano
Responsable de Educación Continua y Vinculación



BUAP

Registro: DGEC-BUAP- Fac. Estoma.-P/Congr.-020/23

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
A través de la Facultad de Estomatología
otorga la presente

CONSTANCIA

A: Cesar A. Sandoval Marcelino, Gerardo Landeta Cortes, Flor de L. Arriaga Lila, Abigail Flores Ledesma, María de los Angeles Moyaho B. Por haber obtenido el 3er. Lugar en el Eje temático de Licenciatura

Con el cartel: Efecto antibacteriano de Laser Er Cr: YSGG en dentina infectada por *Lactobacilos* y *Cándida albicans*

En el marco del

2DO. CONGRESO NACIONAL DE CUERPOS ACADÉMICOS

Realizado los días 21 y 22 de septiembre de 2023



"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a 22 de septiembre de 2023

Mtra. Rubí Alejandra González Manrique
Colaboradora de Educación Continua y Vinculación

Mtro. Floriberto Calixto Arellano
Responsable de Educación Continua y Vinculación



Universidad Autónoma de Zacatecas
 Unidad Académica de Odontología
 Sociedad Nacional de Investigadores en Odontología, A. C.

OTORGAN LA PRESENTE

CONSTANCIA A

Cesar Abraham Sandoval Marcelino

Por su asistencia al

**XXXI Encuentro Nacional y XXII Iberoamericano de Investigación en Odontología
 y X Jornadas Internacionales de Investigación en Odontología UAO**

Efectuado los días, 8, 9 y 10 de noviembre de 2023

Folio: CO-1012-630

J. S. Ibarra

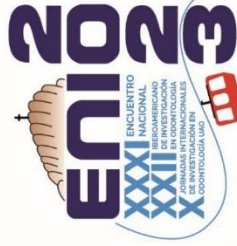
Dr. Rubén de Jesús Ibarra Reyes
 Rector Universidad
 Autónoma de Zacatecas

J. S. Pozos

Dr. Amaury de Jesús Pozos Guillén
 Presidente de la Sociedad Nacional
 de Investigadores en Odontología, A.C.

L. Rodríguez

Dra. Leticia Rodríguez Villalobos
 Directora de la Unidad Académica
 de Odontología UAZ





Santa Cruz de la Sierra - Bolivia 2024

El Comité Organizador del
XXII Congreso Latinoamericano de Odontopediatría
otorga el presente certificado a:

Sandoval-Marcelino Cesar A.;

Teutle-Coyotecatl Bernardo [Coautor]; Moyaho-Bernal María de los Angeles [Tutor]

Por haber participado en el IV Encuentro Latinoamericano de
Estudiantes ALOP con el trabajo virtual titulado

**Efecto antimicrobiano del láser Er,Cr:YSGG
en Lactobacillus y Candida albicans**

Latinoamérica, del 19 al 23 de agosto 2024

A. Carollina Medina
Presidente

Francisco Hernández
Presidente Honorario

Alejandra Lipari
Presidente de Congresos

ALOP ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE ODONTOPEDIATRÍA

AGRADECIMIENTOS

A la vida por permitirme estar cumpliendo un sueño, una meta más y poder crecer de manera profesional y personal.

A mi madre Genoveva Marcelino González, por ser el ejemplo más grande e importante en mi vida, quien día a día me ha demostrado su apoyo y amor incondicional; quien me ha motivado desde siempre a perseguir mis sueños y alcanzar cada una de mis metas.

A mis abuelitos Gabriel Marcelino y Rebeca González, quienes siempre me han apoyado y jamás me han dejado solo.

A la Dra. en Cs. María de los Angeles Moyaho Bernal quien, sin su ayuda, paciencia, experiencia, consejos y su tiempo no hubiera sido posible llegar a esta investigación. Pero sobre todo por confiar y creer en mí, apoyarme, inspirarme y motivarme para superarme día con día.

A la Dra. Flor de Lourdes Arriaga Lila y al Dr. Gerardo Landeta Cortés por todo el conocimiento que me han proporcionado desde primer momento. Por su apoyo y comprensión durante todo este proyecto, y por estar siempre presente.

A mis amigas más cercanas, Yaz y Michell; quienes han formado parte de mi crecimiento y durante el trayecto me han motivado a seguir adelante, me han brindado su apoyo y con quienes he aprendido a disfrutar cada una de las facetas de la vida.

ÍNDICE

Página

PORTADA	1
TÍTULO	1
ABREVIATURAS	16
1. RESUMEN y Palabras Clave	17
2. INTRODUCCIÓN	18
3. ANTECEDENTES	20
3.1 Generales	20
3.1.1 Tejidos dentales	20
3.1.2 Microorganismos en cavidad bucal	24
3.1.3 Caries de la primera infancia	32
3.1.4 Láser dental	36
3.2 Específicos	44
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	48
5. JUSTIFICACIÓN	49
6. HIPOTESIS	51
7. OBJETIVOS	52
7.1 Objetivo general	52
7.2 Objetivos particulares o específicos	52
8. MATERIALES Y MÉTODOS	53
8.1 Diseño del estudio	53
8.2 Población y muestra	53
8.3 Criterios de selección	53
8.3.1 Inclusión	53
8.3.2 Exclusión	53
8.3.3 Eliminación	53
8.4 Variables	54
8.5 Concordancia y fiabilidad	54
8.6 Ubicación espacio-temporal	54
8.7 Procedimientos, técnicas y fuentes de recolección	55
8.8 Análisis estadístico	62
9. RESULTADOS	63
10. DISCUSIÓN	72
11. CONCLUSIÓN	78
12. BIBLIOGRAFÍA	79
13. ANEXOS	86
13.1 Consentimiento informado	86
13.2 Asentimiento informado	87
13.3 Hoja de vaciado de información	87

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Página

Figura	1.	Tejidos dentales	20
Tabla	1.	Principales microorganismos en esmalte	26
Tabla	2.	Principales microorganismos en dentina	27
Figura	2.	Componentes y mecanismo de un láser	37
Tabla	3.	Indicaciones en odontología conservadora	41
Tabla	4.	Principales láseres utilizados en odontología	42
Figura	3.	Ubicación de longitud de onda del láser Er, Cr: YSGG	43
Figura	4.	Obtención de molares sanos	55
Figura	5.	Muestras de dentina 3 x 3 mm	56
Figura	6.	<i>Lactobacillus spp.</i>	57
Figura	7.	<i>Candida albicans</i>	57
Figura	8.	Preinóculos ajustados a escala de McFarland (0.5)	58
Figura	9.	Recuento de microorganismos por diluciones seriadas	58
Tabla	5.	Parámetros de irradiación: Er,Cr:YSGG (iPlus, Biolase)	59
Figura	10.	Irradiación láser	60
Figura	11.	Microscopía Electrónica de Barrido	61
Tabla	6.	Análisis de datos	62
Tabla	7.	Resultados de recuento de UFC	63
Tabla	8.	Resultados de recuento de UFC	64
Tabla	9.	Resultados de recuento de UFC	64
Tabla	10.	Resultados de recuento de UFC	65
Tabla	11.	Resultados de recuento de UFC	65
Tabla	12.	Resultados de recuento de UFC	66
Tabla	13.	Resultados finales de recuento de UFC	67
Figura	12.	Grupo Control UFC	67
Figura	14.	Comparación de UFC de grupo II y grupo IV	68
Figura	15.	Comparación de UFC de grupo III y grupo V	68
Tabla	16.	Imágenes de dentina obtenidas con Microscopía Electrónica de Barrido	71

ABREVIATURAS

Láser: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (Amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación)

Er, Cr: YSGG: Láser Erbium (Erbium E), Cromo (Chromium, Cr): Itrio (Yttrium, Y), Escandio (Scandium, S), Galio (Gallium, G) y Granate (Garnet G).

CPI: Caries de la primera infancia.

C. albicans: *Candida albicans*.

S. mutans: *Streptococcus mutans*.

S. sanguinis: *Streptococcus sanguinis*

S. sobrinus: *Streptococcus sobrinus*.

Lactobacillus spp: Especies de *Lactobacilos*.

Actinomyces spp: Especies de *Actinomices*.

Veionella spp: Especies de *Veionella*.

AaLZ: Aachen Dental Laser Center.

MEB: Microscopía Electrónica de Barrido.

SPSS: Statistical Package for Social Sciences (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales).

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AAPD: Academia Americana de Odontología Pediátrica

TFD: Terapia Fotodinámica.

FDA: Food and Drug Administration (Administración de Alimentos y Medicamentos).

Efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina infectada de dientes temporales por *Lactobacillus* y *Candida albicans*

Introducción: La caries de la primera infancia es una enfermedad crónica que se presenta en niños menores de seis años; afectando a varios dientes después de su erupción en boca. El láser permite la remoción de la lesión mediante procedimientos menos estresantes con múltiples ventajas. **Objetivo:** Evaluar el efecto antimicrobiano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina temporal infectada por *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans*. **Materiales y métodos:** Estudio experimental in vitro, donde 30 muestras de dentina temporal fueron distribuidas aleatoriamente en 5 grupos, estas se depositaron en medios de cultivo bacterianos preinoculados con *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans*; bajo las condiciones óptimas de temperatura y esterilidad se realizó la irradiación a los grupos correspondientes, con el láser Er, Cr: YSGG. Posteriormente se depositaron en medios de cultivo estériles y se realizó un recuento de microorganismo por diluciones seriadas y se plaqueó por triplicado y fueron llevadas a incubación durante 24 horas. **Resultados:** El porcentaje de reducción posterior al tratamiento con láser fue: en *Lactobacillus spp.* de 99.9% y en *Candida albicans* de 98.7%, se realizó una prueba de T-Student para muestras independientes entre grupos comparando los grupos de muestras no irradiadas con las que si fueron tratadas con el láser ($p < 0.05$), se observó una reducción significativa en ambos microorganismos. **Conclusiones:** El láser es una alternativa eficaz para suplir tratamientos convencionales para la caries, debido a sus múltiples propiedades; el láser Er, Cr: YSSG demostró ser una alternativa muy versátil para protocolos de atención clínica, especialmente en pacientes pediátricos; presentó propiedades mínimamente invasivas y un efecto antibacteriano, con una reducción de la carga microbiana presente en la caries de la primera infancia.

2. Palabras clave: Efecto antibacteriano, Láser Er, Cr: YSGG, dentina, *Lactobacillus*, *Candida albicans*.

1. INTRODUCCIÓN

La caries de la primera infancia (CPI) es una forma de caries dental temprana, moderada y tardía que afecta los dientes temporales en bebés y niños de 72 meses de edad o menos, si progresa puede causar dolor, pérdida de órganos dentarios e inclusive infecciones sistémicas peligrosas.

La etiología es multifactorial y principalmente se le atribuye a una interacción específica entre el tiempo, los microorganismos, los azúcares y la superficie del diente; los factores importantes para su desarrollo son los hábitos, dieta, huésped y factores ambientales los cuales fomentan un entorno ideal para la presencia de microorganismos y la posterior formación de caries. Microbiológicamente, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sobrinus* son los principales microorganismos asociados con la caries de la primera infancia, sin embargo, los *Lactobacillus spp.* también participan en el desarrollo de lesiones de caries y juegan un papel importante en su progresión, pero no en el inicio, se observan cuando la patología presenta afectación de la dentina.

Por otra parte, el hongo *Candida albicans* se detecta con frecuencia en grandes cantidades en biopelículas de placa de niños pequeños con CPI. Los niños colonizados con *C. albicans* tienen aproximadamente 5 veces más riesgo de desarrollar caries que aquellos que no están infectados; a pesar de que se encuentra presente en la saliva no es factor etiológico directo de las enfermedades orales. Sin embargo, está fuertemente asociada con caries severa en niños causando caries agresivas y extensas.

El avance en la ciencia y la tecnología, han sido importantes aliadas a favor del estudio y la calidad en la atención en el área de la salud y particularmente en el campo de la estomatología, facilita no sólo la práctica profesional clínica, sino que incluso puede ahorrar tiempo.

El láser dentro del área de odontopediatría cada vez va siendo más común, esto debido a sus múltiples ventajas como eliminar la sensibilidad dentinaria, presentar un patrón grabado en la superficie, no requiere de anestesia para su uso, además de que tiene un efecto positivo en cuanto a limpieza mecánica y desinfección.

Uno de los frecuentemente utilizados es el láser Er, Cr: YSGG, para procedimientos quirúrgicos y para la remoción de restauraciones o de caries con afectación en esmalte y dentina. Con la continua evolución y desarrollo de las tecnologías aplicadas a la odontología, el láser dental resulta ser uno de los más innovadores y en la actualidad es frecuentemente incluido como parte de los protocolos para la atención dental.

Sin embargo, se desconoce, si el empleo del láser Er, Cr: YSGG modifica las condiciones superficiales de las estructuras dentales y de esta manera pudiera presentar un efecto antibacteriano con la disminución del ácido resistencia de las principales bacterias que se encuentran en la caries de la infancia temprana.

Por lo que el objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina de dientes temporales infectada por *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans*

3. ANTECEDENTES

3.1 Antecedentes generales

3.1.2 Tejidos dentales

El conjunto de tejidos dentales se conforma por esmalte, dentina, pulpa y cemento; así como sus tejidos adyacentes: el ligamento periodontal y el hueso alveolar constituyen el periodonto de inserción, estas estructuras están protegidas por el denominado periodonto de protección que comprende dos regiones: la encía que rodea al cuello dentario y la unión dentogingival que une la encía al órgano dentario, ver (Figura 1).¹ El esmalte se vuelve acelular una vez concluida su formación, la dentina posee la capacidad de regeneración de forma limitada y depende de la reserva de células madre existentes en la pulpa, esta se deteriora cuando hay presencia de un proceso infeccioso e inflamatorio; y el cemento no tiene capacidad de remodelación.²

Los seres humanos, al igual que otros mamíferos, tienen dos tipos de dentición: la decidua y la permanente. Cada una tiene características distintivas en cuanto a tamaño, función y forma. Los primeros dientes temporales comienzan a salir durante el primer y el segundo año de vida y se completan alrededor de los tres años. Éstos presentan particularidades en su estructura histológica que son importantes para el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades dentales en la infancia.¹

Figura 1. Tejidos dentales

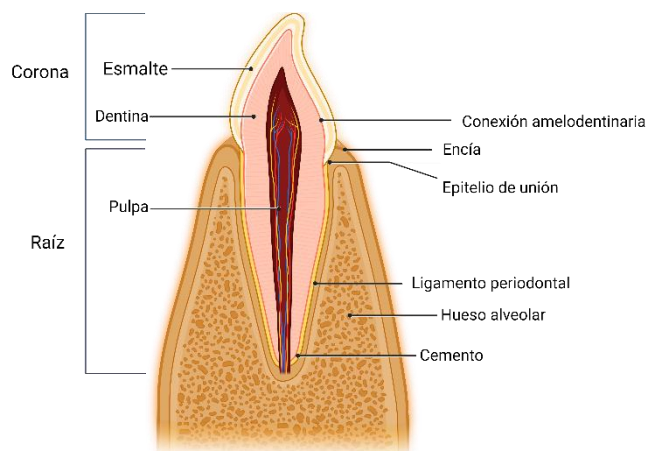


Imagen propia

Esmalte

También conocido como tejido adamantino, es una matriz extracelular altamente mineralizada y de escaso metabolismo, la cual se forma por síntesis y secreción de unas células llamadas ameloblastos, éstas se someten a un proceso denominado: apoptosis, cuando el diente realiza su proceso de erupción en la cavidad bucal.³ Es el tejido biológico más duro del organismo debido a que se encuentra constituido por millones de prismas entrelazados que resisten las fuerzas masticatorias, son altamente mineralizadas en todo su espesor, cubre a la dentina en su porción coronal y protege al complejo dentino-pulpar. Se encuentra en contacto directo con el medio bucal y está recubierto por una película exógena de origen salival (película adquirida) esta puede colonizarse por microorganismos patógenos generando uno de los factores que produce caries dental.^{1,4,5}

Debido a su alta dureza, su elasticidad es escasa y susceptible a fracturas. Su dureza decrece desde la superficie libre a la conexión amelodentinaria; relacionado directamente con el grado de mineralización.³ Es translúcido, su color dependerá de la dentina. El esmalte difunde la luz blanca según su grado de mineralización, su transparencia se atribuye al grado de calcificación.¹ Su permeabilidad es escasa, aunque puede llegar a actuar como una membrana semipermeable.^{5,6}

En su composición química contiene en promedio un 96% de materia inorgánica (cristales de hidroxiapatita) y un 4% de materia orgánica y agua.³ La matriz inorgánica está constituida por sales minerales cálcicas, de fosfato y carbonato que se depositan en la matriz del esmalte, lo que da origen a un proceso de cristalización que transforma la masa mineral en cristales de hidroxiapatita; que es un fosfato de calcio cristalino, también componente del hueso, dentina y cemento. Así mismo, están presentes sales minerales de calcio, como carbonatos y sulfatos, y algunos otros oligoelementos, como potasio, magnesio, hierro, flúor, manganeso, cobre, entre otros.^{1,4,5}

Un componente orgánico importante para la permeabilidad, que es de naturaleza proteica es la enamulina, desempeña un papel crucial en la mineralización del esmalte dental. Facilita la deposición de cristales de hidroxiapatita al interactuar con

los cristales en formación y regular su crecimiento. Actúa como una guía para el crecimiento de los cristales de hidroxiapatita, ayudando a organizar la estructura del esmalte y a definir sus propiedades mecánicas y estéticas. La enamelina protege los cristales de esmalte en desarrollo y evita su disolución prematura o crecimiento descontrolado; es similar a la proteína queratina de la piel, ambas proteínas son ricas en aminoácidos que forman estructuras resistentes y protegen tejidos.^{1,6}

Dentina

Es un tejido vivo y mineralizado que comprende la mayor extensión estructural de los órganos dentarios y que comúnmente no se encuentra expuesto al ambiente bucal, a nivel coronal se encuentra revestido por el esmalte, mientras que en la región radicular por el cemento. Se diferencia del esmalte por ser un tejido dinámico (metabólicamente activo), esto le permite que se forme tejido dentinario durante toda la vida y que en caso de ser necesario pueda repararse al sufrir algún daño.^{1,2,6}

La dentina es un tejido que se encuentra debajo del esmalte y forma la mayor parte del diente. Su color varía entre amarillo pálido y marrón claro, y puede cambiar con la edad o debido a la exposición a diversos factores. A diferencia del esmalte, la dentina tiene una capacidad limitada para reparar y regenerarse, además presenta menor translucidez y dureza debido al menor grado de mineralización. Su elasticidad le provee una importante funcionalidad, permite compensar la rigidez del esmalte al amortiguar los impactos de las fuerzas masticatorias. Así como su permeabilidad se debe a la presencia de los túbulos dentinarios, que permiten el paso a distintos elementos o solutos.^{1, 2,7}

La dentina contiene en promedio un 70% de materia inorgánica (cristales de hidroxiapatita), un 20% de sustancia orgánica y un 10% de agua; su composición va a depender de la edad del individuo y del área del tejido.⁷ La matriz orgánica está constituida por: en un 90 % por colágeno tipo 1; en menor cantidad colágeno de tipo 4, proteínas, proteoglicanos, lípidos, enzimas, entre otros.^{7,8} La matriz inorgánica está compuesta por cristales de hidroxiapatita que poseen un tamaño de 36 nm de longitud, 25 nm de anchura y 10 nm altura, estos cristales se encuentran con una orientación de forma paralela a las fibras de colágeno; de igual manera se presentan

ciertos minerales como son: flúor, cobre, zinc, hierro, magnesio, etc., así como calcio que principalmente se trata de una reserva para la formación de cristales de hidroxiapatita.^{1,2,6}

Estructuralmente la dentina está constituida por unidades estructurales básicas y por unidades estructurales secundarias.

