

Efecto del uso de láser diodo como coadyuvante en pacientes con periodontitis estadio III del posgrado de periodoncia UNICOC Bogotá

Autores

Daniel Rincon Ulloa¹, Manuel Silva puentes², Wilmer González Duarte³, Hernan S. Garzón Vergara⁴.

1. Especialización en Periodoncia, Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC, Bogotá D.C., Colombia. drinconu@unicoc.edu.co
2. Especialización en Periodoncia, Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC, Bogotá D.C., Colombia. msilvap@unicoc.edu.co
3. Odontólogo - Especialista en periodoncia - Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC, Bogotá D.C., Colombia. Correo electrónico: wgonzalezduarte@gmail.com
4. Odontólogo, Especialista en periodoncia - Universidad Nacional De Colombia, Especialista en pedagogía - Universidad Pedagógica Nacional, Magíster en Bioingeniería - Pontificia Universidad Javeriana, PhD en Ingeniería – Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C., Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-9157-5093> Correo electrónico: hgarzonv@unicoc.edu.co

RESUMEN

Introducción: La periodontitis estadio III es una enfermedad inflamatoria crónica caracterizada por pérdida significativa de inserción clínica y la presencia de bolsas periodontales profundas, lo que representa un desafío terapéutico de considerable complejidad. La instrumentación periodontal supra y subgingival (IPSS) constituye el tratamiento de base; no obstante, su eficacia puede verse limitada en sitios de difícil acceso anatómico. En este contexto, el láser de diodo se ha propuesto como terapia coadyuvante en virtud de sus propiedades bactericidas y de su capacidad moduladora de la respuesta inflamatoria del huésped. **Objetivo:** Comparar el efecto clínico y microbiológico del uso del láser de diodo como coadyuvante en la terapia periodontal no quirúrgica en pacientes con periodontitis estadio III. **Métodos:** Se diseñó un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, con diseño split-mouth, en el

que se incluyeron 10 pacientes diagnosticados con periodontitis estadio III. Se evaluaron dos cuadrantes por paciente, asignando aleatoriamente un cuadrante al grupo experimental (IPSS + láser de diodo) la aplicación de láser de diodo Gemini® 810 + 980 nm (Ultradent, pieza de mano PBM, fibra óptica de 300 μ m, en modo continuo, 2 W de potencia, aplicada con movimientos horizontales de barrido durante 20 segundos por sitio) como terapia coadyuvante y otro al grupo control (IPSS). Se registraron parámetros clínicos como profundidad de sondaje (PS), nivel de inserción clínica (NIC) y sangrado al sondaje (SS) en el periodo basal y a las cuatro semanas. Adicionalmente, se tomaron muestras microbiológicas subgingivales procesadas mediante cultivo anaerobio en la Unidad de Investigación Básica Oral (UIBO) de la Universidad El Bosque. **Resultados:** Los sitios experimentales y controles fueron comparables al inicio del estudio en todos los parámetros ($p>0,05$). A las cuatro semanas, ambos grupos mostraron una reducción estadísticamente significativa en la profundidad de sondaje (PS), con una mediana de reducción de 2,33 mm en ambos brazos del estudio ($p=0,004$). El nivel de inserción clínica (NIC) también presentó mejoras significativas, con ganancias medianas de 4,50 mm para el grupo experimental ($p=0,010$) y 3,50 mm para el control ($p=0,023$). El sangrado al sondaje disminuyó del 100% al 70% en ambos grupos, sin alcanzar significancia estadística ($p=0,248$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el uso de IPSS + láser de diodo frente a IPSS sola para la PS ($p=0,739$), el NIC ($p=0,436$) o el sangrado al sondaje ($p=1,000$). Microbiológicamente, no se encontraron diferencias significativas entre sitios experimental y de control para ninguno de los siete microorganismos evaluados, aunque se observó tendencia hacia menores recuentos en el sitio experimental para cuatro organismos. Los bacilos entéricos gramnegativos desaparecieron en todos los sitios tanto del sitio experimental como el sitio de control **Conclusiones:** Ambos protocolos terapéuticos resultaron eficaces en la mejora de los parámetros clínicos de pacientes con periodontitis estadio III; sin embargo, el análisis desagregado por sitio de medición reveló que el láser de diodo ofreció cobertura terapéutica más consistente en la cara media del diente, donde la instrumentación mecánica convencional encontró mayor variabilidad. El componente microbiológico evidenció una tendencia no significativa favorable al sitio experimental.

Palabras clave: Periodontitis; Láseres de diodo; Raspado y alisado radicular; Terapia periodontal no quirúrgica; Pérdida de inserción clínica; Profundidad de sondaje; Microbiota subgingival

ABSTRACT

Introduction: Stage III periodontitis is a chronic inflammatory disease characterized by significant clinical attachment loss and the presence of deep periodontal pockets, presenting a complex therapeutic challenge. Supra- and subgingival periodontal instrumentation (SSI) is the primary treatment; however, its effectiveness can be limited in anatomically difficult-to-access areas. In this context, diode laser therapy has been proposed as an adjunct treatment due to its bactericidal properties and its ability to modulate the host's inflammatory response. **Objective:** To compare the clinical and microbiological effects of diode laser use as an adjunct to non-surgical periodontal therapy in patients with Stage III periodontitis. **Methods:** A randomized, double-blind, split-mouth clinical trial was designed, including 10 patients diagnosed with stage III periodontitis. Two quadrants were evaluated per patient, with one quadrant randomly assigned to the experimental group (IPSS + diode laser) using a Gemini® 810 + 980 nm diode laser (Ultradent, PBM handpiece, 300 µm fiber optic cable, continuous mode, 2 W power, applied with horizontal sweeping movements for 20 seconds per site) as adjunctive therapy, and the other quadrant to the control group (IPSS). Clinical parameters such as probing depth (PD), clinical attachment level (CAL), and bleeding on probing (BOP) were recorded at baseline and at four weeks. Additionally, subgingival microbiological samples were collected and processed using anaerobic culture at the Oral Basic Research Unit (UIBO) of El Bosque University. **Results:** The experimental and control sites were comparable at baseline for all parameters ($p>0.05$). At four weeks, both groups showed a statistically significant reduction in probing depth (PD), with a median reduction of 2.33 mm in both study arms ($p=0.004$). Clinical insertion level (CIL) also showed significant improvements, with median gains of 4.50 mm for the experimental group ($p=0.010$) and 3.50 mm for the control group ($p=0.023$). Bleeding on probing decreased from 100% to 70% in both groups, although this difference did not reach statistical significance ($p=0.248$). No statistically significant differences were found between the use of IPSS + diode laser versus IPSS alone for PD ($p=0.739$), CIL ($p=0.436$), or bleeding on probing ($p=1.000$). Microbiologically, no significant differences were found between the experimental and control sites for any of the seven microorganisms evaluated, although a trend toward lower counts was observed at the experimental site for four organisms. Gram-negative enteric bacilli disappeared from all sites in both the experimental and control areas. **Conclusions:** Both therapeutic protocols proved effective in improving the clinical parameters of patients with stage III periodontitis; however, the disaggregated analysis by measurement site revealed that the diode laser offered more consistent therapeutic

coverage on the middle surface of the tooth, where conventional mechanical instrumentation showed greater variability. The microbiological component showed a non-significant trend favoring the experimental site.

Key words: Periodontitis; Diode Lasers; Scaling and Root Planing; Non-Surgical Periodontal Therapy; Clinical Attachment Loss; Probing Depth; Subgingival Microbiota.

INTRODUCCIÓN

La periodontitis es una enfermedad inflamatoria crónica multifactorial, caracterizada por la destrucción progresiva de los tejidos de soporte dental como resultado de la interacción entre un biofilm subgingival disbiótico y la respuesta inmunoinflamatoria del huésped ¹. Esta condición representa uno de los problemas de salud bucal más frecuentes a nivel mundial: la periodontitis severa afecta aproximadamente al 11,2% de la población adulta global, constituyéndose en la sexta condición más prevalente a escala mundial y generando una importante carga de enfermedad en términos de pérdida dentaria, deterioro funcional y afectación de la calidad de vida ¹. En Colombia, el IV Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB IV) evidenció una alta carga de enfermedad periodontal en la población adulta: bajo la clasificación vigente en ese momento (anterior a la propuesta por la AAP/EFPP en 2018), cerca del 30% de los adultos mayores de 35 años presentaban formas avanzadas de periodontitis, lo que resalta la necesidad de optimizar las estrategias terapéuticas disponibles en el contexto colombiano ².

