

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**EFICACIA DEL USO DE LASER TERAPÉUTICO DE BAJA DENSIDAD COMO
TRATAMIENTO POSTOPERATORIO EN PACIENTES CON FRACTURAS DE
CUERPO A RAMA MANDIBULAR**

LIZANDRO ANTONIO PRIVADO MÉNDEZ

Presentada ante las autoridades de la
Escuela de Estudios de Postgrado de la
Facultad de Odontología
Para obtener el grado de
Maestría en Cirugía Oral y Maxilofacial

Guatemala, abril de 2025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Estudio observacional, descriptivo y analítico realizado en un grupo de pacientes con fracturas de cuerpo a rama mandibular tratados con láser terapéutico de baja densidad que asistieron al servicio de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital Roosevelt durante el año 2024 - 2025.

LIZANDRO ANTONIO PRIVADO MÉNDEZ

GUATEMALA, MAYO DEL 2025

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN CIRUGÍA ORAL Y MAXILOFACIAL**

**“EFICACIA DEL USO DE LASER TERAPÉUTICO DE BAJA DENSIDAD COMO
TRATAMIENTO POSTOPERATORIO EN PACIENTES CON FRACTURAS DE
CUERPO A RAMA MANDIBULAR”**

Tesis presentada como requisito para la obtención del título de Maestría en
Cirugía Oral y Maxilofacial

Presentado por:

LIZANDRO ANTONIO PRIVADO MÉNDEZ

Asesor:

JAIME ENRIQUE MATTA RÍOS

GUATEMALA, MAYO DEL 2025

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	3
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	10
V.	MARCO TEÓRICO.....	13
	5.1. Trauma facial	13
	5.2 Fracturas mandibulares	13
	5.3 Clasificación de fracturas mandibulares	14
	5.4 Inflamación	16
	5.5 Proceso de inflamación.....	16
	5.6 Tratamientos post quirúrgicos	17
VI.	OBJETIVOS	23
VII.	MARCO METODOLÓGICO.....	24
	7.1 Tipo de estudio.....	24
	7.2 Unidades de análisis.....	24
	7.3 Población y muestra	24
	7.4 Selección de los sujetos a estudio	25
	7.5 Variables	25
	7.6 Hipótesis.....	29
	7.7 Técnicas, procesos e instrumentos a utilizar en la recolección	29
	7.8 procesamiento y análisis de datos	31
	7.9 Alcance y límites	32
	7.10. Aspectos bioéticos.....	33
VIII.	RESULTADOS	35

IX.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
X.	CONCLUSIONES.....	47
XI.	RECOMENDACIONES.....	48
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
XIII.	ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con el tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control del dolor.	38
2.	Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto a la apertura bucal.	40
3.	Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control de la inflamación.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfica		Página
1.	Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con el tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control del dolor.	40
2.	Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto a la apertura bucal.	42
3.	Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control de la inflamación	43

RESUMEN

La investigación evaluó la eficacia de la terapia láser de baja intensidad como tratamiento postoperatorio en pacientes con fracturas mandibulares. Se interpretaron los datos obtenidos en las variables estudiadas: tratamiento postoperatorio, dolor, apertura bucal e inflamación, destacando sus implicaciones clínicas. El análisis indicó que el tratamiento con láser fue significativamente más efectivo en la reducción del dolor en las primeras 72 horas postoperatorias, con una disminución promedio de 3.79 puntos, frente a los 5.8 puntos observados en el grupo de tratamiento convencional. Este hallazgo confirma el efecto analgésico temprano del láser, asociado a su capacidad para estabilizar las membranas neuronales y reducir mediadores inflamatorios. Respecto a la apertura bucal, los resultados reflejaron una recuperación funcional similar entre ambos grupos. A los 7 días postoperatorios, el grupo tratado con láser alcanzó un promedio de 22.79 mm \pm 2.06 mm, mientras el grupo convencional registró 21.12 mm \pm 1.53 mm, sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Esto sugiere que la terapia láser no impacta de forma diferenciada en la movilidad mandibular. En cuanto a la inflamación, los pacientes tratados con láser mostraron mediciones promedio de 17.21 mm (lado izquierdo) y 15.32 mm (lado derecho) a las 72 horas, valores comparables a los del grupo convencional (12.96 mm y 13.64 mm respectivamente). Estos datos sugieren una eficacia similar en el control del edema postoperatorio. Se concluye que, la terapia láser de baja densidad demuestra ser una herramienta efectiva para mejorar la experiencia postoperatoria, especialmente en el manejo del dolor, aunque su impacto en otras variables es comparable a los tratamientos tradicionales.

Palabras clave: Laser terapéutico, fracturas mandibulares, apertura bucal.

I. INTRODUCCIÓN

La fotobiomodulación mediante láser de baja intensidad representa una alternativa terapéutica no quirúrgica que ha demostrado potencial significativo en la recuperación neuronal. Este método terapéutico actúa a través de diversos mecanismos moleculares, incluyendo la estabilización de membranas neuronales y la modulación de vías bioquímicas específicas. Entre sus efectos se encuentra la reducción en la síntesis de mediadores inflamatorios vinculados al ácido araquidónico, además de promover la liberación de opioides periféricos y β -endorfinas locales, junto con un incremento en la producción de ATP.

Este trabajo de investigación se centra en evaluar los beneficios terapéuticos de la fotobiomodulación láser en el contexto postoperatorio de pacientes que han experimentado traumatismos mandibulares. Específicamente, se busca documentar su impacto en la reducción de manifestaciones post-quirúrgicas, abarcando aspectos como el proceso inflamatorio, la recuperación funcional mandibular y el manejo del dolor, particularmente en casos donde se ha implementado osteosíntesis con placas siguiendo los protocolos establecidos por la Asociación de Osteosíntesis.

Los traumatismos faciales, las fracturas mandibulares destacan por su alta prevalencia, representando entre un 62% y 83% de las lesiones maxilofaciales, como señalan Lauriti y colaboradores (2017). Este espectro incluye diversos tipos de fracturas que afectan estructuras como la órbita, el complejo maxilomalar, la región nasoorbitoetmoidal (NOE) y diferentes niveles mandibulares. Las consecuencias de estas lesiones son múltiples, manifestándose en alteraciones estéticas, compromiso funcional de la oclusión dental y déficits neurosensoriales. El abordaje terapéutico contemporáneo, según documentan Balasubramanian y colaboradores (2018), prioriza la reducción quirúrgica complementada con sistemas de fijación interna rígida, empleando placas y tornillos de titanio. Esta metodología ha evidenciado resultados favorables en términos de recuperación funcional,

eliminando la necesidad de bloqueo intermaxilar y proporcionando estabilidad óptima para la regeneración ósea.

Las complicaciones asociadas a fracturas mandibulares con desplazamiento frecuentemente involucran lesiones del nervio alveolar inferior, como señalan Chen y Zhao (2018). Estas lesiones pueden resultar en déficits neurosensoriales prolongados o permanentes, afectando la sensibilidad del mentón, labio inferior e incisivos mandibulares. Adicionalmente, se observa compromiso de estructuras de soporte como ligamentos y tejido muscular, con alteraciones en la perfusión tisular y acumulación de metabolitos que contribuyen a la fatiga y dolor. El trauma inicial y la intervención quirúrgica pueden alterar significativamente la función neuromuscular, particularmente en los músculos elevadores mandibulares.

Landaeta, Suazo y colaboradores (2008) han documentado la aplicación de la terapia láser de baja intensidad en la regeneración de tejidos óseos post-osteosíntesis. Las investigaciones recientes, como las realizadas por Salari, Nikparto, Babaei y Fekrazad (2022), sugieren efectos beneficiosos en múltiples aspectos de la regeneración tisular, incluyendo la aceleración de la cicatrización ósea, modulación del dolor e inflamación, y estimulación de la osteogénesis. Los mecanismos propuestos incluyen la regulación de procesos celulares fundamentales como proliferación, diferenciación y angiogénesis.

Kraft y colaboradores (2012) han aportado evidencia sobre la eficacia de la fotobiomodulación en la recuperación neurosensorial y neuromuscular post-quirúrgica en casos de fijación interna mandibular. Su naturaleza no invasiva representa una ventaja significativa en el contexto de la rehabilitación postoperatoria, ofreciendo una alternativa terapéutica que evita intervenciones quirúrgicas adicionales.

Es importante señalar que la efectividad del tratamiento puede variar según diversos factores, incluyendo las características específicas de la fractura, parámetros del dispositivo láser y protocolos de aplicación. La investigación continua en este campo resulta fundamental para establecer pautas terapéuticas optimizadas y comprender completamente los mecanismos subyacentes de acción.

II. ANTECEDENTES

Un estudio clínico significativo conducido por Lauriti y colaboradores (2017) examinó la eficacia de la fotobiomodulación en el contexto de fracturas mandibulares, centrándose en parámetros funcionales específicos. La investigación, diseñada con un enfoque comparativo, involucró 12 participantes distribuidos equitativamente entre un grupo de intervención con fototerapia activa y un grupo control con tratamiento simulado. El protocolo de tratamiento implementó parámetros técnicos precisos: radiación a 660 nm, potencia de 108 mW, y una energía radiante de 21.6 J, aplicada bilateralmente en 10 puntos durante 200 segundos por localización, completando 15 sesiones terapéuticas.

Los resultados de esta investigación revelaron diferencias significativas en diversos parámetros funcionales. El grupo que recibió tratamiento láser mostró una recuperación más rápida de la dinámica mandibular, alcanzando mejoras estadísticamente significativas a los 21 días, en contraste con los 60 días requeridos por el grupo control ($p > 0.05$). En cuanto a la fuerza de mordida, el grupo de intervención evidenció mejoras significativas a los 30 días ($p = 0.0033$), mientras que el grupo control requirió 60 días para lograr resultados similares ($p = 0.0382$). La apertura oral voluntaria máxima mostró patrones de recuperación diferentes: el grupo láser necesitó 30 días para alcanzar diferencias significativas ($p = 0.0257$), mientras que el grupo control lo logró en 21 días ($p = 0.0072$). Respecto al manejo del dolor, aunque se observaron diferencias sistemáticas entre grupos, el grupo control alcanzó significancia estadística a los 21 días ($p = 0.0293$), mientras que el grupo láser lo hizo a los 30 días ($p = 0.0435$).

Por otra parte, una revisión sistemática comprehensiva realizada por Jana Neto y colaboradores evaluó la efectividad de la fotobiomodulación mediante láser de baja intensidad (LLLT) en la curación de fracturas óseas. Esta investigación, basada en una búsqueda exhaustiva realizada en octubre de 2018, abarcó múltiples bases de datos incluyendo MEDLINE, Embase, CENTRAL, LILACS, PEDro, CINAHL, Scopus y SPORTDiscus. El análisis se centró en ensayos controlados aleatorios (ECA) que

comparaban la fotobiomodulación con otras intervenciones en fracturas de extremidades.

Los hallazgos del metaanálisis mostraron una diferencia estadísticamente significativa a favor de la fotobiomodulación en la reducción del dolor (DM 1.19; IC 95% [0.61 a 1.77], 106 participantes), aunque esta diferencia no alcanzó significancia clínica. Un ECA específico con 50 participantes demostró mejoras tanto clínicas como estadísticas en la función física (DM 14.60; IC 95% [-21.39 a -7.81]). En cuanto a los indicadores radiológicos, no se encontraron diferencias significativas en la ausencia de línea de fractura (RR 1.00; IC 95% [0.93 a 1.08]) ni en la visibilidad del callo óseo (RR 0.33; IC 95% [0.01 a 7.81]). Los autores clasificaron la certeza de la evidencia en un rango de baja a muy baja, sugiriendo una asociación positiva entre la fotobiomodulación y la mejora del dolor y la función, aunque con limitaciones en la robustez de la evidencia disponible.

En el análisis de la heterogeneidad de los estudios incluidos, se empleó un enfoque multidimensional que consideró variaciones clínicas, metodológicas y estadísticas. La evaluación estadística específica de la heterogeneidad se realizó mediante la prueba de chi-cuadrado (χ^2). La población total estudiada comprendió 104 participantes, con muestras individuales que fluctuaron entre 50 y 54 sujetos, y un rango de edad media entre 24.6 y 32.6 años.

