

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

*“Comparación de luz emitida en diferentes lámparas de fotopolimerización:
Estudio In Vitro ”*

Sustentantes:

Juliana K. Rodríguez Cabrera
Kiara A. Roldán Bermudez

Docente Especializado

Dra. Perla Medina

Los conceptos emitidos en el presente trabajo final son de la exclusiva responsabilidad de los estudiantes.

Docente Titular

Dra. Helen Rivera

Santo Domingo D.N
19 de julio de 2022.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme culminar con éxito mi tan anhelada carrera, darme buena salud y fortaleza en todo momento.

Mis padres, Antonio Roldan y Alexandra Bermudez, que son los pilares de mi vida, sin su esfuerzo y dedicación nada de esto fuera posible, más que una ayuda para cualquier ámbito de mi vida son la razón de cada paso que doy y por lo que me esfuerzo día a día.

Mi familia, por su motivación constante y por darme las herramientas que me llevaron a forjar la persona que soy hoy. Gracias por su apoyo incondicional e impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera.

A ustedes les dedico este trabajo de grado.

A handwritten signature in black ink, consisting of the letters 'K', 'R', and 'B' intertwined within a circular outline.

Kiara A. Roldán Bermudez

DEDICATORIA

A Dios, el forjador de mi camino, quien siempre me acompaña y me levanta de mis tropiezos con mayor sabiduría.

A mi familia, por encaminarme hacia el camino de la superación, enseñarme que el cielo es el límite, que todo con disciplina y perseverancia se logra.

A mis padres, Julia L. Cabrera y Carlos A. Rodríguez quienes son los autores principales de mi vida, siempre han creído en mí, dándome el ejemplo de sacrificio, humildad y superación. El esfuerzo colectivo ha dado resultado a un logro más obtenido.

Marcela Valentina, eres la detonante de mi felicidad, de mi esfuerzo y de mis deseos de buscar lo mejor.

A ustedes les dedico este trabajo de grado.

Juliana K. Rodríguez Cabrera

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juliana K. Rodríguez Cabrera'. The signature is fluid and cursive, with a large loop at the beginning and a long, sweeping tail.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios, por la vida y por las grandes bondades que me has otorgado a lo largo de ella. Gracias por ser mi guía durante este proceso, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino.

A mis padres, por apoyarme en cada elección y emprendimiento, por su absoluta confianza y por ser el mejor ejemplo para sus hijos. Les agradezco no solo por estar presentes, si no por toda la felicidad y hermosas emociones que me causan todos los días.

A mis hermanos, Sabrina Bachmann, Naomi Roldán y Antonio Roldán, por ser los mejores hermanos que pudiera desear, por sus consejos y cariño constante.

A mis sobrinos, Finn Bachmann y Emma V. Uceta, son lo más especial y la bondad más pura de mi vida.

A mi compañera de tesis Juliana Rodriguez, por tu apoyo constante, por ser la mejor compañera y amiga durante estos años y por culminar juntas esta etapa de nuestras vidas de manera exitosa.

A la Dra. Helen Rivera, usted ha sido una guía fundamental en este proceso, gracias por compartirnos sus conocimientos y por siempre motivarnos a ser mejores profesionales.

A la Dra. Perla Medina, gracias por su apoyo desde el primer día, por su confianza y dedicación durante este proceso. Le agradezco por sus enseñanzas indispensables para culminar nuestra tesis con éxito.

A todos mis compañeros, docentes de la universidad y pacientes, por su absoluta confianza y conocimientos a lo largo de estos años. Un agradecimiento especial a mis amigos Paola Nuñez, Claudia de Camps, Jose Emilio Rodriguez, Jamie Silva, Jose Hernandez, Melissa Tejada, Eduardo Escoto y Erick Gutierrez, ustedes han sido indispensables estos años, gracias por compartir este proceso junto a mi y permitirme mejorar como profesional todos los días.

A handwritten signature in black ink, consisting of the letters 'K' and 'R' intertwined within an oval shape, with a horizontal line extending from the bottom of the 'R'.

Kiara Alexandra Roldan Bermudez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, todos mis logros son el resultado de tus bendiciones. Gracias por darme todas las herramientas para ser mejor ser humano y crecer de diversas maneras. Eres mi fortaleza.

Agradezco a mis padres, son lo más sagrado que tengo en la vida, son mis principales motivadores y los formadores de la persona que soy hoy día. Gracias por sus consejos, amor, dedicación y por ser los promotores de mis sueños.

A la reina de mi vida, Marcela Valentina, eres la razón principal para que cada día me levante a esforzarme por el presente y el mañana. Eres mi principal motivación.

A mi hermano, Jorge Andres, gracias por enseñarme que con deseos de superación todo se logra.

A mi compañero de vida, Víctor Lappost, gracias por tu apoyo incondicional, tolerancia, amor y por siempre compartir tus conocimientos para ser mejor cada día. Tu ayuda ha sido fundamental en la culminación de este logro.

A mi compañera de tesis, Kiara Roldán, por todo tu apoyo, por la compañía en las largas jornadas de clínica y siempre estar dispuesta para culminar con éxito este gran logro.

A la Dra. Helen Rivera, has sido el pilar fundamental en este trabajo de grado. Gracias por siempre verificar rigurosamente cada detalle y hacer que diéramos lo mejor de nosotras en este trabajo de grado.

A la Dra. Perla Medina, por ser nuestra asesora y guía en este trabajo, por su dedicación, tiempo y apoyo incondicional. Fuiste parte esencial en nuestro trabajo, gracias por todos sus conocimientos.

A todos mis compañeros , docentes y pacientes que depositaron su confianza en mí para adquirir nuevos conocimientos y mejorar cada día.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juliana K. Rodríguez Cabrera'. The signature is fluid and cursive, with a large loop at the beginning and a long, sweeping tail.

Juliana K. Rodríguez Cabrera

Resumen

Objetivo: El objetivo general de este estudio es comparar los niveles de luz emitida generada por diferentes lámparas de fotocurado tipo LED (LFC). *Métodos:* Se realizó un estudio in vitro en el cual se midió la intensidad de luz mediante un radiómetro en una muestra de ocho lámparas de fotopolimerización tipo LED. Se verificó que la condición de la parte activa de las lámparas de fotopolimerización fuera adecuada y el estado de la batería estuviera en 100%. *Resultados:* En este estudio se obtuvo como resultado que el 100% de las LFC evaluadas emiten una intensidad de luz mayor a 400 mW/cm^2 por lo cual se consideran adecuadas para el uso odontológico siempre que se utilicen tiempos de fotocurado adecuados. *Conclusión:* De las ocho lámparas de fotopolimerización tipo LED evaluadas, se concluye que el 100% de ellas presentan intensidades aceptables para la correcta polimerización de los materiales odontológicos. Las características que se deben tener en cuenta al comprar y utilizar una lámpara de fotopolimerización tipo LED son las siguientes: una luz emitida mínima de 500 mW/cm^2 y máxima de $4,000 \text{ mW/cm}^2$ y el diámetro de la punta se sugiere que sea de 9 a 11 mm. Se recomienda verificar periódicamente las condiciones de la LFC con el objetivo de detectar algún daño que pudiera estar alterando el funcionamiento de esta y siempre leer las indicaciones del fabricante para llevar a cabo una polimerización adecuada.