De acuerdo con la clasificación actual de las enfermedades periodontales y periimplantarias de la AAP/EFPP (2018), la periodontitis estadio III se define por la presencia de pérdida de inserción clínica interproximal ≥ 5 mm, profundidad de sondaje ≥ 6 mm, pérdida ósea radiográfica que alcanza el tercio medio o apical de la raíz y posible presencia de defectos óseos angulares, lesiones de furca grado II o III y movilidad dentaria de grado 1 ³. Esta etapa implica una mayor complejidad en el manejo terapéutico y un riesgo aumentado de pérdida dentaria sino se interviene oportunamente.

El tratamiento periodontal no quirúrgico, basado en la instrumentación periodontal no quirúrgica supra y subgingival (IPSS), constituye el pilar fundamental en el control de la enfermedad, al permitir la desorganización mecánica del biofilm y la remoción del cálculo subgingival ⁴. La progresión de la periodontitis estadio III está estrechamente asociada con la presencia de complejos bacterianos altamente patógenos, especialmente el denominado "complejo rojo", integrado por *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola* y *Tannerella forsythia*, microorganismos que desempeñan un papel clave en la destrucción tisular y que representan un blanco prioritario de la terapia periodontal ⁴. No obstante, la eficacia de la IPSS puede verse limitada en sitios con anatomía radicular compleja, bolsas

profundas o áreas de difícil acceso instrumental, donde la descontaminación mecánica convencional resulta incompleta y el biofilm persiste como reservorio de patógenos periodontales ⁴.

Ante esta limitación, se han propuesto diversas terapias coadyuvantes orientadas a mejorar los resultados clínicos del tratamiento periodontal no quirúrgico. Entre ellas, el láser de diodo ha ganado relevancia por sus propiedades bactericidas sobre patógenos periodontopatógenos, su capacidad de penetración en tejidos blandos y su potencial efecto modulador sobre la respuesta inflamatoria del huésped mediante mecanismos de fotobiomodulación ⁵. En particular, los láseres de diodo con longitudes de onda en el rango de 810–980 nm presentan una absorción preferencial por el agua y la oxihemoglobina, lo que les permite actuar eficazmente en el entorno subgingival con un perfil de seguridad aceptable cuando se aplican con los parámetros adecuados ⁵.

Sin embargo, la evidencia científica respecto al uso del láser de diodo como coadyuvante en la terapia periodontal no quirúrgica sigue siendo controvertida. Algunas revisiones sistemáticas y metaanálisis han reportado beneficios adicionales en términos de reducción de la profundidad de sondaje y ganancia de inserción clínica frente a la IPSS convencional ⁶. En contraste, otros ensayos clínicos y revisiones con diseños comparables no han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ambos enfoques terapéuticos ^{7–9}. Esta heterogeneidad en los resultados podría explicarse por diferencias en los parámetros de aplicación del láser —longitud de onda, potencia, modo de emisión, tiempo de irradiación y número de sesiones—, así como por variaciones en el diseño de los estudios, el estadio de la enfermedad incluido y las características de las poblaciones evaluadas ^{7–9}.

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto clínico del uso del láser de diodo como coadyuvante en la terapia periodontal no quirúrgica en pacientes con periodontitis estadio III, mediante un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, con diseño *split-mouth*.

METODOS

Diseño del estudio y población

Se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, con diseño tipo *split-mouth*, orientado a evaluar el efecto clínico y microbiológico del láser de diodo como coadyuvante en la terapia periodontal no quirúrgica en pacientes con periodontitis estadio III. La población estuvo constituida por pacientes diagnosticados con periodontitis estadio III atendidos en la Clínica de Periodoncia del Posgrado de UNICOC, Bogotá. La muestra estuvo conformada por **10 pacientes**, en quienes se evaluaron **20 cuadrantes (2 por paciente)**, asignando un cuadrante al sitio experimental y el contralateral al sitio control, bajo un diseño intraindividual.

Los criterios de inclusión fueron pacientes mayores de 18 años con diagnóstico clínico de periodontitis estadio III, según la clasificación de la AAP/EFP 2018, presencia de al menos tres dientes por cuadrante, con bolsas periodontales ≥ 5 mm y sangrado al sondaje, distribuidos simétricamente para permitir el diseño *split-mouth*. Ausencia de tratamiento periodontal en los últimos seis meses. Pacientes que acepten participar en el estudio y firmen el consentimiento informado. Pacientes sistémicamente sanos. En cuanto a los criterios de exclusión, presencia de cualquier enfermedad sistémica que pueda alterar la respuesta periodontal o la cicatrización, aun si se encuentra controlada (diabetes mellitus, inmunodeficiencias, enfermedades hematológicas, entre otras). Uso actual o reciente (menos de tres meses) de medicamentos que puedan interferir con la respuesta inflamatoria o cicatrización periodontal (antibióticos, antiinflamatorios no esteroideos, corticoides, inmunosupresores). Pacientes fumadores activos. Pacientes con contraindicaciones para el uso de láser y pacientes en embarazo.

Asignación y aleatorización

Se empleó un esquema de **aleatorización intraindividual (*split-mouth*)**, en el cual cada paciente actuó como su propio control.

La asignación de los cuadrantes al grupo experimental o control se realizó mediante un método de aleatorización simple, garantizando la distribución equilibrada de las intervenciones.

Enmascaramiento (doble ciego)

El estudio se desarrolló bajo un esquema de doble ciego, en el cual: el paciente desconocía el tipo de intervención aplicada en cada cuadrante. El evaluador clínico encargado de medir los parámetros no conocía la asignación de los grupos. El operador que realizó las intervenciones no participó en la recolección de los datos clínicos iniciales ni de la reevaluación.

Intervención

Los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión fueron citados en la Clínica de Periodoncia del Posgrado del Colegio Odontológico de la Fundación Universitaria Colegios de Colombia (UNICOC, Bogotá). En esta primera cita se les explicó el objetivo del estudio y se solicitó la firma del consentimiento informado por escrito de todos los participantes, aprobado por el comité de investigación institucional el 25 de febrero de 2025 según el acta CE25022025-01.

Posteriormente, se tomaron los registros clínicos iniciales mediante la realización de un periodontograma completo utilizando una sonda periodontal milimetrada tipo Carolina del Norte (Hu-Friedy®), siguiendo el protocolo estándar con mediciones en seis sitios por diente (mesiovestibular, vestibular, distovestibular, mesiolingual, lingual y distolingual).

Figura 1. Medición clínica de profundidad de sondaje periodontal mediante sonda periodontal milimetrada en un sitio interproximal posterior, utilizada para la evaluación basal y de reevaluación de los parámetros periodontales.



El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental tipo split-mouth, en el cual se dividió la boca del paciente en dos hemiarcadas de forma aleatoria. Una hemiarcada fue tratada únicamente con instrumentación periodontal convencional, consistente en instrumentación supra y subgingival realizado con curetas Gracey (Hu-Friedy®)

y apoyo de un equipo de ultrasonido Scaler Ultrasónico U6 LED (Woodpecker®), con puntas estándar. La hemiarcada contralateral recibió el mismo tratamiento convencional, adicionando la aplicación de láser de diodo Gemini® 810 + 980 nm (Ultradent, pieza de mano PBM, fibra óptica de 300 µm, en modo continuo, 1 W de potencia, aplicada con movimientos horizontales de barrido durante 20 segundos por sitio) como terapia coadyuvante.

Figura 2. Hu-Friedy Group. Scalars & curettes – Gracey [Internet]. Chicago: Hu-Friedy Group; [citado 2026 May 4]. Disponible en: <https://www.hufriedygroup.com/en/scalers/gracey>

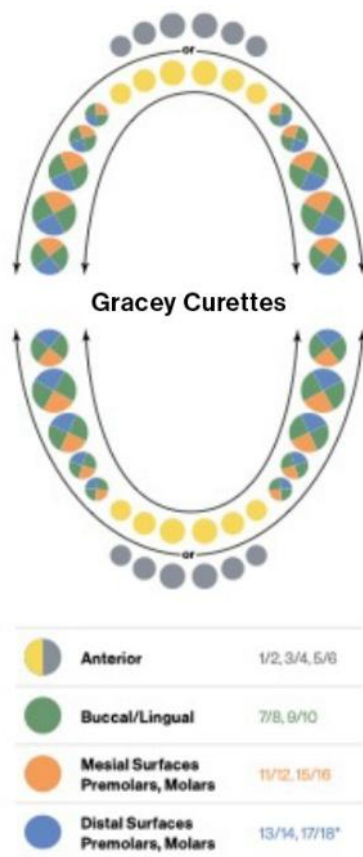


Figura 3. Instrumental y aplicación clínica utilizados durante la intervención periodontal. (a) Curetas Gracey utilizadas para la instrumentación periodontal supra y subgingival. (b) Equipo de láser de diodo de 980 nm y gafas de protección utilizadas durante la irradiación subgingival. (c) Aplicación clínica intracrevicular del láser de diodo posterior a la instrumentación periodontal no quirúrgica. (d) Pieza de mano/fibra óptica utilizada para la aplicación subgingival del láser de diodo.