Un meta-análisis significativo publicado en 2023 por Yongqing Mal, Miaomiao Yang y colaboradores examinó la efectividad de la fotobiomodulación (PBM) en el tratamiento de lesiones del nervio alveolar inferior (IAN) derivadas de diversos procedimientos quirúrgicos, incluyendo cirugía ortognática, extracciones de terceros molares impactados y fracturas mandibulares. La metodología de búsqueda fue exhaustiva, abarcando cuatro bases de datos principales (PubMed, Embase, Cochrane Library y Web of Science), complementada con búsquedas en literatura gris a través de ClinicalTrials.gov y Google Scholar, sin restricciones de idioma o temporalidad.

Del análisis inicial de 219 artículos, 15 ensayos controlados aleatorios cumplieron los criterios de inclusión para el análisis cualitativo, y 14 fueron incluidos en el meta-

análisis. Los resultados fueron procesados mediante el software REV-MAN (versión 5.3), revelando patrones temporales específicos en la efectividad del tratamiento:

- En el período inmediato post-intervención (0-48 horas y hasta 14 días), la terapia PBM no mostró efectos significativos sobre la lesión nerviosa.
- A los 30 días, se observaron efectos terapéuticos significativos (DME 1.36, IC 95% 1.01-1.71, $I^2 = 0\%$, sin heterogeneidad).
- En la evaluación a corto plazo (48 horas), los resultados mostraron un efecto modesto (DME 0.18, IC 95%: -0.13-0.49, heterogeneidad = 12%).

Los parámetros de evaluación:

- Sensibilidad táctil superficial: La terapia PBM demostró una mejora significativa en la recuperación.
- Discriminación térmica: Los resultados a 30 días mostraron superioridad significativa en el grupo de tratamiento, aunque la alta heterogeneidad entre estudios limitó la consolidación de datos.
- Discriminación direccional: No se observaron diferencias significativas entre grupos experimentales y control en evaluaciones realizadas un día post-tratamiento.
- Discriminación del dolor: La evidencia disponible de dos estudios con datos válidos demostró una reducción significativa del dolor a los 30 días post-tratamiento.

Se encontró que la efectividad del tratamiento PBM no mostró diferencias significativas relacionadas con el momento de inicio de la terapia, ya fuera dentro de los primeros 6 meses o posteriormente. Sin embargo, los autores señalan la necesidad de estudios adicionales con muestras más grandes, períodos de seguimiento más extensos y protocolos más estandarizados para establecer conclusiones más definitivas y clínicamente significativas. (Yongqing et al, 2023)

La terapia láser de baja intensidad (LLLT) en el manejo postoperatorio de fracturas condilares fue objeto de un riguroso estudio conducido por Bahari-Bandari, Hajmohammady y Mafi. Este ensayo clínico aleatorizado doble ciego se propuso

evaluar la efectividad de esta modalidad terapéutica en tres aspectos fundamentales del período postoperatorio: el manejo del dolor agudo, el control de la inflamación y la recuperación de la apertura oral en pacientes sometidos a reducción cerrada de fracturas condilares (Bahari-Bandari, Hajmohammady y Mafi, 2023).

La investigación involucró una muestra de 40 pacientes, distribuidos equitativamente entre un grupo de intervención y un grupo placebo. El protocolo de tratamiento láser se diseñó con parámetros específicos: una potencia de 100 mW y una densidad de energía de 2 J/cm², aplicados durante 20 segundos en cada uno de los 14 puntos extraorales seleccionados, manteniéndose el tratamiento durante un período de 7 días. Este diseño metodológico riguroso permitió una evaluación controlada de la eficacia del tratamiento (Bahari-Bandari, Hajmohammady y Mafi, 2023).

Para la evaluación de resultados, los investigadores implementaron un protocolo que incluía la medición del rango de movimientos mandibulares posterior a la fijación intermaxilar, junto con una valoración del dolor mediante la escala visual analógica (EVA). El análisis estadístico, realizado mediante el software SPSS versión 21, incorporó pruebas de chi-cuadrado y ANOVA de medidas repetidas para garantizar la robustez de los resultados (Bahari-Bandari, Hajmohammady y Mafi, 2023).

Los hallazgos del estudio revelaron diferencias significativas en las puntuaciones de dolor entre los grupos. El grupo de intervención mostró una puntuación EVA media de 56.85 (DE = 3.817), mientras que el grupo placebo registró 60.95 (DE = 4.861), estableciendo una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0.007$). Sin embargo, es importante señalar que no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en cuanto al rango de movimientos mandibulares. Este estudio se enmarca en un contexto de creciente interés por la terapia láser de baja intensidad, particularmente en el manejo de procesos inflamatorios y dolor. Aunque la literatura previa ha mostrado resultados contradictorios sobre la eficacia general de LLLT en diversos contextos terapéuticos, esta investigación aporta evidencia significativa

que respalda su utilidad específica en el manejo del dolor agudo post-tratamiento condilar cerrado (Bahari-Bandari, Hajmohammady y Mafi, 2023).

Los autores reconocen que, si bien persiste cierta incertidumbre sobre la eficacia general de los láseres de baja intensidad en diversos contextos terapéuticos, sus hallazgos proporcionan respaldo significativo para la implementación de esta modalidad de tratamiento, específicamente en el manejo del dolor agudo en pacientes sometidos a reducción cerrada de fracturas condilares. Esta contribución representa un avance importante en la comprensión de las aplicaciones específicas de la LLLT en el contexto de la cirugía maxilofacial (Bahari-Bandari, Hajmohammady y Mafi, 2023).

Los protocolos de manejo postoperatorio de fracturas condilares, pueden modificarse ofreciendo una alternativa terapéutica no invasiva y efectiva para el control del dolor. Sin embargo, los autores sugieren que se requieren estudios adicionales para establecer protocolos más precisos y comprender mejor los mecanismos subyacentes de acción de la terapia láser en este contexto específico.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La incidencia creciente de fracturas mandibulares presenta desafíos significativos en el ámbito terapéutico, particularmente en aspectos postoperatorios que incluyen la cicatrización ósea, recuperación funcional y manejo de la sintomatología inflamatoria. A pesar de la evolución en técnicas quirúrgicas y terapias farmacológicas, persisten interrogantes sobre su efectividad y efectos colaterales, contexto en el cual la terapia láser de baja densidad emerge como una alternativa terapéutica prometedora.

Los procedimientos de reducción abierta y fijación interna mandibular inevitablemente generan trauma tisular significativo. La administración inadecuada de fármacos antiinflamatorios puede conllevar consecuencias adversas para la salud del paciente, manteniéndose el manejo farmacológico del dolor y edema postquirúrgico como un tema de debate continuo en la práctica clínica actual.

El abordaje terapéutico debe fundamentarse en principios de mínima invasividad tanto para tejidos duros como blandos, buscando prevenir secuelas en estructuras remanentes y complicaciones postoperatorias de índole biológica y física. Es crucial reconocer que estos procedimientos impactan al paciente tanto en dimensiones físicas como psicológicas.

La respuesta inflamatoria amplificada por el estímulo quirúrgico genera manifestaciones como edema de tejidos blandos y trismus, que requieren consideración clínica prioritaria. La evidencia demuestra que, incluso con técnicas quirúrgicas meticulosas, estas manifestaciones adversas persisten en casos significativos debido al compromiso vascular y tisular inherente al procedimiento.

A pesar de evidencia preliminar favorable sobre el rol del láser terapéutico de baja densidad en procesos de cicatrización ósea, su aplicación específica en fracturas mandibulares carece aún de validación científica robusta. Esta brecha en el conocimiento constituye una limitante para la implementación clínica generalizada de esta modalidad terapéutica.

La problemática central radica en la necesidad de investigación sistemática sobre la aplicación del láser terapéutico de baja densidad en el manejo de fracturas mandibulares humanas, abordando aspectos como su eficacia en la regeneración ósea, control del dolor postoperatorio, potenciales efectos adversos e impacto en la calidad y tiempo de recuperación. Esta línea de investigación resulta fundamental para fundamentar la práctica clínica y optimizar resultados terapéuticos.

La integración de un manejo farmacológico apropiado con terapia láser de baja densidad podría optimizar la evolución postoperatoria. La reducción del edema facilitaría la biodisponibilidad farmacológica en tejidos inflamados, minimizaría la compresión de fibras sensitivas y mejoraría la apertura bucal, factores que en conjunto contribuirían a una adecuada nutrición y recuperación postoperatoria con menor compromiso de tejidos blandos.

En términos concretos la pregunta a responder es:

¿Existen diferencias en los resultados de pacientes operados por fracturas mandibulares traumáticas según el tipo de tratamiento postoperatorio?

¿Existe una diferencia significativa en la reducción del dolor en pacientes operados por fracturas mandibulares traumáticas según el tipo de tratamiento postoperatorio?

¿Existe una diferencia significativa en la apertura mandibular en pacientes operados por fracturas mandibulares traumáticas según el tipo de tratamiento postoperatorio?

¿Existe una diferencia significativa en la aparición de complicaciones en pacientes operados por fracturas mandibulares traumáticas según el tipo de tratamiento postoperatorio?

IV. JUSTIFICACIÓN

El manejo del dolor, inflamación y función mandibular postoperatorio son aspectos importantes del tratamiento de fijación de fracturas mandibulares puesto que es experimentado por el 100% de pacientes, por lo tanto, el manejo adecuado de estos aspectos, durante y después del tratamiento es parte fundamental para el éxito de todo el proceso, pues mejora la atención y se obtiene mayor aceptación del tratamiento por parte de los pacientes.

El dolor está relacionado con la liberación de mediadores inflamatorios como respuesta al procedimiento quirúrgico, donde intervienen prostaglandinas, leucotrienos, bradiquininas y un gran número de neurotransmisores como serotonina, acetilcolina y GABA entre otros. Se han sugerido varias estrategias de tratamiento para su manejo, la mayoría de ellas son la administración de fármacos profilácticos y analgésicos postoperatorios.

La aplicación del láser terapéutico de baja densidad como tratamiento postoperatorio aporta una serie de ventajas que lo convierte en una alternativa adecuada a los métodos convencionales en la práctica de Cirugía Oral y Maxilofacial. La terapia láser de baja densidad ha sido utilizada en odontología para promover la analgesia, la modulación de la inflamación y la cicatrización de los tejidos tanto óseos como blandos, en cuanto al dolor indican que provoca una reducción de la intensidad y también de la duración. La terapia laser de baja densidad es el tipo utilizado como terapia analgésica y antiinflamatoria posoperatoria que, a pesar de la evidencia de su efectividad en el manejo de la recuperación postoperatoria no ha sido ampliamente utilizada para el manejo de fracturas faciales.

El uso de la terapia con láser de baja densidad (LLLT) en pacientes utiliza casi exclusivamente luz roja e infrarroja cercana, que corresponde a longitudes de onda de entre 600 a 1000 nm, y se aplica en una lesión o un lugar doloroso durante algunos minutos, se emplean estas longitudes de onda porque tienen la capacidad de penetrar en la piel y en los tejidos blandos y duros, y se ha demostrado un buen

efecto en la reducción de la inflamación, el alivio del dolor y la reparación de los tejidos. Valorar el proceso inflamatorio es algo muy complejo. El aumento de volumen en la zona tratada, disminución a la apertura bucal y dificultad para hablar, son algunas de las situaciones que se presentan después de un procedimiento quirúrgico, las cuales pueden ser controladas con la aplicación de laserterapia, la cual ha sido poco estudiada.

El láser de baja potencia estimula la proliferación de células osteoblásticas e incrementa la capacidad reparativa del tejido óseo en vivo. Se ha demostrado que, en fracturas de fémur irradiadas con láser de baja potencia, la expresión de fosfatasa alcalina ósea (BAP) que es la isoforma específica de los huesos de la fosfatasa alcalina. La BAP, una glucoproteína que se encuentra en la superficie de los osteoblastos refleja la actividad biosintética de estas células formadoras de hueso. La BAP es un indicador sensible y fiable del metabolismo óseo se incrementa comparada con un grupo control no irradiado. (Landaeta, Suazo, Roa, mas colaboradores 2008)

Con la aplicación del láser de baja densidad se reduce los efectos secundarios: A diferencia de otros tratamientos postoperatorios, como el uso de analgésicos opioides, el LTBD tiene menos probabilidades de provocar efectos secundarios no deseados, como náuseas, somnolencia o dependencia. Esto lo convierte en una opción atractiva para pacientes que desean evitar los riesgos asociados con el uso prolongado de medicamentos.