Palabras Clave: Intensidad de luz, lámparas de fotocurado, fotopolimerización, lámpara LED.

Abstract

Objective: The general objective of this study is to compare the levels of emitted light generated by different LED-type curing lamps (LCL). *Methods:* An in vitro study was carried out in which the light intensity was measured by a radiometer in a sample of eight LED-type photopolymerization lamps. It was verified that the condition of the active part of the curing lamps was adequate and the state of the battery was at 100%. *Results:* In this study, the result was that 100% of the LCLs evaluated emit a light intensity greater than 400 mW/cm², for which they are considered suitable for dental use as long as adequate light-curing times are used. *Conclusion:* Of the eight LED-type photopolymerization lamps evaluated, it is concluded that 100% of them have acceptable intensities for the correct polymerization of dental materials. The characteristics that must be taken in consideration when buying and using an LED-type curing light are the following: a minimum emitted light of 500 mW/cm² and a maximum of 4,000 mW/cm² and the diameter of the active part is suggested to be 9 to 11mm. It is recommended to periodically check the conditions of the LCL in order to detect any damage that could be altering its operation and always read the manufacturer's instructions to carry out an adequate polymerization.

Keywords: light intensity, light-curing lamps, LED light-curing lamps, photopolymerization.

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3. OBJETIVOS	15
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1 FASES DE LA POLIMERIZACIÓN	17
4.1.1 ACTIVACIÓN	17
4.1.2 INICIACIÓN	17
4.1.3 PROPAGACIÓN	18
4.1.4 TERMINACIÓN	18
4.2 TIPOS DE FOTOINICIADORES	19
4.3 LÁMPARAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN	19
4.3.1 LÁMPARAS DE LUZ ULTRAVIOLETA	20
4.3.2 LÁMPARAS HALÓGENAS	20
4.3.3 LÁMPARAS DE PLASMA	21
4.3.4 LÁMPARAS DE LUZ LÁSER	21
4.3.5 LÁMPARAS DE DIODO EMISOR DE LUZ (LED)	22
4.4 FACTORES DEL FOCO DE LUZ	22
4.4.1 LONGITUD DE ONDA	22
4.4.2 DISTANCIA	22
4.4.3 INTENSIDAD	23
4.4.4 TIEMPO DE EXPOSICIÓN	23
4.5 RADIÓMETROS	23
4.6 INTENSIDAD DE LUZ	23
5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	25
6. MARCO METODOLÓGICO	25
6.1 TIPO DE ESTUDIO	25
6.1.1 ESTUDIO TRANSVERSAL	25
6.1.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL	26
6.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA	26
6.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN	26
6.4 VARIABLES Y ESCALA DE MEDICIÓN	26
6.5 MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	28
6.5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	34
8. DISCUSIÓN	47
9. CONCLUSIONES	50

10. RECOMENDACIONES	51
11. PROSPECTIVA	52
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
12. ANEXOS	56

1.INTRODUCCIÓN

La habilidad de fotopolimerizar los materiales dentales utilizando las lámparas de fotocurado (LFC) ha revolucionado la odontología moderna. Las LFC son utilizadas para fotopolimerizar materiales resinosos mediante la activación de moléculas llamadas fotoiniciadores.¹ Para garantizar la efectividad de dicho proceso es necesario que el material reciba una adecuada emisión de luz en una longitud de onda apropiada. Asimismo, es sustancial resaltar que un dispositivo de polimerización de alta calidad, en combinación con una técnica correcta en la fotopolimerización, garantiza unos resultados óptimos a través del tiempo y el bienestar del paciente.²

Una fotopolimerización insuficiente podría causar varias consecuencias adversas; como por ejemplo: reducción a la dureza y la resistencia al desgaste, una unión más débil con el diente, podría aumentar las microfiltraciones de la resina en los márgenes gingivales, la colonización de bacterias en el composite, reducción de la estabilidad del color, posible aumento de la citotoxicidad, riesgo de sensibilidad post operatoria, lesiones de caries secundarias y fracturas en la restauración.³

Sin embargo, para que se lleve a cabo una fotopolimerización suficiente hay que tener presente los siguientes factores: alta intensidad de luz, tiempo de exposición y emisión del espectro adecuado para activar los fotoiniciadores de la resina. En otros términos, la lámpara de polimerización debe ser compatible con los materiales de resina utilizados.⁴

Las LFC varían en precio y, lamentablemente, el costo de la unidad es uno de los primeros factores que algunos odontólogos consideran cuando van a adquirir una lámpara de polimerización nueva. Sin embargo, al elegir una LFC es de gran

importancia entender lo que hace y lo que significan sus especificaciones.⁵ Por otro lado, los odontólogos también necesitan conocer el espectro de emisión de la luz emitida por las LFC debido a que muchos odontólogos no conocen el espectro de emisión de luz necesario para los diferentes materiales resinosos utilizados en la clínica.

Los odontólogos usan LFC para más de la mitad de sus citas cada día. Cada material a base de resina requiere una cierta cantidad de energía para lograr un grado óptimo de conversión de monómero a polímero. Para entregar esta energía, las instrucciones del fabricante de cada material resinoso proporcionarán un tiempo mínimo de curado para cada LFC con una potencia específica, que puede variar según el tono. Es posible que al mantener la energía aumentando la potencia y disminuyendo el tiempo no se liberen suficientes fotoiniciadores para curar adecuadamente los materiales resinosos.