(a)



(b)



(c)



(d)

La instrumentación periodontal se realizó en una sola sesión para ambas hemiarcadas. Posteriormente, se esperó un período de cicatrización de cuatro semanas, tras el cual se efectuó la primera reevaluación clínica y la toma de muestras microbiológicas. Para el registro clínico se repitió el periodontograma con

la misma sonda periodontal mencionada. Las muestras microbiológicas se obtuvieron mediante la inserción de puntas de papel estériles en los sitios seleccionados durante 30 segundos, que posteriormente fueron almacenadas en viales con medio de transporte y remitidas a un laboratorio de microbiología oral para su procesamiento (Figura 4).

Figura 4. (a) Frasco estéril con medio de transporte VMGA III utilizado para preservar la viabilidad de microorganismos anaerobios y facultativos. (b) Tira de papel absorbente estéril empleada para la recolección de la muestra subgingival. (c) Inserción de la tira absorbente en el surco gingival/bolsa periodontal del sitio seleccionado para la toma microbiológica. (d) Transferencia inmediata de la tira contaminada al medio de transporte VMGA III para su conservación y posterior procesamiento microbiológico.



(a)

(b)

(c)

(d)



Variables clínicas

Se evaluaron PS (mm), NIC (mm) y SS (presencia/ausencia) en el período basal y en la reevaluación. El análisis incluyó tanto el análisis global por cuadrante como un análisis desagregado por sitio de medición: cara mesial (M), cara media (MD) y cara distal (D).

Muestreo microbiológico

Las muestras microbiológicas subgingivales fueron obtenidas del sitio con mayor profundidad al sondaje en cada uno de los cuadrantes seleccionados para el estudio, tanto en el grupo experimental como en el grupo control. Previo a la toma de la muestra, los pacientes fueron instruidos para abstenerse de realizar higiene oral el día del procedimiento, evitar el consumo de alimentos o bebidas durante las 12 horas previas y no fumar al menos 1–2 horas antes de la recolección, con el fin de minimizar factores que pudieran alterar la composición microbiológica subgingival.

El protocolo de toma de muestras se realizó siguiendo la metodología descrita por Mulder-van Staden et al.(10), con modificaciones adaptadas al procesamiento microbiológico del laboratorio receptor.

El procedimiento inició con el aislamiento relativo del área mediante rollos de algodón, seguido de la remoción cuidadosa del biofilm supragingival para evitar la contaminación de la muestra. Posteriormente, se introdujeron tres puntas de papel absorbente de calibre 40 (Newstetic®, Medellín, Colombia) en el surco gingival durante 30 segundos. Las puntas fueron transferidas de inmediato a un tubo estéril con 2,0 mL de medio de transporte VMGA III y transportadas al laboratorio en un tiempo máximo de 24 horas, garantizando la viabilidad de los microorganismos anaerobios estrictos y facultativos.

Una vez retiradas, las tiras fueron inmediatamente transferidas a tubos estériles que contenían 2,0 ml de medio de transporte VMGA III (Viability Medium Göteborg Anaerobically), formulado para preservar la viabilidad de microorganismos anaerobios estrictos y facultativos sin favorecer su proliferación durante el transporte. Cada muestra fue debidamente rotulada y almacenada hasta su envío. Las muestras fueron remitidas a la Unidad de Investigación Básica Oral (UIBO) de la Universidad El Bosque en un periodo no mayor a 24 horas posteriores a la recolección, garantizando la estabilidad microbiológica y disminuyendo el riesgo de

pérdida de viabilidad bacteriana, a temperatura ambiente, la muestra empacada en un embalaje proporcionado por el laboratorio.

En el laboratorio, las muestras fueron procesadas mediante técnicas microbiológicas de cultivo anaerobio. A partir del medio de transporte se realizaron diluciones seriadas en base 10 y posterior siembra en agar Brucella sangre enriquecido con hemina y menadiona para el aislamiento de bacterias periodontopatógenas anaerobias. Las placas fueron incubadas a 36–37 °C en atmósfera de anaerobiosis durante siete días. Adicionalmente, para el aislamiento de bacilos entéricos Gram negativos, se realizó siembra en agar MacConkey e incubación en aerobiosis durante 24–48 horas.

Posteriormente, se efectuó el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC/mL) de microorganismos periodontopatógenos de interés, incluyendo especies asociadas al complejo rojo y otros patógenos periodontales relevantes, tales como *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Fusobacterium spp.*, *Capnocytophaga spp.*, *Actinomyces spp.*, *Parvimonas micra* y *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, entre otros. Estos resultados fueron utilizados para evaluar el comportamiento microbiológico posterior a las intervenciones terapéuticas.

Recolección de datos

Los datos clínicos fueron registrados en un formato estandarizado diseñado para el estudio. Con el fin de garantizar la reproducibilidad y confiabilidad de las mediciones clínicas, el examinador encargado de la recolección de datos fue sometido a un proceso de calibración previamente al inicio del estudio. Este proceso se llevó a cabo con una fase de entrenamiento. Durante esta fase de entrenamiento, el examinador realizó mediciones de profundidad de sondaje (PS), nivel de inserción clínica (NIC) y sangrado al sondaje (SS) en pacientes con periodontitis no incluidos en el estudio, bajo la supervisión de un periodoncista con experiencia. Se estandarizó la técnica de sondaje, la presión de inserción (aproximadamente 0,2 N), el ángulo de inserción de la sonda y la lectura de los valores en milímetros al entero más cercano, de acuerdo con los criterios establecidos por la Asociación Americana de Periodoncia (AAP).

Seguimiento y reevaluación

La reevaluación clínica se realizó a las 4 semanas posteriores a la intervención, registrando nuevamente los parámetros clínicos establecidos.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statistics IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.). El nivel de significancia se estableció en $\alpha = 0,05$ para todas las pruebas.

En primer lugar, se calculó la estadística descriptiva para todas las variables clínicas. Las variables continuas (PS y NIC) se expresaron como mediana con rango intercuartílico (IQR) y como media $\pm$ desviación estándar (DE), dado que su distribución fue evaluada previamente. La variable categórica de sangrado al sondaje (SS) se expresó como frecuencia absoluta y proporción porcentual.

La normalidad de las distribuciones de las variables continuas se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, apropiada para muestras de tamaño reducido ($n \leq 50$). Dado que algunas variables no cumplieron el supuesto de normalidad, se optó por emplear de forma consistente pruebas no paramétricas en la totalidad de los análisis comparativos, garantizando así la homogeneidad metodológica.

La comparabilidad entre los sitios experimental y control en la medición basal se evaluó mediante la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, aplicada a las variables PS y NIC. Para la comparación intragrupo entre los valores basales y los de reevaluación se empleó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, tanto en los sitios experimentales como en los controles. La comparación entre sitios en la reevaluación (tanto en los valores absolutos como en la magnitud del cambio obtenido (Δ basal – reevaluación)) se realizó igualmente mediante la prueba U de Mann-Whitney.

Para la variable sangrado al sondaje, el cambio intragrupo entre la medición basal y la reevaluación se analizó mediante la prueba de McNemar, diseñada para datos dicotómicos apareados. La comparación entre sitios en la reevaluación se realizó con la prueba exacta de Fisher, considerando el tamaño reducido de la muestra y la naturaleza categórica de la variable.

Adicionalmente, se realizó un análisis exploratorio mediante la prueba U de Mann-Whitney para evaluar si los sitios con presencia de sangrado al sondaje en la reevaluación presentaban valores de PS y NIC significativamente distintos a los

sitios sin sangrado, con el fin de determinar si la persistencia del sangrado guardaba relación con la magnitud del cambio dimensional obtenido.