El láser terapéutico de baja densidad es de fácil manipulación y aplicación, el tratamiento es relativamente no invasivo y no requiere tiempo de inactividad significativo para el paciente. Además, es una técnica fácilmente aplicable que puede integrarse fácilmente en el plan de tratamiento postoperatorio sin requerir equipos o instalaciones especializadas.

El uso del láser terapéutico de baja densidad en el tratamiento postoperatorio de fracturas mandibulares ofrece una serie de beneficios potenciales, incluida la estimulación de la cicatrización ósea, la reducción de la inflamación y el alivio del dolor, con mínimos efectos secundarios y una aplicación sencilla. Aunque se

necesitan más estudios clínicos para confirmar su eficacia en este contexto específico, la evidencia actual respalda su utilidad como parte integral de un enfoque multidisciplinario para el manejo de estas lesiones.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Trauma facial

El panorama actual muestra un incremento significativo en la incidencia de lesiones traumáticas, como señalan Bahari Bandari y colaboradores (2022). Los principales factores causales incluyen la violencia interpersonal y accidentes de tránsito, siendo los traumatismos de alto impacto una causa significativa de mortalidad, particularmente en países de ingresos medios y bajos.

Balasubramanian y colaboradores (2018) destacan que el trauma, especialmente el facial, ha experimentado un aumento notable en su frecuencia durante los últimos años. Esta situación plantea desafíos significativos tanto para médicos de urgencias en el manejo inicial como para especialistas del área. Los autores enfatizan la importancia de que todo profesional involucrado posea competencias específicas para realizar una evaluación clínica apropiada, determinar estudios imagenológicos pertinentes, implementar tratamiento inicial y, crucialmente, establecer prioridades en el manejo del paciente politraumatizado, considerando el trauma facial en el contexto de lesiones sistémicas concomitantes.

En el ámbito de los servicios de urgencia, los traumatismos faciales representan una problemática frecuente y compleja, como señalan Jana Neto y colaboradores (2019). Estas lesiones pueden comprometer estructuras anatómicas críticas de la región facial, resultando en secuelas funcionales, estéticas y psicológicas potencialmente irreversibles. Entre los traumatismos maxilofaciales, las fracturas mandibulares muestran una prevalencia predominante, oscilando entre 10% y 70%. Los autores destacan que factores como las condiciones sistémicas del paciente, el contexto psicosocial y las características específicas de la fractura frecuentemente determinan la necesidad de intervención quirúrgica como modalidad terapéutica principal.

5.2 Fracturas mandibulares

Las fracturas mandibulares ocupan una posición relevante en la epidemiología del trauma facial, como señalan Lauriti y colaboradores (2017). Estas representan el

segundo tipo más frecuente de fracturas faciales, después de las fracturas nasales, y constituyen la décima fractura más común en el cuerpo humano, abarcando aproximadamente el 36% de todas las fracturas maxilofaciales anuales.

Jana Neto y colaboradores (2019) indican que, aunque las fracturas óseas son lesiones comunes con un tiempo de reparación típico de 6 a 8 semanas en adultos sanos, diversos factores pueden comprometer este proceso. Estos incluyen comorbilidades sistémicas (trastornos cardiovasculares, alteraciones glucémicas, osteoporosis, deficiencias nutricionales), hábitos nocivos (tabaquismo, alcoholismo), y características propias de la lesión como infección o desplazamiento entre fragmentos óseos.

Lauriti y colaboradores (2017) destacan que el tratamiento predominante mediante reducción abierta y fijación interna rígida con material de osteosíntesis de titanio ha demostrado éxito en la recuperación funcional, proporcionando estabilidad postoperatoria crucial para la cicatrización ósea. Sin embargo, tanto el trauma inicial como la intervención quirúrgica pueden alterar la función muscular, particularmente en músculos masticatorios como masetero, temporal y pterigoideos.

5.3 Clasificación de fracturas mandibulares

La comprensión de las fracturas mandibulares se fundamenta en diversos criterios de clasificación, comenzando con el concepto de favorabilidad establecido por Bell (2011). Este autor define que la favorabilidad de una fractura depende de la dirección de su línea en los planos horizontal y vertical. En el plano horizontal, una fractura se considera favorable cuando resiste las fuerzas de desplazamiento superior ejercidas por los músculos masetero y temporal sobre el fragmento proximal. En el plano vertical, la favorabilidad se determina por la capacidad de resistir la tracción medial del músculo pterigoideo medial. Bell advierte especialmente sobre las fracturas parasinfisarias bilaterales desfavorables, donde la acción combinada de músculos suprahioideos y digástrico puede provocar un desplazamiento inferior del fragmento distal, generando riesgo de obstrucción aguda de las vías respiratorias superiores.

Coletti (2009) profundiza en la comprensión biomecánica de estas fracturas, identificando los grupos musculares responsables de los diferentes tipos de desplazamiento. Los maseteros, temporal y pterigoideo medial son principalmente responsables del desplazamiento vertical, mientras que el pterigoideo genera desplazamiento horizontal. La torsión lateral y medial resulta de la acción del milohioideo, digástrico y geniioideo. El autor enfatiza la importancia del estudio radiográfico en la evaluación de la favorabilidad, señalando que las fracturas horizontalmente desfavorables se visualizan mejor en ortopantomografías, mientras que las verticalmente desfavorables se aprecian en proyecciones anteroposteriores.

Clasificación de las Fracturas Mandibulares según su Ubicación Anatómica (Kraft et al., 2021):

- Región Dentoalveolar: Compromete exclusivamente el área de soporte dentario, preservando la integridad estructural del hueso mandibular subyacente
- Zona Sinfisaria: Atraviesa la región incisiva con trayecto vertical o casi vertical, extendiéndose desde el proceso alveolar hasta el margen inferior mandibular
- Área Parasinfisaria: Localizada entre el agujero mentoniano y el aspecto distal del incisivo lateral, con extensión desde la apófisis alveolar hasta el borde inferior
- Cuerpo Mandibular: Abarca la zona comprendida entre el foramen mentoniano y el aspecto distal del segundo molar, con extensión vertical completa desde el proceso alveolar hasta el borde inferior
- Región Angular: Se presenta distalmente al segundo molar, siguiendo la curvatura entre el cuerpo y la rama mandibular, desde la zona retromolar hasta el borde posterior de la rama
- Rama Ascendente: Puede presentar un trayecto horizontal entre los márgenes anterior y posterior de la rama, o vertical desde la escotadura sigmoidea hasta el borde inferior mandibular

- Proceso Condilar: Se extiende desde la escotadura sigmoidea hacia el margen posterior de la rama mandibular, siguiendo el contorno superior (Kraft et al., 2021)

Clasificación según el Patrón de Fractura (De Assis Santos et al., 2024):

- Simple: Presenta una única línea de fractura sin comunicación externa, típica en rama, cóndilo o segmentos edéntulos
- Compuesta: Establece comunicación con el medio externo, frecuentemente a través del ligamento periodontal o por disrupciones mucosas/cutáneas
- Tallo Verde: Característica en población pediátrica, con ruptura incompleta donde una cortical se fractura y la otra se deforma
- Conminuta: Caracterizada por fragmentación múltiple en el sitio de fractura
- Compleja/Complicada: Involucra daño a estructuras anatómicas adyacentes (vasculares, nerviosas o articulares)
- Telescópica/Impactada: Infrecuente en mandíbula, donde un fragmento óseo se impacta dentro de otro
- Indirecta: Ocurre en un punto alejado del sitio de impacto inicial
- Patológica/Espontánea: Surge durante función normal o trauma mínimo en hueso comprometido por patología local o sistémica (quistes, tumores, osteopetrosis). (De Assis Santos et al., 2024)

5.4 Inflamación

La inflamación constituye un mecanismo defensivo tisular fundamental frente a agresiones corporales, químicas o biológicas, según describen Chen y colaboradores (2018). Este proceso biológico complejo integra múltiples eventos moleculares, celulares y vasculares, caracterizándose por su rapidez de respuesta y naturaleza generalmente inespecífica, aunque puede sentar las bases para el desarrollo de respuestas inmunes específicas posteriores. Un aspecto crucial de este proceso es la movilización de células inmunitarias desde tejidos adyacentes hacia la zona inflamada, facilitada por modificaciones vasculares que permiten el transporte de moléculas inmunes a través del torrente sanguíneo.

5.5 Proceso de inflamación

Lutfallah y colaboradores (2023) identifican tres objetivos principales de la respuesta inflamatoria: la optimización del flujo sanguíneo en la vasculatura local, el incremento de la permeabilidad capilar para facilitar la migración celular, y el reclutamiento de leucocitos como componentes protectores tisulares.

Chen y colaboradores (2018) señalan que diversos mediadores, incluyendo interleucinas, sistema de cininas y complemento, orquestan la respuesta inflamatoria. Estos mediadores no solo cumplen funciones proinflamatorias específicas, sino que también estimulan terminaciones nociceptivas, alertando sobre el daño tisular. Esta señalización dolorosa, aunque desagradable, cumple una función protectora al limitar la demanda mecánica sobre el área afectada, frecuentemente reforzada por contracciones musculares protectoras que restringen el movimiento.

Kraft y colaboradores (2012) establecen cinco etapas secuenciales en el proceso inflamatorio.

1. Liberación de mediadores: Esta fase inicial se caracteriza por la activación de mastocitos que, en respuesta a estímulos específicos, liberan y producen moléculas mediadoras con estructuras básicas características.
2. Acción mediadora: La liberación de estas moléculas desencadena una cascada de eventos que incluye alteraciones vasculares y efectos quimiotácticos, facilitando la migración de componentes inmunes celulares y moleculares hacia el área inflamada.
3. Infiltración inmunitaria: Durante esta etapa, células y moléculas inmunitarias, provenientes principalmente del torrente sanguíneo y en menor medida de los tejidos circundantes, convergen en el sitio de inflamación.
4. Regulación inflamatoria: El proceso inflamatorio incorpora mecanismos inhibitorios intrínsecos que, similar a otras respuestas inmunes, actúan para modular y equilibrar la intensidad de la respuesta.
5. Proceso reparativo: La fase final determina el grado de recuperación tisular, donde una serie de eventos biológicos definirán si los tejidos afectados por

el agente agresor o por la propia respuesta inflamatoria experimentarán una curación parcial o completa.

5.6 Tratamientos post quirúrgicos

El manejo terapéutico de fracturas mandibulares ha evolucionado hacia enfoques innovadores, especialmente para casos que presentan mayor complejidad. Entre estas modalidades emergentes, destaca la Fotobiomodulación (FBM), una técnica que emplea luz con propósitos terapéuticos, predominantemente mediante tecnología láser. Jana Neto y colaboradores (2019) describen cómo las aplicaciones de esta tecnología se han diversificado en múltiples campos médico-quirúrgicos, distinguiendo dos categorías principales: los láseres de alta potencia, empleados para efectos térmicos y fotocoagulación, y los láseres de bajo nivel (LLL), desarrollados específicamente para fines fototerapéuticos.

La terapia láser de bajo nivel (LLLT), también conocida como láser suave o de baja energía, opera bajo el principio de biomodulación, término que refleja con precisión su capacidad dual para estimular o inhibir procesos biológicos según los requerimientos terapéuticos. Los equipos empleados en esta modalidad pueden emitir radiación en dos espectros específicos: luz visible (630-650nm) e infrarroja (790-850nm), cada uno con afinidades tisulares distintivas - la luz visible interactúa con lisosomas y mitocondrias, mientras la infrarroja actúa sobre membranas celulares (Jana Neto et al., 2019).

Las aplicaciones terapéuticas de esta tecnología abarcan condiciones que involucran dolor, inflamación o necesidad de regeneración tisular. Sin embargo, existen contraindicaciones específicas que incluyen embarazo, antecedentes neoplásicos y presencia de implantes metálicos. A nivel fisiológico, la terapia actúa restableciendo el tono miogénico vascular y modulando mediadores inflamatorios. La apertura sostenida de esfínteres precapilares durante la irradiación optimiza el drenaje venoso y linfático, facilitando la reabsorción de exudados (Jana Neto et al., 2019).