Otras variables que afectan la calidad de la curación incluyen la distancia de la punta de la luz al objetivo, el diámetro de la punta, la homogeneidad del haz, y el ángulo en el que se coloca la punta de la luz en relación con la superficie de curado. Además, la longitud de onda de la luz debe coincidir con el rango de absorción máxima del fotoiniciador en el material resinoso seleccionado.¹

El propósito de este estudio fue comparar la luz emitida generada por diferentes lámparas de fotocurado. Asimismo, esta investigación tuvo como propósito comparar la luz emitida generada por las LFC para demostrar cual es más efectiva, para de esta manera concientizar al odontólogo a tener un criterio en la elección de la LFC con la cual va a realizar su tratamiento y cuales materiales pueden ser exitosamente fotopolimerizados por esta.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las lámparas de fotopolimerización son utilizadas para la mayoría de procedimientos restauradores en la clínica dental. Éstas inducen las reacciones fotoquímicas en las resinas mediante la emisión de luz en una longitud de onda específica, la cual es absorbida por fotoiniciadores dando comienzo a la formación de cadenas poliméricas. Sin embargo, el desconocimiento de la amplia variedad de equipos y materiales restauradores disponibles en el mercado, así como sus diversas propiedades, podrían generar una polimerización inadecuada.⁶ A través del tiempo el uso de estas ha aumentado debido a la evolución de los materiales dentales, especialmente los materiales resinosos los cuales han implementado significativos avances tecnológicos. Es imprescindible, que todo profesional del área de la odontología tenga el discernimiento necesario para reconocer las características de las lámparas de fotocurado con las que ejerce diferentes procedimientos. De igual forma es importante poseer el conocimiento adecuado del uso de las lámparas de fotocurado y el mantenimiento idóneo de estas, con la finalidad de tener éxito en los procedimientos de fotopolimerización.³

El presente estudio tiene como finalidad comparar las propiedades de las lámparas de fotocurado más utilizadas en el mercado, explicando su correcto uso y mantenimiento que debe ser brindado por el odontólogo a estos dispositivos de uso cotidiano en la clínica dental.

Preguntas de investigación:

¿Cuáles son los niveles de luz emitida por el radiómetro en las lámparas estudiadas?

¿Cuáles características se deben tomar en cuenta al comprar una lámpara de fotopolimerización?

¿Cuáles son los factores que afectan el uso de las lámparas de fotocurado en la clínica dental?

¿Cuáles son las propiedades que deben tener las lámparas de fotopolimerización?

3. OBJETIVOS

GENERAL

Comparar los niveles de la luz emitida generada por diferentes lámparas de fotopolimerización.

ESPECÍFICOS

- Analizar los diferentes niveles de luz emitida de las lámparas de fotopolimerización mediante un radiómetro.
- Describir las características que deben tenerse en cuenta al comprar y utilizar una lámpara de fotopolimerización.
- Identificar los factores que afectan a las lámparas de fotopolimerización en el uso odontológico.
- Comparar las propiedades de las lámparas de fotopolimerización más utilizadas en el mercado.

4. MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Debido a la evolución de los materiales dentales como lo fueron las resinas compuestas, se incorporaron las LFC. En la década de los 70, surgió la primera fuente de luz en la Odontología la cual fue luz ultravioleta para la fotoactivación de resinas. Sin embargo, fue reemplazada rápidamente por otros sistemas por su limitada capacidad de penetración, lentitud de fotoactivación y riesgo de dermatosis o lesión ocular ante exposiciones prolongadas. A mediados de los años 80 y los 90 la principal fuente de iluminación utilizada fue la lámpara halógena, esta no tuvo una evolución cualitativa durante ese período, debido a que los principales esfuerzos científicos se orientaron hacia la mejora de la polimerización mediante el desarrollo y la evolución de la composición química de los materiales fotocurables.⁷ No obstante, debido a que las lámparas de luz halógenas tenían algunas desventajas fueron descartadas. Luego, por aproximadamente una década se utilizaron las lámparas de plasma y láser. En la actualidad, la alternativa son las lámparas LED las cuales han brindado mejoras en la odontología, elevando la calidad de los tratamientos.⁸

4.1 FASES DE LA POLIMERIZACIÓN

La polimerización se define como la transformación de monómeros y oligómeros en un compuesto de polímeros. Esta se realiza mediante diversos métodos para formar radicales libres que provocan la reacción. El copolímero es el enlace de unión de dos o más monómeros polimerizados juntos y en donde sus propiedades físicas no solo están relacionadas al monómero sino también al conjunto o unión de ellos. Por lo tanto,

esto mejora notablemente las propiedades físico-mecánicas y resultados del composite.⁹ Sus fases son las siguientes:

4.1.1 ACTIVACIÓN

La fuente con la cual se va a activar el iniciador incorporado al material, que hará necesaria para poner en marcha la reacción de la polimerización.¹⁰

4.1.2 INICIACIÓN

Esta etapa se basa en como los iniciadores activados se separan y se forman radicales libres, por la combinación de aminas terciarias. Este proceso se puede llevar a través de cuatro formas diferentes:

Se puede dar mediante el *calor (termocurado)*. En donde el peróxido benzoico se separa por acción del calor para formar radicales libres. De manera *química (autocurado)*, aquí la amina terciaria que actúa como donador de electrones actúa sobre el peróxido benzoico para formar radicales libres. Cuando surge por *luz visible*, la excitación del fotoiniciador por la luz, como la canforoquinona u otra diacetona utilizada, reacciona con la amina terciaria y empieza la formación de radicales libres. Por último, la *luz ultravioleta*, la frecuencia de luz entre los 365 nm, irradia el éter metil benzoico y forma radicales libres, sin necesidad de la presencia de aminas terciarias.¹¹

4.1.3 PROPAGACIÓN

En esta fase los radicales libres con un carbón de unión doble del monómero, el radical libre forma un par con uno de los electrones de la unión doble del carbono, convirtiendo al otro miembro del par en un nuevo radical libre, provocando que suceda este mismo

estado en las demás moléculas por colisión. Una vez desencadenado el proceso, la reacción prosigue hasta que todo el monómero sea transformado en polímero.^{10,11}

4.1.4 TERMINACIÓN

En esta etapa, la terminación surge al momento de la unión de dos radicales y es cuando se forma una unión intermolecular, produciendo la combinación de una cadena larga o también que exista la posibilidad de la formación de dos cadenas individuales, una con una unión doble y la otra saturada. La primera es la más deseada que se forme en las resinas compuestas y a la última se le conoce como terminación desproporcionada.⁹

Por otro lado, la polimerización de las resinas compuestas se produce en dos fases: *fase pre-gel* y *fase post-gel*. En la fase de pregel, la matriz orgánica puede fluir y sufrir un reordenamiento molecular, compensando las fuerzas de contracción. Durante esta fase, hay un predominio de cadenas poliméricas lineales y la resina alcanza un estado viscoso, estableciendo su punto de gel. El período posterior al punto de gel en el que la resina pierde su capacidad de fluir se denomina fase posterior al gel. Durante esta fase, la tensión de contracción de la polimerización se transfiere a la superficie de contacto de la restauración dental.¹²

4.2 TIPOS DE FOTOINICIADORES

Los fotoiniciadores se dividen en tipo I (*Lucerina, Fenilpropanodiona, Ivocerina*) y tipo II (*Canforquinona*). Los del tipo I tiene un mejor rendimiento que el tipo II debido a que no requiere de energía extra para generar radicales libres pues presenta co-iniciadores.