Unidades básicas:

- ***Túbulos dentinarios:*** Son estructuras cilíndricas delgadas que miden entre 1 y 2,5 μm de diámetro y atraviesan el ancho de la dentina. Su pared está formada por dentina peritubular o tubular y está constituida por una matriz mineralizada, se encarga de alojar la prolongación odontoblástica o proceso odontoblástico el cual se extiende hacia la pulpa. Entre dicha prolongación y la pared del túbulo existe un espacio estrecho ocupado por un líquido tisular (licor o fluido dentinario) son los responsables de la vitalidad de la dentina.^{2,6,7}
- ***Matriz intertubular:*** Se ubica entre las paredes de los túbulos dentinarios y su componente fundamental son las fibras colágenas en forma de malla donde se depositan los cristales de hidroxiapatita que poseen menor grado de mineralización. Pueden detectarse todos los componentes que constituyen la materia orgánica de la dentina.^{2,6,9}

Unidades secundarias: Son aquellas estructuras que se originan a partir de las unidades estructurales básicas como consecuencia de las variaciones que se ocasionan en la mineralización o como resultado de la interrelación con el esmalte o cemento ubicados en la periferia:^{2,7}

3.1.3 Microorganismos en cavidad bucal

Existen por lo menos 700 especies de microorganismos que se pueden encontrar en cavidad bucal, tanto en las superficies dentarias como en las mucosas; diversas especies de microorganismos como: hongos, virus y bacterias. Los órganos dentarios poseen superficies anatómicas idóneas para la colonización de microorganismos y a su vez la formación de la biopelícula oral que, si se desarrolla sobre estas superficies dentales, es conocida con el nombre de “placa dental”.¹⁰

La interacción de varios microorganismos, que se adhieren a los órganos dentarios y que se encuentran dentro de una matriz extracelular que ellos mismos producen. Por lo tanto, el conocimiento de los tejidos dentales permite explicar y comprender con mayor claridad su participación e interacción con la microbiota oral.¹¹

La microbiota oral se trata de un conjunto de microorganismos que viven en la cavidad bucal y éstos tienen la capacidad de adherirse a las superficies dentales y a los tejidos blandos. La composición de los microorganismos en la cavidad oral cambia con el tiempo, influenciada por la edad del individuo, la presencia de enfermedades como caries, y varía según la ubicación específica en la cavidad oral que estos microorganismos ocupan.¹²

Estas bacterias desempeñan un papel crucial en la preservación de la homeostasis oral y en la protección contra ciertos microorganismos patógenos y oportunistas. Cuando este equilibrio se altera, genera lo que se conoce como disbiosis: se refiere a un desequilibrio en la microbiota oral, un ecosistema complejo compuesto por una variedad de microorganismos que coexisten en la cavidad bucal. Este desequilibrio puede llevar a la proliferación de bacterias patógenas y al desarrollo de enfermedades orales.¹³

En condiciones óptimas, la microbiota oral desempeña un papel crucial en la preservación de un entorno bucal saludable al regular el crecimiento de bacterias potencialmente patógenas. Las bacterias comensales, incluyendo géneros como *Streptococcus*, *Veillonella* y *Lactobacillus*, ejercen funciones protectoras mediante la competencia por recursos y sitios de adhesión en la cavidad bucal. Además, estas

bacterias generan metabolitos que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos y contribuyen al mantenimiento de un pH equilibrado en la cavidad oral.¹⁰

La disbiosis oral se manifiesta cuando se produce una alteración en la composición de la microbiota oral, lo cual puede ser inducido por factores como una higiene bucal inadecuada, dietas con alto contenido de azúcares, uso excesivo de antibióticos o condiciones sistémicas, como la diabetes, etc. Estas alteraciones favorecen la proliferación de microorganismos patógenos y oportunistas, desestabilizando el equilibrio microbiano y predisponiendo al desarrollo de enfermedades orales.¹⁰

Las bacterias fermentan los carbohidratos presentes en la dieta, generando sustancias químicas (como ácidos orgánicos, gases o polisacáridos extracelulares) que contribuyen a la desmineralización de los tejidos duros y, como resultado, a la formación de caries dental.¹⁴

Las biopelículas son comunidades de microorganismos que se adhieren a superficies biológicas o inertes, y se encuentran dentro de la secreción salival. En la cavidad bucal, estas biopelículas se desarrollan sobre las superficies dentales y mucosas, y están compuestas por una mezcla compleja de bacterias, hongos, virus y células del huésped; así como restos de alimento y restos de metabolitos de origen microbiano. La formación de biopelículas en la boca comienza con la adhesión inicial de bacterias en las superficies dentales como el esmalte, la dentina o en tejidos blandos como la encía. Esta adhesión es facilitada por las proteínas salivales que recubren los dientes, formando una capa proteica conocida como la película adquirida.¹³

Una vez que las bacterias se adhieren, comienzan a proliferar y formar colonias. Durante esta etapa, otras especies microbianas se incorporan a la biopelícula mediante interacciones entre microorganismos y la liberación de moléculas señalizadoras. A medida que la biopelícula avanza en su desarrollo, adopta una estructura tridimensional compleja que incluye canales y cámaras, lo que facilita el intercambio de nutrientes y la eliminación de desechos. La matriz extracelular, compuesta principalmente por polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos,

proporciona protección a los microorganismos contra el sistema inmunitario y los antibióticos.^{14,15}

La colonización primaria de microorganismos en la superficie del diente se basa en la película adquirida y la adherencia conjunta con otros comensales orales, específicamente hablando de esmalte y dentina los siguientes microorganismos son los principales que se encuentran presentes en estos tejidos, ver (Tabla 1y Tabla 2).¹⁷

Tabla 1. Principales microorganismos en esmalte

Bacteria	Características
<i>Streptococcus sanguinis</i>	Bacteria grampositiva que se encuentra en la cavidad oral, incluidas las encías, contribuye a la formación de biopelículas y puede afectar la dinámica microbiana en la dentina. Se considera un comensal beneficioso que ayuda a mantener el equilibrio microbiano en la cavidad oral, contribuyendo a la salud dental al evitar la proliferación de microorganismos patógenos. ^{18,19}
<i>Streptococcus sobrinus</i>	Bacteria grampositiva, pertenece a grupos bacterianos acidogénicos y acidúricos. Producen desmineralización, posee capacidad de disminuir el pH y resistencia a los medios ácidos, utiliza sucrosa para producir grandes cantidades de polisacáridos extracelulares que le permiten una fuerte adhesión. ²⁰
<i>Streptococcus mutans</i>	Bacteria grampositiva. Produce ácido láctico a partir de carbohidratos fermentables, lo que reduce el pH en la dentina y desmineraliza el tejido dental. Esta bacteria es capaz de adherirse firmemente a la dentina y formar biopelículas que facilitan la progresión de la caries. Es uno de los principales agentes etiológicos de la caries dental debido a su capacidad para metabolizar azúcares y formar una biopelícula estable. ^{17,21}

Tomado y modificado de : Lemos JA¹⁷ et al; Giacaman RA¹⁸ et al; Jiang W¹⁹ et al; Ge X²⁰ et al; Zhang J²¹ et al.

Tabla 2. Principales microorganismos en dentina

Bacteria	Características
<i>Actinomyces spp.</i>	Bacteria grampositiva, contribuyen a la adherencia de otras especies bacterianas y a la maduración de la biopelícula, con propiedades acidogénicas y acidúricas, que contribuyen en el proceso de desmineralización del esmalte y dentina. Son microorganismos que se asocian al comienzo de caries, porque aparece en medios muy ácidos (inferiores a pH 4). ^{22,24}
<i>Lactobacillus spp.</i>	Bacteria grampositiva, anaerobia facultativa, acidogénica y acidúrica. Se encuentran en la dentina, especialmente en caries avanzadas. Tienen capacidad de acidificar el entorno oral y contribuir a la progresión de la caries dental ya existente, pero no suele ser el principal agente inicial en la formación de caries, su presencia sugiere un estado avanzado de desmineralización. ^{22,23}
<i>Veillonella spp.</i>	Bacterias gramnegativa anaerobias. Son de importancia significativa en la microbiota humana y tienen un papel relevante en diversos contextos clínicos y microbiológicos. Estas bacterias son fermentadoras de ácidos, especialmente ácido láctico, lo que las diferencia de muchas otras bacterias anaerobias. Tienen un rol significativo en la patología dental, particularmente en la formación y progresión de caries, su rol en la microbiota de la dentina puede contribuir a la resistencia a tratamientos y a la persistencia de infecciones dentales. ^{25,26}
<i>Candida albicans</i>	Hongo levaduriforme que puede encontrarse en la dentina, especialmente en condiciones de desequilibrio microbiano o inmunosupresión. En condiciones normales, es un comensal, pero su proliferación excesiva puede contribuir a infecciones fúngicas como la candidiasis oral. Este hongo puede formar biopelículas y contribuir a la inflamación y a la progresión de caries. Su presencia se asocia con un desequilibrio en la cavidad oral, y su capacidad para formar biopelículas hace que sea difícil de erradicar con tratamientos convencionales. ²⁷

Tomado y modificado de: Ahirwar S²² et al; Dashper SG²³ et al; Zhou X²⁴ et al; Praveen T²⁵ et al; Patel M²⁶. Teanpaisan R²⁷ et al.

Las poblaciones microbianas asociadas con la caries dental son altamente complejas y variables, aunque los organismos predominantes suelen identificarse como los más asociados con el avance de la enfermedad. En la flora de la dentina afectada por caries se han hallado especies de *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces* y *Veillonella*.²⁸

La cavidad oral suele estar desprovista de colonización bacteriana significativa al nacer, sin embargo, después del nacimiento y con el paso del tiempo, se presentan una gran cantidad de microorganismos los cuales aumentan rápidamente su número, incluyendo especies como *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, y *Neisseria*, entre otras. Durante la niñez, las especies anaerobias facultativas predominan en la boca. Con la erupción dental, varios anaerobios comienzan a colonizar, creando nuevas condiciones favorables y específicas para el desarrollo microbiano.²⁹

La boca tendrá microorganismos orales reconocibles y entre ellos algunos que se presentan desde edades tempranas son los siguientes que son más ácidos tolerantes, cepas de *Lactobacillus* y hongos como *Candida albicans*, que se encuentran a valores de pH bajos, de 3 o 4.^{21,23}

Lactobacillus spp.

El género *Lactobacillus* incluye bacterias ácido-lácticas que presentan una gran diversidad filogenética y forman un grupo heterogéneo. Estas bacterias pueden tener forma de cocos o bacilos, son grampositivas, anaerobias facultativas, catalasa negativas, no esporuladas y no móviles. Son nutricionalmente exigentes, toleran ambientes ácidos y generan ácido láctico como el principal producto de la fermentación de carbohidratos. Se encuentran en ambientes ricos en carbohidratos y donde los sustratos están disponibles, especialmente en los alimentos. Además, varias especies de *Lactobacillus* se hallan en membranas mucosas, tales como la vagina, el intestino y la cavidad bucal.³⁰

El sistema de adhesión de *Lactobacillus spp.* interactúan con componentes de la superficie dental, como las glucoproteínas salivares y los glucanos producidos por otras bacterias. Estas interacciones facilitan su adherencia y contribuyen a la formación de biopelículas densas en las superficies dentales, incluida la dentina.³¹

Se les llama acidúricos porque pueden tolerar altas concentraciones de ácido, con un pH óptimo para su crecimiento que varía entre 5.5 y 5.8. El medio más adecuado para el cultivo de estos microorganismos es el agar y caldo MRS (Man Rogosa y

Sharpe), con una incubación adecuada en atmósfera de CO₂ a 37°C durante 48 horas, las colonias presentan una apariencia blanca, convexa, lisa, circular y con bordes regulares, con un diámetro que varía entre 2 y 5 mm.²³

Son considerados invasores secundarios, sus proporciones y predominio pueden aumentar en las lesiones avanzadas de caries del esmalte, por lo que no se les considera como los iniciadores de la enfermedad. Ciertas especies pueden desempeñar un papel importante en el mantenimiento de la salud al estimular la inmunidad y contribuir al equilibrio de la microflora en varios hábitats.^{23,32,33}

En conjunto con *S. mutans* presentan un nivel elevado de aciduria y acidogenicidad, en comparación con el resto de los microorganismos de la biopelícula. Su capacidad de sintetizar glucanos extracelulares les proporciona una gran virulencia, debido a que aglutinan a las bacterias de la placa, promueven la colonización en la superficie dental; y la combinación de *S. mutans* y *Lactobacillus spp.* está asociada a un alto riesgo de caries en la población infantil.³³

Los altos niveles de bacterias orales de la madre aumentan la posibilidad de una inoculación exitosa en la boca del niño por contacto directo, como durante la alimentación con lactancia materna, compartir utensilios y alimentos. La alta colonización por *Lactobacillus spp.* en la cavidad oral parece estar relacionada con un elevado consumo de carbohidratos.³⁴

Los *Lactobacillus spp.* comprenden aproximadamente 80 especies reconocidas. La aplicación de métodos taxonómicos permite una identificación más precisa de las cepas. Identificando así que las especies que se encuentran con mayor frecuencia en la cavidad oral incluyen: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus rhamnosus*.^{35,36}

Cándida albicans

Candida albicans es un hongo dimórfico que puede adoptar formas de levadura y filamentosa. En condiciones habituales, *C. albicans* aparece como células de levadura redondeadas o elipsoides, de aproximadamente 4-6 µm de diámetro. Presenta una pared celular que está compuesta por polisacáridos como manano,

quitina y glucano, que proporcionan estructura y protección, así mismo, participa en la adhesión al sustrato y en la protección contra las defensas del huésped y tratamientos antifúngicos.³⁷

C. albicans utiliza varias proteínas de superficie, como la adhesina Als1 y la Agglutinin-like Sequence (ALS), para adherirse a células epiteliales y superficies dentales. En la cavidad oral y en la dentina, puede formar biopelículas densas que están unidas a la superficie dental. Estas biopelículas son resistentes a la acción de los agentes antimicrobianos y del sistema inmunológico del huésped. La formación de biopelículas permite la cooperación con bacterias orales como: *S. mutans* o *Lactobacillus spp.*, creando un entorno microbiano complejo que aumenta la virulencia de la infección.^{37,38}

El cambio entre las formas de levadura y filamentosa es inducido por condiciones de estrés como el pH bajo, la alta concentración de sales y la presencia de ciertos nutrientes. Aunque *C. albicans* se encuentra más frecuentemente en la superficie de las encías y mucosas, puede colonizar la dentina afectada por caries en condiciones de desequilibrio microbiano, contribuyendo al agravamiento de las caries y dificultando su tratamiento.³⁸

A menudo se asocia con *S. mutans* y se detecta en grandes cantidades en casos de caries de la primera infancia. Su presencia conduce a una mayor adherencia y acumulación de biopelículas. La adhesión de *C. albicans*, mejora la formación de biopelículas y aumenta el potencial cariogénico. Al mismo tiempo, sintetiza farnesol, que aumenta la producción de polisacáridos extracelulares por *S. mutans*.^{21,39}

Dicha interacción aumenta la capacidad de ambos microorganismos para colonizar los dientes y sinérgicamente aumenta la virulencia que conduce a la aparición de una caries más agresiva. Por un lado, los β -1,3-glucanos derivados de *Candida* afectan la estructura de la matriz de exopolisacáridos, mientras que el manano y el β -glucano proporcionan sitios de unión para la glucosiltransferasa B. *Candida albicans* está presente aproximadamente en el 96% de los niños con caries (edad: 6-12 años), pero solo en el 24% de los niños sin esta enfermedad.^{39,40}

Candida albicans es un hongo acidogénico y heterofermentativo, principalmente se encuentra cuando hay presencia de altas concentraciones de carbohidratos. Por tal motivo, este microorganismo puede participar en el proceso de desmineralización dental, aunque cabe mencionar que la patogenia de *Candida* en el desarrollo de la caries no está establecida.^{27,40}

3.1.4 Caries de la infancia temprana

La cavidad oral humana es un entorno húmedo con una temperatura relativamente estable, que varía entre 34 y 36°C, y un pH mayoritariamente neutro, este entorno propicia el crecimiento de una amplia variedad de microorganismos. La composición de la microbiota en la boca depende principalmente de tres factores: la nutrición, el potencial redox y la capacidad de adherencia. Además, varios factores no específicos del huésped, como: la saliva, la dieta, las interacciones entre microorganismos, la higiene oral y aspectos inmunológicos.⁴¹