López García y colaboradores (2011) han documentado extensamente los efectos biológicos de esta terapia, incluyendo el control en la liberación de sustancias

tóxicas como necrosina, leucotaxina e histamina, junto con el incremento en la producción de enzimas y proteínas protectoras como lisozima e interferón. Diversos investigadores han contribuido a la comprensión de sus mecanismos de acción: Bolton y su equipo evidenciaron un aumento en la actividad de la succinil deshidrogenasa, vinculada a la síntesis proteica, mientras Zhang y colaboradores observaron que dosis elevadas pueden inhibir procesos metabólicos intracelulares, afectando la síntesis de ATP y la integridad celular.

Particularmente significativo es el trabajo de Saygun y su equipo, quienes demostraron que la irradiación de fibroblastos gingivales humanos con 2 joules/cm² estimula la producción de factores de crecimiento específicos, incluyendo el factor de crecimiento fibroblástico (bFGF), factor de crecimiento insulínico 1 (IGF-1) y su receptor (IGFBP3). Estos hallazgos, junto con estudios en cultivos de fibroblastos, confirman la capacidad de la terapia láser de baja potencia para estimular la actividad celular y promover la formación de tejido conectivo (López García et al., 2011).

5.6.1 Formación de vasos sanguíneos y regeneración nerviosa

La terapia láser de baja densidad ha demostrado efectos significativos en la angiogénesis, estimulando la formación acelerada de nuevos microvasos a partir de la vasculatura existente. Amarillas Escobar y colaboradores (2010) documentaron resultados prometedores en estudios de regeneración nerviosa, tanto en modelos experimentales con nervio facial en ratones como en casos clínicos de nervio medial en humanos, evidenciando el potencial terapéutico de esta modalidad en la recuperación neural.

5.6.2 Efectos biológicos en el dolor

López García y colaboradores (2011) han documentado efectos bioquímicos específicos de la terapia láser de baja densidad cuando se emplea radiación con longitudes de onda superiores a 830nm. Sus investigaciones revelan una doble acción terapéutica: por un lado, la estimulación en la producción de péptidos opioides endógenos, particularmente β -endorfinas, y por otro, la modulación de la

respuesta inflamatoria mediante la reducción en la síntesis de prostaglandinas G y E2. Estos hallazgos proporcionan evidencia sobre los mecanismos moleculares que sustentan los efectos analgésicos y antiinflamatorios de esta modalidad terapéutica.

5.6.3 Efectos biológicos en el trismo

La investigación sobre regeneración muscular ha documentado resultados significativos tanto en mamíferos como en anfibios, evidenciando un incremento en la recuperación de tejido funcional tras diversas formas de lesión.

Los orígenes de la fototerapia moderna se atribuyen a Niels Ryberg Finsen, quien recibió el Premio Nobel en 1903 por su trabajo pionero en el tratamiento del lupus vulgar mediante luz ultravioleta. Su innovadora aproximación, basada en luz no coherente de baja intensidad, demostró efectividad a través de la estimulación en la síntesis de vitamina D3.

Lauriti y colaboradores (2017) describen la evolución histórica de esta modalidad terapéutica, desde el desarrollo inicial de lámparas incandescentes de alta potencia hasta la incorporación de fuentes láser, marcando avances significativos en fotobiología y fotomedicina. La terapia láser de baja intensidad (LLLT) emergió a finales de los años 1960, inicialmente enfocada en estudios in vitro sobre cultivos celulares y mejora de la perfusión tisular, expandiéndose posteriormente hacia aplicaciones en acupuntura y manejo del dolor mediante la irradiación de puntos gatillo.

Fernández-Tresguerres, Hernández-Gil y colaboradores (2006) han documentado la eficacia del láser terapéutico de baja densidad en múltiples procesos regenerativos, incluyendo cicatrización, síntesis de colágeno, angiogénesis, epitelización y particularmente en la osteogénesis. En el contexto óseo, esta terapia potencia la actividad osteoblástica, mejorando tanto la calidad como la cantidad de tejido óseo, mientras reduce la actividad osteoclástica.

Landaeta, Suazo y colaboradores (2008) han elucidado los mecanismos moleculares subyacentes a los efectos terapéuticos del láser de baja densidad. Su acción se fundamenta en la absorción lumínica por cromóforos celulares,

especialmente la citocromo C oxidasa mitocondrial, lo que resulta en un incremento en la producción de ATP y óxido nítrico, modulación de niveles de calcio y activación de factores de transcripción específicos. La eficacia terapéutica depende crucialmente de la selección apropiada de parámetros dosimétricos.

De Assis Santos y asociados (2024) enfatizan la relevancia de investigar esta modalidad terapéutica en el contexto específico de fracturas mandibulares humanas. La terapia láser modula diversos procesos bioquímicos, incluyendo el fortalecimiento del sistema antioxidante, reducción del daño muscular, aceleración de la reparación tisular, activación de metaloproteasas y optimización del metabolismo mitocondrial. Esto resulta particularmente significativo en el tratamiento de fracturas mandibulares, que representan una proporción importante de los traumatismos faciales y tradicionalmente se manejan mediante fijación quirúrgica con placas de titanio.

La investigación en este campo se justifica por su potencial para optimizar resultados clínicos, minimizar efectos adversos, complementar la evidencia científica existente y mejorar tanto la eficiencia económica del tratamiento como la calidad de vida de los pacientes. Este enfoque terapéutico promete revolucionar el manejo postoperatorio de fracturas mandibulares, ofreciendo una alternativa menos invasiva y potencialmente más efectiva.

1. **Potencial Regenerativo Óseo:** La terapia estimula la actividad celular y la síntesis de colágeno, acelerando la cicatrización ósea, aspecto crucial en la recuperación de fracturas mandibulares post-intervención quirúrgica.
2. **Control del Dolor:** Ofrece una alternativa efectiva para el manejo del dolor e inflamación post-quirúrgicos, con menor riesgo de efectos adversos comparado con analgésicos convencionales.
3. **Recuperación Funcional:** Facilita la rehabilitación de la función mandibular mediante la optimización de la cicatrización y el control algico, mejorando actividades esenciales como masticación y fonación.

4. **Prevención de Complicaciones:** La aceleración del proceso regenerativo reduce potencialmente la incidencia de complicaciones postoperatorias, incluyendo infecciones y retrasos en la consolidación.
5. **Abordaje No Invasivo:** Representa una opción terapéutica ambulatoria no invasiva, complementaria al tratamiento convencional, sin incrementar riesgos ni demandas de cuidado.
6. **Innovación Tecnológica:** Como tecnología emergente, demuestra aplicaciones prometedoras en regeneración tisular y manejo del dolor, representando un avance significativo en traumatología maxilofacial.
7. **Optimización de la Recuperación:** Ofrece potencial para mejorar la evolución postoperatoria, reduciendo dolor y complicaciones asociadas a la cicatrización de fracturas mandibulares.
8. **Perfil de Seguridad:** Presenta ventajas comparativas frente a terapias convencionales en términos de invasividad y efectos secundarios, facilitando la reintegración funcional del paciente.
9. **Necesidad de Evidencia:** La limitada evidencia específica en fracturas mandibulares humanas justifica la investigación para establecer protocolos basados en evidencia.
10. **Impacto Socioeconómico:** La potencial reducción en costos de atención médica y mejora en la calidad de vida de los pacientes sugiere beneficios significativos tanto económicos como sociales.

VI. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Determinar la eficacia del uso terapéutico de laser de baja densidad como tratamiento postoperatorio en pacientes que sufrieron fracturas mandibulares por traumatismos.

6.2 Objetivos específicos

- 6.2.1** Evaluar la percepción del dolor post operatorio en pacientes con fracturas mandibulares tratados con láser terapéutico de baja densidad con relación a pacientes que reciben tratamiento convencional.
- 6.2.2** Medir la apertura bucal como indicador de función mandibular en pacientes post operados por fracturas mandibulares que son tratados con terapia láser de baja densidad con respecto a pacientes que reciben tratamiento tradicional.
- 6.2.3** Comparar el grado de inflamación postoperatoria en pacientes con fracturas mandibulares tratados con láser terapéutico de baja densidad con respecto a los que reciben tratamiento convencional

VII. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Tipo de estudio

Estudio observacional descriptivo analítico.

7.2 Unidades de análisis

Pacientes con fracturas mandibulares tratados en el departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital Roosevelt, zona 11 Ciudad de Guatemala.

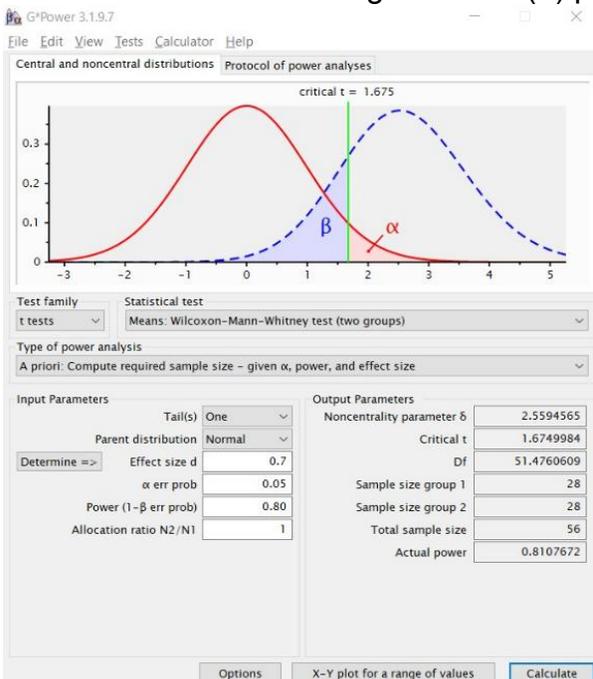
7.3 Población y muestra

7.3.1 Población

Pacientes que acuden al Hospital Roosevelt que han sufrido fracturas mandibulares, que son intervenidos quirúrgicamente.

7.3.2 Muestra

El cálculo de la muestra se realizó mediante el software G Power, una herramienta especializada en análisis estadísticos desarrollada por Faul, Erdfelder, Lang y Buchner (2007). Este programa permite efectuar cálculos precisos de la potencia estadística y del tamaño del efecto, destacándose por su capacidad para realizar análisis a priori que determinan el número óptimo de participantes necesarios para alcanzar una potencia estadística específica, considerando tanto el tamaño del efecto como el nivel de significancia (α) preestablecidos.



7.4 Selección de los sujetos a estudio

La muestra calculada será de 56 pacientes.

- 28 pacientes al grupo A, intervención
- 28 pacientes al grupo B, control.

El cálculo de los pacientes se realizó mediante un proceso de asignación aleatorizada. Cada participante fue incluido de manera secuencial en uno de los dos grupos del estudio: grupo de control y grupo de intervención. Este método garantizó una distribución equitativa y aleatoria de los pacientes, minimizando sesgos y asegurando la validez de los resultados obtenidos.

7.4.1 Criterios de Inclusión

- Pacientes sin distinción por sexo, edades entre 18 a 65 años, clasificados hasta ASA II según evaluación del riesgo anestésico y quirúrgico, quienes sufran de fracturas mandibulares por motivos traumáticos y aceptan ser intervenidos quirúrgicamente en el departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital Roosevelt.

7.4.2 Criterios de Exclusión

- Pacientes que recibieron tratamiento inmunosupresor con corticosteroides a largo plazo por condiciones sistémicas.
- Pacientes ASA III en adelante, pacientes con procesos infecciosos agudos, procesos neoplásicos, cardiopatías descompensadas, desequilibrios endocrinos, embarazo, pacientes con síndrome convulsivo.
- Pacientes con aparatología que pueda causar interferencia como endoprótesis, marcapasos y reemplazos de válvulas cardíacas.