No obstante, el tipo II necesita de energía extra para producir dichos radicales libres. La canforquinona (CQ) es el iniciador tradicional utilizado en la mayoría de las resinas compuestas. Sin embargo, los nuevos avances científicos han evolucionado y han surgido nuevos fotoiniciadores como una alternativa a CQ, por ejemplo, óxido de trimetil-benzoil-difenilfosfina y 1-fenil-1,2-propanodiona. Otro fotoiniciador reciente es la *Ivocerina*, que en comparación con la Canforquinona, Ivocerina ofrece un mayor índice de absorción en el rango visible de luz, una fotoreactividad significativamente mayor y una excelente estabilidad de color.³

Tanto la fenilpropanodiona y la lucerina TPO pueden presentar un color claro, utilizados en algunos adhesivos, así como también en composites para tonos de esmalte o translúcidos, ya que en estos se puede sustituir la canforquinona, ya que dará un tono amarillo a la restauración. Los espectros de emisión de los diferentes fotoiniciadores serían los siguientes: Canforquinona; 400-500 nm (pico en 468 nm), Fenilpropanodiona; 400- 450 nm (pico en 410 nm) , Lucerina TPO; 350-430 nm (pico en 400nm), Ivocerina; 370- 460 nm (pico en 410 nm).¹³

4.3 LÁMPARAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN

4.3.1 LÁMPARAS DE LUZ ULTRAVIOLETA

A inicios del año 1970 se introdujeron en el mercado las primeras unidades de fotocurado, las cuales emiten luz UV en un rango de onda de 365nm. Este nuevo desarrollo significó un gran desarrollo en la odontología debido a que permitió una mejor manipulación del material frente a los productos autocurables. La compañía LD

Caulk fue quien introdujo el primer material restaurador fotopolimerizado con luz UV, un sellante de fosas y fisuras, llamado *N uva*. No obstante, pese a que las restauraciones expuestas a este tipo de luz duraron muchos años presentó problemas, ya que grosores que sobrepasan 1 mm no serían fotopolimerizados. En adición, el tiempo de exposición a la luz de la lámpara debía ser de 20 a 60 segundos lo que se consideró un tiempo prolongado, asimismo se comprobó que la capacidad de penetración de la luz era insuficiente y que podría causar problemas a la salud alterando la composición de la microbiota oral donde se dirige la radiación.¹¹

4.3.2 LÁMPARAS HALÓGENAS

A mediados de los 80 hasta mitad de los 90, los precursores de las lámparas de luz UV fueron las lámparas halógenas, las cuales sufrieron una escasa evolución cualitativa durante dicho período, debido a el desarrollo de los esfuerzos científicos encaminados hacia la mejora de polimerización mediante el desarrollo y la evolución de la composición química de los materiales fotocurables. El desarrollo de los sistemas de polimerización por luz visible presenta algunas ventajas significativas sobre los sistemas de luz ultravioleta, por ejemplo, un tiempo de trabajo infinito a la misma intensidad, polimerización en demanda, mayor duración en almacenamiento, energía eficiente, aplicación en sustratos sensibles al calor y una baja posibilidad de daño físico a los pacientes y al personal del consultorio. Estas lámparas son incandescentes y aportan una longitud de onda entre 400 y 550 nm y posee una intensidad de 400 a 800 mw/cm².¹⁵

4.3.3 LÁMPARAS DE PLASMA

Las lámparas de curado por arco de plasma presentan una energía de salida de 2400 mW/cm², generando luz en un amplio espectro, pero tienen la desventaja de presentar emisión de luz UV, visible e infrarroja.⁹

En las lámparas por arco de plasma (PAC) su espectro electromagnético es amplio; así, son capaces de activar todos los fotoiniciadores disponibles actualmente en el mercado. Aunque estas son eficientes, tienen varias desventajas. No pueden funcionar con baterías, además que son grandes, ruidosas y costosas.¹¹

4.3.4 LÁMPARAS DE LUZ LÁSER

Desde el año 1980, numerosos estudios han sido realizados con la finalidad de investigar el uso del láser de argón en la fotopolimerización de materiales resinosos.¹⁴

En 1986, Hull ⁷ sacó al mercado las lámparas láser tipo Argón, las cuales emiten una emisión estimulada de radiación y difiere de la fuente de luz convencional. La luz láser solo contiene una longitud de onda. Estas poseen una emisión de energía de alta intensidad de 800 mW/cm² y un rango de onda de 476.5 a 480 nm, que coincide con los materiales que presentan canforquinona como fotoiniciador, sin embargo, en materiales con otro tipo de fotoiniciador puede variar su eficiencia ya que su espectro de longitud de onda es muy estrecho.

4.3.5 LÁMPARAS DE DIODO EMISOR DE LUZ (LED)

La polimerización de materiales resinosos es efectuada mediante las lámparas de luz azul, siendo las lámparas LED (Light Emitting Diode) el estándar de oro de fotopolimerización en la odontología. Éstas funcionan según el efecto de electroluminiscencia, siendo las lámparas semiconductores que convierten la energía

eléctrica en luz visible. Las lámparas de LED son utilizadas para la mayoría de procedimientos restauradores que involucran materiales resinosos. Éstas inducen las reacciones fotoquímicas en las resinas mediante la emisión de luz en una longitud de onda específica, la cual es absorbida por fotoiniciadores dando comienzo a la formación de cadenas poliméricas.¹⁶

4.4 FACTORES DEL FOCO DE LUZ

4.4.1 LONGITUD DE ONDA

La longitud de onda debería de abarcar los picos máximos de absorción para la activación de los composites, para permitirnos usar cualquier material restaurador fotopolimerizable.¹¹

4.4.2 DISTANCIA

La efectividad de la irradiación lumínica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. La punta activa de la guía de luz debe estar lo más próxima posible al material fotopolimerizable, si hay aumento en la distancia, puede haber pérdidas en la intensidad de la luz.²

4.4.3 INTENSIDAD

Es trascendental, tener un mínimo de $350 - 400 \text{ mW/cm}^2$, para la correcta polimerización de las resinas. Lo idóneo es que esto se compruebe con el uso de un radiómetro.¹

4.4.4 TIEMPO DE EXPOSICIÓN

El tiempo necesario para la fotopolimerización total del composite va a depender de la intensidad registrada por la lámpara que se esté utilizando. ¹¹