La caries dental es una enfermedad multifactorial crónica que afecta los tejidos duros del diente. En 1959, Keyes y Fitzgerald proporcionaron importantes aportes sobre la placa dental al proponer que la etiopatogenia de la caries se debía a la interacción simultánea de tres factores principales: microorganismos, dieta y susceptibilidad del diente. La caries solo se manifestaría si estos tres elementos estaban presentes al mismo tiempo; de lo contrario, la caries no se desarrollaría o, si ya existía, se detendría.^{42,43}

Posteriormente, Newbrun añadió un cuarto factor: el tiempo, argumentando que estos tres elementos necesitaban estar presentes durante un periodo determinado para que la enfermedad se produjera. Nikiforuk amplió esta visión al considerar estos cuatro elementos como factores primarios, mientras identificaba otros factores, como la frecuencia del cepillado, la saliva, la morfología dental y el uso de fluoruro. Estos factores secundarios se reflejan en el diagrama propuesto por Fejerskov, ver figura. que enfatiza la importancia de considerar no solo los factores etiológicos directamente relacionados con la desmineralización dental, sino también factores sociales, culturales y conductuales que influyen indirectamente en los niveles de caries.^{44,45,46}

Existen diferentes sistemas para la evaluación de caries; Índice de Caries Dental ICDAS (International Caries Detection and Assessment System), se trata de un sistema estandarizado y estructurado para la detección y evaluación de caries dentales, que ofrece una metodología precisa y reproducible para la clasificación de las lesiones cariosas. Clasifica las caries dentales en una serie de grados, desde el

0 hasta el 6, basándose en la apariencia y las características de la lesión cariosa.
45,47

Los grados se describen a continuación:

- ICDAS 0: Diente sano, sin evidencia de caries.
- ICDAS 1: Mancha blanca opaca visible sólo cuando se seca. La lesión es limitada a la superficie del esmalte y no hay cavitación.
- ICDAS 2: Mancha blanca opaca visible incluso cuando el diente está húmedo, o mancha marrón visible en la superficie del esmalte. La lesión puede haber comenzado a desmineralizarse, pero aún no hay cavitación.
- ICDAS 3: Lesión cariosa con cavitación visible. La lesión está en el esmalte y puede presentar una hendidura o una pequeña cavitación.
- ICDAS 4: Lesión cariosa con cavitación extensa en el esmalte. La cavitación es más profunda y puede extenderse hasta la dentina.
- ICDAS 5: Lesión cariosa avanzada con cavitación significativa y pérdida de la estructura dental. La cavitación se extiende a través del esmalte y la dentina, mostrando una pérdida considerable de estructura dental.
- ICDAS 6: Lesión cariosa severa con exposición evidente de la dentina. La cavitación es extensa y la estructura dental está gravemente comprometida, con exposición de la dentina y posible afectación de la pulpa.⁴⁷

La caries de la primera infancia o infancia temprana es una forma de caries dental temprana, moderada y tardía que afecta los dientes temporales en bebés y niños pequeños (6 años o menos), puede causar dolor, pérdida del órgano dentario e inclusive infecciones sistémicas.⁴⁸

Se desarrolla en las superficies que suelen tener un riesgo bajo de caries, como las superficies labiales de los incisivos superiores, las superficies linguales y bucales de los molares superiores e inferiores. El proceso patogénico de la caries de la primera infancia sigue un patrón acelerado en comparación con la caries dental en adultos. La exposición frecuente a carbohidratos fermentables y la presencia de una microbiota cariogénica, combinada con la inmadurez del sistema de defensa oral del niño, favorecen la rápida progresión de la enfermedad.^{49,50}

Muestra características específicas durante su desarrollo, siguiendo la secuencia de erupción de los dientes primarios. Los incisivos mandibulares suelen ser los menos afectados, debido al patrón de succión del infante, que al protruir la lengua protege estos dientes de manera natural. Sin embargo, a medida que la patología progresa, estos dientes pueden verse comprometidos. En etapas avanzadas de la enfermedad, se observa clínicamente la pérdida de la integridad de la corona dental. En fases más severas, la lesión puede afectar la pulpa dental, lo que a su vez puede llevar a la fractura de la corona. Esta fractura puede provocar lesiones inflamatorias, y en algunos casos, sólo se pueden observar remanentes radiculares.⁴⁹

Además, CPI puede tener consecuencias significativas para la salud general del niño, incluyendo dolor dental, infecciones orales recurrentes y afectaciones en el crecimiento y desarrollo nutricional. Se considera un importante factor de riesgo para la presencia de caries en la dentición permanente y que éstas sean recurrentes.^{49,50}

La etiología es multifactorial y principalmente se le atribuye a una interacción específica entre el tiempo, los microorganismos, los azúcares y la superficie del diente; los factores importantes para su desarrollo son los hábitos, dieta, huésped y factores ambientales los cuales fomentan un entorno ideal para la presencia de microorganismos y la posterior formación de caries.⁴⁹

Microbiológicamente, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sobrinus* son microorganismos asociados con la CPI, sin embargo, los *Lactobacillus spp.* también participan en el desarrollo de lesiones de caries y juegan un papel importante en su progresión, pero no en el inicio, solo se observan cuando la patología presenta afectación de dentina.^{31,33}

Además de los ya mencionados, el hongo *Candida albicans* se detecta con frecuencia en grandes cantidades en biopelículas de placa de niños pequeños con CPI, los niños colonizados con *C. albicans* tienen aproximadamente 5 veces más riesgo de desarrollar CPI que aquellos que no están infectados; a pesar de que se encuentra presente en la saliva no es factor etiológico directo de las enfermedades

orales. Sin embargo, está fuertemente asociada con caries severa en niños causando caries más graves y extensas.⁵¹

El manejo de caries de la primera infancia requiere un enfoque preventivo, que incluye la educación de los cuidadores sobre prácticas de alimentación y cuidado dental, así como intervenciones clínicas tempranas. Las estrategias preventivas efectivas deben abordar la reducción de la exposición a azúcares, el fomento de la higiene oral desde una edad temprana y el monitoreo regular por parte de profesionales de la salud dental. Dada la naturaleza altamente destructiva y progresiva de esta condición, es crucial implementar medidas preventivas y de tratamiento eficaces para preservar la salud dental y general de los niños afectados.³²

3.1.1 Láser dental

Definición

El término “Láser” es un acrónimo en inglés de “Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation”, es decir es una luz amplificada mediante la emisión estimulada de radiación. El láser emite un haz fino y concentrado de energía luminosa la cual se calcula en longitudes de onda, y cada una genera una salida térmica.^{52,53,54}

Se trata de una forma de energía que viaja mediante ondas y existe como una partícula. Esta partícula se conoce como fotón, es la unidad de energía más pequeña y se considera que tiene cero masas o carga.⁵⁵

3.1.2 Propiedades de la luz láser

La emisión de la luz láser tiene propiedades que la diferencian de otros tipos de emisión, como la luz convencional o la radiación solar. La luz convencional es policromática, no coherente y tiene un alto grado de divergencia, la luz láser es monocromática, coherente y colimada.⁵⁶

Es monocromática porque se emite en una sola longitud de onda, lo que la diferencia de otras emisiones en las cuales existen diferentes longitudes de onda.⁵⁷

Es altamente colimada, el haz de láser posee un mínimo ángulo de divergencia. Lo que significa que, aun recorriendo largas distancias, el diámetro del haz sólo diverge muy poco. Se trata pues de una luz altamente direccionada, y a pesar de que el haz es casi paralelo puede divergir un poco. Esta cualidad convierte al láser en un instrumento que aporta una gran cantidad de energía en un área muy reducida.^{56,57}

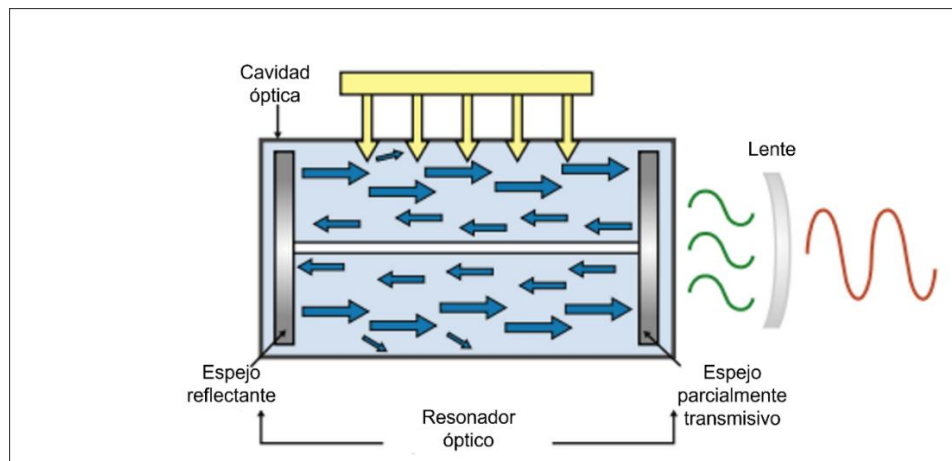
La luz láser es coherente porque todas las ondas están en una misma fase. El láser produce ondas de luz físicamente idénticas, es decir, tienen una amplitud idéntica (todos los picos y valles tienen las mismas dimensiones).^{56,57}

Mecanismo de acción de láser

Se puede diferenciar como dos mecanismos uno primario y otro secundario. El mecanismo primario está asociado con la interacción entre los fotones y las moléculas en el tejido, mientras que el mecanismo secundario se relaciona con el efecto de los cambios químicos producidos por los efectos primarios.⁵⁸

Una forma para comprender el funcionamiento de un láser es mediante un tubo, en el cual en su interior se encuentra un medio activo mediante el cual pasa una corriente eléctrica, esto va a generar fotones. En ambos lados del cilindro se tienen dos cristales, uno va a reflejar totalmente los fotones, no va a ser atravesado por ninguno de ellos; el otro va a dejar pasar los fotones de cierta longitud de onda. Mediante este sistema de cristales reflectantes o resonadores, se logra amplificar la energía. Dependiendo de la sustancia que se coloque en el dispositivo y los fotones resonaran con una longitud de onda en específico,⁵² ver (Figura 2).

Figura 2. Componentes y mecanismo de un láser



Tomado y modificado de: Convissar RA⁵⁹, 2016.

Mecanismos de acción del láser con los tejidos

La relación láser-tejido va a depender de las propiedades del tejido y de las características del láser, cuando la luz llega a un tejido puede ser reflejada, dispersada, absorbida o transmitida a los tejidos circundantes. Existen tres características importantes de la aplicación del láser que son esenciales en la aplicación clínica: longitud de onda, densidad de potencia y el modo de aplicación. Otros factores que intervienen son: la cantidad de energía utilizada, duración de la exposición, nitidez del enfoque y distancia al objeto (tejidos).^{52,60}

El uso del láser sobre la superficie del esmalte hace que sea más resistente a las posteriores soluciones ácidas, debido a una disminución en la permeabilidad. Dentro de los elementos de un tejido, puede haber moléculas denominadas cromóforos, se define como un grupo químico (molécula o especie molecular) que absorbe luz, o muestra algo de absorción en la región visible del espectro electromagnético y así proporciona color a la molécula. La relación entre el nivel de energía, la densidad de dicha energía dentro de un área irradiada y el tiempo de exposición puede permitir al profesional influir en el tipo de interacción láser-tejido.^{60,61}

Cuando se administra energía láser e interactúa con un medio tisular, existen las siguientes posibilidades:

1. La más común cuando la luz es absorbida por el tejido vivo, el efecto de absorción de la energía es la conversión a energía térmica y por consiguiente ablación del tejido a través del aumento térmico, proceso conocido como fototermólisis. En el uso de láser quirúrgico, el aumento térmico resultante es casi instantáneo y considerable.^{56,61}
2. Con tejidos orales blandos y longitudes de onda de láser visible, la absorción por los cromóforos tisulares da lugar a desnaturalización de proteínas y vaporización secundaria del agua intersticial; una ablación visible y se produce la vaporización del tejido diana; lo que lleva a una fragmentación del tejido.^{56,61}
3. Los valores de energía láser por debajo de los niveles de ablación del tejido pueden generar fluorescencia, ésta es una luminiscencia en la que la

absorción de un fotón por una molécula desencadena la emisión de otro fotón con una longitud de onda más larga de esa molécula. Proporciona la base para técnicas de escaneo óptico empleadas para la detección de caries en esmalte y dentina, y también técnicas tomográficas utilizadas en la exploración de tejidos blandos para cambios neoplásicos.⁶¹

En los tejidos dentales (esmalte y dentina) son tejidos compuestos de cantidades variables de minerales, proteínas y agua. El agua es susceptible a la vaporización cuando se aplica láseres de la familia de erbio, y el cambio volumétrico sustancial de vaporización crea una presión y temperatura cambiante, que es suficiente para descomponer la estructura cristalina y causar una ablación micro explosiva en el punto de aplicación. El manejo de los tejidos requiere precisión y contención térmica para evitar daños colaterales no deseados.⁶¹

Características de los láseres

El láser se trata de una tecnología que fue introducida y estudiada desde 1960; van a ser nombrados basándose en el medio activo utilizado y esta opción de tratamiento ha demostrado diversas propiedades terapéuticas tales como: la antiinflamatoria, la bioestimulante y los efectos regenerativos con resultados postoperatorios satisfactorios como mejorar y acelerar la cicatrización de heridas.^{55,62}

Los láseres emiten luz no visible al ojo humano, con longitudes de onda situadas en el espectro infrarrojo y la interacción con los tejidos va a producir un efecto fototérmico.⁶³

Todos los dispositivos láser tienen la siguiente composición:

1. Un medio que puede ser sólido, líquido o gas. Este determina la longitud de onda de la luz emitida y el láser lleva el nombre del medio.
2. Una cavidad óptica o tubo láser que tiene dos espejos, uno va a ser totalmente reflectante y el otro parcialmente, se encuentran respectivamente en cada uno de los extremos de la cavidad óptica.

3. Un mecanismo externo mecánico, químico u óptico y una fuente de energía que se encarga de excitar o 'bombear' los átomos en el medio a niveles de energía más altos.⁵⁵

Clasificación de los láseres:

Pueden clasificarse de acuerdo con varios factores, en relación con su medio activo, según su longitud de onda, la forma de emisión, entre otros criterios. La más adecuada desde el punto de vista médico es la que se presenta a continuación:

- **Por su potencia:** Baja y alta.
- **Por el medio activo:** Sólido, líquido, gaseoso y de plasma.
- **Por su longitud de onda:** Nanómetros (nm).
- **Por el tipo de emisión:** Continuo y pulsátil.⁶⁴

Sin embargo, la forma más habitual de clasificar es basado a la potencia a la cual van a ser usados.

- **Láser de baja potencia:** Láser frío, no genera calor, cuya potencia de emisión es inferior a 50 mW. Sus principales aplicaciones son: ayudar a la regeneración de tejidos, alivio del dolor, reducir la inflamación, edema y acelerar la cicatrización.^{52,64}
- **Láser de alta potencia:** Láser duro o quirúrgico, su uso genera calor sobre la superficie en la que actúa, considerado un láser térmico. Va a presentar efectos térmicos y fotoquímicos, cuyas acciones son: deshidratación, coagulación, carbonización y vaporización. Clínicamente, esto se traduce en corte preciso y hemostasia.^{52,64}

Indicaciones

En las últimas décadas, los avances acerca de las aplicaciones del láser han sido enfocadas en explorar los beneficios de usarlos en los campos médico y dental. Clínicamente hay que considerar que el uso de los láseres de Erblio proporciona una longitud de onda segura, efectiva y conveniente en odontología en comparación a los métodos convencionales. Actualmente la práctica clínica estomatológica está

basada en tratamientos con un enfoque mínimamente invasivo, con la finalidad de reforzar y proteger las estructuras dentales remanentes; esto genera una necesidad de adquirir nuevos elementos, materiales e instrumentos que permite la integración del láser,^{63,65,66} ver (Tabla 2).

Tabla 3. Indicaciones en odontología conservadora

Tratamiento mínimamente invasivo	En tejido carioso selectivo
Descontaminación	Lesiones cariosas y conducto radicular
Superficie micro retentiva	Desbridamiento de la superficie
Aplicación en tejidos blandos	Gingivectomía cerca de la superficie cariada Vaporización de la pulpa

Tomado y modificado de: Olivi G⁶³ et al., 2017.

Como previamente se mencionó los láseres pueden ser clasificados de diferentes formas, utilizando el enfoque médico y seleccionando determinados láseres se puede considerar las siguientes aplicaciones clínicas para odontología: tejidos duros y blandos, fotopolimerización, limpieza del conducto radicular o detección de caries.⁶⁶

Comúnmente los láseres más usados en odontología incluyen el Nd: YAG, Er: YAG, CO₂, Er, Cr: YSGG y Diodo láser, ver (Tabla 3). Son utilizados para procedimientos en tejidos blandos y duros dentro de la cavidad oral y la región orofacial para preparación de cavidades, detección de caries, restauraciones adhesivas, limpieza del conducto radicular, cirugías periodontales, tratamientos periimplantarios y cirugías maxilofaciales. Considerando que la energía se va a absorber donde exista la mayor concentración de fluidos; habrá una mayor absorción en los tejidos que se encuentran inflamados y edematosos, estimulando las numerosas reacciones biológicas relacionadas con el proceso para la reparación de las heridas.^{65,67}

Tabla 4. Principales láseres utilizados en odontología

Láser	Longitud de onda (nm)	Aplicaciones
Dióxido de carbono	10 600	Incisión de tejidos blandos Despitelización gingival
Neodimio: itrio-aluminio-granate (Nd: YAG)	1064	Incisión de tejidos blandos Vaporización de caries incipientes Hemostasia Tratamiento de hipersensibilidad dentinaria Ablandamiento de tejidos duros Desinfección periodontal y endodóncica
Erbio: itrio-aluminio-granate (Er: YAG)	2940	Incisión de tejidos blandos Tratamiento de hipersensibilidad dentinaria Remoción de caries Ablandamiento de tejidos duros Desinfección periodontal y endodóncica
Erbio, cromo: itrio-escandio-galio-granate (Er, Cr: YSGG)	2780	Incisión de tejidos blandos Tratamiento de hipersensibilidad dentinaria Remoción de caries Ablandamiento de tejidos duros Desinfección periodontal y endodóncica
Diodo	850-1064	Activación de peróxido de carbamida Incisión de tejidos blandos Hemostasia

Tomado y modificado de: Galui S⁶⁵ et al; Briceño J⁶⁷ et al.