Consideraciones éticas

El estudio fue clasificado como de riesgo mayor que el mínimo, de acuerdo con la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, debido a la intervención terapéutica realizada. Se obtuvo consentimiento informado por escrito de todos los participantes, aprobado por el comité de investigación institucional el 25 de febrero de 2025 según acta CE25022025-01. La confidencialidad de la información fue garantizada conforme a la Ley 1581 de 2012, mediante la codificación de los datos personales y el acceso restringido a la información.

RESULTADOS

Resultados Clínicos

La muestra estuvo conformada por 10 pacientes diagnosticados con periodontitis estadio III, con una media de edad de 44 ± 64 años. El 50% correspondió al sexo femenino y el 50% al masculino. Ninguno de los participantes reportó antecedente de tabaquismo y ninguno presentó diabetes mellitus no controlada.

Características clínicas basales

Los sitios experimentales y controles fueron estadísticamente comparables en todos los parámetros clínicos al inicio del estudio. La profundidad de sondaje basal presentó una media de $5,87 \pm 0,69$ mm en ambos sitios, con una mediana de 6,0 mm (IQR 5,3–6,3 mm; $U=50,0$; $p=1,000$). El nivel de inserción clínica basal fue de $6,30 \pm 2,63$ mm (mediana 6,5 mm, IQR 4,5–8,0 mm) en los sitios experimentales y de $5,80 \pm 1,99$ mm (mediana 6,0 mm, IQR 5,0–6,8 mm) en los controles ($U=58,0$; $p=0,566$). El 83,3% de los sitios (10/12) presentó sangrado al sondaje en la medición basal en ambos grupos. Estos hallazgos confirman la homogeneidad de la muestra y la validez del diseño split-mouth empleado.

1. Profundidad del sondaje

Ambos sitios mostraron reducción estadísticamente significativa de la profundidad de sondaje a las cuatro semanas. Los sitios experimentales pasaron de una media de $5,87 \pm 0,69$ mm a $4,00 \pm 1,25$ mm, con reducción mediana de 2,33 mm (mediana basal 6,0 mm; mediana reevaluación 3,5 mm, IQR 3,0–4,8 mm; Wilcoxon $W=0,0$; $p=0,004$). Los sitios control descendieron de $5,87 \pm 0,69$ mm a $3,70 \pm 1,34$ mm, con reducción mediana idéntica de 2,33 mm ($W=1,0$; $p=0,004$). La comparación entre grupos no reveló diferencias significativas en los valores de reevaluación ($U=45,5$; $p=0,739$) ni en la magnitud del cambio ($U=44,5$; $p=0,699$).

El análisis desagregado por sitio de medición —cara mesial (M), cara principal central (MD) y cara distal (D)— evidenció un patrón diferencial entre los grupos que no fue detectado en el análisis global de medianas (Tabla 1). Las caras mesial y

distal corresponden a las superficies interproximales del diente, mientras que el sitio medio (MD) representa el punto de mayor profundidad al sondaje en la cara principal —vestibular, lingual o palatina— del diente evaluado, la cual varió según el paciente de acuerdo con la distribución de la enfermedad.

En los sitios experimentales (IPSS + láser de diodo), la reducción de PS fue estadísticamente significativa en los tres sitios de medición: cara mesial ($Z=-2,041$; $p=0,041$; 8/10 rangos negativos), cara media ($Z=-2,059$; $p=0,040$; 8/10 rangos negativos) y cara distal ($Z=-2,519$; $p=0,012$; 8/10 rangos negativos). La tasa de mejoría fue uniforme —80% en los tres sitios— lo que refleja un efecto terapéutico consistente a lo largo de todas las superficies evaluadas.

En los sitios control (IPSS sola), la reducción fue significativa en la cara mesial —con la respuesta más robusta del grupo, 10/10 rangos negativos ($Z=-2,814$; $p=0,005$)— y en la cara distal ($Z=-2,202$; $p=0,028$; 8/10 rangos negativos). Sin embargo, la cara media (MD) no presentó reducción estadísticamente significativa ($Z=-1,502$; $p=0,133$), con 7/10 rangos negativos y —notablemente— 3 sitios en los que la PS aumentó en la reevaluación. Mientras que el grupo experimental mostró una respuesta uniforme del 80% en los tres sitios, el grupo control presentó 100% de mejoría en la cara mesial, 80% en la distal y solo 70% en la cara media, con mayor variabilidad interna en esta última.

Tabla 1. Profundidad al sondaje (mm) por sitio, basal y reevaluación a 4 semanas. E = sitio experimental (IPSS + láser); C = sitio control (IPSS). M: mesial; MD: mediodistal; D: distal.

Paciente	Diente	Sitio	PS Basal — M / MD / D (mm)	PS Reevaluación — M / MD / D (mm)
1 (E)	16	V	6 / 7 / 4	4 / 6 / 2
1 (C)	27	V	7 / 6 / 6	5 / 4 / 4
2 (E)	17	P/L	6 / 5 / 7	5 / 4 / 6
2 (C)	46	P/L	5 / 5 / 6	3 / 3 / 3
3 (E)	26	V	4 / 4 / 8	3 / 3 / 5
3 (C)	16	V	7 / 7 / 5	4 / 4 / 3
4 (E)	42	P/L	5 / 5 / 6	3 / 3 / 3
4 (C)	31	P/L	6 / 4 / 6	3 / 3 / 3
5 (E)	35	V	7 / 8 / 7	7 / 6 / 5
5 (C)	14	P/L	6 / 6 / 6	2 / 2 / 2
6 (E)	27	V	5 / 5 / 4	3 / 3 / 2

6 (C)	46	V	7 / 3 / 6	4 / 3 / 2
7 (E)	27	V	8 / 6 / 5	4 / 3 / 3
7 (C)	46	P/L	6 / 6 / 8	3 / 3 / 2
8 (E)	16	V	8 / 7 / 6	5 / 5 / 3
8 (C)	26	V	6 / 5 / 7	6 / 5 / 7
9 (E)	16	V	8 / 4 / 3	4 / 4 / 3
9 (C)	17	V	9 / 2 / 3	5 / 2 / 2
10 (E)	27	V	7 / 5 / 7	3 / 5 / 7
10 (C)	43	P/L	6 / 4 / 6	6 / 4 / 6

2. Nivel de inserción clínica (NIC)

La ganancia de inserción clínica fue estadísticamente significativa en ambos sitios en la reevaluación. Los sitios experimentales presentaron una ganancia mediana de 4,50 mm: la media del NIC descendió de $6,30 \pm 2,63$ mm a $2,40 \pm 2,01$ mm (mediana basal 6,5 mm; mediana reevaluación 2,0 mm, IQR 1,2–3,5 mm; Wilcoxon $W=3,0$; $p=0,010$). Los sitios control mostraron una ganancia mediana de 3,50 mm: la media pasó de $5,80 \pm 1,99$ mm a $2,90 \pm 1,73$ mm (mediana basal 6,0 mm; mediana reevaluación 2,5 mm, IQR 2,0–3,8 mm; $W=3,5$; $p=0,023$). La comparación entre grupos no arrojó diferencias significativas en los valores de reevaluación ($U=60,5$; $p=0,436$) ni en la magnitud de la ganancia ($U=60,5$; $p=0,445$).

El análisis del NIC por sitio reprodujo y amplió el patrón observado para la PS (Tabla 1). El grupo experimental fue significativo en los tres sitios: cara mesial ($Z=-2,809$; $p=0,005$; 10/10 rangos negativos —mejoría en la totalidad de los sitios—), cara media ($Z=-2,502$; $p=0,012$; 9/10 rangos negativos) y cara distal ($Z=-2,196$; $p=0,028$; 9/10 rangos negativos). En conjunto, el grupo experimental presentó una ganancia de NIC estadísticamente significativa en los seis parámetros evaluados (tres sitios por dos variables), con tasas de mejoría entre el 90% y el 100%.

En el grupo control, las caras mesial y distal mostraron ganancias altamente consistentes —10/10 rangos negativos en ambos casos (mesial: $Z=-2,825$; $p=0,005$; distal: $Z=-2,825$; $p=0,005$)—. La cara media presentó 9/10 rangos negativos, pero con un resultado en el límite de la significancia estadística ($Z=-1,899$; $p=0,058$) que no alcanzó el umbral de $p<0,05$. La magnitud del cambio en esa cara fue menor y más heterogénea que en las caras interproximales, lo que impidió alcanzar significancia a pesar de que la mayoría de los sitios mejoró.