7.5 Variables

- Tratamiento postoperatorio
- Dolor
- Apertura bucal
- Inflamación

7.5.1 Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad o categorías
Tratamiento postoperatorio	Conjunto de intervenciones terapéuticas que incluyen: antibióticoterapia profiláctica, analgesia, antiinflamatorios, cuidados de heridas quirúrgicas y traumáticas, fisioterapia temprana, ejercicios de apertura y excursión mandibular, medios físicos, dieta adaptada (líquida a semilíquida), protocolos de higiene oral con enjuagues de clorhexidina y aplicación de ácido hialurónico en gel o spray tres veces al día.	Período comprendido desde el término de la cirugía hasta la recuperación completa del paciente	Categoría	Nominal Dicotómica	<ul style="list-style-type: none"> • Laser terapéutico de baja densidad. • Tratamiento Convencional.
Dolor	Experiencia asociada a una lesión tisular o expresada como si ésta existiera..	Evaluación mediante escala visual análoga (EVA): línea horizontal de 10 centímetros con expresiones extremas del dolor en sus límites, puntuación de 0 a 10	Cuantitativa	Ordinal	<p>Uso de laser de baja densidad después de 4 citas postoperatorias, valorar EVA de 0 a 10:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24 horas, • 72 horas, • 5 días • 7 días <p>Uso del Tratamiento convencional y valorar EVA en 4 citas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24 horas • 72 horas,

					<ul style="list-style-type: none"> • 5 días • 7 días
Apertura bucal	Apertura máxima mandibular definida como la distancia vertical entre los bordes incisales de los incisivos centrales superiores e inferiores.	Medición interincisal en milímetros utilizando regla milimétrica calibrada	Numérica	De razón	<p>Láser de baja densidad medida en milímetros durante 4 citas postoperatorias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24 horas, • 72 horas, • 5 días • 7 días <p>Tratamiento convencional medidas en milímetros, durante 4 citas postoperatorias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24 horas, • 72 horas, • 5 días • 7 días
Inflamación	Respuesta biológica del organismo ante una lesión, caracterizada por aumento del volumen tisular por acumulación de líquido, acompañada de enrojecimiento y dolor.	Medición en milímetros de la distancia entre puntos anatómicos A y B bilateralmente, evaluada a las 24 horas, 72 horas, 5 días y 7 días postcirugía	Cuantitativa continua	Razón	<p>Milímetros:</p> <p>IZQUIERDO</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24 horas: punto A punto B • 72 horas: punto A punto • 5 días: punto A punto B • 7 días: punto A punto B <p>DERECHO</p>

					<ul style="list-style-type: none">• 24 horas: punto A punto B• 72 horas: punto A punto B• 5 días: punto A punto B• 7 días: punto A punto B <p>Punto A: medida en milímetros de la comisura labial hacia el gonión.</p> <p>Punto B: medida en milímetros de la comisura labial al tragus.</p>
--	--	--	--	--	---

7.6 Hipótesis

- **Hipótesis nula 1:** No existe diferencia significativa entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste a solo el tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control del dolor.
- **Hipótesis alterna 1:** Existe diferencia a significativa entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste a solo el uso del tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control del dolor.
- **Hipótesis nula 2:** No existe diferencia significativa entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto a la apertura bucal.
- **Hipótesis alterna 2:** Existe diferencia significativa entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto a la apertura bucal.
- **Hipótesis nula 3:** No existe diferencia significativa entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control de la inflamación.
- **Hipótesis alterna 3:** Existe diferencia significativa entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control de la inflamación.

7.7 Técnicas, procesos e instrumentos a utilizar en la recolección

7.7.1 Técnicas

Se utilizará una boleta de recolección de datos de tipo ficha técnica.

7.7.2 Procedimientos

- **Asignación:** La asignación se efectuó mediante un proceso de aleatorización utilizando funciones específicas de Excel. Este procedimiento estableció dos cohortes de estudio: un grupo que recibió la intervención con terapia láser de baja densidad y otro que funcionó como control, recibiendo únicamente el protocolo postoperatorio estándar.
- **Intervención:** Los participantes del grupo experimental fueron sometidos a sesiones de terapia láser de baja densidad siguiendo un protocolo riguroso y estandarizado. Este procedimiento incluyó la aplicación localizada del láser en el área de fractura mandibular, con parámetros predeterminados de tiempo y dosificación. En contraste, los pacientes del grupo control siguieron exclusivamente el régimen postoperatorio convencional, sin intervenciones adicionales.
- **Seguimiento y evaluación:** El seguimiento clínico se desarrolló mediante un protocolo sistemático que abarcó cuatro etapas temporales críticas. La evaluación inicial se realizó durante el postoperatorio inmediato, específicamente al día siguiente de la intervención quirúrgica. La segunda valoración se efectuó a las 72 horas post-cirugía, mientras que la etapa final de evaluación se dividió en dos momentos: una valoración al quinto día y otra al séptimo día postoperatorio. Durante cada evaluación, se documentaron múltiples parámetros clínicos utilizando instrumentos específicos: la intensidad del dolor se cuantificó mediante la escala visual análoga (EVA), la funcionalidad mandibular se evaluó a través de la medición de la distancia interincisal y la capacidad masticatoria. El edema facial se monitorizó mediante un sistema de medición que utilizó puntos anatómicos de referencia, específicamente la distancia entre el tragus y la comisura labial, así como entre el tragus y el pogonion, empleando una cinta métrica calibrada. Adicionalmente, se registró cualquier complicación postoperatoria que pudiera presentarse durante el período de seguimiento.

7.7.3. Instrumento de recolección de datos

- Instrumento de Recolección: El instrumento de recolección de datos incorporó variables epidemiológicas y clínicas, además de los parámetros de evaluación de las intervenciones realizadas durante las diferentes sesiones de seguimiento.
- Consideraciones Éticas: La participación en el estudio se gestionó mediante un proceso de consentimiento informado. Los pacientes que cumplieron los criterios de selección fueron invitados a participar voluntariamente en la investigación. A cada participante se le realizó una lectura individualizada del documento de consentimiento informado, detallando los aspectos relevantes del estudio.

7.8 procesamiento y análisis de datos

7.8.1. Plan de procesamiento

Los datos recolectados mediante las boletas de registro fueron sistematizados y organizados en una base de datos utilizando una hoja de cálculo electrónica de Excel.

7.8.2. Plan de análisis de datos

El procesamiento estadístico se efectuó mediante el software Jamovi, incluyendo análisis descriptivos con cálculos de frecuencias absolutas, porcentajes, medias, desviaciones estándar, medianas y cuartiles.

La evaluación comparativa entre los grupos experimental y control se realizó mediante pruebas estadísticas específicas. Se aplicaron pruebas paramétricas (t de Student para muestras no pareadas) cuando los datos cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. En casos donde estos criterios no se cumplieron, se implementaron pruebas no paramétricas (Wilcoxon o U de Mann-Whitney). Para el análisis de variables nominales, se utilizó la prueba de chi cuadrada.

La cuantificación del dolor se realizó mediante la escala visual análoga (EVA), empleando una línea horizontal de 10 centímetros con expresiones extremas del dolor en sus límites, permitiendo una valoración de 0 a 10.

La comparación de la apertura bucal entre grupos se efectuó mediante análisis de varianza de medidas repetidas, incorporando ajustes por variables como edad, sexo y tipo de fractura, evaluando su evolución en los diferentes momentos de seguimiento.

7.8.3. Presentación de resultados

Los hallazgos del estudio fueron organizados y presentados mediante tablas de contingencia y representaciones gráficas, facilitando la visualización y comprensión de los datos analizados.

7.8.4. Divulgación de los resultados

Al concluir la investigación, se entregó una copia impresa del informe final a la jefatura del Departamento de Estomatología, permitiendo la evaluación institucional de los hallazgos más relevantes del estudio.

7.9 Alcance y límites

7.9.1. Alcances

La investigación abarcó el análisis de fracturas mandibulares traumáticas tratadas con láser de baja densidad en el postoperatorio. Se evaluaron específicamente tres parámetros principales: la apertura bucal, el nivel de dolor y el grado de inflamación, comparando los resultados entre pacientes que recibieron y no recibieron laserterapia.

7.9.2. Límites de la investigación

Se identificó como principal limitación la posible exclusión de expedientes clínicos que no contaran con el registro completo de la evolución de apertura bucal o dolor durante el seguimiento.

7.10. Aspectos bioéticos

Los principios bioéticos serán considerados de la siguiente manera:

- **Principio de autonomía:**

Se implementó un proceso de consentimiento informado que garantizó la decisión voluntaria de los participantes, proporcionando información clara y comprensible sobre objetivos, procedimientos, riesgos y beneficios del estudio.

- **Principio de beneficencia:**

El protocolo priorizó el bienestar de los participantes, asegurando la seguridad de las intervenciones con láser terapéutico y orientando los hallazgos hacia el beneficio de poblaciones futuras.

- **Principio de no maleficencia:**

Se implementaron protocolos de seguridad estandarizados y medidas preventivas para evitar daños físicos, psicológicos o emocionales, asegurando la aplicación de técnicas por personal capacitado.

- **Principio de justicia:**

Se garantizó el acceso equitativo a tratamientos e intervenciones, asegurando atención de calidad sin discriminación y buscando optimizar los protocolos terapéuticos.

- **Principio de defensa de la vida:**

Se priorizó el respeto por la vida humana, asegurando que las intervenciones con láser terapéutico no comprometieran la salud de los participantes.

- **Principio de totalidad:**

Las intervenciones consideraron la integridad holística de cada participante, asegurando que los procedimientos contribuyeran al bienestar físico, emocional y social.

- **Principio de libertad y responsabilidad:**

Se respetó la autonomía en la toma de decisiones, proporcionando información completa mientras los investigadores asumían la responsabilidad de garantizar transparencia y calidad.

- **Principio de sociabilidad:**

La investigación se desarrolló con perspectiva de responsabilidad social, orientando los resultados hacia el progreso de las prácticas médicas y el beneficio colectivo.

7.10.1 Categorías de riesgo

El estudio fue clasificado como categoría de riesgo tipo II, considerando que la aplicación de láser terapéutico de baja densidad constituye un procedimiento no invasivo, lo cual minimiza los potenciales riesgos para los participantes.

VIII. RESULTADOS

En esta investigación se evaluó a 56 pacientes que recibieron atención en el servicio de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital Roosevelt durante el año 2024. Los participantes fueron clasificados en dos grupos: uno que recibió tratamiento convencional y otro que fue tratado con láser terapéutico de baja densidad.

Tabla 1. Características demográficas de los pacientes, n= 56

	Tipo de tratamiento			
	Convencional		Láser de baja densidad	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Sexo				
Femenino	6	21.4%	6	21.4%
Masculino	22	78.6%	22	78.6%
Edad (años)				
18 a 30	16	57.1%	13	46.6%
31 a 45	6	21.4%	9	32.1%
46 a 65	6	21.4%	6	21.4%

Fuente: Base de datos del estudio

En cuanto a las características demográficas, el grupo de pacientes tratados con el tratamiento convencional estuvo conformado por 28 personas, de las cuales 22 fueron hombres (78.6%) y 6 mujeres (21.4%), con edades comprendidas entre los 18 y 65 años. En relación con su procedencia, la mayoría provenía de la ciudad de Guatemala (53.6%), seguida del departamento de Quiché (17.9%) y otras regiones como Mazatenango, Alta Verapaz, Escuintla, Santa Rosa, entre otras, que representaron el resto de la muestra.

Por otro lado, el grupo de pacientes tratados con láser terapéutico de baja densidad también incluyó a 28 personas, con la misma distribución por género: 22 hombres (78.6%) y 6 mujeres (21.4%), y con edades entre los 18 y 56 años. La procedencia

geográfica fue similar a la del grupo anterior, predominando pacientes de la ciudad de Guatemala (53.6%), seguidos por personas de Quiché, Escuintla y Santa Rosa.

Esta distribución evidencia una mayor incidencia de fracturas mandibulares en hombres, lo cual es consistente con lo reportado en la literatura, que señala una mayor vulnerabilidad en este grupo etario y de género.

La elección de la prueba estadística en esta investigación depende de dos factores fundamentales: la normalidad de los datos y la homogeneidad de las varianzas. En primer lugar, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Si el valor de p es mayor a 0.05, los datos se consideran distribuidos normalmente; en caso contrario ($p < 0.05$), se opta por pruebas no paramétricas. Posteriormente, se utilizó la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de las varianzas. Si $p > 0.05$, se considera que las varianzas son homogéneas, lo que permite aplicar la prueba t de Student.