Láser Er, Cr: YSGG

Inicialmente, la familia de láseres de Erbio se diseñó, fabricó y autorizó exclusivamente para procedimientos en tejidos duros que involucraban esmalte, dentina, cemento y hueso; posteriormente sus aplicaciones fueron ampliadas a procedimientos de tejidos blandos y añadidos a la lista de procedimientos aprobados por la FDA.⁵⁹

El láser de Er, Cr: YSGG (2780 nm) fue introducido en 1997 con base en las necesidades quirúrgicas dentro de la práctica de odontología general.⁵⁴ Es un láser de alta potencia no ionizante, que emite su longitud de onda de modo pulsátil. Se

ubica en la zona de radiación infrarroja del espectro electromagnético, ver (Figura 3), y, por lo tanto, no es visible para el ojo humano. Su medio activo este compuesto por Itrio (Yttrium, Y), Escandio (Scandium, S), Galio (Gallium, G) y Granate (Garnet, G) contaminado con Erblio (Erbium, Er) y Cromo (Chromium, Cr).⁶⁸

Es un equipo provisto de un aerosol de agua con aire, que, al combinarse con el haz del láser, refrigera la zona de incidencia lo cual minimiza los efectos térmicos colaterales y potencia su mecanismo de acción. Estudios demuestran que no existe aumento térmico en el interior de la pulpa durante la preparación de cavidades siempre y cuando se trabaje con el espray de agua.⁶⁹

Figura 3. Ubicación de longitud de onda del láser Er Cr: YSGG

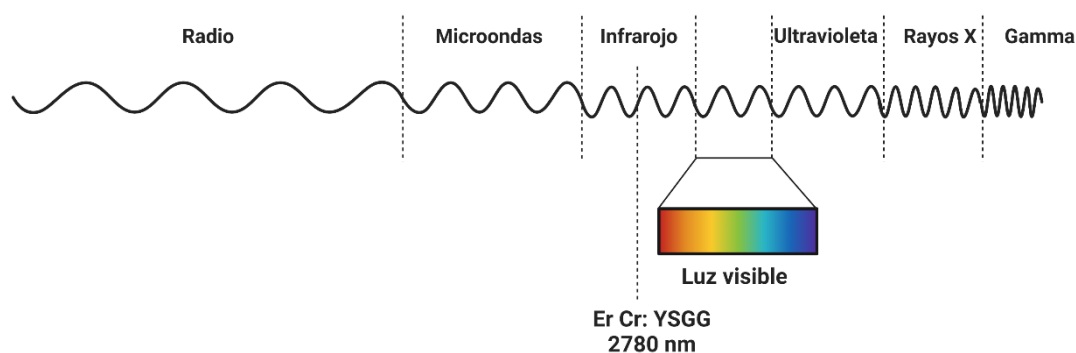


Imagen propia

Debido a su buena absorción en agua e hidroxiapatita es frecuentemente utilizado en procedimientos quirúrgicos sobre tejido óseo y tejidos blandos de la cavidad oral, para remoción de restauraciones, remoción de caries en esmalte y dentina, entre otras.^{68,69}

La irradiación de la superficie del esmalte genera una rugosidad parecida a la del grabado ácido convencional, por otra parte, en la dentina los túbulos dentinarios quedan abiertos, libres del barrillo dentinario, sin que existan signos de fusión ni cristalización en ninguna de las dos estructuras descritas.⁷⁰ Con la implementación de este láser se obtienen cavidades similares a las que se pueden preparar con el instrumental rotatorio convencional, la mayoría se pueden hacer sin necesidad de aplicar alguna técnica de anestesia local o regional.⁷¹

3.2 Antecedentes específicos

Valenti⁵¹ et al., en 2021 evaluaron el láser Erbium: Yttrio-Aluminum-Granate (Er: YAG) respecto a su posible reducción de microorganismos en comparación con la terapia convencional (TC) manual y rotatoria. Se realizó un ensayo clínico diseñado, incluidos dientes permanentes con lesiones cariosas profundas activas que se dividieron en dos grupos, el grupo de control y el grupo de intervención tratados con terapia CT y Er: YAG, respectivamente. Antes y después se recolectaron dos muestras orales utilizando un pequeño microcepillo estéril frotado dentro de la base del tejido de la cavidad dentinaria. El porcentaje de reducción y el recuento de unidades formadoras de colonias se compararon los microorganismos totales en dentina, incluidos *Candida spp.*, *Streptococcus spp.* y *Lactobacillus spp.* La reducción microbiana varió de 90,2% a 100%, se utilizó un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y se observó significativamente para el total microorganismos y *Streptococcus spp.* ($p < 0,05$). Concluyeron que el láser Er: YAG muestra un alto potencial para aplicación clínica, especialmente con pacientes pediátricos y complicados, gracias a sus propiedades mínimamente invasivas y su efectiva reducción de la carga microbiana.

Vinothkumar⁷² et al., en 2020 evaluaron in vitro la eficacia antimicrobiana de los láseres de diodo con dos potencias diferentes en *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus casei* y *Actinomyces naeslundii*. Se utilizó la dentina coronal de 30 terceros molares mandibulares humanos se preparó con cuatro cavidades cilíndricas en contacto con las bacterias mencionadas durante 72 h. Se aplicó láser de diodo (810 nm durante 30 s en dos ciclos) con 1,5 W (grupo I), 1 W (grupo II) y solución de gluconato de clorhexidina al 2% durante 60 s (grupo III) en tres cavidades y la cuarta cavidad fue no sometido a ningún tratamiento (control). El recuento bacteriano se determinó mediante el método de dilución en serie y recuento en placa. Mediante el uso de pruebas estadísticas se obtuvo lo siguiente: el porcentaje de *S. mutans* muertos después fue 73.68 ± 23.37 , 51.75 ± 25.45 y 26.78 ± 21.8 en los grupos I, II y III respectivamente ($P = 0.002$; Kruskal-Wallis) sin diferencias significativas entre el grupo I y II ($P = 0.089$; Mann-Whitney). El porcentaje de *A. naeslundii* muertos fue 37.77 ± 49.52 , 22 ± 19.48 y 56.86 ± 23.93

en los grupos I, II y III respectivamente ($P = 0,013$; Kruskal-Wallis) con una diferencia significativa entre el grupo II y III ($P = 0.002$; Mann-Whitney). El porcentaje de *L. casei* muertas fue 51.32 ± 39.07 , 36.65 ± 38.48 y 75.41 ± 22.6 en los grupos I, II y III, respectivamente ($P = 0,091$; Kruskal-Wallis). Concluyeron que los láseres de diodo ejercieron un efecto antibacteriano de varios niveles contra las tres bacterias cariogénicas y la recomiendan como una técnica complementaria para la eliminación eficiente de bacterias cariogénicas.

Gong¹³ et al., en 2019 evaluaron el efecto de la terapia fotodinámica (TFD) sobre biopelículas de caries orales multi-específicas compuestas por *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus casei* y *Candida albicans*, microorganismos presentes especialmente en caries de la primera infancia. Las bacterias y las levaduras se inocularon y se incubaron en condiciones aeróbicas, complementadas con 5% de CO₂ a 37°C durante 18 hrs. Las diluciones se establecieron mediante la construcción de una curva estándar que relacionaba el número de células bacterianas con la turbidez del cultivo, medida con un espectrofotómetro. Las biopelículas se formaron sobre discos de hidroxiapatita, y se utilizó eritrosina como fotosensibilizador, diluida a una concentración de 40 µM durante 3 min. Se irradió durante 10 y 20 segundos utilizando un láser de diodo. Posteriormente, se contaron las UFC de cada grupo microbiano cultivado en placas de agar sangre, y se utilizó un microscopio confocal de barrido láser para evaluar el efecto de la TFD. Se utilizó la prueba t paramétrica, para las comparaciones entre grupos, mientras que las medias y las desviaciones estándar de los grupos se compararon mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, para los tres microorganismos, se observaron reducciones estadísticamente significativas de los recuentos de UFC ($p < 0,05$) en los grupos tratados con TFD en comparación con el control no tratado. En el caso de *S. mutans* y *L. casei*, se produjo una mayor disminución proporcional a la cantidad de energía irradiada. Concluyeron que la TFD mostró un efecto antimicrobiano significativo contra las biopelículas orales compuestas por los tres microorganismos, lo que sugiere su potencial aplicación clínica para los niños con caries de la primera infancia.

Du⁷³ et al., en 2019 realizaron un estudio para determinar los efectos bactericidas del láser Er: YAG, así como los cambios morfológicos y de composición química en la dentina bovina. Se prepararon placas de dentina de incisivos bovinos y se cultivaron con *Streptococcus mutans*. Las muestras se dividieron aleatoriamente en cinco grupos con densidades de energía de irradiación láser Er: YAG de 0, 6.37, 12.73, 19.11 y 25.47 J/cm². Se tiñeron y observaron mediante microscopio confocal de barrido láser. Las capacidades bactericidas se midieron usando tinción vivo/muerto. La morfología y los componentes químicos mediante microscopía electrónica de barrido y espectrometría de dispersión de energía. Se utilizó la prueba no paramétrica de Kolmogorov–Smirnov, donde la eliminación de bacterias y el barrillo dentinario fueron significativamente mejores en los grupos de alta densidad de energía ($p < 0,001$). En el examen morfológico, el grupo con densidad de energía mínima mostró fusión superficial mientras que en los grupos de alta densidad de energía mostró una superficie limpia con orificios abiertos. Se observaron aumentos significativos en los porcentajes en peso de calcio ($p < 0,001$) y fósforo ($p < 0,001$), mientras que se observaron disminuciones significativas para el oxígeno ($p < 0,001$) y carbono ($p < 0,01$). Se confirmó que la irradiación con láser Er: YAG tiene efectos bactericidas y acondicionadores de la dentina.

Baraba⁷⁴ et al., en el 2018 evaluaron la eficacia de la eliminación de bacterias cariogénicas y dentina cariada mediante ablación utilizando dos láseres: láser Er: YAG controlado por retroalimentación de fluorescencia (FFC) y diferentes pulsos de láser Er: YAG. Se utilizaron 72 molares humanos extraídos de los cuales 60 dientes con dentina cariada fueron divididos aleatoriamente en cuatro grupos experimentales según el tratamiento para la remoción de caries: grupo 1: 400 μ s (grupo FFC); grupo 2: pulso súper corto (grupo SSP, pulso de 50 μ s); grupo 3: pulso corto medio (grupo MSP, pulso de 100 μ s); grupo 4: pulso corto (grupo SP, pulso de 300 μ s) y un grupo de control positivo sin tratamiento. 12 dientes sin lesión cariosa se utilizaron como un grupo control negativo. Posterior a la eliminación de la caries, se tomaron las muestras y se realizó un análisis de PCR en tiempo real. En todos los grupos experimentales, las muestras estaban libres de contaminación bacteriana después del tratamiento. Los datos se analizaron estadísticamente con

la prueba ANOVA unidireccional y la prueba post hoc de Scheffe, en los grupos SSP, MSP y SP, las temperaturas medidas durante la ablación de caries fueron significativamente más altas en comparación con las temperaturas en el grupo FFC ($P < 0,001$). Se concluyó que el tratamiento con láser para eliminar la dentina cariada y las bacterias cariogénicas fue una modalidad de tratamiento eficaz.

Birardi V⁷⁵ et al., en el 2004 realizaron un estudio para demostrar que la terapia de caries de la primera infancia puede mejorarse con el uso del láser Nd: YAG. Se seleccionaron tres niños de 3 años en los que los cuatro incisivos temporales superiores estaban afectados por caries de la primera infancia. Fueron necesarias dos sesiones de tratamiento; en la primera cita: las superficies de los 4 dientes temporales se irradiaron con láser después de cubrirlas con una capa gruesa de gel flúor. En la segunda cita, se extrajo un diente y se observó su superficie mediante microscopía electrónica de barrido para evaluar el efecto del láser. Se observaron ventajas clínicas como reducción de la permeabilidad de la dentina y esterilización de la superficie; el tratamiento no influyó en la estética del diente. Concluyeron que el tratamiento para la caries de la primera infancia permite conservar los dientes y retrasa el uso de los métodos tradicionales, el uso del láser Nd: YAG es prometedor y debería ser considerado por otros estudios clínicos.

Hossain⁷⁶ et al., en 2001 evaluaron la ácido resistencia del esmalte y dentina por láser Er, Cr: YSGG a lesiones de caries artificiales por espectrofotometría y las estructuras tratadas con láser se investigaron mediante microscopía electrónica de barrido in vitro. Se utilizó un láser Er, Cr: YSGG sobre muestras de esmalte o dentina de 30 molares humanos extraídos a 6 W o 5 W de energía de pulso, con o sin agua. Dichas muestras se sometieron a 2 μ l de solución de ácido láctico (pH 4,8) durante 24 ha 36°C. Las partes por millón de ion calcio (CaH) disueltas en cada solución se determinaron mediante espectrofotometría de absorción atómica y los cambios morfológicos se investigaron mediante microscopía electrónica de barrido. Mediante la prueba estadística de U de Mann Withney, se encontró diferencia significativa ($p < 0,01$) entre la comparación de muestras tratadas con láser y sin láser. Concluyeron que la irradiación con láser Er, Cr: YSGG con y sin agua parece ser eficaz para aumentar la resistencia a los ácidos.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La caries de la primera infancia representa un problema de salud oral significativo a nivel mundial, con una prevalencia alarmante que afecta a niños en todo el mundo. En México, el 70.9% de los niños tienen caries según el último informe del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Orales (SIVEPAP, 2021). A nivel mundial, la caries de la primera infancia afecta a aproximadamente el 60-90% de los niños en edad preescolar en todo el mundo, aumentando rápidamente en países de ingresos bajos y medianos

Así mismo, es un factor de riesgo importante para la presencia de caries más adelante en la dentición permanente. Esta condición, caracterizada por la desmineralización del tejido dental debido a la actividad bacteriana.

Microbiológicamente, los *Lactobacillus* participan en el desarrollo de lesiones de caries y juegan un papel importante en su progresión, se observan cuando la patología presenta afectación en dentina. Además, *Candida albicans* se detecta con frecuencia en grandes cantidades en biopelículas de placa de niños pequeños con CPI, y está fuertemente asociada con caries severa en niños causando caries más graves y extensas.

El láser Er, Cr: YSGG surge como una opción prometedora para el tratamiento de la dentina infectada por *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans* en dientes temporales. Este láser, debido a su afinidad al ion hidroxilo del agua y su capacidad de ablación selectiva de tejidos infectados, puede ofrecer una solución eficaz y menos invasiva para eliminar las bacterias y hongos presentes en la dentina.

Sin embargo, se desconoce, si el empleo del láser Er,Cr:YSGG modifica las condiciones superficiales de las estructuras dentales y de esta manera pudiera mejorar en la ácido resistencia de las principales bacterias que se encuentran en la caries de la infancia temprana.

Pregunta de investigación:

¿El láser Er, Cr: YSGG presenta efecto antibacteriano de la dentina de dientes temporales infectada por *Lactobacillus* y *Candida albicans*?

5. JUSTIFICACIÓN

La caries de la primera infancia es un problema de salud pública significativo que afecta a niños en todo el mundo, con consecuencias que van más allá de la salud oral y pueden tener un impacto en la calidad de vida y el bienestar general de los niños. La prevalencia de caries en la primera infancia sigue siendo alta en muchos países, incluido México.

La prevalencia de la caries dental en niños escolares, según la Organización Mundial de la salud (OMS), oscila entre 60-90% a nivel mundial, la presencia de CPI es un factor muy importante para la presencia de caries en la dentición permanente y que éstas sean recurrentes.⁷⁷

La dentina infectada en dientes temporales presenta un desafío en el ámbito de la estomatología pediátrica, ya que la preservación de la estructura dental es esencial para el desarrollo adecuado de la dentición permanente. Gracias a la constante y rápida evolución de tecnologías aplicadas en la odontología el uso dentro de la práctica clínica del láser dental ha aumentado, y siendo el área pediátrica una de las que se ha visto más favorecida.

Uno de los principales es el láser Er, Cr :YSGG el cual es frecuentemente utilizado en procedimientos quirúrgicos y para la remoción de restauraciones o remoción de caries en esmalte y dentina, la radiación láser debe ser absorbida para producir un cambio físico y/o químico que resulte en una respuesta biológica o un potencial efecto terapéutico por lo que puede verse mejorada la ácido resistencia de bacterias que se presentan en la cavidad bucal.

La elección de *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans* como microorganismos objeto de este estudio se fundamenta en su relevancia clínica en la etiología de la caries dental y en particular a su intervención en caries de la primera infancia. Ambos microorganismos son capaces de colonizar la dentina, prolongando el proceso cariogénico y comprometiendo la viabilidad de los órganos dentarios afectados.

Es necesario, comprender el efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG sobre *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans* en la dentina infectada de dientes temporales

es de suma importancia para el desarrollo de estrategias terapéuticas efectivas e innovadoras en la práctica clínica de la estomatología pediátrica.

Por lo tanto, el empleo del láser Er, Cr: YSGG dentro de la práctica estomatológica pediátrica, puede considerarse como una propuesta e implementarse como un protocolo preventivo en caso de presentar efecto antibacteriano y por ende la ácido resistencia de ciertas bacterias propias de la CPI, de esta manera el aporte clínico será el de evitar la aparición de lesiones cariosas en niños menores de tres años.