El hallazgo más relevante del análisis por sitio es la diferencia en el comportamiento de la cara media (MD) entre los dos grupos. El grupo experimental mostró mejoras significativas en PS ($p=0,040$) y NIC ($p=0,012$) en ese sitio. El grupo control no alcanzó significancia en ninguna de las dos variables (PS: $p=0,133$; NIC: $p=0,058$). En términos de consistencia de la respuesta, el grupo experimental presentó 6/6 comparaciones significativas, mientras que el grupo control logró 4/6, con las dos excepciones concentradas en la cara media. Este patrón no fue detectado en el análisis global de medianas —donde ambos grupos mostraron reducciones equivalentes— y emerge exclusivamente al desagregar los resultados por sitio de medición (Tabla 2).

Tabla 2. Nivel de inserción clínica (mm) por sitio, basal y reevaluación a 4 semanas. E = sitio experimental; C = sitio control. M: mesial; MD: mediodistal; D: distal.

Paciente	Diente	Sitio	Sitio muestra	NIC Basal — M / MD / D (mm)	NIC Reevaluación — M / MD / D (mm)
1 (E)	16	V	M-D	8 / 9 / 6	6 / 8 / 4
1 (C)	27	V	M-D	5 / 8 / 8	2 / 2 / 2
2 (E)	17	P/L	D-M	7 / 6 / 8	2 / 2 / 2
2 (C)	46	P/L	D-M	6 / 6 / 7	0 / 0 / 4
3 (E)	26	V	D-M	6 / 6 / 8	1 / 1 / 2
3 (C)	16	V	M-D	6 / 6 / 4	3 / 2 / 2
4 (E)	42	P/L	M-D	6 / 6 / 7	2 / 2 / 2
4 (C)	31	P/L	M-D	8 / 6 / 8	3 / 1 / 2
5 (E)	35	V	M-D	9 / 10 / 9	5 / 3 / 5
5 (C)	14	P/L	M-D	5 / 5 / 5	3 / 2 / 3
6 (E)	27	V	M-D	3 / 3 / 2	2 / 2 / 1
6 (C)	46	V	M-D	6 / 2 / 5	3 / 3 / 1
7 (E)	27	V	M-D	6 / 4 / 3	4 / 5 / 2
7 (C)	46	P/L	D	4 / 4 / 6	2 / 2 / 2
8 (E)	16	V	D	10 / 9 / 8	6 / 4 / 6
8 (C)	26	V	D	7 / 6 / 8	0 / 0 / 0
9 (E)	16	V	M	6 / 2 / 1	2 / 4 / 6
9 (C)	17	V	M	8 / 1 / 2	4 / 5 / 6
10 (E)	27	V	M-D	11 / 9 / 10	2 / 6 / 2
10 (C)	43	P/L	M	6 / 4 / 6	0 / 0 / 0

3. Sangrado al sondaje (SS)

En la medición basal, 10 de 12 registros presentaron sangrado al sondaje en cada grupo (83,3%). En la reevaluación, con 10 sitios con datos completos por grupo, la proporción de sitios positivos fue del 70% en ambos (7/10), lo que representa un

descenso de 13,3 puntos porcentuales. El cambio intragrupo no fue estadísticamente significativo en ningún sitio (McNemar: $\chi^2=1,333$; $p=0,248$), ni se encontraron diferencias entre grupos en la reevaluación (prueba exacta de Fisher, OR=1,0; $p=1,000$).

La persistencia del sangrado en algunos sitios, a pesar de las mejoras obtenidas en PS y NIC, refleja la complejidad de la respuesta inflamatoria periodontal. El sangrado al sondaje es un indicador sensible, pero de baja especificidad para la resolución completa de la inflamación, y su persistencia puede estar relacionada con inflamación residual del tejido conectivo o con factores individuales del huésped que trascienden el alcance de la instrumentación subgingival (Tabla 3).

Tabla 3. Sangrado al sondaje por sitio, basal y reevaluación a 4 semanas. 1 = presencia; 0 = ausencia. E = sitio experimental; C = sitio control.

Paciente	Diente	Sitio	Sitio muestra	SS Basal (1/0)	SS Reevaluación (1/0)
1 (E)	16	V	M-D	1	1
1 (C)	27	V	M-D	1	1
2 (E)	17	P/L	D-M	1	1
2 (C)	46	P/L	D-M	1	0
3 (E)	26	V	D-M	1	1
3 (C)	16	V	M-D	1	1
4 (E)	42	P/L	M-D	1	0
4 (C)	31	P/L	M-D	1	1
5 (E)	35	V	M-D	1	1
5 (C)	14	P/L	M-D	1	0
6 (E)	27	V	M-D	1	0
6 (C)	46	V	M-D	1	1
7 (E)	27	V	M-D	1	1
7 (C)	46	P/L	D	1	0
8 (E)	16	V	D	1	1
8 (C)	26	V	D	1	1
9 (E)	16	V	M	1	1
9 (C)	17	V	M	1	0
10 (E)	27	V	M-D	1	1
10 (C)	43	P/L	M	1	1

4. Análisis global de los parámetros clínicos

En conjunto, los resultados muestran que la terapia periodontal no quirúrgica produjo mejoría estadísticamente significativa en los tres parámetros clínicos evaluados, independientemente del enfoque terapéutico empleado. La reducción de PS fue de 2,33 mm (mediana) en ambos sitios ($p=0,004$). La ganancia de NIC fue de 4,50 mm en los sitios experimentales ($p=0,010$) y de 3,50 mm en los sitios control ($p=0,023$). El SS disminuyó en ambos sitios del 100% al 70%, aunque sin alcanzar significancia estadística ($p=0,248$). No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre sitios experimentales y controles en ninguno de los parámetros evaluados (PS: $p=0,739$; NIC: $p=0,436$; SS: $p=1,000$), lo que indica que el láser de diodo como coadyuvante no produjo un beneficio clínico adicional medible a las cuatro semanas de seguimiento en la muestra estudiada.

Resultados Microbiológicos

Los cultivos subgingivales presentaron comportamiento heterogéneo. La mediana del recuento total en los sitios experimentales descendió de 104.014 UFC/mL (IQR 0–366.250) a 63.500 UFC/mL (IQR 30.500–128.250), sin alcanzar significancia (Wilcoxon $W=19,0$; $p=0,432$). En los sitios control, la mediana basal de 163.000 UFC/mL resultó en 191.000 UFC/mL en la reevaluación ($W=27,0$; $p=1,000$). La comparación entre grupos no evidenció diferencias significativas (Prueba de mediana: p exacta=0,656; Mann-Whitney $U=62,5$; p exacta=0,353). Una paciente del grupo control presentó un aumento de 280.000 a 8.200.000 UFC/mL, valor extremo que se discute en el apartado correspondiente.

Porphyromonas gingivalis estuvo presente en 1/10 sitios experimentales y 3/10 controles al basal. En reevaluación, el grupo control redujo a 1 sitio positivo; el experimental pasó a 2, incluyendo una detección *de nova*. Los cambios no fueron significativos (McNemar: Grupo A $p=1,000$; Grupo B $p=0,617$). *Tannerella forsythia* fue detectada en 2/10 sitios control al basal, con eliminación completa en reevaluación y un caso de nova en el experimental. *Treponema denticola* no fue evaluable por cultivo convencional (10).

El análisis comparativo de siete microorganismos en la reevaluación, mediante prueba de mediana, U de Mann-Whitney y estimador de Hodges-Lehmann con IC del 95%, permitió cuantificar la diferencia entre tratamientos para cada organismo (Tabla 4).

Ningún microorganismo presentó diferencias estadísticamente significativas entre grupos en la reevaluación. Para *Streptococcus viridans* (n=17), la diferencia estimada por Hodges-Lehmann fue de -3.500 UFC/mL a favor del grupo experimental (IC 95%: -71.000 a 20.000; U=38,5; p=0,815). Para *Actinomyces spp.*, la diferencia fue de -1.500 UFC/mL (IC 95%: -92.000 a 12.000; U=57,5; p=0,579). Para *Fusobacterium spp.*, de -2.500 UFC/mL (IC 95%: -20.000 a 6.000; U=60,0; p=0,481). Para *Prevotella intermedia/nigrescens*, de -1.500 UFC/mL (IC 95%: -16.000 a 1.000; U=62,5; p=0,353). En todos los casos el signo negativo indica menores recuentos en el grupo experimental, pero todos los intervalos de confianza incluyeron el cero, confirmando la ausencia de diferencias estadísticamente significativas.