4.5 RADIÓMETROS

Los radiómetros dentales pueden convertir la luz en corriente eléctrica, que se cuantifica mediante una pantalla analógica o digital. Los dos tipos de radiómetros portátiles digitales y analógicos. Un radiómetro convencional se compone de una caja con un puerto de entrada, difusores, filtros, un detector y una pantalla para leer valores. Como se mencionó anteriormente, puede ser digital o analógico; las pantallas digitales, aunque parecen precisas, no brindan resultados 100 % precisos. El puerto, desde el cual penetra la luz, tiene un gran impacto en la cantidad de fotones de luz que llegarán al detector. A menudo, estos puertos son pequeñas ventanas que varían de 6 a 12 mm de diámetro. Entonces, al alejar la punta de la luz del puerto, el clínico notará una gran fluctuación en los valores de irradiación.¹⁷

4.6 INTENSIDAD DE LUZ

La intensidad de luz se refiere a la energía final emitida generada por el equipo a través de la parte activa de la lámpara, la cual se mide en mW/cm^2 . Se puede clasificar según la intensidad: 1) Unidades de intensidad baja; las cuales la intensidad de luz emitida no supera los $400 \text{ mW}/\text{cm}^2$, 2) Unidades de intensidad intermedia; unidades con intensidades entre los 400 y $700 \text{ mW}/\text{cm}^2$, 3) Unidades de intensidad alta; intensidades registradas entre los 800 y $1200 \text{ mW}/\text{cm}^2$ 4) Unidades de intensidad muy altas; intensidades mayores a los $1200 \text{ mW}/\text{cm}^2$.¹⁸

La intensidad mínima necesaria para polimerizar correctamente los materiales de uso odontológico es de $400 \text{ mW}/\text{cm}^2$, donde es la intensidad mínima necesaria para fotopolimerizar correctamente un incremento de resina compuesta de 2 mm. Por otro lado, una intensidad por debajo de los $400 \text{ mW}/\text{cm}^2$, puede dar como resultados fallas

en la restauración. Asimismo, en las unidades de alta y muy alta intensidad existe riesgo de que la luz emitida tenga un aumento en la temperatura. Debido a esto deben ser medidas con un calorímetro para determinar la temperatura y esta no supere el límite de seguridad para la pulpa dental que son 42°. ¹⁹

5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

H1: Las lámparas de fotocurado LED de gama alta presentan una adecuada intensidad de luz.

H0: Las lámparas de fotocurado LED de gama baja no presentan una adecuada intensidad de luz.

6. MARCO METODOLÓGICO

6.1 TIPO DE ESTUDIO

6.1.1 ESTUDIO TRANSVERSAL

Este estudio es de corte transversal debido a que las mediciones son hechas en una sola ocasión. Este será porque se va a determinar la intensidad de salida de luz de las lámparas de fotocurado de diferentes marcas comerciales.

6.1.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL

Este presenta un estudio in vitro que comparó la intensidad de luz emitida en diferentes lámparas de fotopolimerización tipo LED de distintas casas comerciales, mediante el uso de un radiómetro.

6.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Este estudio se basa en un tipo de muestreo no probabilístico y por conveniencia. Debido a que este estudio es experimental comparativo en el cual se puede controlar la población del universo, la muestra está constituida por ocho lámparas de fotopolimerización. La selección de la muestra fue no aleatorizada debido a que la subjetividad del investigador decide la selección de la muestra.

6.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios de inclusión para la selección de las lámparas de fotocurado es que puedan encender y ejecutar la medición correctamente. Los criterios de exclusión son las lámparas que tengan una fuente de alimentación en mal estado, lámparas que manifiesten algún desperfecto en su funcionamiento eléctrico, que no enciendan correctamente.

6.4 VARIABLES Y ESCALA DE MEDICIÓN

En este estudio las variables utilizadas fueron clasificadas en dependientes e independientes. Las variables dependientes fueron: VD_1 intensidad de luz emitida, VD_2 condición activa de la lámpara de fotocurado, y VD_3 estado de batería de la lámpara de fotocurado. Las variables independientes fueron: VI_1 propiedades de las lámparas de fotocurado y VI_2 lámparas de fotocurado. En donde se detallan en la tabla de Operacionalización de las variables. (Tabla 1)

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

Variable	Nombre	Definición conceptual	Tipo	Escala de medición	Indicador	Valor
Dependiente	Intensidad de luz emitida (VD1)	Cantidad de flujo luminoso emitido por la lámpara de fotocurado, se puede medir en mW/cm ²	Cualitativa	Nominal	Radiómetro	Inadecuada (<400 mW/cm ²) Adecuada (≥400 mW/cm ²)
Dependiente	Condición de la parte activa de la lámpara de fotocurado (VD2)	Comprende la ausencia de desperfectos por parte de la lámpara, como fracturas, rasguños, contaminación por composites, etc	Cualitativa	Nominal	Evaluación visual	Adecuada Fracturada Rayada
Dependiente	Estado de la batería de la lámpara de fotocurado (VD3)	Es un indicador de la energía almacenada en una batería. Este indicador se expresa en porcentaje y varía de 0 a 100.	Cuantitativa	Nominal	Lámpara de fotocurado	Cargada al 100% No cargada al 100%
Independiente	Propiedades de las lámparas de fotocurado (VI1)	N/A	Cualitativa	Nominal	Marca Comercial de la lámpara	Tiempo de exposición
Independiente	Lámparas de fotocurado (VI2)	Son dispositivos que emiten luz a cierta longitud de onda endureciendo la resina u otros materiales.	Cualitativa	Nominal	Marca comercial de la lámpara	Lámparas de diodo emisor de luz

Fuente: Propia de la investigación.

6.5 MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En este estudio In Vitro se seleccionaron ocho lámparas de fotocurado de diferentes marcas comerciales L1: *Valo Ortho Cordless*, L2: *Radii Xpert*, L3: *S.P.E.C Coltene*, L4: *Greeloy*, L5: *Woodpecker Iled*, L6: *China Rosa*, L7: *3M™ Elipar™ DeepCure-L LED*, L8: *3M™ Elipar™ DeepCure-S LED*.

Figura 1. Lámpara de fotopolimerización tipo LED de la casa comercial *Valo Ortho Cordless*.



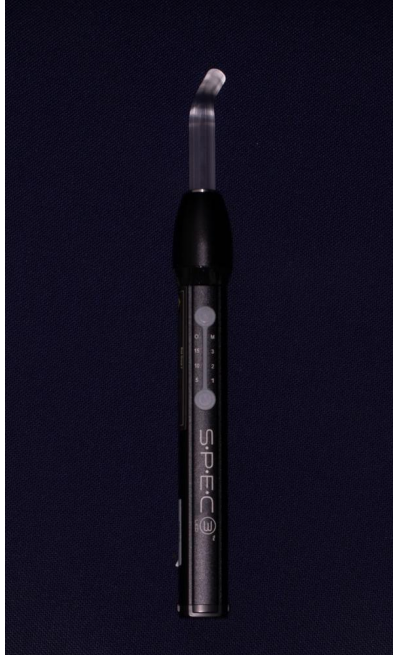
Fuente: Propia de la investigación.