6. HIPÓTESIS

H1. La irradiación con láser Er; Cr: YSGG de la dentina temporal infectada por *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans* posee un efecto antibacteriano.

H0. La irradiación con láser Er, Cr: YSGG de la dentina temporal infectada por *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans* no posee un efecto antibacteriano.

7. OBJETIVOS

7.1 Objetivo general

Evaluar el efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina de dientes temporales infectada por *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans*.

7.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina infectada por *Lactobacillus spp.* en dientes temporales.
- Evaluar el efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina infectada por *Candida albicans* en dientes temporales.
- Describir la adhesión cualitativa de *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans* en la dentina irradiada y no irradiada con láser Er, Cr: YSGG con Microscopía Electrónica de Barrido.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Diseño del estudio

Experimental, *in vitro*.

8.2 Población y muestra

Muestreo no probabilístico, aleatorio simple, se emplearán 30 muestras distribuidas en los diferentes grupos.

8.3 Criterios de selección

8.3.1 Inclusión

- Dientes molares temporales exfoliados o extraídos.
- Dientes molares temporales sanos.

8.3.2 Exclusión

- Dientes molares temporales con caries.
- Dientes molares temporales con obturaciones.
- Dientes molares temporales con daños observables a simple vista.

8.3.3 Eliminación

- Muestras que se contaminen antes de ser analizadas.
- Muestras fracturadas.

8.4 Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala y categoría
INDEPENDIENTE			
Láser Er, Cr: YSGG	Dispositivo utilizado para procedimientos en tejidos blandos y duros dentro de la cavidad oral y la región orofacial.	Se empleó el Láser Er, Cr: YSGG, bajo los siguientes parámetros: 4.5W a una frecuencia de 50Hz en modo de pulsado, durante 60 segundos, con 60% de aire y 80% de agua, punta 600µm. Distancia de 1mm	Cualitativa
DEPENDIENTE			
Efecto antibacteriano	Sustancia que destruye las bacterias o les impide que crezcan y causen enfermedad.	Se emplearon dos tipos de bacterias y se formaron 5 grupos: -Grupo I: Control. -Grupo II: <i>Lactobacillus</i> . -Grupo III: <i>Candida albicans</i> . -Grupo IV: <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG. -Grupo V: <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG. Y se evaluó la concentración mínima inhibitoria.	Cualitativo (Turbidez, No turbidez)
		Recuento de microorganismos por diluciones seriadas.	Cuantitativo Media (UFC)
Microscopía Electrónica de Barrido		Descripción de la adhesión de <i>Lactobacillus</i> y <i>Cándida albicans</i> en la dentina irradiada y no irradiada con láser Er, Cr: YSGG.	Cualitativa Descriptiva

8.5 Concordancia y fiabilidad

El investigador principal recibió una capacitación para realizar el sembrado y aislamiento de las bacterias, así como para llevar a cabo el recuento de microorganismos, además, se realizó una prueba piloto para la implementación de dicha metodología.

8.6 Ubicación espacio-temporal

Hospital MAC Puebla para las maniobras de láser, Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento (DITCo), área de laboratorio de Microbiología.

8.7 Procedimientos, técnicas y fuentes de recolección

Procedimiento

Selección de los dientes y preparación de las muestras

Se incluyeron dientes molares temporales exfoliados o extraídos por persistencia en la cavidad oral, ver (Figura 4), fueron obtenidos de pacientes de la Clínica de Odontopediatría de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y a través de donaciones de diferentes consultorios del Estado de Puebla. Las donaciones se realizaron mediante previo consentimiento informado de alguno de los padres/tutores, ver (Anexo 1) y asentimiento informado de los menores de edad, ver (Anexo 2). Los dientes fueron colocados después de ser lavados con agua corriente en un frasco con timol al 0.2% (wt/vol) inmediatamente después de su recolección fueron transportados a la Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento (DITCo), área de laboratorio de Microbiología.

Figura 4. Obtención de molares sanos

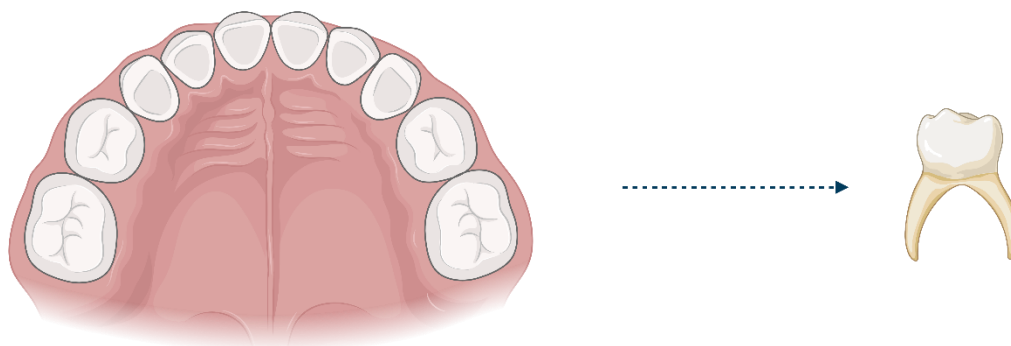


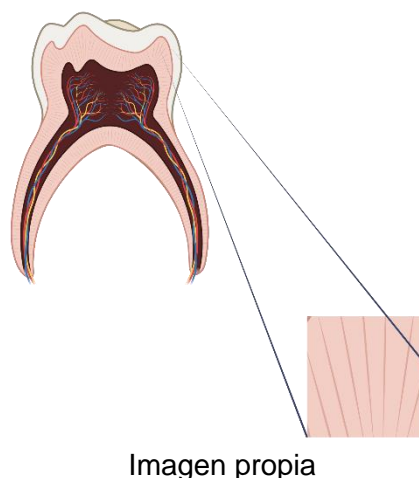
Imagen propia

Preparación de la muestra

Los dientes fueron cortados con un disco y con un motor de baja velocidad (Brasseler, Savannah, GA). Se irrigaron con agua bidestilada para evitar la deshidratación. Se realizaron los cortes del esmalte de las superficies oclusal, mesial, distal, vestibular, lingual o palatino, posteriormente se obtuvieron cuatro muestras de dentina de 3 mm largo x 3 mm ancho, ver (Figura 5). Las muestras se lavaron con agua desionizada durante 10 minutos, en baño ultrasónico (Quantrex

Q140 L&R Ultrasonics, NJ) para remover cualquier residuo, después se secaron al medio ambiente para ser observadas en el microscopio óptico (Axio Zeiss Scope. A1, Germany) a una magnificación de 5X para confirmar la ausencia de esmalte. Para el análisis subsecuentemente en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) y próxima inoculación bacteriana.

Figura 5. Muestras de dentina 3 x 3 mm



Pruebas de inhibición bacteriana

Treinta muestras de dentina temporal fueron divididas aleatoriamente en cinco grupos (n=6): Control negativo, *Lactobacillus spp.* (Control positivo), *Candida albicans* (Control positivo), *Lactobacillus spp.* + Er, Cr: YSGG y *Candida albicans* + Er, Cr: YSGG.

Se emplearon un medio selectivo agar MRS para los *Lactobacillus spp.* y Chromagar para identificar la cepa de *Candida albicans* y posteriormente se utilizó un medio agar LB, para identificación de los microorganismos se utilizó un microscopio óptico, ver (Figura 6 y 7). Las muestras de los grupos fueron conservadas a una temperatura de 4°C, posteriormente se tuvieron que atemperar a 37°C, se embebieron las muestras en cultivos bacterianos preinoculados (*Lactobacillus spp.* o *Candida albicans*), se realizó un ajuste a escala de McFarland de 0.5, ver (Figura 7) y se agitó en un vortex para homogenización y se mantuvo en

suspensión a temperatura ambiente durante 30 min. Después, las muestras se sacaron y bajo condiciones óptimas de esterilidad y temperatura se eliminó el exceso de cultivo y se irradiaron con el láser Er, Cr: YSGG, fueron colocadas en tubos eppendorf para su traslado al laboratorio de microbiología, posteriormente se depositaron en medios de cultivo específicos para cada microorganismo durante 30 min, y se incubaron de 24 hrs. por triplicado.

Se realizó un recuento de microorganismos por diluciones seriadas, la muestra contiene unidades formadoras de colonias (UFC); se realizó una serie de disoluciones secuenciales, cada una con un factor de dilución α . De cada una de las diluciones se toma una fracción ($\alpha-1$) y se esparce en una placa de agar donde se cuentan las colonias, $\alpha = 10$ indica una dilución de 10 veces, se diluyó sucesivamente 0,1 ml de muestra en 0,9 ml de medio,⁷⁸ ver (Figura 8).

Figura 6. *Lactobacillus spp.*

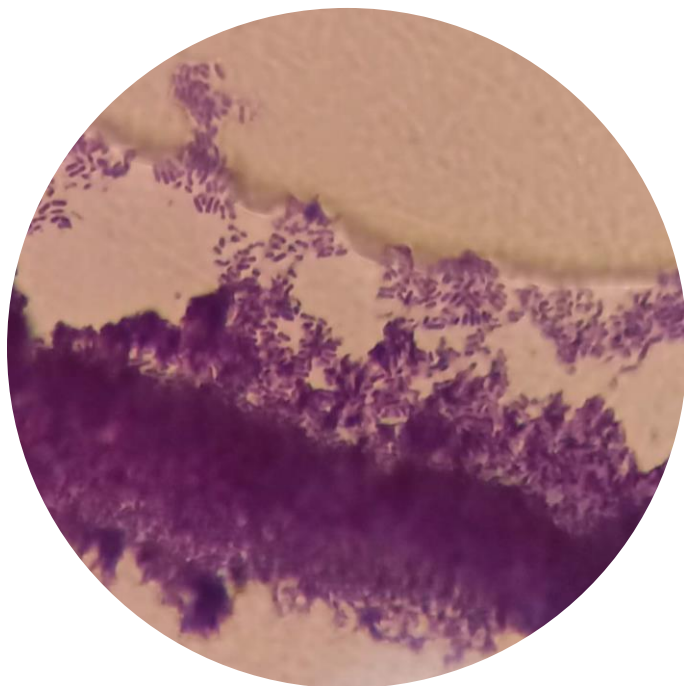


Imagen propia

Figura 7. *Candida albicans*

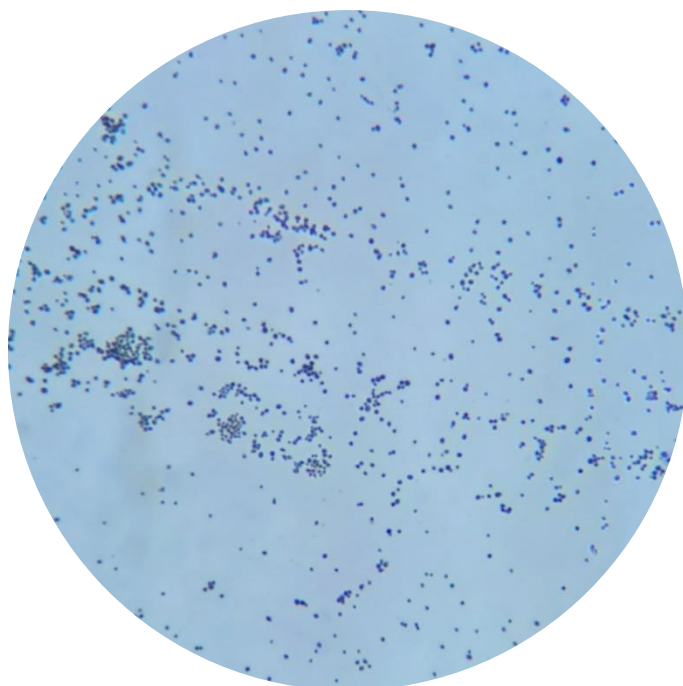


Imagen propia

Figura 8. Preinóculos ajustados a escala de McFarland (0.5)

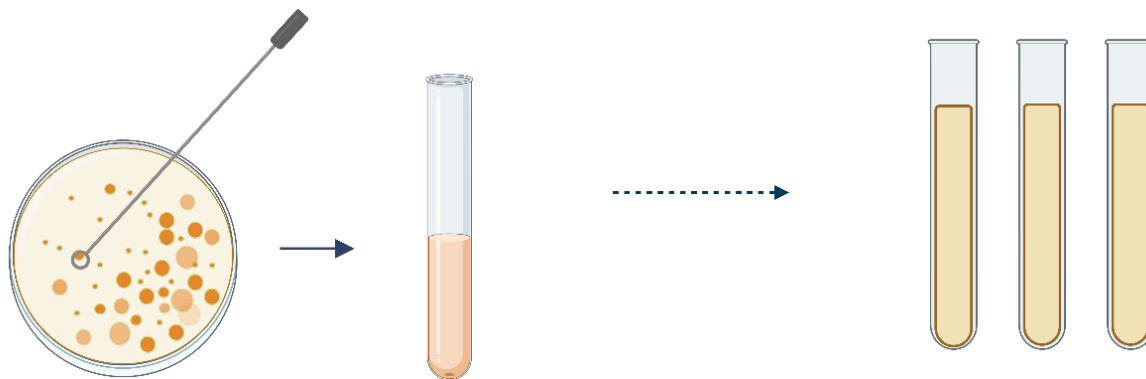


Imagen propia

Figura 9. Recuento de microorganismos por diluciones seriadas

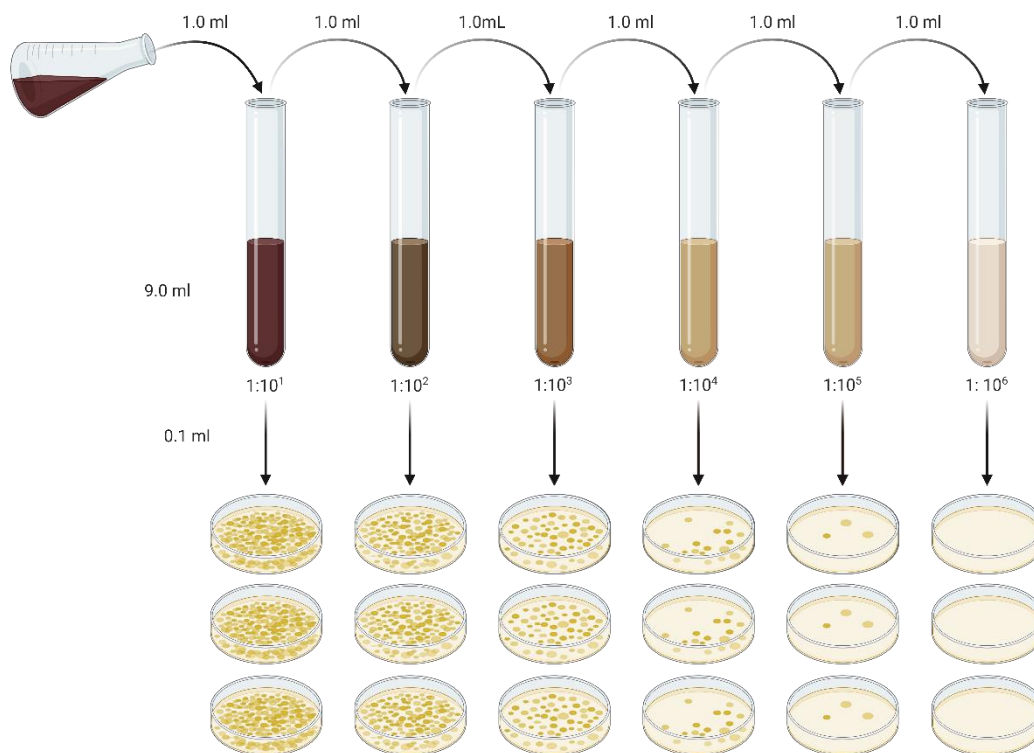


Imagen propia

Irradiación de la dentina con láser Er, Cr: YSGG

La irradiación con láser fue realizada por un segundo investigador experto en el manejo de láser, ver (Figura 9). Se empleó el láser Er, Cr: YSGG (iPlus, Biolase), se aplicó 4.5 W a una frecuencia de 15 Hz en modo pulsado con una duración de 60 μ s (modo H), con 30% de aire y 80% de agua destilada, con el empleo de una pieza de mano Gold y punta de 600 μ m. Estándares recomendados por AaLZ, ver (Tabla 4).

La irradiación se llevó a cabo de manera manual a lo largo de toda la muestra, en una sola dirección y perpendicular a la muestra. Los niveles de energía fueron calibrados en el equipo, la energía liberada se evaluó periódicamente con un medidor de potencia. Todas las muestras fueron irradiadas el mismo día, se tuvo la precaución de limpiar la zona en donde fueron irradiadas para evitar infecciones cruzadas o contaminación de las muestras con las diferentes bacterias a evaluar.

Tabla 5. Parámetros de irradiación: Er,Cr:YSGG (iPlus, Biolase)

Distancia	1 mm
Densidad de energía	53.6 J/mm ²
Frecuencia	15 Hz en modo pulsátil
Tiempo	1 s/mm ²
Agua	30 %
Aire	80 %

Fuente: AaLZ, 2022⁷⁹

Figura 10. Irradiación láser



Imagen propia

Instrumentos:

Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

Para observar de manera cualitativa las bacterias adheridas a la superficie de la dentina, una muestra por grupo fue preparada para ser observada por medio de Microscopía Electrónica de Barrido ver (Figura 10).

Después del ensayo de adhesión bacteriana, las muestras seleccionadas se lavaron y fijaron con glutaraldehído al 2,0% durante 24 hrs. Luego se lavaron tres veces con solución buffer de lavado (pH 7.4), se deshidrataron a través de series graduales de soluciones con etanol al 20, 40, 60, 80 y 100%. Las muestras fueron secadas al vacío y recubiertas con oro. La evaluación de tres áreas elegidas al azar se llevó a cabo en el Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL, JSM-6510LV, Japón). El análisis se efectuó en el modo de bajo vacío (10 Pa de presión en la cámara). Fueron observadas a tres magnificaciones diferentes (500X, 1000X y 2000X), con un voltaje de aceleración de 3.0 kV.

Finalmente, los datos fueron vaciados en una hoja de Excel (Anexo 3), para su posterior análisis en el programa SPSS versión 22.