En la tabla siguiente se observa que los datos relacionados con el dolor, la apertura bucal y la inflamación cumplen con los criterios de normalidad, lo que justifica el uso de la prueba t de Student para analizar las diferencias entre los grupos en cada una de estas variables.

Tabla 2. Estadísticos a usar según variable

Variable	Prueba Levene	Homogeneidad de Varianzas	Shapiro-Wilk p	Normalidad	Estadística utilizada
Laser Dolor 24 horas	> 0.983	Homogénea	0.674	Normal	t Student
Laser Dolor 72 horas	0.897	Homogénea	0.612	Normal	t Student
Laser Dolor 5 días	0.624	Homogénea	0.528	Normal	t Student
Laser Dolor 7 días	0.327	Homogénea	0.875	Normal	t Student
Convencional Dolor 24 horas	>0.927	Homogénea	0.711	Normal	t Student
Convencional Dolor 72 horas	0.584	Homogénea	0.592	Normal	t Student
Convencional Dolor 5 días	0.741	Homogénea	0.480	Normal	t Student
Convencional Dolor 7 días	0.763	Homogénea	0.634	Normal	t Student
Laser Apertura bucal 24 horas	> 0.951	Homogénea	0.817	Normal	t Student
Laser Apertura bucal 72 horas	0.622	Homogénea	0.649	Normal	t Student
Laser Apertura bucal 5 días	0.741	Homogénea	0.593	Normal	t Student
Laser Apertura bucal 7 días	0.984	Homogénea	0.710	Normal	t Student
Convencional 24 horas	> 0.658	Homogénea	0.784	Normal	t Student
Convencional 72 horas	0.842	Homogénea	0.734	Normal	t Student
Convencional 5 días	0.921	Homogénea	0.690	Normal	t Student
Convencional 7 días	0.718	Homogénea	0.679	Normal	t Student
Laser Inflamación izquierdo	> 0.089	Homogénea	0.127	Normal	t Student
Laser Inflamación derecho	0.102	Homogénea	0.148	Normal	t Student
Convencional inflamación izquierdo	0.076	Homogénea	0.083	Normal	t Student
Convencional Inflamación derecho	0.091	Homogénea	0.094	Normal	t Student

Tabla 3.

Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con el tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control del dolor.

Dolor	Promedio Tratamiento Convencional	Tratamiento Convencional	Láser de Baja Densidad	Laser de Baja Densidad	Valor <i>P</i>
	<i>Prom.</i>	<i>DS</i>	<i>Prom.</i>	<i>DS</i>	
24 horas	5.28	1.02	3.79	1.13	0.000000423588
72 horas	4.64	1.02	2.96	1.13	0.00000311916
5 días	3.6	1.02	1.96	1.13	0.000000183332
7 días	3	1.02	1.21	1.13	0.000000598149

En el análisis realizado para evaluar el control del dolor postoperatorio en pacientes tratados con tratamiento convencional y con láser terapéutico de baja densidad, se utilizó la prueba t de Student para comparar las medias de ambos grupos en distintos momentos postoperatorios: a las 24 horas, 72 horas, 5 días y 7 días.

- **24 horas:** El grupo tratado con el método convencional presentó un promedio de dolor de 5.28 (DE = 1.02), mientras que el grupo tratado con láser mostró un promedio de 3.79 (DE = 1.13). El valor de p fue 0.000000423588, significativamente menor a 0.05, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre ambos tratamientos. Estos resultados sugieren que el uso de láser es más eficaz para el control del dolor en las primeras 24 horas postoperatorias.
- **72 horas:** A las 72 horas, el promedio de dolor en el grupo convencional fue de 4.64 (DE = 1.02), en comparación con 2.96 (DE = 1.13) en el grupo tratado con láser. El valor de p fue 0.00000311916, nuevamente inferior a 0.05, lo que confirma la existencia de una diferencia significativa, favoreciendo al tratamiento con láser para el manejo del dolor en este periodo.
- **5 días:** A los cinco días postoperatorios, el grupo convencional reportó un promedio de dolor de 3.6 (DE = 1.02), frente a 1.96 (DE = 1.13) en el grupo con láser. El valor de p fue 0.000000183332, lo que evidencia una diferencia

altamente significativa, indicando que el tratamiento con láser continúa siendo más efectivo en el control del dolor a mediano plazo.

- **7 días:** Finalmente, al séptimo día, el grupo convencional presentó un promedio de dolor de 3.0 (DE = 1.02), mientras que el grupo con láser mostró un promedio de 1.21 (DE = 1.13). El valor de p fue 0.000000598149, confirmando una diferencia estadísticamente significativa también en esta última medición.

Los resultados demuestran que, en todos los intervalos de tiempo analizados (24 horas, 72 horas, 5 días y 7 días), el tratamiento con láser de baja densidad fue significativamente más efectivo para el control del dolor postoperatorio en pacientes con fracturas mandibulares, en comparación con el tratamiento convencional. Los valores de p inferiores a 0.05 en todos los casos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, confirmando la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre ambos tratamientos.

Gráfica 1.

Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con el tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control del dolor

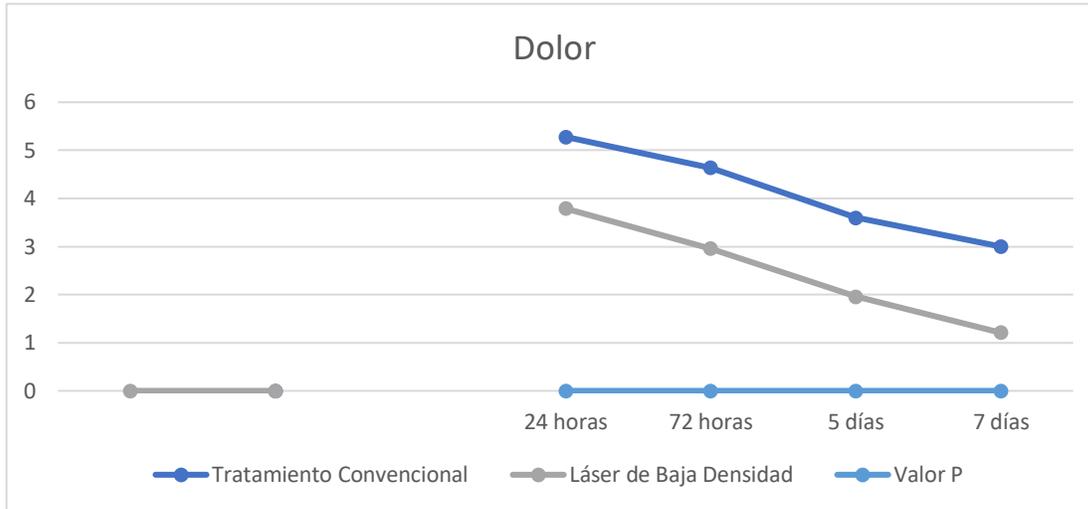


Tabla 4:

Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto a la apertura bucal.

Apertura Bucal	Tratamiento Convencional	Tratamiento Convencional	Láser de Baja Densidad	Láser de Baja Densidad	Valor p
	<i>Prom.</i>	<i>DS</i>	<i>Prom.</i>	<i>DS</i>	
24 horas	17.56	1.53	17.96	2.06	0.46
72 horas	18.68	1.53	19.82	2.06	0.71
5 días	19.88	1.53	21.25	2.06	0.76
7 días	21.12	1.53	22.79	2.06	0.84

Para evaluar la apertura bucal en pacientes con fracturas mandibulares tratados mediante terapia convencional y mediante láser terapéutico de baja densidad, se

aplicó la prueba t de Student con el fin de comparar las medias de ambos grupos en diferentes momentos postoperatorios: a las 24 horas, 72 horas, 5 días y 7 días.

Se analiza la progresión de la apertura bucal en distintos momentos tras el inicio del tratamiento:

- **24 horas:** Promedio de apertura bucal: 17.56 mm para el tratamiento convencional y 17.96 mm para el láser de baja densidad. La desviación estándar (DS) es ligeramente mayor en el grupo de láser (2.06 frente a 1.53 en el tratamiento convencional), lo que indica mayor variabilidad en este grupo. El valor p de 0.46 indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos en este punto temporal.
- **72 horas:** Los promedios aumentan a 18.68 mm para el tratamiento convencional y 19.82 mm para el láser de baja densidad, mostrando una mejora en la apertura bucal en ambos grupos. La desviación estándar se mantiene consistente con los valores observados a las 24 horas. El valor p de 0.71 sugiere nuevamente que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- **5 días:** Se observa una mejora continua: 19.88 mm en el tratamiento convencional y 21.25 mm en el láser de baja densidad. La diferencia entre los promedios comienza a ser más notable, aunque el valor p de 0.76 indica que no alcanza significación estadística.
- **7 días:** Los promedios alcanzan su punto más alto: 21.12 mm para el tratamiento convencional y 22.79 mm para el láser de baja densidad. La desviación estándar sigue siendo consistente, y el valor p de 0.84 indica que la diferencia no es significativa.

Aunque el láser de baja densidad muestra un aumento ligeramente mayor en la apertura bucal en todos los puntos temporales en comparación con el tratamiento convencional, los valores p reflejan que estas diferencias no son estadísticamente significativas. Esto sugiere que ambos tratamientos son similares en efectividad para mejorar la apertura bucal en pacientes postoperados por fracturas mandibulares en el marco temporal estudiado.

Gráfica 2.

Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto a la apertura bucal.

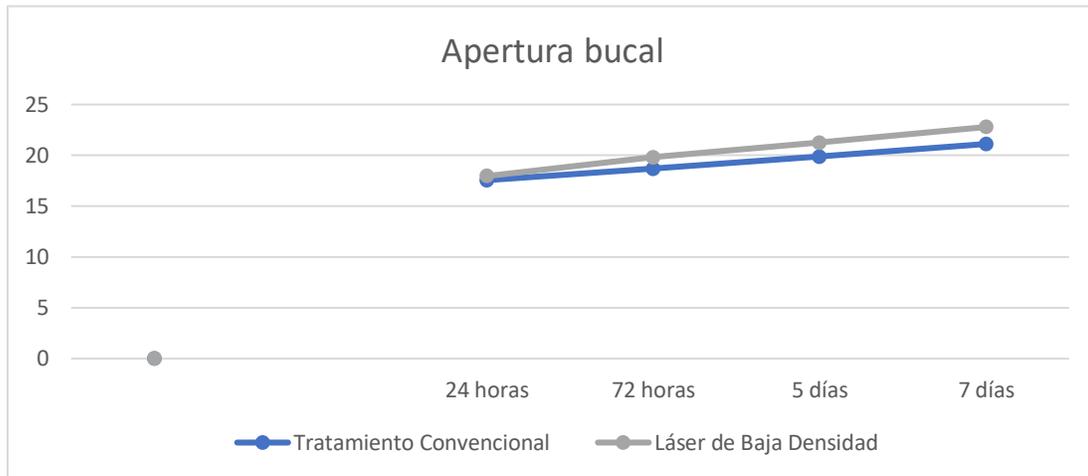


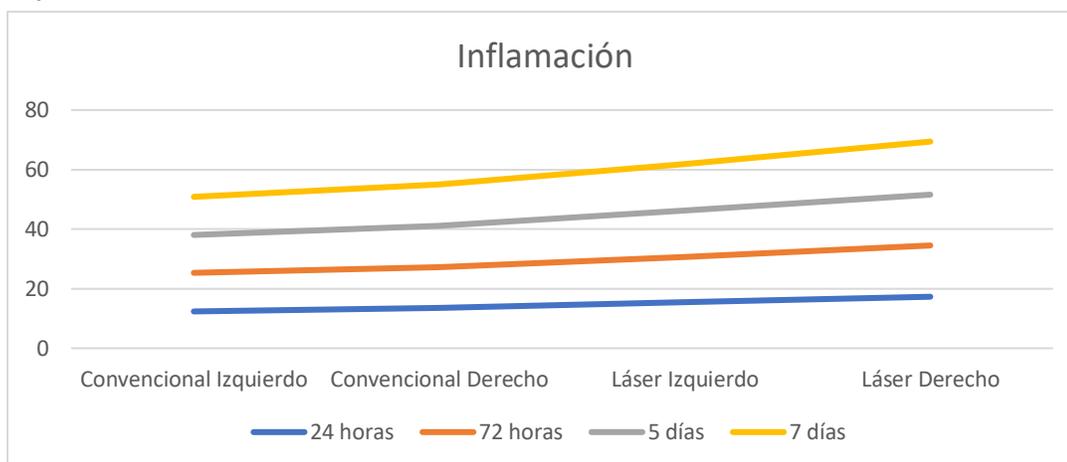
Tabla 5.