Para *Staphylococcus spp.* (n=19), la mediana fue de 0 UFC/mL en ambos grupos en la reevaluación, con diferencia de Hodges-Lehmann de 0 (IC 95%: 0 a 0; U=31,5; p=0,278), lo que indica que ambos tratamientos lograron la eliminación completa o casi completa de este microorganismo. Para *Capnocytophaga spp.*, la diferencia fue de 1.500 UFC/mL (IC 95%: -42.000 a 9.000; U=46,0; p=0,796), sin tendencia en ninguna dirección.

Tabla 4. Análisis refinado por microorganismo en la reevaluación: comparación entre grupos mediante prueba de mediana, U de Mann-Whitney y estimador de Hodges-Lehmann (IC 95%).

Microorganismo	Prueba mediana (p exacta)	U Mann-Whitney (p exacta)	Diferencia Hodges-Lehmann (UFC/mL)	IC 95%
<i>Streptococcus viridans</i>	NS	0,815	-3.500	-71.000 a 20.000
<i>Actinomyces spp.</i>	NS	0,579	-1.500	-92.000 a 12.000
<i>Fusobacterium spp.</i>	NS	0,481	-2.500	-20.000 a 6.000

<i>Prevotella intermedia/nigrescens</i>	NS	0,353	-1.500	-16.000 a 1.000
<i>Staphylococcus spp.</i>	NS	0,278	0	0 a 0
<i>Capnocytophaga spp.</i>	NS	0,796	+1.500	-42.000 a 9.000
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	NS (McNemar)	—	—	—

Los bacilos entéricos gramnegativos no fueron incluidos en el análisis estadístico comparativo entre grupos dado que todos los sitios de ambos grupos registraron recuentos de cero en la reevaluación, eliminando la variabilidad necesaria para la prueba. Su desaparición uniforme —desde recuentos de hasta valores incontables al basal— constituyó el hallazgo microbiológico de mayor consistencia del estudio, con relevancia clínica directa independientemente del tipo de intervención.

Actinomyces spp., *Fusobacterium spp.* y *Capnocytophaga spp.* aumentaron su detección en la reevaluación en ambos grupos, patrón coherente con la reorganización microbiana esperada tras la perturbación del biofilm subgingival por la instrumentación ¹¹.

Discusión

Los resultados del presente ensayo clínico aleatorizado con diseño split-mouth muestran que tanto la instrumentación periodontal no quirúrgica supra y subgingival (IPSS) como su combinación con láser de diodo de 980 nm produjeron mejoras estadísticamente significativas en profundidad de sondaje y nivel de inserción clínica a las cuatro semanas de seguimiento. El análisis global no detectó diferencias entre grupos, pero el análisis desagregado por sitio de medición reveló un hallazgo clínicamente relevante: el grupo experimental obtuvo mejoras significativas en la totalidad de los sitios evaluados —cara mesial, cara media y cara distal, para ambas variables—, mientras que el grupo control no alcanzó significancia en la cara media (MD) ni para PS ($p=0,133$) ni para NIC ($p=0,058$).

La mejoría observada en ambos grupos confirma la efectividad del tratamiento periodontal no quirúrgico como pilar terapéutico en la periodontitis estadio III ⁴. Las reducciones de PS de 2,33 mm y las ganancias de NIC de 3,50–4,50 mm a las cuatro semanas son clínicamente significativas y se encuentran dentro del rango esperado para este tipo de intervención ^{7,11}. Aplicando el criterio treat-to-target de Feres et al. (2020), ambos grupos lograron que 7 de 10 sitios alcanzaran valores de PS menores de 5 mm en la reevaluación, lo que refleja una respuesta terapéutica favorable con independencia del enfoque empleado.

A diferencia de las caras mesial y distal —superficies interproximales anatómicamente definidas y consistentes entre pacientes—, la cara media (MD) en este estudio corresponde al punto de mayor profundidad al sondaje en la cara principal del diente: vestibular, lingual o palatina según la distribución de la enfermedad en cada paciente. Esta variabilidad en la orientación de la superficie medida es un factor clave para entender por qué la respuesta a la IPSS convencional fue heterogénea en este sitio.

La instrumentación periodontal no quirúrgica convencional está estandarizada para las superficies interproximales mediante curetas de diseño específico (Gracey 1/2 para mesial, 13/14 y 15/16 para distal), lo que explica la respuesta altamente consistente del grupo control en las caras mesial (10/10, $p=0,005$) y distal (8/10, $p=0,028$). En la cara principal del diente, sin embargo, la accesibilidad instrumental varía en función de la orientación de la superficie: las caras vestibulares son generalmente las más accesibles, mientras que las caras palatinas de los molares

superiores —dientes predominantes en la muestra (16, 17, 26, 27)— y las caras linguales de los molares inferiores presentan mayor dificultad por el grosor del tejido gingival, la curvatura del arco y las limitaciones de angulación de los instrumentos ^{4,18}. En los pacientes en quienes la cara más profunda correspondió a la superficie palatina o lingual, la instrumentación convencional puede haber sido menos efectiva, generando la variabilidad observada: tres sitios del grupo control mostraron aumento de PS en la reevaluación de la cara media, comparado con cero aumentos en la cara mesial y dos en la distal.

El láser de diodo, en contraste, entrega su efecto bactericida y biomodulador mediante una fibra óptica de pequeño calibre que se introduce directamente en la bolsa periodontal y puede orientarse en cualquier dirección con movimientos de barrido apico-coronal, sin las restricciones de angulación propias de los instrumentos manuales o ultrasónicos ^{5,21}. Esta característica le permite actuar de manera consistente tanto en superficies vestibulares como palatinas o linguales, lo que podría explicar la uniformidad de la respuesta del grupo experimental en los tres sitios de medición, con tasas de mejoría del 80% en PS y entre el 90% y 100% en NIC independientemente de la cara evaluada.

Comparado con el protocolo de Mulder-van Staden et al. (2020) —referencia metodológica del presente estudio—, que empleó 810 nm a 1 W en modo continuo con una sola sesión y diseño split-mouth, el presente trabajo utilizó una longitud de onda superior (980 nm) y mayor potencia (2 W), parámetros que determinan mayor absorción por agua y oxihemoglobina y, en teoría, mayor efecto bactericida en el entorno subgingival ^{5,24}. Mulder-van Staden et al., (2020) no encontraron diferencias clínicas significativas entre grupos, con excepción del sangrado al sondaje, resultado que no se reprodujo en el presente estudio. Las diferencias en parámetros del láser, período de seguimiento (6 vs 4 semanas) y población estudiada podrían explicar estas discrepancias.

La evidencia disponible sobre el láser de diodo como coadyuvante sigue siendo heterogénea. Algunas revisiones sistemáticas y metaanálisis han reportado beneficios adicionales de 0,4 a 0,7 mm en PS respecto al IPSS convencional ^{7,11}, mientras que otros estudios no han encontrado diferencias significativas entre grupos ^(8, 9, 13). Los resultados globales del presente estudio se alinean con este segundo grupo, pero el análisis por sitio introduce un matiz importante: la ausencia de diferencia entre grupos en el análisis global coexiste con una diferencia

específica y anatómicamente coherente en la cara media. Este hallazgo podría contribuir a explicar parte de la heterogeneidad de la literatura, en la que los estudios que no analizan por sitio de medición pueden enmascarar diferencias focales que sí existen en ciertas superficies.

La reducción del sangrado al sondaje del 83,3% al 70% en ambos grupos no alcanzó significancia estadística. El sangrado es un indicador sensible pero de baja especificidad para la resolución completa del proceso inflamatorio periodontal ⁽³⁾: puede persistir por inflamación residual del tejido conectivo incluso cuando la PS y el NIC han mejorado. La distribución idéntica entre grupos en ambos momentos confirma la ausencia de efecto diferencial del láser sobre este parámetro en el período evaluado, hallazgo consistente con el de Mulder-van Staden et al. y otros estudios con protocolos de sesión única ²⁴.

Dado el uso de cultivo convencional como única técnica, la alta variabilidad interindividual y el tamaño muestral reducido. Ninguno de los grupos mostró reducción significativa en el recuento total de UFC ($p=0,432$ y $p=1,000$, respectivamente), ni se detectaron diferencias entre grupos ($p=0,734$). Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por estudios similares que tampoco encontraron diferencias microbiológicas a corto plazo con protocolos de sesión única de láser ^{8,9,24}.