Figura 11. Microscopía Electrónica de Barrido.

I

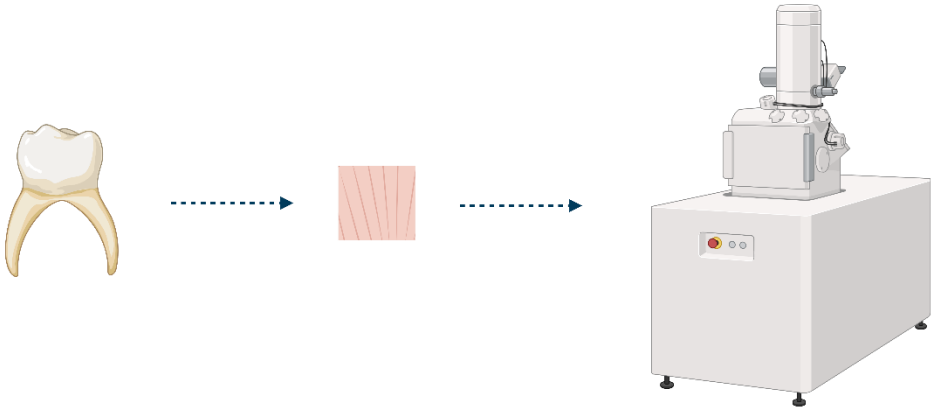


Imagen propia

8.8 Análisis estadístico

Posterior a la obtención de los datos se construyó una base en Microsoft Excel 2021 para así poder analizarlos en el paquete estadístico, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22 para Windows Statistical (IBM, New York, USA). Con la base de datos construida y en función a ellos se utilizó el Software realizando Prueba Shapiro Wilk ($p > 0.05$) y posteriormente una comparación de medias entre grupos utilizando el análisis T de Student, Así como estadística descriptiva e inferencial mediante la medición de UFC, ver (Tabla 5).

Tabla 6. Análisis de datos

Captura de datos	Microsoft Excel, 2021
Estadística	SPSS, Versión 22
Estadística descriptiva	Cualitativa: Porcentajes Cuantitativa: Medias
Distribución	Shapiro Wilk $P > 0.05$
Comparación de medias	T- Student, para mientras independientes

Fuente propia

9. RESULTADOS

9.1 Recuento de microorganismos

El tratamiento láser se realizó mediante pruebas simultaneas en las cuales se utilizó una muestra por grupo, todas tratadas bajo las mismas condiciones, y posteriormente después de recibir la irradiación láser para el recuento de microorganismos por diluciones seriadas se realizó por triplicado el conteo, obteniendo los siguientes resultados.

En la prueba 1: en el grupo I, no presentó UFC, el grupo II presentó una media de 45.4×10^6 UFC, el grupo III una media de 27.5×10^4 UFC, el grupo IV una media de 2×10^2 UFC y grupo V una media de 40×10^1 UFC, ver (Tabla 6).

Tabla 7. Resultados de recuento de UFC

Grupos	Lactobacillus			Candida albicans		
	UFC			UFC		
I. Control	-	-	-	-	-	-
II. <i>Lactobacillus spp.</i>	440×10^6	427×10^6	495×10^6			
III. <i>Candida albicans</i>				306×10^3	265×10^3	254×10^3
IV. <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG	3×10^2	1×10^2	2×10^2			
V. <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG				32×10^1	53×10^1	35×10^1

Fuente propia

En la prueba 2: el grupo I, presentó 0.3×10^1 UFC, el grupo II presentó una media de 43.3×10^6 UFC, el grupo III una media de 23.3×10^4 UFC, el grupo IV una media de 27×10^2 UFC y el grupo V una media de 60×10^1 UFC, ver (Tabla 7).

Tabla 8. Resultados de recuento de UFC

Grupos	<i>Lactobacillus spp.</i>			<i>Candida albicans</i>		
	UFC			UFC		
I. Control	-	-	-	-	-	-
II. <i>Lactobacillus spp.</i>	500×10^6	400×10^6	400×10^6			
III. <i>Candida albicans</i>				254×10^3	233×10^3	212×10^3
IV. <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG	32×10^2	23×10^2	26×10^2			
V. <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG				57×10^2	58×10^2	65×10^2

Fuente propia

En la prueba 3: el grupo I, no presentó UFC, el grupo II presentó una media de 24.2×10^7 UFC, el grupo III una media de 20.5×10^4 UFC, el grupo IV una media de 37.6×10^2 UFC y el grupo V una media de 18.6×10^1 UFC, ver (Tabla 8).

Tabla 9. Resultados de recuento de UFC

Grupos	<i>Lactobacillus spp.</i>			<i>Candida albicans</i>		
	UFC			UFC		
I. Control	-	-	-	-	-	-
II. <i>Lactobacillus spp.</i>	276×10^6	204×10^6	248×10^6			
III. <i>Candida albicans</i>				177×10^3	235×10^3	205×10^3
IV. <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG	33×10^2	46×10^2	34×10^2			
V. <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG				12×10^2	10×10^2	34×10^2

Fuente propia

En la prueba 4: el grupo I, no presentó UFC, el grupo II presentó una media de 88×10^7 UFC, el grupo III una media de 152×10^4 UFC, el grupo IV una media de 13.6×10^2 UFC y el grupo V una media de 27×10^2 UFC, ver (Tabla 9).

Tabla 10. Resultados del conteo de UFC

Grupos	<i>Lactobacillus spp.</i>			<i>Candida albicans</i>		
	UFC			UFC		
I. Control	-	-	-	-	-	-
II. <i>Lactobacillus spp.</i>	90×10^7	79×10^7	95×10^7			
III. <i>Candida albicans</i>				157×10^3	118×10^3	181×10^3
IV. <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG	13×10^2	10×10^2	18×10^2			
V. <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG				43×10^2	15×10^2	23×10^2

Fuente propia

En la prueba 5: el grupo I, no presentó UFC, el grupo II presentó una media de 14.3×10^7 UFC, el grupo III una media de 25.6×10^4 UFC, el grupo IV una media de 14.6×10^2 UFC y el grupo V una media de 7×10^2 UFC, ver (Tabla 10).

Tabla 11. Resultados de recuento de UFC

Grupos	<i>Lactobacillus spp.</i>			<i>Candida albicans</i>		
	UFC			UFC		
I. Control	-	-	-	-	-	-
II. <i>Lactobacillus spp.</i>	110×10^6	126×10^6	195×10^6			
III. <i>Candida albicans</i>				256×10^3	227×10^3	286×10^3
IV. <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG	13×10^2	28×10^2	2×10^2			
V. <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG				4×10^2	9×10^2	8×10^2

Fuente propia

En la prueba 6: el grupo I, no presentó UFC, el grupo II presentó una media de 36.5×10^7 UFC, el grupo III una media de 26.2×10^4 UFC, el grupo IV una media de 13×10^2 UFC y el grupo V una media de 27.3×10^2 UFC, ver (Tabla 11).

Tabla 12. Resultados de recuento de UFC

Grupos	<i>Lactobacillus spp.</i>			<i>Candida albicans</i>		
	UFC			UFC		
I. Control	-	-	-	-	-	-
II. <i>Lactobacillus spp.</i>	364×10^6	327×10^6	405×10^6			
III. <i>Candida albicans</i>				261×10^3	291×10^3	234×10^3
IV. <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG	16×10^2	11×10^2	12×10^2			
V. <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG				22×10^2	23×10^2	37×10^2

Fuente propia

Se puede apreciar que el grupo control no presentó ningún crecimiento de colonias ver (Figura 11) El porcentaje de reducción y de recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) posterior al tratamiento con láser fue: en *Lactobacillus* del 99.9 % ver (Figura 12) presentando una media de las pruebas de 419833.3×10^3 (41.9×10^7) UFC en el grupo sin láser (II) y media de 1.7×10^3 UFC después del tratamiento láser (IV) y en *Cándida albicans* de 98.7 % ver (Figura 13) presentando una media de 230.6×10^3 UFC en el grupo sin láser (III) y media de 3×10^3 UFC después del tratamiento láser (V), se observó una reducción significativa en ambos microorganismos, ver (Tabla 12).

Tabla 13. Resultados finales de recuento de UFC

GRUPO	UFC x10 ³
I. Control	-
II. <i>Lactobacillus spp.</i>	419,833.3 ± 242,974.2 A
III. <i>Candida albicans</i>	230.6 ± 148.9 B
IV. <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG	*1.7 ± 1.3 A
V. <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG	*3 ± 1.9 B

Fuente propia

Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas (*T- student; p< 0.05)

Figura 12. Grupo Control UFC

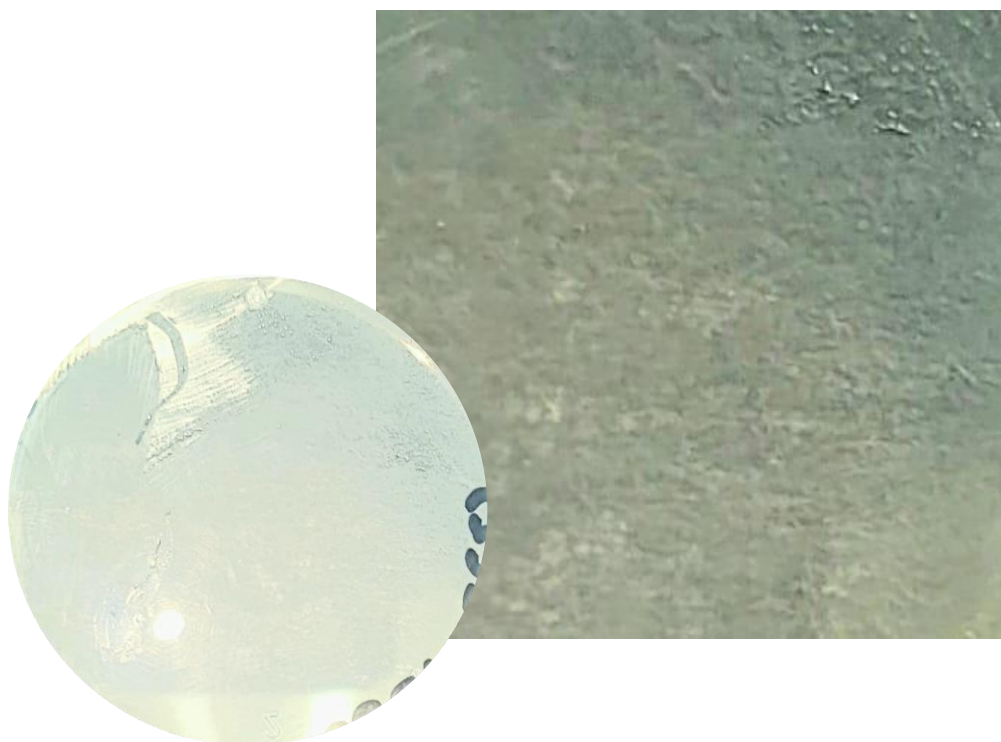


Imagen propia

Figura 13. Comparación de UFC de grupo II y grupo IV

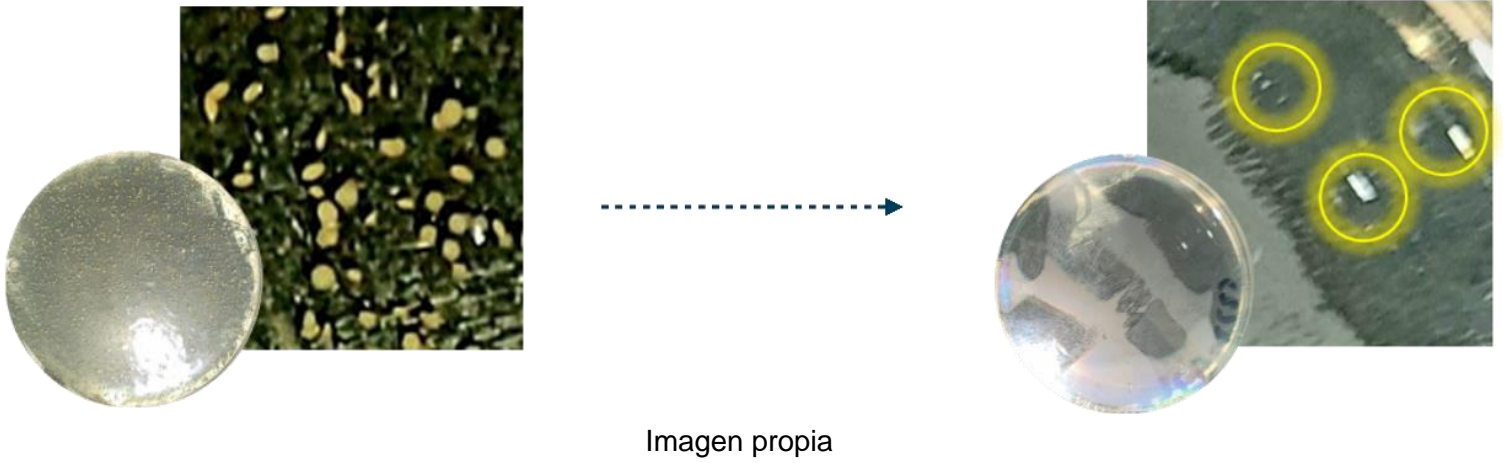
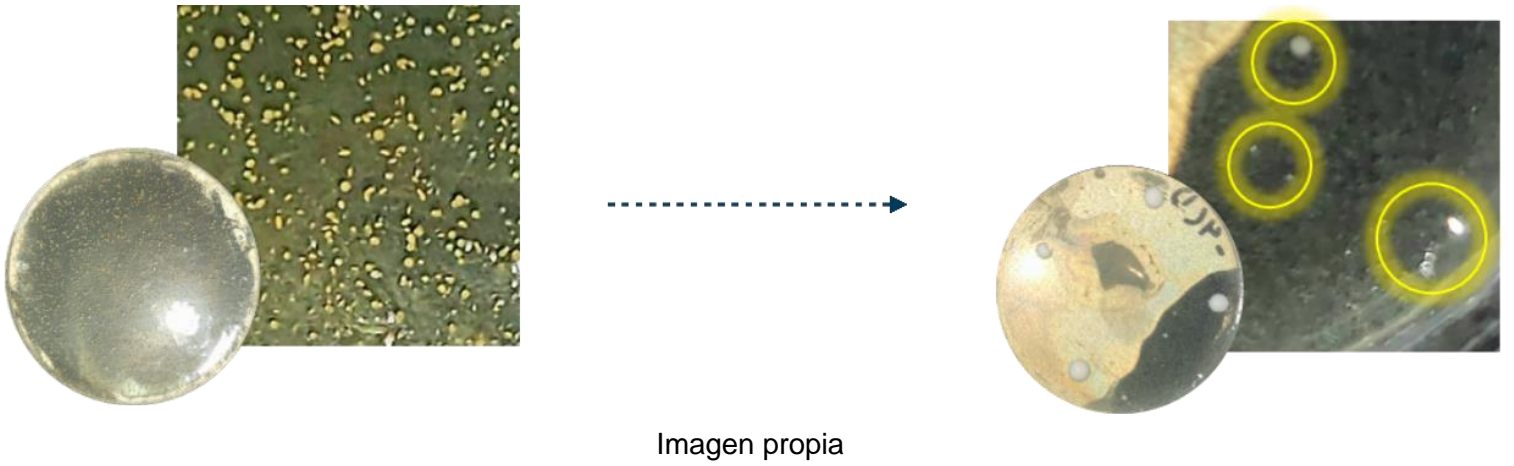


Figura 14. Comparación de UFC de grupo III y grupo V



9.2 Descripción de imágenes de Microscopio Electrónico de Barrido de dentina irradiada con láser Er, Cr: YSGG

Las muestras de dentina fueron preparadas y observadas mediante Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) para evaluar los efectos de la irradiación con láser Er, Cr: YSGG sobre la estructura superficial de la dentina. Las imágenes fueron adquiridas utilizando una magnificación de 500x, 1000x y 2000x y una aceleración de voltaje de 3.0 kV.

La observación mediante MEB reveló diferencias significativas en la adhesión de los microorganismos entre las superficies de dentina irradiada y no irradiada. En la dentina no irradiada, tanto *Lactobacillus spp.* como *Candida albicans* mostraron una adhesión íntegra, con formación de biopelículas extensas y estructuras en los espacios dentinarios. En contraste, con la dentina irradiada con láser Er, Cr: YSGG mostró una adhesión significativamente menor para ambos microorganismos. *Lactobacillus spp.* mostró una mayor reducción en la formación de biopelículas y una menor densidad de colonias adheridas a la superficie, mientras que *Candida albicans* presentó una adhesión reducida y menos formación de colonias.