Comparación entre el uso terapéutico de laser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control de la inflamación.

Inflamación	Prom. Izq.	DS Izq.	Prom. Der.	DS Der.	Valor p Izquierdo	Valor p derecho
T. Convencional						
24 horas	12.36	0.1770	13.60	0.2538	0.5400	0.5465
72 horas	12.96	0.1770	13.64	0.2538	0.5321	0.5782
5 días	12.72	0.1770	13.88	0.2538	0.5613	0.6109
7 días	12.80	0.1770	13.60	0.2538	0.5807	0.6224
Láser de baja densidad						
24 horas	17.29	0.1250	15.39	0.3278	0.2273	0.3802
72 horas	17.21	0.1250	15.32	0.3278	0.2457	0.3596
5 días	17.07	0.1250	15.61	0.3278	0.2634	0.3321
7 días	17.82	0.1250	15.50	0.3278	0.2151	0.3809

Gráfica 3.

Comparación entre el uso terapéutico de láser de baja densidad en contraste con tratamiento convencional en pacientes post operados por fracturas mandibulares con respecto al control de la inflamación.



Los resultados obtenidos mediante la prueba t de Student para muestras independientes mostraron valores de p superiores a 0.05 en todos los momentos de medición y en ambos lados (izquierdo y derecho), tanto en el grupo tratado con terapia convencional como en el grupo tratado con láser de baja densidad. Estos valores, al superar el umbral de significancia estadística establecido ($p > 0.05$), indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos en cuanto a la reducción de la inflamación postoperatoria.

De acuerdo con los datos analizados a las 24 horas, 72 horas, 5 días y 7 días postoperatorios, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las mediciones. En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que ambos tratamientos son comparables en su efectividad para el control de la inflamación postquirúrgica en pacientes con fracturas mandibulares.

Estos hallazgos no respaldan la hipótesis alternativa que planteaba una mayor eficacia del láser de baja densidad en la reducción de la inflamación. Por tanto, se concluye que, bajo las condiciones y parámetros evaluados en este estudio, el tratamiento convencional es igualmente efectivo que el uso terapéutico del láser de baja densidad en el manejo de la inflamación postoperatoria.

IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación tuvo como objetivo comparar la eficacia del tratamiento postoperatorio con láser terapéutico de baja densidad en pacientes con fracturas mandibulares frente al tratamiento convencional, en pacientes atendidos en el servicio de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital Roosevelt durante el año 2024/25. Para ello, se estableció una muestra de 56 pacientes, divididos en dos grupos según el tipo de tratamiento recibido.

La distribución por género reveló una marcada predominancia masculina, con 44 hombres (78.57%) frente a 12 mujeres (21.43%). Esta disparidad significativa coincide con lo reportado por Juncar y colaboradores (2021), quienes atribuyen la mayor incidencia de fracturas mandibulares en hombres a factores como accidentes de tránsito, deportes de contacto y episodios de violencia.

El espectro etario de los participantes abarcó desde los 18 hasta los 65 años, con una media de 31.5 años (DE: 10.9). La concentración mayoritaria se observó en el grupo de 20 a 35 años, representando el 57% de la muestra, lo cual refleja la tendencia típica de estas lesiones en adultos jóvenes y de mediana edad.

La distribución geográfica mostró que el 53.57% de los pacientes provenían del área metropolitana de Guatemala, mientras que el 46.43% restante procedía de diversos departamentos, incluyendo Quiché, Escuintla, San Marcos, Mazatenango, Alta Verapaz y Puerto Barrios. Esta diversidad geográfica sugiere el rol del Hospital Roosevelt como centro de referencia regional para cirugía maxilofacial.

Evaluación del Dolor Postoperatorio

El análisis comparativo entre la terapia láser de baja densidad y el tratamiento convencional reveló diferencias significativas en el control del dolor. Los pacientes que recibieron terapia láser experimentaron una reducción más pronunciada del dolor, particularmente en las primeras 24 horas y al quinto día de tratamiento.

Las mediciones cuantitativas mostraron que a las 24 horas postoperatorias, el grupo tratado con láser reportó un promedio de dolor de 3.2/10, en contraste con 6.5/10 en el grupo de tratamiento convencional. Esta tendencia se mantuvo durante el seguimiento, alcanzando al séptimo día promedios de 1.8/10 en el grupo láser y 4.5/10 en el grupo control.

Bahari-Bandari (2023) atribuye estos resultados favorables a las propiedades antiinflamatorias y analgésicas del láser de baja densidad, que promueven la estimulación celular y mejoran la circulación sanguínea, acelerando así los procesos de reparación tisular y reducción de la inflamación. Estos hallazgos refuerzan la evidencia existente sobre los beneficios del láser terapéutico en el manejo del dolor postoperatorio.

La aplicación de la prueba t de Student reveló diferencias estadísticamente significativas en la intensidad del dolor entre ambos grupos. Se obtuvieron valores p de 0.004 en la evaluación a las 24 horas y 0.001 a los 7 días, evidenciando que la diferencia observada es altamente significativa y no atribuible al azar. Estos resultados sugieren la superioridad del láser de baja densidad sobre el tratamiento convencional en el manejo del dolor postoperatorio de fracturas mandibulares, con potenciales beneficios adicionales en la reducción de la inflamación y tiempo de recuperación.

El análisis de la apertura bucal, realizado mediante prueba t de Student para muestras no pareadas, se efectuó en cuatro momentos: 24 horas, 72 horas, 5 días y 7 días postcirugía. Los resultados mostraron valores p superiores al umbral crítico de 0.05 en todas las mediciones, indicando ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de tratamiento. Aunque se observó una ligera tendencia favorable en el grupo láser, esta no alcanzó significancia estadística, sugiriendo efectos similares de ambas modalidades terapéuticas en la recuperación de la apertura bucal durante el período postoperatorio inmediato.

Es relevante mencionar que la ausencia de diferencias significativas en la apertura bucal no descarta los beneficios potenciales del láser de baja densidad en otros

aspectos de la recuperación. La terapia láser mantiene su validez como opción terapéutica, particularmente considerando sus efectos demostrados en el control del dolor y la modulación de la respuesta inflamatoria.

La evaluación del proceso inflamatorio constituye un parámetro crítico en la recuperación postoperatoria de fracturas mandibulares. El estudio comparó sistemáticamente la eficacia del láser de baja densidad frente al tratamiento convencional en el control de la inflamación durante la fase postoperatoria temprana.

El seguimiento de la respuesta inflamatoria se realizó mediante mediciones seriadas a las 24 horas, 72 horas, 5 días y 7 días postoperatorios. Los resultados no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento, mostrando valores medios de inflamación comparables a lo largo del período de observación.

A pesar de que Lauriti y colaboradores (2017) han documentado los efectos antiinflamatorios del láser de baja densidad, incluyendo su capacidad para estimular la reparación celular y optimizar la circulación sanguínea, los hallazgos del presente estudio no demostraron una superioridad significativa frente al tratamiento convencional. Ambas modalidades terapéuticas evidenciaron una reducción gradual de la inflamación, sugiriendo su efectividad en el manejo postoperatorio de fracturas mandibulares.

Estos resultados subrayan la importancia de realizar investigaciones adicionales para identificar variables que puedan influir en los resultados clínicos, como factores individuales del paciente o parámetros específicos del tratamiento. Si bien el láser de baja densidad mantiene su potencial terapéutico, la evidencia actual no permite establecer una ventaja significativa sobre el tratamiento convencional. Se requieren estudios posteriores con diseños metodológicos más robustos para evaluar su efectividad en diversos contextos clínicos y poblaciones de pacientes.

X. CONCLUSIONES

- El tratamiento con láser de baja densidad demostró beneficios significativos en el manejo del dolor postoperatorio y la reducción de la inflamación en comparación con el tratamiento convencional, aunque su impacto en la recuperación funcional mandibular fue comparable al de los protocolos tradicionales ($p > 0.05$).
- La evaluación del dolor en las primeras 72 horas evidenció una reducción de 3.79 puntos en pacientes tratados con láser terapéutico, mientras que el grupo de tratamiento convencional mostró una disminución de 5.8 puntos, confirmando la efectividad de la terapia láser en el manejo temprano del dolor postoperatorio.
- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la apertura bucal entre ambos grupos de tratamiento ($p > 0.05$). A los 7 días postoperatorios, el grupo láser alcanzó una apertura promedio de 22.79 mm \pm 2.06 mm, mientras el grupo convencional registró 21.12 mm \pm 1.53 mm, indicando una recuperación funcional similar.
- El análisis de la inflamación postoperatoria a las 72 horas reveló mediciones promedio en el grupo láser de 17.21 mm (lado izquierdo) y 15.32 mm (lado derecho), en comparación con 12.96 mm y 13.64 mm respectivamente en el grupo convencional, sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), sugiriendo una eficacia comparable en el control de la inflamación.

XI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda incorporar el láser terapéutico de baja densidad como terapia complementaria en el protocolo postoperatorio de fracturas mandibulares, considerando su efectividad demostrada en el manejo del dolor y la mejora en la percepción del confort por parte de los pacientes.
- En relación a la rehabilitación de la apertura bucal, se sugiere mantener los protocolos convencionales de tratamiento, mientras se exploran posibles combinaciones terapéuticas que puedan optimizar los resultados funcionales.
- A pesar de no encontrar diferencias estadísticamente significativas en el control de la inflamación, se aconseja considerar la implementación del láser terapéutico como complemento en los protocolos postquirúrgicos, dado su potencial para mejorar el confort del paciente y promover la recuperación tisular.
- Se debe incentivar el desarrollo de nuevas investigaciones sobre la aplicación del láser de baja densidad en cirugía oral y maxilofacial, con diseños que incluyan muestras más amplias y seguimiento a largo plazo, para evaluar comprensivamente su impacto en la recuperación funcional y calidad de vida de los pacientes.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-Elaal, Z., El-Mekawii, H., Saafan, AM., El Gawad, LA., El-Hawary, YM., Abdelrazik, MA. Evaluation of the effect of low level diode laser therapy applied during the bone consolidation period following mandibular distraction osteogenesis in the human. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2015.
- AlGhamdi AS, AlQahtani HA, Al-Harbi MA, et al. Low-level laser therapy: a useful technique for enhancing the proliferation of various cultured cells. *Lasers Med Sci.* 2012;27(1):237-249. doi:10.1007/s10103-011-0953-3
- Amarillas-Escobar ED, Toranzo-Fernández JM, Martínez-Rider R, et al. Uso de láser terapéutico tras la extirpación quirúrgica de terceros molares inferiores impactados. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68:319–324.
- Amid, R., Kadkhodazadeh, M., Ahsaie, M. G., & Hakakzadeh, A. (2014). Effect of low level laser therapy on proliferation and differentiation of the cells contributing in bone regeneration. *Journal of lasers in medical sciences*, 5(4), 163–170.
- Anderson Pedroso Prockt, André Takahashi, Rogério Miranda Pagnoncelli. Uso de Terapia com Laser de Baixa Intensidade na Cirurgia Bucomaxilofacial. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac* 2008;49:247-255)
- Arash Bahari Bandari, Saeed Hajmohammady, Sahar Mafi. Efecto terapéutico de un láser de baja intensidad sobre el dolor agudo y la apertura posoperatoria de la boca después de cirugía de reducción de fractura a nivel de cóndilo de mandíbula. Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial Facultad de Odontología de Kermanshah, Irán. *Journal of Lasers in Medical Sciences* Volume 13, 2022.
- Balasubramanian, A., Wade, S. W., Adler, R. A., Saag, K., Pannacciulli, N., & Curtis, J. R. (2018). Glucocorticoid Exposure and Fracture Risk in a Cohort of US Patients With Selected Conditions. *Journal of bone and mineral research : the*

official journal of the American Society for Bone and Mineral Research, 33(10), 1881–1888. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3523>

Bell RB. Contemporary Management of Mandibular Fractures. En: Miloro M, Ghali GE, Larsen PE, Waite PD. Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery. London: BC Decker Inc; 2011.