La baja prevalencia de *P. gingivalis* y *T. forsythia* en la muestra limitó la capacidad de evaluar el efecto bactericida diferencial del láser sobre los patógenos del complejo rojo ¹⁰. Estudios que han reportado mayor reducción de estas especies con láser de diodo típicamente incluyeron pacientes con cargas basales más elevadas o emplearon técnicas moleculares —PCR cuantitativa o secuenciación de nueva generación— significativamente más sensibles que el cultivo convencional ^{10,24}. La exclusión de *T. denticola* del análisis, por ser un anaerobio estricto no cultivable, deja incompleto el perfil del complejo rojo y constituye una limitación metodológica relevante.

El hallazgo microbiológico de mayor consistencia fue la eliminación completa de bacilos entéricos gramnegativos en la reevaluación en ambos grupos. Estos microorganismos, asociados con periodontitis refractaria y mayor resistencia antimicrobiana, desaparecieron de todos los sitios evaluados a las cuatro semanas, independientemente del tipo de intervención. Este resultado refuerza la efectividad

de la instrumentación mecánica como elemento central del tratamiento periodontal y tiene relevancia clínica directa para el pronóstico de estos pacientes.

El incremento en la detección de *Actinomyces spp.*, *Fusobacterium spp.* y *Capnocytophaga spp.* en la reevaluación en ambos grupos representa un fenómeno esperado de reorganización microbiana post-tratamiento: tras la perturbación de la biopelícula, organismos comensales de menor virulencia recolonizan los nichos vacíos dejados por las especies patógenas eliminadas ¹⁸. Este proceso es compatible con la mejoría clínica simultánea y no debe interpretarse como deterioro. En uno de los casos, con un aumento de 29 veces en el recuento del grupo control (280.000 → 8.200.000 UFC/mL), constituye un valor extremo que requiere análisis de sensibilidad; las posibles causas incluyen fallo en el control de placa supragingival, variabilidad técnica en el muestreo o algún evento intercurrente no registrado.

Las principales limitaciones del presente estudio son el tamaño muestral reducido (n=10), que limita la potencia estadística para detectar diferencias entre grupos; el período de seguimiento de cuatro semanas, insuficiente para la estabilización microbiológica completa y para la expresión sostenida de los efectos biomoduladores del láser ^{21, 22}; y el uso exclusivo de cultivo convencional como técnica microbiológica. El diseño *split-mouth* asume independencia entre cuadrantes del mismo paciente, supuesto que puede verse comprometido por transferencia bacteriana entre sitios adyacentes.

El protocolo empleado (980 nm, 2 W, modo continuo, 30 s/sitio, sesión única) entrega 60 J por sitio, situándose en el rango superior de los protocolos no quirúrgicos reportados. La longitud de 980 nm presenta mayor absorción por agua y oxihemoglobina que los 810 nm de Mulder-van Staden et al. (2020), referencia metodológica de este estudio, lo que implica mayor profundidad de penetración y potencial bactericida en el entorno subgingival ^(5, 24). Mulder-van Staden et al. no encontraron diferencias clínicas entre grupos en PS o NIC, con excepción del SS, resultado que tampoco se replicó en el presente estudio. Las diferencias en parámetros del láser, período de seguimiento (6 vs 4 semanas) y características de la muestra explican parcialmente esta discrepancia ⁽²⁴⁾. La evidencia global sigue siendo heterogénea, con algunos metaanálisis que reportan beneficios adicionales de 0,4–0,7 mm ^{7,11} y otros que no detectan diferencias ^{8,9,13}. Los resultados del presente estudio se alinean con el segundo grupo en el análisis global, pero el

análisis por sitio introduce el matiz de que la equivalencia global coexiste con una diferencia anatómicamente específica.

La reducción del SS del 83,3% al 70% en ambos grupos no alcanzó significancia estadística, resultado consistente con la naturaleza sensible pero poco específica del SS como indicador de resolución inflamatoria completa a corto plazo ³. La distribución idéntica entre grupos confirma la ausencia de efecto diferencial del láser sobre este parámetro en el período evaluado, hallazgo común en estudios con protocolos de sesión única ²⁴.

El análisis microbiológico que incluyó prueba de mediana, Mann-Whitney y estimadores de Hodges-Lehmann con IC 95% para siete organismos específicos, confirmó la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre grupos en la reevaluación para todos los microorganismos evaluados. Este resultado es coherente con la literatura sobre protocolos de sesión única de láser de diodo ^{8, 9, 24} y con el hecho de que el fundamento bactericida del láser —desnaturalización proteica por efecto térmico y fotobiomodulación ^{5, 21}— puede no ser suficiente para producir un efecto diferencial medible a las cuatro semanas cuando se aplica en una sola sesión.

No obstante, el análisis revela una tendencia consistente, aunque no significativa, hacia menores recuentos en el grupo experimental para cuatro microorganismos: *Streptococcus viridans* (diferencia de Hodges-Lehmann: -3.500 UFC/mL), *Actinomyces spp.* (-1.500), *Fusobacterium spp.* (-2.500) y *Prevotella intermedia/nigrescens* (-1.500). La dirección consistente de estas diferencias —todas favorables al grupo experimental— es de interés biológico, aunque los amplios intervalos de confianza reflejan la alta variabilidad interindividual y el tamaño muestral reducido. El láser de diodo podría ejercer un efecto bacteriostático o bactericida parcial sobre la microbiota comensal subgingival que no alcanza significancia con n=10, pero que podría ser detectable en estudios con mayor potencia estadística ^{5, 21}.

La eliminación completa de *Staphylococcus spp.* en ambos grupos —con mediana de 0 UFC/mL en la reevaluación— y la desaparición de los bacilos entéricos gramnegativos en todos los sitios sin excepción son los hallazgos microbiológicos de mayor consistencia del estudio. Ambos resultados refuerzan la eficacia de la instrumentación mecánica como intervención fundamental, con independencia del uso coadyuvante del láser. La eliminación de los bacilos entéricos tiene especial relevancia clínica dado su vínculo con periodontitis refractaria y mayor resistencia antimicrobiana.

El incremento de *Actinomyces spp.*, *Fusobacterium spp.* y *Capnocytophaga spp.* en ambos grupos en la reevaluación representa la reorganización microbiana esperable tras la perturbación del biofilm ¹⁸, compatible con la mejoría clínica simultánea. El caso de con aumento de 29 veces en el recuento del grupo control— requiere análisis de sensibilidad en interpretaciones futuras, dado su impacto sobre las medianas grupales. Las limitaciones del cultivo convencional —especialmente la exclusión de *T. denticola* y la menor sensibilidad respecto a técnicas moleculares ^{10, 24} limitan la profundidad del análisis microbiológico del estudio.

A pesar de estas limitaciones, el estudio aporta evidencia clínica original en una población colombiana con periodontitis estadio III e introduce el análisis por sitio de medición como herramienta que permite identificar diferencias terapéuticas focales no visibles en el análisis global. Los resultados justifican estudios con mayor potencia estadística, múltiples sesiones de láser, seguimiento a mediano plazo y técnicas moleculares de análisis microbiológico, que permitan esclarecer el rol del láser de diodo como coadyuvante en el manejo de esta enfermedad.

Limitaciones

Las principales limitaciones son el tamaño muestral ($n=10$), el seguimiento de cuatro semanas, el uso exclusivo de cultivo convencional y los supuestos del diseño split-mouth sobre independencia entre cuadrantes. Estas limitaciones deben considerarse en la extrapolación de los resultados y son el punto de partida de las recomendaciones para investigaciones futuras.

A pesar de ellas, el estudio aporta evidencia clínica y microbiológica original en una población colombiana con periodontitis estadio III, introduce el análisis por sitio de medición como estrategia analítica que detecta diferencias focales no visibles en el análisis global, y genera hipótesis específicas y verificables sobre el rol coadyuvante del láser de diodo en superficies de orientación variable.

Conclusiones

El presente estudio permite concluir que tanto la instrumentación periodontal no quirúrgica supra y subgingival sola como su combinación con láser de diodo de 980 nm son intervenciones clínicamente efectivas para el manejo de la periodontitis estadio III, al producir reducciones significativas de la profundidad de sondaje — 2,33 mm en ambos grupos— y ganancias de inserción clínica —4,50 mm en el grupo experimental y 3,50 mm en el control— a las cuatro semanas de seguimiento. El análisis global no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los enfoques terapéuticos.

El tratamiento combinado con láser mostró mejoras significativas en la totalidad de los seis parámetros evaluados, con tasas de mejoría uniformes del 80% al 100%.

El sangrado al sondaje se redujo del 83,3% al 70% en ambos grupos sin alcanzar significancia estadística, y no se evidenciaron diferencias entre grupos en este parámetro.