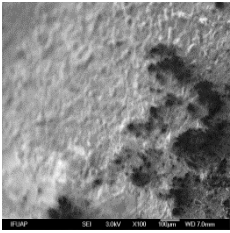
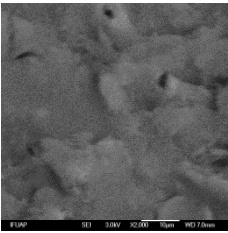
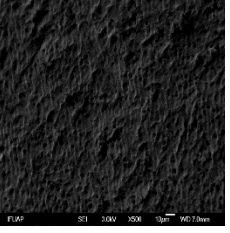
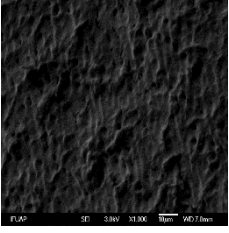
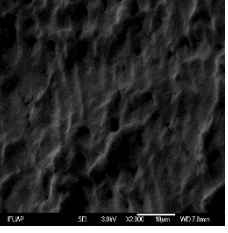
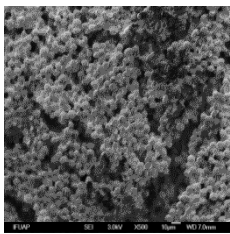
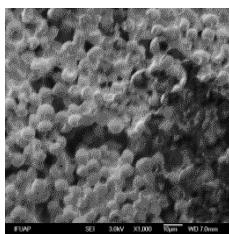
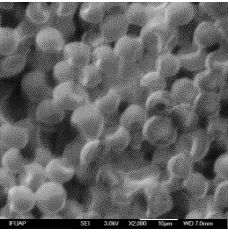
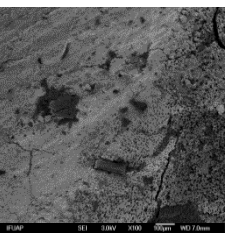
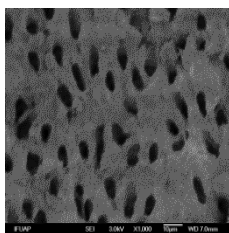
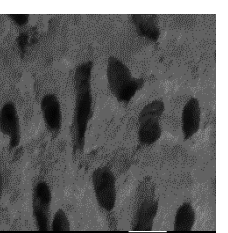
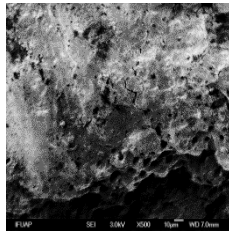
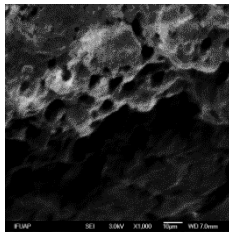
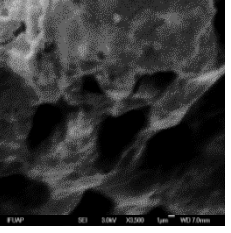
Grupo control: Se puede observar una superficie dentinaria caracterizada por una superficie más regular y uniforme. No se observaron microcavidades ni alteraciones significativas en la topografía superficial. La dentina muestra una textura notablemente más lisa y continua, con mínimas irregularidades estructurales a nivel microscópico, mostrando los túbulos dentinarios y no se detectaron microorganismos sobre la superficie de la dentina, ver (Tabla 13).⁸⁰

Los grupos inoculados con *Lactobacillus spp.* y *Cándida albicans*, las imágenes mostraron agrupaciones de *Lactobacillus spp.* adheridos a las estructuras tubulares de la dentina. Estos microorganismos mostraron una morfología característica, típicamente pequeñas y bacilares, sugiere una capacidad significativa para colonizar y adherirse a la superficie y estructura interna de la dentina.^{81,82} Por otra parte, se identificaron estructuras fúngicas típicas, tales como pseudohifas y blastoconidias, incrustadas en la matriz dentinaria, las blastoconidias, células de forma esférica u ovalada, se encontraron adheridas a las superficies expuestas de

la dentina, sugiriendo una posible contribución a la patogénesis de la caries dentales y otras enfermedades relacionadas.⁸³

Los grupos inoculados con microorganismos y tratados con láser en las micrografías muestran una estructura dentinaria caracterizada por microcanales y porosidades. Se puede observar una superficie de dentina irregular con presencia de algunos túbulos dentinarios abiertos, además de la presencia de pequeñas microgrietas, sin la presencia de microorganismo, áreas con alteración superficial donde el láser ha interactuado. Estas regiones muestran microabrasión y cambios estructurales, contrastando con la morfología uniforme de las áreas no tratadas., ver (Tabla 13).⁸⁰

Tabla 14. Imágenes de dentina obtenidas con Microscopia Electrónica de Barrido

GRUPO	500 X	1000 X	2000 x
I Control			
II <i>Lactobacillus spp.</i>			
III <i>Cándida albicans.</i>			
IV <i>Lactobacillus spp.</i> + Láser Er, Cr: YSGG.			
V <i>Cándida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG.			

Fuente propia

10. DISCUSIÓN

Actualmente la tecnología láser se ha convertido en una alternativa al uso de terapias convencionales para el tratamiento de caries de la primera infancia, así como su desinfección. En esta investigación se evaluó el efecto antimicrobiano del láser Er Cr: YSGG en dentina de dientes temporales infectada por *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans*.

De manera general los láseres tienen una amplia y variada gama de aplicaciones, la cual abarca desde la ciencia básica hasta la medicina. El uso del láser dentro del área odontológica introduciéndose en casi todas las especialidades como una herramienta sumamente versátil y con múltiples ventajas.⁸⁴ La Academia Americana de Odontología Pediátrica (AAPD) reconoce el uso del láser como un instrumento beneficioso en tratamientos restaurativos y tratamientos de tejidos blandos para niños, adolescentes e inclusive pacientes con necesidades especiales.⁸⁵

El uso del láser Er, Cr: YSGG en odontología provee de diversos aspectos que afectan su eficacia y aplicabilidad clínica. Este láser, posee una longitud de onda de 2780 nm, es altamente absorbido por los tejidos duros como el esmalte y la dentina, lo cual es fundamental para su acción terapéutica precisa. El método de desinfección mediante energía hidrocínética es particularmente notable, ya que implica la eliminación eficiente del barrillo dentinario, una capa contaminante formada durante la preparación de una lesión cariosa. Este proceso no solo reduce la carga bacteriana de manera significativa, sino que también mejora los valores de adhesión del adhesivo utilizado en restauraciones dentales.⁸⁶

El láser Er, Cr: YSGG ofrece ventajas significativas en comparación con los métodos tradicionales de preparación dental, como las fresas rotatorias. Por ejemplo, su capacidad para crear un entorno de trabajo más limpio y libre de contaminantes puede resultar en mejores resultados clínicos y una reducción en la incidencia de caries recurrentes en dentición permanente. Esto es particularmente importante en la odontología pediátrica moderna, donde se busca cada vez más la conservación del tejido dental y la mejora en la calidad de las restauraciones.⁸⁷

Sin embargo, a pesar de sus beneficios, el uso del láser también conlleva desafíos y consideraciones prácticas. La inversión en equipos láser y la capacitación requerida para su uso adecuado pueden ser barreras significativas para la adopción generalizada en prácticas odontológicas, por lo que podría considerarse como una limitante para el desarrollo de evidencia científica y estudios clínicos para respaldar su eficacia a largo plazo y su comparabilidad con las técnicas tradicionales en diferentes escenarios clínicos.

En concordancia con los hallazgos de Valenti et al. (2021), quienes investigaron el efecto del láser en la reducción de microorganismos en dentina cariada, y presentaron una erradicación total de *Lactobacillus spp.* En este estudio observó una reducción del 99.9% en el recuento de *Lactobacillus spp.* después del tratamiento con láser Er, Cr: YSGG. Esta importante reducción en la carga bacteriana sugiere que el láser es altamente efectivo en eliminar *Lactobacillus spp.* de la dentina infectada de dientes temporales.⁵¹

Aunque se realizó con láser Er: YAG muestra consistencias en la capacidad de los láseres de la familia erbio para reducir eficazmente la carga microbiana en dentina. Ambos estudios destacan la importancia de considerar las propiedades mínimamente invasivas y la efectividad antibacteriana de este tipo de láseres en el contexto clínico, enfocada a la atención de pacientes pediátricos

Se obtuvieron excelentes resultados en el grupo de *Lactobacillus spp.* después del tratamiento con láser Er, Cr: YSGG, teniendo casi totalidad de reducción bacteriana. Este hallazgo es congruente con estudios previos que han demostrado la eficacia de los láseres en la eliminación de bacterias cariogénicas. Gong et al. (2019) evaluaron el efecto de la terapia fotodinámica (TFD) en biopelículas de *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus casei* y *Candida albicans*, encontrando resultados similares de reducción significativa de UFC, lo cual subraya la capacidad de diferentes tecnologías láser para combatir microorganismos patógenos en cavidad oral.¹³

Así mismo, Du et al. (2019) evaluaron el láser Er: YAG y encontraron efectos bactericidas significativos, respaldando la capacidad de los láseres de erbio para

reducir la carga bacteriana en la dentina, demostrando mejoras en las características morfológicas y la composición química de la dentina. Aunque se utilizaron tipos diferentes de láser, ambos estudios apoyan la idea de que los láseres y en particular aquellos de la familia erbio, pueden ser efectivos en la desinfección de la dentina infectada por diversos microorganismos, proporcionando opciones terapéuticas menos invasivas.⁷³

Por otra parte, *Candida albicans*, se obtuvo una reducción del 98.7% en el recuento de UFC después del tratamiento con láser Er, Cr: YSGG. Este resultado es importante dado el rol patogénico de *Candida albicans* en las infecciones fúngicas orales, destacando la importancia de eliminar eficazmente este microorganismo para el tratamiento exitoso.

Esto en concordancia con los resultados del estudio de Valenti et al., donde se demostró que el láser Er: YAG también redujo eficazmente la carga de *Candida spp.* en dientes con lesiones cariosas profundas. La capacidad del láser Er, Cr: YSGG para afectar a *Candida albicans* es crucial, especialmente considerando su implicación en infecciones fúngicas oportunistas en el contexto odontológico y en el alto impacto que tiene en CPI.⁵¹

El estudio de Gong et al. (2019) utilizó terapia fotodinámica con un fotosensibilizador y láser de diodo para tratar biopelículas de bacterias cariogénicas incluyendo *Candida albicans*, obteniendo reducciones significativas en los recuentos de UFC. Aunque las metodologías difieren, ambos estudios respaldan la efectividad de las técnicas láser en la eliminación de microorganismos patógenos en cavidad oral, proporcionando opciones terapéuticas no invasivas y efectivas.⁵⁶

El presente estudio también exploró la adhesión cualitativa de *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans* en la dentina tratada y no tratada con láser Er, Cr: YSGG utilizando Microscopía Electrónica de Barrido para visualizar los cambios morfológicos y estructurales en la superficie dentinaria.

Para *Lactobacillus*, la irradiación con láser Er, Cr: YSGG resultó en una reducción del 99.9% en la adhesión en comparación con la dentina no irradiada. Las imágenes

del MEB evidenciaron una ausencia casi total de la biopelícula en la dentina irradiada, contrastando con la densa formación de biopelícula observada en la dentina no irradiada.

En el caso de *Candida albicans*, se observó una disminución del 98.7% en la adhesión sobre la dentina irradiada. El MEB mostró una reducción notable en la formación de colonias y la adherencia de ellas en las superficies irradiadas, en comparación con las estructuras micóticas y la biopelícula densa presente en la dentina no irradiada.

La alteración en la adhesión microbiana puede explicarse por las modificaciones en la topografía y química superficial de la dentina producidas por la irradiación láser. El láser Er, Cr: YSGG modifica la estructura de la dentina al generar ablaciones selectivamente y cambiar la composición mineral, lo que podría interferir con los mecanismos de adhesión de los microorganismos. Estos cambios superficiales reducen la disponibilidad de sitios de unión y afectan negativamente la capacidad de los microorganismos para establecer colonias estables.

Las imágenes microscópicas de la dentina irradiada con láser Er, Cr: YSGG revelaron una superficie irregular con áreas que presentan micro-erosión y microcavidades, indicativas de la ablación láser de manera selectiva. Estos hallazgos son similares con estudios previos que han demostrado que el láser puede modificar la estructura superficial de la dentina, creando una superficie más limpia y eliminando contaminantes biológicos y estructurales.^{88,89}

Los resultados de este estudio proyectan que el láser Er, Cr: YSGG podría tener aplicaciones clínicas prometedoras en la odontología pediátrica, especialmente para reducir la colonización bacteriana en la dentina infectada. La capacidad del láser para modificar la estructura superficial de la dentina y afectar la adhesión bacteriana ofrece perspectivas para tratamientos más efectivos y menos invasivos en comparación con métodos tradicionales.

Por otra parte, los efectos de la irradiación láser Er, Cr :YSGG en la superficie de la dentina pueden verse modificadas de acuerdo con las condiciones empleadas, sin

embargo; estudios reportan, independientemente que se trate de dientes permanentes o temporales, un incremento en la rugosidad, cambios en la composición química, entre otros. Aportando así una ventaja adicional pues estas condiciones son similares a un patrón de grabado ácido, mejorando la adhesión y desinfectando al mismo tiempo.⁹⁰

La reducción en la adhesión de *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans* es particularmente relevante para la práctica clínica. La menor adherencia de estos microorganismos podría contribuir a una disminución de la incidencia de caries, particularmente en niños, y candidiasis oral, mejorando así la salud dental y reduciendo la necesidad de tratamientos antimicrobianos adicionales. Además, la aplicación del láser podría ofrecer una estrategia preventiva adicional en el manejo de infecciones dentales, al disminuir la carga microbiana en áreas y edades propensas a la colonización y desarrollo de caries.

Los resultados de estudios revisados y de esta propia investigación sugieren que el láser Er, Cr: YSGG posee propiedades antimicrobianas significativas debido a su capacidad para generar energía hidrocínética y calor, los cuales pueden afectar la viabilidad y proliferación de bacterias y hongos. El uso del láser no solo implica la eliminación física de los microorganismos presentes en la dentina infectada, sino que también puede alterar la estructura de la superficie dentinaria, creando condiciones menos favorables para una colonización bacteriana futura.⁹⁰

Los estudios destacan que la irradiación láser ha mostrado resultados prometedores en la desinfección de la dentina infectada. La evidencia apoya la idea de que este tipo de láser puede actuar como una herramienta complementaria eficaz en el tratamiento de caries, tanto en esmalte como en dentina y otras condiciones infecciosas en odontología pediátrica, donde la conservación del tejido dental es de suma importancia.^{13,51,73}

No obstante, es importante señalar que la eficacia del láser Er, Cr: YSGG puede variar según las condiciones específicas de tratamiento, como la dosis de energía aplicada, la duración de la irradiación y la naturaleza de los microorganismos presentes. Por lo tanto, en futuras investigaciones se debe continuar explorando

estos aspectos para optimizar los protocolos clínicos y confirmar los beneficios a largo plazo del láser en la odontología pediátrica.

Los resultados de esta investigación sugieren que el láser Er, Cr: YSGG puede ser una herramienta clínica valiosa para el tratamiento de la dentina de dientes temporales infectada por *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans*. Su capacidad para reducir significativamente la carga bacteriana y fúngica sin comprometer la estructura dentinaria circundante sana ofrece ventajas sobre métodos convencionales que son más invasivos. Esto es especialmente relevante en odontopediatría y en pacientes con condiciones médicas complicadas, donde la conservación del tejido dental es esencial.

Limitaciones y consideraciones futuras

Es importante considerar que este estudio se realizó *in vitro*, lo que limita la extrapolación directa a entornos clínicos. Además, futuras investigaciones podrían explorar otros parámetros del láser Er, Cr: YSGG, como la energía y la duración del pulso, con la finalidad de optimizar aún más su eficacia antimicrobiana y evaluar su seguridad a largo plazo en tratamientos clínicos particularmente al momento de trabajar con pacientes pediátricos.

11. CONCLUSIÓN

- La irradiación de la dentina temporal con láser Er, Cr: YSGG presentó un efecto antibacteriano contra *Lactobacillus spp.* y *Candida albicans*, alcanzando casi la totalidad de reducción microbiana, siendo un 99.9% en los grupos inoculados con *Lactobacillus spp.* y 98.7% en grupos inoculados con *C. albicans*.
- Es una alternativa versátil con múltiples ventajas durante su uso, que permite realizar cavidades y al mismo tiempo desinfectar el tejido irradiado, por lo que es eficiente su inclusión en protocolos de atención para pacientes pediátricos.
- Presenta propiedades mínimamente invasivas por su alta selectividad, además, presenta una significativa reducción en el tiempo de trabajo y reducción de los principales microorganismos presentes en la caries de la primera infancia.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Gómez de Ferraris M, Campos-Muñoz A. Histología, Embriología e Ingeniería tisular Bucodental. 4ª Ed. *Médica Panamericana*. 2019.
2. Baranova J, Büchner D, Götz W, Schulze M, Tobiasch E. Tooth Formation: ¿Are the Hardest Tissues of Human Body Hard to Regenerate? *Int. J. Mol. Sci.* 2020;21(4031).
3. Chiego DJ. Principios de Histología Y Embriología Bucal: Con orientación clínica. 5a Ed. *Elsevier*. 2021.
4. Durso G, Tanecitch A, Abal A, Llompert F, Pérez P, et al. Estudio de la microestructura del esmalte dental humano en relación con la microdureza y la composición química. *Cs Morfol.* 2016;19(2):1-9.
5. Reyes, J. Estudio del esmalte dental humano por microscopía electrónica. *Pädi.* 2021;9(2):1-6.
6. Berman LH, Hargreaves KM. Cohen. Vías de la Pulpa. 12a Ed. *Elsevier*. 2022.
7. Martínez J, Olin I. Caracterización microscópica de la dentina de dientes temporales. *Rev. ADM.* 2021;78(6):314-31
8. Richards VP, Alvarez AJ, Luce AR, Bedenbaugh M, Mitchell ML, et al. Microbiomes of Site-Specific Dental Plaques from Children with Different Caries Status. *Infect Immun.* 2017;85(8):1–11.
9. Torres LM, Torres C. Caracterización de la dentina tratada endodónticamente: una revisión. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2014;25(2):372-388.
10. Lamont RJ, Hajishengallis GN, Koo H, Jenkinson HF. Oral microbiology and immunology. 3ª Ed. *American Society for Microbiology*. 2020.
11. Takahashi N. Oral Microbiome Metabolism: From “Who Are They?” to “What Are They Doing?” *J Dent Res.* 2015;94(12):1628–37.
12. Corrêa-Faria P, Paixão-Gonçalves S, Paiva SM, Pordeus IA. Incidence of dental caries in primary dentition and risk factors: a longitudinal study. *Braz Oral Res.* 2016;30(1):1–8.
13. Gong J, Park H, Lee J, Seo H & Lee S. Effect of Photodynamic Therapy on Multispecies Biofilms, including *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus casei*, and *Cándida albicans*. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(5):282-87.
14. Chen X, Banan-Mwine E, Tyagi A, Oh DH. Cariogenic Biofilm: Pathology-Related Phenotypes and Targeted Therapy. *Microorganisms.* 2021;9(1311).