Figura 2. Lámpara de fotopolimerización tipo LED de la casa comercial *Radii Xpert*.



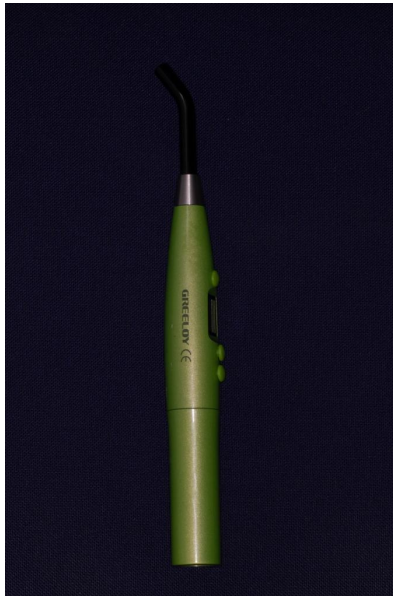
Fuente: Propia de la investigación.

Figura 3. Lámpara de fotopolimerización tipo LED de la casa comercial *S.P.E.C*
Coltene.



Fuente: Propia de la investigación.

Figura 4. Lámpara de fotopolimerización tipo LED de la casa comercial *Greeloy.*



Fuente: Propia de la investigación.

Figura 5. Lámpara de fotopolimerización tipo LED de la casa comercial *Greeloy*.



Fuente: Propia de la investigación.

Figura 6. Lámpara de fotopolimerización tipo LED de la casa comercial *China Rosa*.



Fuente: Propia de la investigación.

Figura 7. Lámpara de fotopolimerización tipo LED de la casa comercial 3M™ Elipar™

DeepCure-L LED.



Fuente: Propia de la investigación.

Figura 8. Lámpara de fotopolimerización tipo LED de la casa comercial 3M™ Elipar™

DeepCure-S LED.



Fuente: Propia de la investigación.

Primero, se verificaron las condiciones de la parte activa de la LFC, al igual que el estado de batería de las mismas. Los métodos de este estudio se hicieron a través de un radiómetro Bluephase Meter (Fig. 9), Ivoclar el cual se utilizó para medir la intensidad de la luz emitida por las unidades LED. La parte activa de la fibra óptica se sitúa sobre un sensor circular que tiene el radiómetro del diámetro de la fibra óptica de la lámpara, las intensidades medidas se calculan en mW/cm^2 donde indica a través de una pantalla digital. Esto se ejecutará durante el tiempo recomendado del fabricante de cada lámpara en este caso fueron 20 segundos, exceptuando las lámparas que presentan diferentes modalidades de potencia en este caso, la VALO, Ultradent y la SPEC, Coltene.

Figura 9. Radiómetro Bluephase Meter Ivoclar.



Fuente: Propia de la investigación.

6.5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información obtenida fue recogida, codificada y archivada en un archivo del programa Excel Microsoft Office Versión 2206. Luego, se analizaron mediante estadística descriptiva con frecuencia y porcentajes para las variables categóricas para reportar los valores de la intensidad lumínica medida en el Radiómetro Bluephase Ivoclar de las ocho lámparas de fotopolimerización Tipo LED (*L1: Valo Ortho Cordless, L2: Radii Xpert, L3: S.P.E.C Coltene, L4: Greeloy, L5: Woodpecker Iled, L6: China Rosa, L7: 3M™Elipar™ DeepCure-L LED, L8: 3M™ Elipar™ DeepCure-S LED*). Por consiguiente, se ordenaron los valores obtenidos en Modo Estándar, Alto Poder, Xtra Poder y el 3k/Ortho con el objetivo de describir de manera cuantitativa los resultados. Además, se realizó el porcentaje de diferencia entre la intensidad lumínica indicada por el fabricante y la obtenida en el estudio utilizando el Radiómetro Bluephase Ivoclar.

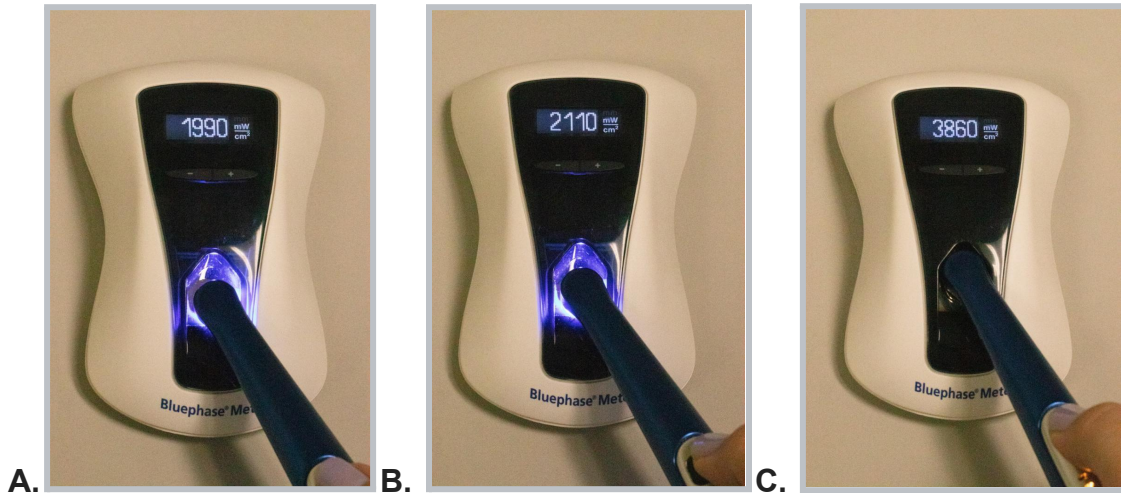
7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se analizaron ocho lámparas de fotocurado de diferentes marcas comerciales *L1: Valo Ortho Cordless*, *L2: Radium Xpert*, *L3: S.P.E.C Coltene*, *L4: Greeloy*, *L5: Woodpecker Iled*, *L6: China Rosa*, *L7: 3M™ Elipar™ DeepCure-L LED*, *L8: 3M™ Elipar™ DeepCure-S LED*. A cada una se le evaluó la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm^2 , intensidad lumínica medida con el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar en mW/cm^2 , frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro, estado de la lámpara, estado de la batería y tiempo de exposición. En donde todas presentaron un estado adecuado y estaban 100% cargadas.