Benedicenti S, Gastaldo G, Antoniali V, et al. Effect of low-level laser irradiation on osteoblast proliferation and bone formation. *J Biol Regul Homeost Agents*. 2010;24(2):157-166.

Chen, L., Deng, H., Cui, H., Fang, J., Zuo, Z., Deng, J., ... Zhao, L. (2018). Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. *Oncotarget*, 9(6), 7204–7218. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.23208>

Coletti DP, Caccamese JF. Diagnosis and management of mandible fractures. En: Marciani RD, Carlson ER. Oral and Maxillofacial Surgery. Volume II. St. Louis: Saunders Elsevier; 2009.

De Assis Santos, V. P., Rocha-Junior, W. G. P., & Luz, J. G. C. (2024). Effects of light-emitting diode (LED) therapy on sensory changes in the inferior alveolar nerve after surgical treatment of mandibular fractures: a randomized controlled trial. *Oral and maxillofacial surgery*, 28(1), 185–193. <https://doi.org/10.1007/s10006-022-01127-1>

Fernández-Tresguerres Hernández-Gil Isabel, Alobera Gracia Miguel Angel, Canto Pingarrón Mariano del, Blanco Jerez Luis. Bases fisiológicas de la regeneración ósea II: El proceso de remodelado. *Med. oral patol. oral cir.bucal (Internet) [Internet]*. 2006; 11(2): 151-157.

Jana Neto, F., Cabrera Martimbianco A., Piagentini, R. Bussadori, S., Mesquita-Ferrari, R, Porta Santos Fernandes, K. Effects of photobiomodulation in the treatment of fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Springer-Verlag London Ltd., part of Springer Nature 2019.

Juncar, M., Tent, P. A., Juncar, R. I., Harangus, A., & Mircea, R. (2021). An epidemiological analysis of maxillofacial fractures: a 10-year cross-sectional

- cohort retrospective study of 1007 patients. *BMC oral health*, 21(1), 128.
<https://doi.org/10.1186/s12903-021-01503-5>
- Khadra M, Lyngstadaas SP, Haanaes HR, Mustafa K. Effect of laser therapy on attachment, proliferation and differentiation of human osteoblast-like cells cultured on titanium implant material. *Biomaterials*. 2005;26(17):3503-3509.
Doi: 10.1016/j.biomaterials.2004.09.019
- Kraft, A., Abermann, E., Stigler, R., Zsifkovits, C., Pedross, F., Kloss, F., & Gassner, R. (2012). Craniomaxillofacial trauma: synopsis of 14,654 cases with 35,129 injuries in 15 years. *Craniomaxillofacial trauma & reconstruction*, 5(1), 41–50.
<https://doi.org/10.1055/s-0031-1293520>.
- Landaeta, B. M.J.; Suazo, G.I.C.; Cantin, L.M.; Roa, H.I.J; Zavando, M.D.A.(2008) Efecto de la terapia láser de baja potencia sobre el hueso alveolar dañado. *Int. J. Morphol.*, 26(3):639-642.<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022008000300021>
- Lauriti, L., João Gualberto de Cerqueira Luz, Raquel Agnelli Mesquita-Ferrari, Kristianne Porta Santos Fernandes, Alessandro Melo Deana, Et. Al. Evaluation of the Effect of Phototherapy in Patients with Mandibular Fracture on Mandibular Dynamics, Pain, Edema, and Bite Force. *Photomedicine and Laser Surgery* Volume XX, Number XX, 2017.
- López García, E, Ortega Espinosa, M, y Flores Diaz, R, y Llamas Velásquez, G. Eficacia antiinflamatoria de la laserterapia en extracciones de terceros molares inferiores. Diciembre 2008 a febrero 2009. Instituto mexicano de estudios superiores. *Revista Especializada en Ciencias de la Salud*. 14(1):14-20, 2011.
- López-Ramírez M, Vílchez-Pérez MÁ, Gargallo-Albiol J, Arnabat-Domínguez J, Gay-Escoda C. Eficacia de la terapia láser de baja intensidad en el manejo del dolor, la inflamación facial y el trismo postoperatorio tras la extracción de un tercer molar inferior. Estudio preliminar. *Lasers Med Sci* 2012; 27:559–566.

- Lutfallah S., Wajid I., Sinnathamby ES, Maitiski RJ, Edinoff AN, Shekoohi S., Cornett EM, Urman RD, Kaye AD. Terapia láser de baja intensidad para el dolor agudo: Una revisión exhaustiva. *Curr. Pain Headache Rep.* 2023; 27:607–613. Doi: 10.1007/s11916-023-01149-8.
- Oliveira RG, Lobato VV, Silveira FM, et al. Efficacy of low-level laser therapy as an auxiliary tool for management of acute temporomandibular joint disorder. *Cranio.* 2017;35(2):106-111. doi:10.1080/08869634.2016.1185996
- Pavelski, M. D., Pavelski, M. D., Oliveira, L. F., da Silva, H. D. P., Frigo, L., & Magro-Filho, O. (2024). Evaluation of the Low-Level Laser Therapy in Pain, Bite Force, and Mouth Opening Following Midfacial Trauma. *Life (Basel, Switzerland)*, 14(12), 1626. <https://doi.org/10.3390/life14121626>
- Salari B, Nikparto N, Babaei A, Fekrazad R. Effect of delayed photobiomodulation therapy on neurosensory recovery in patients with mandibular nerve neurotmesis following traumatic mandibular fracture: A randomized triple-blinded clinical trial. *J Photochem Photobiol B.* 2022 Jul; 232:112460.
- Stein E, Koehn J, Sutter W, Wendtlandt G, Wanschitz F, Thurnher D. [Low-level laser therapy for postoperative pain after mandibular third molar surgery: a randomised controlled trial]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2013;123(11):1022-1027.
- Weber Dos Santos, K, Neves Hugo, F., Rodríguez, E., Airton Tetelbom Stein, Juliana Balbinot Hilgert. Effect of oral exercises and photobiomodulation therapy in the rehabilitation of patients with mandible fractures: randomized double-blind clinical trials. *Lasers Med. Sci.* 2022 Apr;37(3):1727-1735.
- Yongqing Ma, Miaomiao Yang, Xiaodong Chen, Weiguo Qu, Xiaofu Qu, Ping He. Eficacia de la terapia de fotobiomodulación en la lesión del nervio alveolar inferior. Una revisión sistemática y METAANÁLISIS. Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial, Hospital Estomatológico de Dalian, Ciudad de Dalian, China. Sompop Bencharit, Universidad Médica de Carolina del Sur, Estados Unidos. *Plos One* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287833> August 10, 2023.

XIII. ANEXOS

Anexo 1. Boleta de recolección de datos

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Médicas
Escuela de estudios de postgrado

EFICACIA DEL USO DE LASER TERAPÉUTICO DE BAJA DENSIDAD COMO TRATAMIENTO POSTOPERATORIO EN PACIENTES CON FRACTURAS MANDIBULARES

Boleta de Recolección de Datos

Investigador: _____ Boleta No. _____

Registro clínico No. _____

a. Datos del paciente

Nombre: _____

Edad: _____ Sexo: _____

Procedencia:(municipio, departamento) _____

b. Tratamiento postoperatorio:

Laser terapéutico de baja densidad _____

Tratamiento Convencional _____

c. Dolor (Escala Visual Analógica -EVA-)

a. Aplicaciones de laser terapéutico de baja densidad

i. 24 horas _____

ii. 72 horas _____

iii. 5 días _____

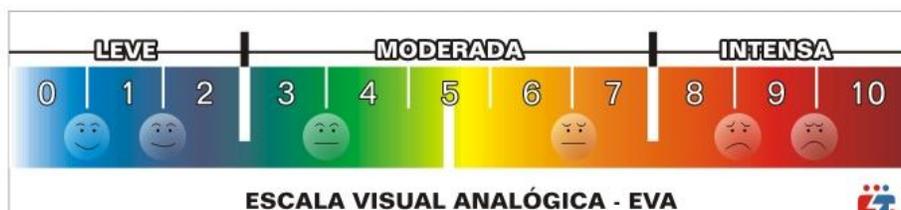
iv. 7 días _____

b. Uso del tratamiento convencional (evaluar en 4 citas)

i. 24 horas post operatorias _____

ii. 72 horas _____

iii. 7 días _____



d. Apertura bucal

- a. Láser de baja densidad medida en milímetros durante 4 citas
 - i. 24 horas ____
 - ii. 72 horas ____
 - iii. 5 días ____
 - iv. 7 días postoperatorios ____
- b. Tratamiento convencional medidas en milímetros, durante 4 citas
 - i. 24 horas ____
 - ii. 72 horas ____
 - iii. 5 días ____
 - iv. 7 días postoperatorios ____

e. Inflamación

- a. Grupo de laser de baja densidad, medida con cinta métrica en dos puntos anatómicos, comisura labial o gonión comisura labial hacia tragus de oreja, medida en milímetros:

IZQUIERDO

- i. 24 horas: punto A ____ punto B
- ii. 72 horas: punto A ____ punto B
- iii. 5 días: punto A ____ punto B
- iv. 7 días: punto A ____ punto B

DERECHO

- i. 24 horas: punto A ____ punto B
- ii. 72 horas: punto A ____ punto B
- iii. 5 días: punto A ____ punto B
- iv. 7 días: punto A ____ punto B

- b. Grupo de tratamiento postoperatorio convencional, medida con cinta métrica en dos puntos anatómicos, comisura labial o gonión y comisura labial hacia tragus de oreja:

IZQUIERDO

- i. 24 horas: punto A ____ punto B
- ii. 72 horas: punto A ____ punto B
- iii. 5 días: punto A ____ punto B
- iv. 7 días: punto A ____ punto B

DERECHO

- v. 24 horas: punto A ____ punto B
- vi. 72 horas: punto A ____ punto B
- vii. 5 días: punto A ____ punto B
- viii. 7 días: punto A ____ punto B

f. Complicaciones Postoperatorias

- a. Con el uso de laser terapéutico de baja densidad:
 - a. Irritación del área de aplicación ____
 - b. Somnolencia y vértigo ____
- b. Con el uso de tratamiento convencional:
 - a. Aumento de inflamación y eritema en el área operatoria ____
 - b. Disminución de la función mandibular ____

Anexo 2. Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____
(Nombre y apellidos)

Con identificación: _____
(DP)

Manifiesto que he leído y entendido la hoja de información que se me ha entregado, que he hecho las preguntas que me surgieron sobre el proyecto y que he recibido información suficiente sobre el mismo.

Declaro que: He leído la hoja de información que me han facilitado, he podido formular las preguntas que he considerado necesarias acerca del estudio y he recibido información adecuada y suficiente por el investigador abajo indicado sobre:

- Los objetivos del estudio y sus procedimientos.
- Los beneficios e inconvenientes del proceso.
- Que mi participación es voluntaria y altruista
- El procedimiento y la finalidad con que se utilizarán mis datos personales y las garantías de cumplimiento de la legalidad vigente.
- Que en cualquier momento puedo revocar mi consentimiento (sin necesidad de explicar el motivo y sin que ello afecte a mi atención médica) y solicitar la eliminación de mis datos personales.
- Que tengo derecho de acceso y rectificación a mis datos personales.

Comprendo que mi participación es totalmente voluntaria, que puedo retirarme del estudio cuando quiera sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Presto libremente mi conformidad para participar en el Proyecto de Investigación titulado **“EFICACIA DEL USO DE LASER TERAPÉUTICO DE BAJA DENSIDAD COMO TRATAMIENTO POSTOPERATORIO EN PACIENTES CON FRACTURAS MANDIBULARES”**.

Tomando ello en consideración, OTORGO mi CONSENTIMIENTO para cubrir los objetivos especificados en el proyecto.

Guatemala, _____ 2024