15. Cummins D. The exploration of a breakthrough technology for Caries Prevention. *J. Clin Dent.* 2013;24:1-14.
16. Conejo-Fernández B. Caries: fisiopatología, patogenia y anatomía patológica, Patología y terapéutica dental. 2a Ed. Elsevier. 2015:65-77.
17. Lemos JA, Palmer Sr, Zeng L, Wen ZT, Kaifasz JK, et al. The Biology of Streptococcus mutans. *Microbiol Spectr.* 2019;7(1).
18. Giacaman RA, Torres S, Gómez Y, Muñoz C, Kreth J. Correlation of Streptococcus mutans and Streptococcus sanguinis colonization and ex vivo hydrogen peroxide production in carious lesion-free and high caries adults. *Arch Oral Biol.* 2015;60(1):154-9.
19. Jiang W, Ling Z, Lin X, Chen Y, Zhang J, et al. Pyrosequencing Analysis of Oral Microbiota Shifting in Various Caries States in Childhood. *Microb Ecol.* 2014;67(4).
20. Ge X, Kitten T, Chen Z, Lee SP, Munro CL, Xu P. Identification of Streptococcus sanguinis Genes Required for Biofilm Formation and Examination of Their Role in Endocarditis Virulence. *Infect Immun.* 2008;76(6):2551–9.
21. Zhang J, Leung K, Sardana D, Wong M, Lo E. Risk predictors of dental root caries: A systematic review. *Jo of Dentistry.* 2019;89.
22. Ahirwar S, Gupta MK, Snehi S. Dental caries and lactobacillus: role and ecology in the oral cavity. *Int J Pharm Sci Res.* 2019;10(11).
23. Dashper SG, Mitchell HL, Lê KA, Carpenter L, Gussy MG, et al. Temporal development of the oral microbiome and prediction of early childhood caries. *Sci Rep.* 2019;9(1):1–12.
24. Zhou X, Li Y. Atlas of oral microbiology: From healthy microflora to disease. *Academic Press.* 2015:67-93.
25. Praveen T, Kotrashetti VS, Pattanshetty S, Hosmani JV, Babji D, et al. Detection of different Prevotella species from deep dentinal caries of primary teeth - A culture and biochemical study. *J Adv Clin Res Insights.* 2018; 5: 65–8.
26. Patel M. Oral Cavity and Candida albicans: Colonization to the Development of Infection. *Pathogens.* 2022;11(335).
27. Teanpaisan R, Piwat S, Dahlén G. Inhibitory effect of oral Lactobacillus against oral pathogens. *Lett Appl Microbiol.* 2011;53(4):452–9.
28. Martin FE, Mangala AN, Jacques AN, Hunter N. Quantitative microbiological study of human carious dentine by culture and real-time PCR: association of

- anaerobes with histopathological changes in chronic pulpitis. *J. Clin. Microbiol.* 2022;40:1698-1704.
29. Takahashi N. Oral Microbiome Metabolism: From “Who Are They?” to “What Are They Doing?” *J Dent Res.* 2015;94(12):1628–37.
30. Negroni M. Microbiología estomatológica, fundamentos y guía práctica. 2^a Ed. Médica Panamericana. 2009:489-497.
31. William H, Crawford MS. Teeth: dental caries and pulp diseases. *Oral Pathol.* 2004;8:101-112.
32. Krzysciak W, Jurczak A, Koscielniak D, Bystrowska B, Skalniak A. The virulence of *Streptococcus mutans* and the ability to form biofilm. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2014;33(4):499–515.
33. Rojas SF, Echeverria SL. Early childhood caries: infection disease? *Rev. Méd. Clín. Condes.* 2014;25(3):581-7.
34. Krzyściak W, Kościelniak D, Papieź M, Vyhouskaya P, Zagórska-Świeźy K, et al. Effect of a *Lactobacillus Salivarius* Probiotic on a Double-Species *Streptococcus Mutans* and *Candida Albicans* Caries Biofilm. *Nutrients.* 2017;9(1242).
35. De Angelis M, Corsetti A, Tosti N, Rossi J, Corbo MR, Gobbetti M. (2001). Characterization of non-starter lactic acid bacteria from Italian ewe cheeses based on phenotypic, genotypic and cell wall protein analyses. *Appl. Environ. Microbiol.* 2001;67:2011-2020.
36. Munson MA, Banerjee A, Watson TF, Wade WG. Molecular analysis of the microflora associated with dental caries. *J. Clin. Microbiol.* 2004;42:3023-3029.
37. Wang X. Advances in *Candida albicans*. Ed. *IntechOpen.* 2021.
38. Sellam A, Whiteway M. Recent advances on *Candida albicans* biology and virulence. *F1000Res.* 2016;5:2582.
39. De Carvalho FG, Silva DS, Hebling J, Spolidorio LC, Spolidorio DM. Presence of mutans streptococci and *Candida* spp. in dental plaque/dentine of carious teeth and early childhood caries. *Arch Oral Biol.* 2006;51(11):1024–8.
40. Hurley E, Barrett M, Kinirons M, Whelton H, Ryan CA, et al. Comparison of the salivary and dentinal microbiome of children with severe-early childhood

- caries to the salivary microbiome of caries-free children. *BMC Oral Health*. 2019;19(13).
41. Baños RF, Aranda JR. Placa dentobacteriana. *Revista ADM*. 2003;60:34-36.
 42. Beighton D. The complex oral microflora of high-risk individuals and groups and its role in the caries process. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2005;33:248-255.
 43. Fitzgerald RJ, Keyes P. Ecologic factors in dental caries. *Am J Pathol*. 1963; 42(6):759-772.
 44. Barrancos Money. *Operatoria Dental: integración clínica*. 4ª Ed. *Medica Panamericana*. 2006:297-336.
 45. Almerich-Silla JM, Boronat-Ferrer T, Montiel-Company JM, Iranzo-Cortés JE. Caries prevalence in children from Valencia (Spain) using ICDAS II criteria, 2010. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2014;9:574–e580
 46. Tagliaferro EP, Ambrosano GM, Meneghim Mde C, Pereira AC. Risk indicators and risk predictors of dental caries in schoolchildren. *J Appl Oral Sci* 2008;16:408–413.
 47. Dikmen B. Icdas II criteria (international caries detection and assessment system). *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2015;49(3):63-72.
 48. Hajishengallis E, Parsaei Y, Klein MI, Koo H, Paulista UE, et al. Advances in the microbial etiology and pathogenesis of early childhood caries. *Mol Oral Microbiol*. 2018;32(1):24–34.
 49. Anil S, Anand. Early Childhood Caries: Prevalence, Risk Factors, and Prevention. *Front Pediatr*. 2017;5(157).
 50. Garcia BA, Acosta NC, Tomar SL, Roesch LF, Lemos JA, et al. Association of *Candida albicans* and Cbp+ *Streptococcus mutans* with early childhood caries recurrence. *Sci rep*. 2021;11(10802).
 51. Valenti C, Pagano S, Bozza S, Ciurnella E, Lomurno G, et al. Use of the Er: YAG Laser in Conservative Dentistry: Evaluation of the Microbial Population in Carious Lesions. *Materials*. 2019;14(9).
 52. Moradas-Estrada M. Estado actual del láser en odontología conservadora: Indicaciones, ventajas y posibles riesgo Revisión bibliográfica. *Av Odontoestomatol* 2016;32(6):309-15.
 53. RAE. Láser. Madrid: *Diccionario de la lengua española*; 2022.


54. David CM, Gupta P. Lasers in Dentistry: A Review. *Int J Adv Health Sci* 2015;2(8):7-13.
55. Garg Y, Bhaskar DJ, Garg K, R Agali C, Punia H, et al. Lasers: novel approach to dentistry. *J Adv Med Dent Scie Res*. 2015;3(2):69-76.
56. Perveen A, Molardi C, Fornaini C. Applications of Laser Welding in Dentistry: A State-of-the-Art Review. *Micromachines*. 2018;9(5):209.
57. Nagimova A, Perveen A. A review on Laser Machining of hard to cut materials. *Materials Today: Proceedings*. 2019;18:2440–2447
58. Husein A. Applications of Lasers in Dentistry: A Review. *Archives of Orofacial Sciences*. 2006;1:1-4
59. Convissar RA. Principles and practice of laser dentistry. 2^a Ed. Elsevier. 2016.
60. Myers M. The effect of laser irradiation on oral tissues. *J Prosthet Dent*. 1991;66(3):395–7.
61. Parker S, Cronshaw M, Anagnostaki E, Mylona V, Lynch E, et al. Concepts of Laser–Oral Tissue Interaction. *Dent. J*. 2020;8(61).
62. Komori S, Matsumoto K, Matsuo K, Suzuki H, Komori T. Clinical study of laser treatment for frenectomy of pediatric patients. *Int J Paediatr Dent*. 2017; 10:272-7.
63. Olivi G, Caprioglio C, Olivi M, Genovese MD. Paediatric laser dentistry. Part 2 Hard tissue laser applications. *Eur. J. paediatr. dent*. 2017;18(2):163-6.
64. Rosales M, et al. Usos del láser terapéutico en Odontopediatría: Revisión de la literatura. Reporte de casos. *Int. J. Dental Sc*. 2018;20(3):51-9.
65. Galui S, Pal S, Mahata S, Saha S, Sarkar S. Laser, and its use in pediatric dentistry: A review of literature and a recent update. *Int J Pedod Rehabil*. 2019; 4: 1-5.
66. Caprioglio C, Olivi G, Genovese MD. Paediatric laser dentistry. Part 1: General introduction. *Eur. J. paediatr. dent*. 2017;8(1):80-82.
67. Briceño J. et al. Láser en odontología: fundamentos físicos y biológicos. *Univ. Odontol*. 2016;35(75).
68. Kumar G, Rehman F, Chaturvedy V. Soft Tissue Applications of Er, Cr: YSGG Laser in Pediatric Dentistry. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2017;10(2):188-92.
69. Fekrazad R, Moharammi M, Chiniforush N. The Esthetic Crown Lengthening by Er;Cr:YSGG laser: A Case Series. *J laser Med Sci*. 2018;9(4):283-7.
70. Correa AC, De Paula C, Gutknecht N, et al. Analysis of the interfacial micromorphology of adhesive systems in cavities prepared with Er,Cr:YSGG,

Er:YAG laser and bur. *Microscopy Research and Technique*. 2007;70(8):745-751


71. Poli R, Parker S, Anagnostaki E, Mylona V, Lynch E, Grootveld M. Laser Analgesia Associated with Restorative Dental Care: A Systematic Review of the Rationale, Techniques, and Energy Dose Considerations. *Dentistry Journal*. 2020; 8(4):128.
72. Vinothkumar TS, Renugalakshmi A, El-shamy FM, Homeida HE, Hommedi AI, et al. Antibacterial Effect of Diode Laser on Different Cariogenic Bacteria: An In-vitro Study. *Niger J Clin Pract*. 2020;23(11).
73. Du Q, Ge L, Zhang S, Zhang Q. Effects of Erbium: Yttrium–Aluminum–Garnet Laser Irradiation on Bovine Dentin Contaminated by Cariogenic Bacteria. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2019;37(5).
74. Baraba A, Kqiku L, Gabric D, Verzak Z, Hanscho K, et al. Efficacy of removal of cariogenic bacteria and carious dentin by ablation using different modes of Er: YAG lasers. *Braz J Med Biol Res*. 2018;51(3).
75. Birardi V, Bossi L, Dinoi C. Use of the Nd: YAG laser in the treatment of Early Childhood Caries. *Eur J Paediatr Dent*. 2004; 2: 98–101.
76. Hossain M, Kimura Y, Nakamura Y, Yamada Y, Kinoshita JI, et al. A study on acquired acid resistance of enamel and dentin irradiated by Er, Cr: YSGG laser. *J Clin Laser Med Surg*. 2001;19(3):159–63
77. Odabas M, Bodur H, Baris E, Demir C. Clinical, Radiographic, and Histopathologic Evaluation of Nd:YAG Laser Pulpotomy on Human Primary Teeth. *J Endod*. 2007;33:415-21.
78. David AB, Charles ED. Estimation method for serial dilution experiments. *J Microbiol Methods*. 2014;107:214-21.
79. Aachen Dental Laser Center. Laser Therapy in Dentistry. *Aachen University, Germany*. 2022.
80. American Academy of Pediatric Dentistry. Policy on the use of lasers for pediatric dental patients. The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago, Ill.: *American Academy of Pediatric Dentistry*; 2023:133-6.
81. Mashael B, Hanan A, Mohammad A, Tariq A, Fahim V. Dentin disinfection and adhesive bond strength using modified photoactivated carbon nanoparticles. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2023;42.
82. Lukac M, Milat O, Mestrovic S, Jukic S, Sariri K. The potential of Er,Cr laser in paediatric dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2011;12(3):147-153.

- 83.** Ramos TM, Ramos-Oliveira TM, de Freitas PM, Azambuja N Jr, Esteves-Oliveira M, Gutknecht N, de Paula Eduardo C. Effects of Er:YAG and Er,Cr:YSGG laser irradiation on the adhesion to eroded dentin. *Lasers Med Sci.* 2015 Jan;30(1):17-26
- 84.** Shinkai K, Takada M, Kawashima S, Suzuki M, Suzuki S. Effects of the percentage of air/water in spray on the efficiency of tooth ablation with erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG) laser irradiation. *Lasers Med Sci.* 2019;34(1):99-105
- 85.** Poli R, Parker S, Anagnostaki E, Mylona V, Lynch E, Grootveld M. Laser Analgesia Associated with Restorative Dental Care: A Systematic Review of the Rationale, Techniques, and Energy Dose Considerations. *Dent J (Basel).* 2020 Nov 12;8(4):128.
- 86.** Sesen-Uslu Y, Donmez N. The effects on dentin tubules of two desensitising agents in combination with Nd:YAG laser: An in vitro analysis (CLSM and SEM). *Optics & Laser Technology.* 2020;129.
- 87.** A Reum Kim, Ki Bum Ahn, Cheol-Heui Yun, et al., Lactobacillus plantarum Lipoteichoic Acid Inhibits Oral Multispecies Biofilm. *Journal of Endodontic.* 2019;45(3):310-315
- 88.** Yoshii, D., Katsuragi, H., Shinkai, K. Bactericidal effect of antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) on dentin plate infected with *Lactobacillus acidophilus*. *Odontology.* 2021;109: 67-75
- 89.** Yoo Y-J, Kim AR, Perinpanayagam H, Han SH, Kum K-Y. *Candida albicans* Virulence Factors and Pathogenicity for Endodontic Infections. *Microorganisms.* 2020; 8(9):1300
- 90.** Tzanakakis E-GC, Skoulas E, Pepelassi E, Koidis P, Tzoutzas IG. The Use of Lasers in Dental Materials: A Review. *Materials.* 2021; 14(12):3370

13.1 Formato de consentimiento informado del padre o tutor del menor de edad para la donación de dientes.

CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PADRE O TUTOR DEL PACIENTE MENOR DE EDAD PARA LA DONACIÓN DE ÓRGANOS DENTARIOS		
		
_____	_____	_____
Nombre(s) del padre o tutor	Apellido paterno	Apellido materno
como representante legal de _____,		
en _____		
_____	_____	_____
Nombre(s) del paciente	Apellido paterno	Apellido materno
forma voluntaria y sin alguna presión consiento que él (ella) done _____ órgano(s) dentario(s).		
Autorizo que las muestras donadas sean utilizadas en el proyecto de investigación "Efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina infectada de dientes temporales por <i>Lactobacillus</i> y <i>Candida albicans</i> " de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, contribuyendo con esto en la búsqueda y mejora del uso de tecnologías aplicadas en los dientes de niños. Declaro que no he percibido alguna retribución económica debido a la donación y es de mi conocimiento que las muestras no serán vendidas o distribuidas con fines de lucro. Se me ha hecho saber que mi identidad y la del paciente menor de edad al que represento serán guardadas en estricta confidencialidad. Además, he sido informado(a) acerca del proyecto de investigación vigente en el podrían ser incluidas las muestras donadas, he comprendido toda la información del presente documento y me han sido aclaradas todas las dudas acerca de éste.		
Firma del padre o tutor	Ciudad:	Fecha:
Testigos:		
Relación con el paciente: _____	Relación con el paciente: _____	
Nombre: _____	Nombre: _____	
Dirección: _____	Dirección: _____	
Firma: _____	Firma: _____	

13.2 Formato de asentimiento informado del paciente menor de edad para la donación de dientes.



Folio: _____

**Facultad de Estomatología
De la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**ASENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE MENOR DE EDAD
PARA LA DONACIÓN DE ÓRGANOS DENTARIOS**

 Nombre(s) del paciente Apellido paterno Apellido materno

en forma voluntaria y sin alguna presión asiento en donar _____ órgano(s) dentario(s).

Estoy de acuerdo en que estas muestras sean utilizadas en el proyecto de investigación “Efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina infectada de dientes temporales por *Lactobacillus* y *Candida albicans*” de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y sé que con esto estaré contribuyendo en la búsqueda de nueva información.

Declaro que no he recibido dinero por la donación que hago y sé que las muestras no serán vendidas o distribuidas con fines comerciales.

Se me ha hecho saber que todos mis datos personales serán guardados en secreto y confidencialidad.

He sido informado(a) acerca del proyecto de investigación vigente en el que podrían ser incluidos los dientes que dono, entiendo claramente toda la información de este documento y me han sido aclaradas todas las dudas que tenía sobre mi participación.

Además, mi padre/madre _____
 Nombre(s) del padre o tutor Apellido paterno Apellido materno
 conoce las condiciones de la presente donación y cuento con su consentimiento informado por escrito.

Fecha de nacimiento del paciente: _____
 Género: masculino femenino

13.3 Hoja de captura de información

Efecto antibacteriano del láser Er, Cr: YSGG en la dentina infectada de dientes temporales por <i>Lactobacillus</i> y <i>Candida albicans</i> y UFC					
Muestra	Grupo I Control	Grupo II <i>Lactobacillus</i>	Grupo III <i>Candida albicans</i>	Grupo IV <i>Lactobacillus</i> + Láser Er, Cr: YSGG	Grupo V <i>Candida albicans</i> + Láser Er, Cr: YSGG
1					
2					
3					
4					
5					
6					