La LFP *Valo Ortho Cordless* presentó las siguientes intensidades de luz emitidas en el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar en el modo estándar durante 10 segundos (Fig. 10A) $1990 \text{ mW}/\text{cm}^2$, en el modo alto poder durante 3 segundos (Fig.10B) $2110 \text{ mW}/\text{cm}^2$ y en el modo Xtra poder durante 3 segundos (Fig.10C) $3860 \text{ mW}/\text{cm}^2$ en comparación con la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm^2 de la *L1* el cual recomienda las siguientes intensidades en modo estándar 1000, alto poder 1400 y Xtra poder 3200. La frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro se obtuvo 100% en las tres potencias.

Figura 10. *Valo Ortho Cordless* en sus tres modos de potencia.

(A. *Modo Estándar*, B. *Alto Poder*, C. *Xtra Poder*)



Fuente: Propia de la Investigación.

La LFP *Radii Xpert* presentó la siguiente intensidad de luz emitida durante 20 segundos en el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar 1170 mW/cm² (Fig. 11) en comparación con la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm² de la L2 el cual recomienda la siguiente 1500mW/cm². La frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro se obtuvo 78% en su única potencia.

Figura 11. *Radii Xpert* en su único modo de potencia.

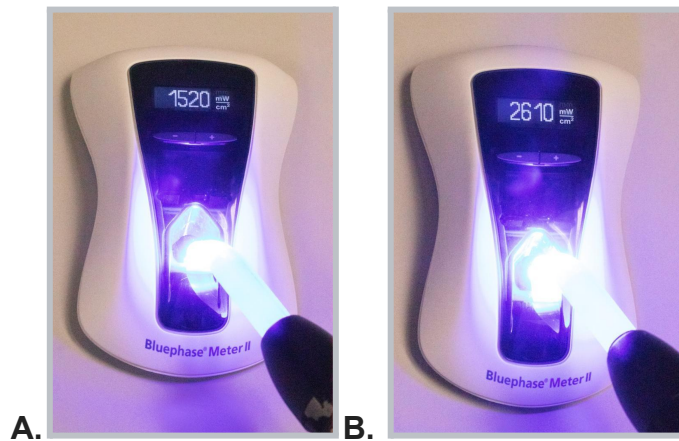


Fuente: Propia de la Investigación.

La LFP *S.P.E.C Coltene* presentó las siguientes intensidades de luz emitidas en el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar en el modo estándar durante 20 segundos (Fig. 12A) 1520 mW/cm^2 , en el modo 3K y Ortho durante 3 segundos (Fig.12B) 2610 mW/cm^2 En comparación con la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm^2 de la *L3* el cual recomienda las siguientes intensidades en modo estándar 1600 y modo 3K y Ortho 3000-3500. La frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro se obtuvo 95% en modo estándar y en modo 3k y Ortho 87%.

Figura 12. *S.P.E.C Coltene* en sus dos modos de potencia.

(A. Modo Estándar, B. Modo 3K y Ortho)



Fuente: Propia de la investigación.

La LFP *Gree/oy* presentó la siguiente intensidad de luz emitida durante 20 segundos en el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar 780 mW/cm² (Fig. 13) en comparación con la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm² de la *L4* el cual recomienda la siguiente 1000mW/cm² . La frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro se obtuvo 78% en su única potencia.

Figura 13. *Gree/oy* en su único modo de potencia.



Fuente: Propia de la investigación.

La LFP *Woodpecker Iled* presentó la siguiente intensidad de luz emitida durante 20 segundos en el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar 1120 mW/cm^2 (Fig. 14) en comparación con la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm^2 de la *L5* el cual recomienda la siguiente 1000 ~ 2500 mW/cm^2 . La frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro se obtuvo 100% en su única potencia.

Figura 14. *Woodpecker Iled* en su único modo de potencia.



Fuente: Propia de la investigación.

La LFP *China Rosa* presentó la siguiente intensidad de luz emitida durante 20 segundos en el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar 760 mW/cm² (Fig. 15) en comparación con la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm² de la *L6* el cual recomienda la siguiente 1000 mW/cm² . La frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro se obtuvo 76% en su única potencia.

Figura 15. *China Rosa* en su único modo de potencia.



Fuente: Propia de la investigación.

La LFP *3M™ Elipar™ DeepCure-L LED* presentó la siguiente intensidad de luz emitida durante 20 segundos en el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar 1700 mW/cm^2 (Fig. 16) en comparación con la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm^2 de la *L7* el cual recomienda la siguiente 1470 mW/cm^2 . La frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro se obtuvo 100% en su única potencia.

Figura 16. *3M™ Elipar™ DeepCure-L LED* en su único modo de potencia.



Fuente: Propia de la investigación.