El análisis microbiológico refinado, basado en prueba de mediana, Mann-Whitney y estimadores de Hodges-Lehmann con IC 95% para siete organismos específicos en la reevaluación, confirmó la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre grupos para todos los microorganismos evaluados. Se observó una tendencia no significativa hacia menores recuentos en el grupo experimental para *Streptococcus viridans* (–3.500 UFC/mL), *Actinomyces spp.* (–1.500), *Fusobacterium spp.* (–2.500) y *Prevotella intermedia/nigrescens* (–1.500), con todos los IC 95% incluyendo cero. *Staphylococcus spp.* presentó mediana de 0 en ambos grupos en la reevaluación, indicando eliminación completa por ambos tratamientos. Los bacilos entéricos gramnegativos, presentes en hasta recuentos incontables al basal, desaparecieron de todos los sitios de ambos grupos en la reevaluación —sin posibilidad de comparación estadística por ausencia de variabilidad—, constituyendo el hallazgo microbiológico de mayor consistencia clínica del estudio.

Recomendaciones

A partir de los hallazgos del presente estudio y sus limitaciones, se formulan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones y para la práctica clínica.

Se recomienda el diseño de ensayos clínicos con tamaños de muestra calculados específicamente para detectar diferencias en el análisis por sitio de medición. El análisis global de medianas puede enmascarar hallazgos clínicamente relevantes que solo emergen al desagregar por superficie; su incorporación como estrategia analítica primaria permitiría una evaluación más sensible y precisa del efecto coadyuvante del láser.

Se recomienda evaluar protocolos de múltiples sesiones de láser —al menos dos aplicaciones separadas por una semana— dado que la sesión única puede ser insuficiente para producir un efecto diferencial medible y sostenido. El seguimiento debería extenderse a tres y seis meses para evaluar la estabilidad clínica a mediano plazo y la estabilización del microbioma subgingival, cuya reorganización requiere al menos seis semanas ^(18, 21).

En el componente microbiológico, el uso de técnicas moleculares —PCR cuantitativa o secuenciación del gen 16S ARNr— es prioritario para estudios futuros. Estas técnicas permitirían detectar *Treponema denticola* y caracterizar con mayor precisión los cambios en la composición del microbioma subgingival, superando las limitaciones del cultivo convencional empleado en el presente estudio ^(10, 24). Dado que se observó una tendencia no significativa hacia menores recuentos de cuatro organismos en el grupo experimental, el estudio de esta hipótesis con mayor sensibilidad analítica y mayor tamaño muestral es una pregunta de investigación directamente derivada de estos resultados.

Desde la perspectiva clínica, los resultados sugieren que el láser de diodo podría ser especialmente útil como coadyuvante en pacientes con periodontitis estadio III con bolsas profundas en superficies palatinas de molares superiores y linguales de molares inferiores, donde la instrumentación convencional tiene mayor dificultad de acceso. Esta indicación específica requiere confirmación en estudios diseñados para explorarla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jacob S. Global prevalence of periodontitis: a literature review. IOSR J Dent Med Sci. 2014;3(1):6-11. <https://doi.org/10.9790/0853-0310611>
2. Ministerio de Salud y Protección Social. IV Estudio Nacional de Salud Bucal —ENSAB IV—. Bogotá: Ministerio de Salud y Protección Social; 2014. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENSAB-IV-Situacion-Bucal-Actual.pdf>
3. Kinane DF, Stathopoulou PG, Papapanou PN. Periodontal diseases. Nat Rev Dis Primers. 2017;3(1):17038. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.38>
4. Heitz-Mayfield LJA, Lang NP. Surgical and nonsurgical periodontal therapy. Learned and unlearned concepts. Periodontol 2000. 2013;62(1):218-31. <https://doi.org/10.1111/prd.12008>
5. Romanos G, Nentwig GH. Diode laser (980 nm) in oral and maxillofacial surgical procedures: clinical observations based on clinical applications. J Clin Laser Med Surg. 1999;17(5):193-7. <https://doi.org/10.1089/clm.1999.17.193>
6. Schwarz F, Aoki A, Becker J, Sculean A. Laser application in non-surgical periodontal therapy: a systematic review. J Clin Periodontol. 2008;35(Suppl 8):29-44. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2008.01259.x>
7. Qadri T, Javed F, Johannsen G, Gustafsson A. Role of diode lasers (800–980 nm) as adjuncts to scaling and root planing in the treatment of chronic periodontitis: a systematic review. Photomed Laser Surg. 2015;33(11):568-75. <https://doi.org/10.1089/pho.2015.3966>
8. Rotundo R, Nieri M, Cairo F, Franceschi D, Mervelt J, Bonaccini D, et al. Lack of adjunctive benefit of Er:YAG laser in non-surgical periodontal treatment: a randomized split-mouth clinical trial. J Clin Periodontol. 2010;37(6):526-33. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2010.01568.x>
9. Cheng Y, Chen JW, Ge MK, Zhou ZY, Yin X, Zou SJ. Efficacy of adjunctive laser in non-surgical periodontal treatment: a systematic review and meta-analysis. Lasers Med Sci. 2016;31(1):151-63. <https://doi.org/10.1007/s10103-015-1843-2>
10. Holt SC, Ebersole JL. Porphyromonas gingivalis, Treponema denticola, and Tannerella forsythia: the 'red complex', a prototype polybacterial pathogenic consortium in periodontitis. Periodontol 2000. 2005;38(1):72-122. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2005.00113.x>

11. Sgolastra F, Severino M, Gatto R, Monaco A. Effectiveness of diode laser as adjunctive therapy to scaling and root planing in the treatment of chronic periodontitis: a meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2013;28(5):1393-402. <https://doi.org/10.1007/s10103-012-1181-0>
12. Kinane DF, Attström R; European Workshop in Periodontology group B. Advances in the pathogenesis of periodontitis: Group B consensus report of the fifth European workshop in periodontology. *J Clin Periodontol.* 2005;32(Suppl 6):130-1. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2005.00822.x>
13. Coluzzi D, Anagnostaki E, Mylona V, Parker S, Lynch E. Do lasers have an adjunctive role in initial non-surgical periodontal therapy? A systematic review. *Dent J (Basel).* 2020;8(3):93. <https://doi.org/10.3390/dj8030093>
14. Jha A, Gupta V, Adinarayan R. LANAP, periodontics and beyond: a review. *J Lasers Med Sci.* 2018;9(2):76-81. <https://doi.org/10.15171/jlms.2018.15>
15. Yukna RA. Clinical evaluation of laser-assisted new attachment procedure (LANAP) surgical treatment of chronic periodontitis: a retrospective case series of 1-year results in 22 consecutive patients. *J Periodontal Implant Sci.* 2023;53(3):173. <https://doi.org/10.5051/jpis.2200520026>
16. Feres M, Figueiredo LC, Soares GMS, Faveri M. Systemic antibiotics in the treatment of periodontitis. *Periodontol 2000.* 2015;67(1):131-86. <https://doi.org/10.1111/prd.12075>
17. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: framework and proposal of a new classification and case definition. *J Clin Periodontol.* 2018;45(Suppl 20):S149-61. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12945>
18. Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJL, Marcenes W. Global burden of severe periodontitis in 1990–2010: a systematic review and meta-regression. *J Dent Res.* 2014;93(11):1045-53. <https://doi.org/10.1177/0022034514552491>
19. Socransky SS, Haffajee AD. Dental biofilms: difficult therapeutic targets. *Periodontol 2000.* 2002;28(1):12-55. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0757.2002.280102.x>
20. Lalla E, Papapanou PN. Diabetes mellitus and periodontitis: a tale of two common interrelated diseases. *Nat Rev Endocrinol.* 2011;7(12):738-48. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2011.135>
21. Cobb CM. Lasers in periodontics: a review of the literature. *J Periodontol.* 2006;77(4):545-64. <https://doi.org/10.1902/jop.2006.050417>
22. Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Yukna RA, Takasaki AA, et al. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontol 2000.* 2015;68(1):217-69. <https://doi.org/10.1111/prd.12080>

23. Lang NP, Bartold PM. Periodontal health. J Periodontol. 2018;89(Suppl 1):S9-16. <https://doi.org/10.1002/JPER.16-0517>
24. Mulder-van Staden S, Holmes H, Hille J. In vivo investigation of diode laser application on red complex bacteria in non-surgical periodontal therapy: a split-mouth randomised control trial. Sci Rep. 2020;10(1):21311. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78042-6>