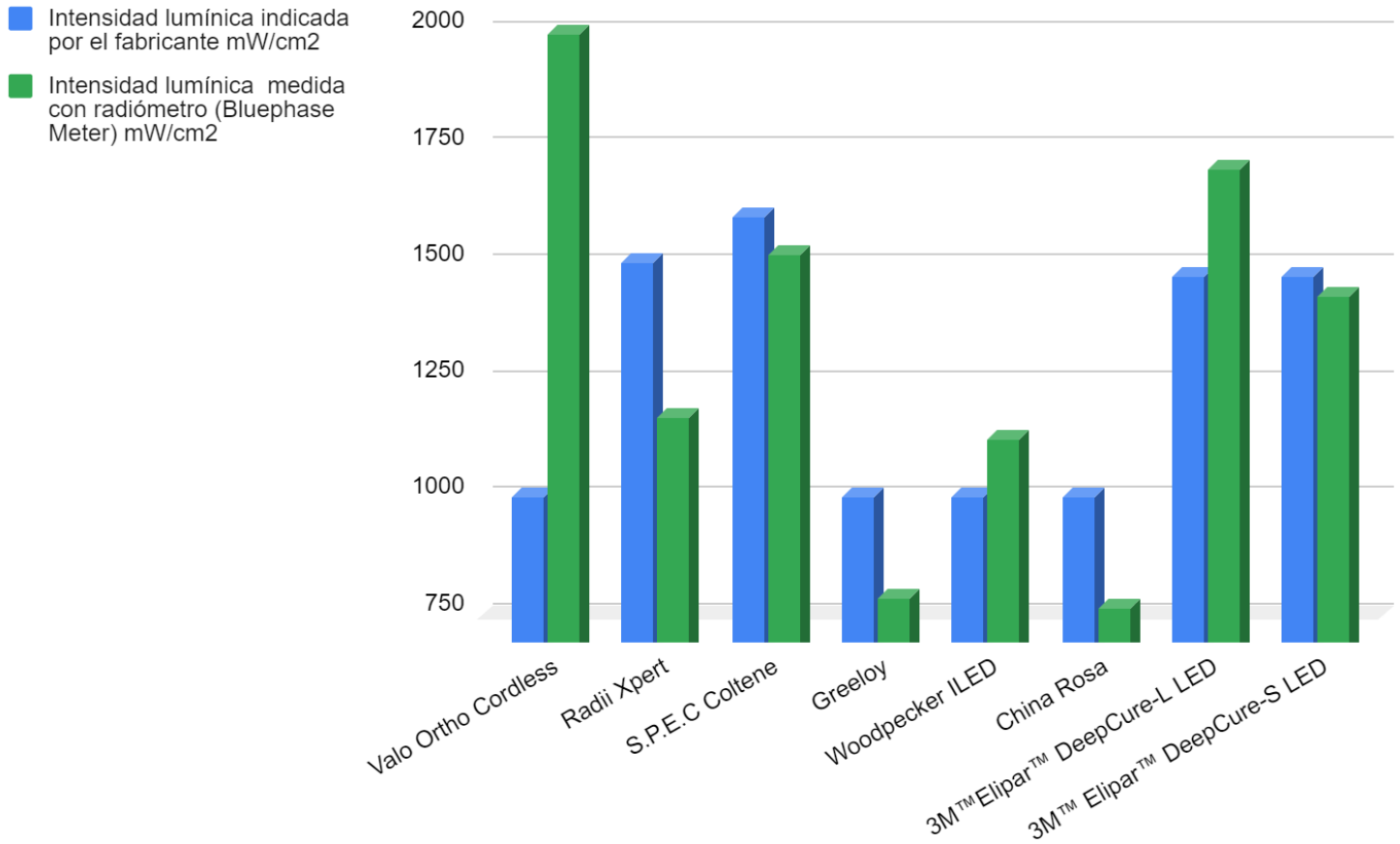
La LFP *3M™ Elipar™ DeepCure-S LED* presentó la siguiente intensidad de luz emitida durante 20 segundos en el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar 1430 mW/cm^2 (Fig. 17) En comparación con la intensidad lumínica indicada por el fabricante en mW/cm^2 de la *L8* el cual recomienda la siguiente 1470 mW/cm^2 . La frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro se obtuvo 97% en su única potencia.

Figura 17. *3M™ Elipar™ DeepCure-S LED* en su único modo de potencia.



Fuente: Propia de la investigación.

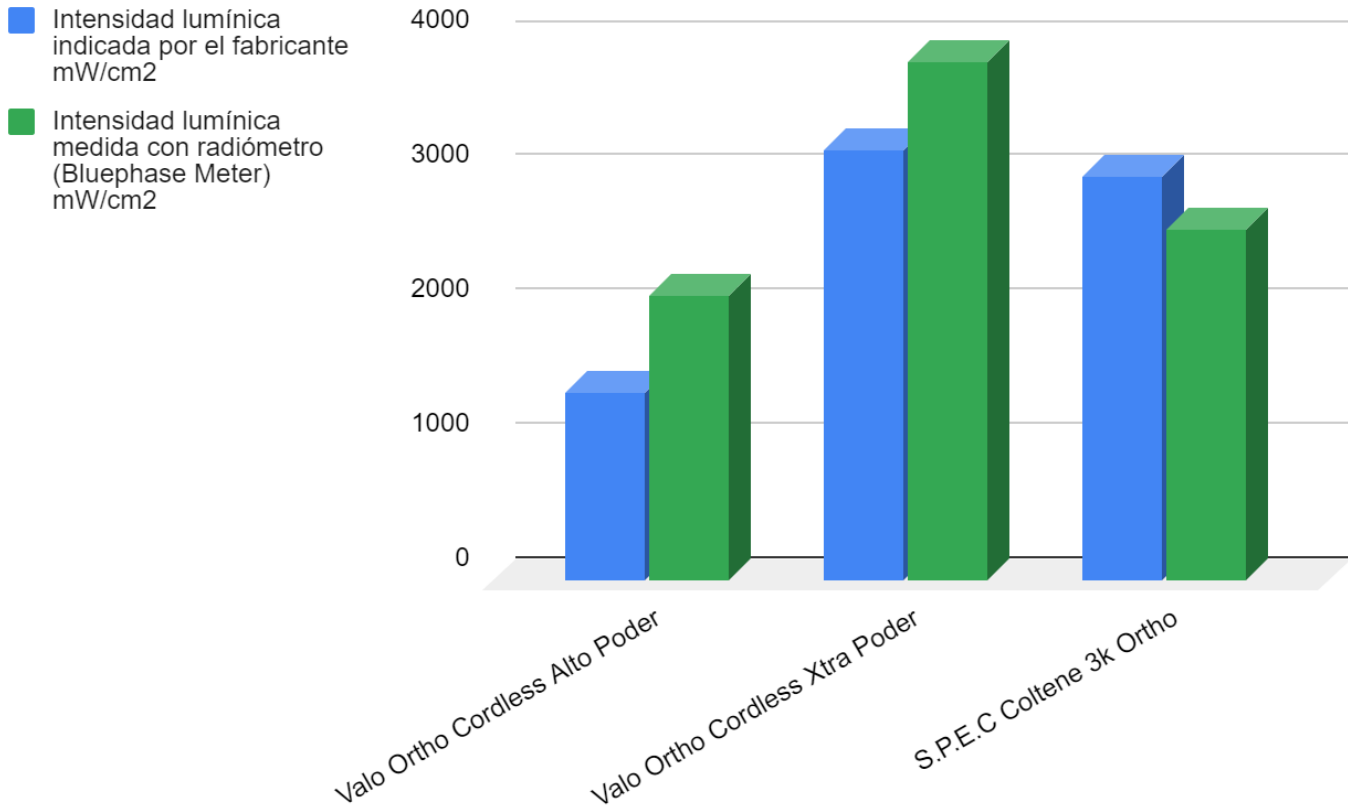
Gráfico 1. Intensidad lumínica indicada por el fabricante Vs Intensidad lumínica medida con radiómetro (Bluephase Meter).



Fuente: Propia de la investigación.

Se muestra la intensidad lumínica indicada por el fabricante, medida en mW/cm² en azul y en verde la intensidad lumínica medida con el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar. La *Valo Ortho Cordless*, *Woodpecker ILED* y *3M™ Elipar™ DeepCure-L LED* muestran mayor intensidad de luz comparada con lo indicado por el fabricante. La *Radii Xpert*, *S.P.E.C Coltene*, *Greeloy*, *China Rosa* y *3M™ Elipar™ DeepCure-S LED* representan una menor intensidad de luz en comparación con lo indicado por el fabricante.

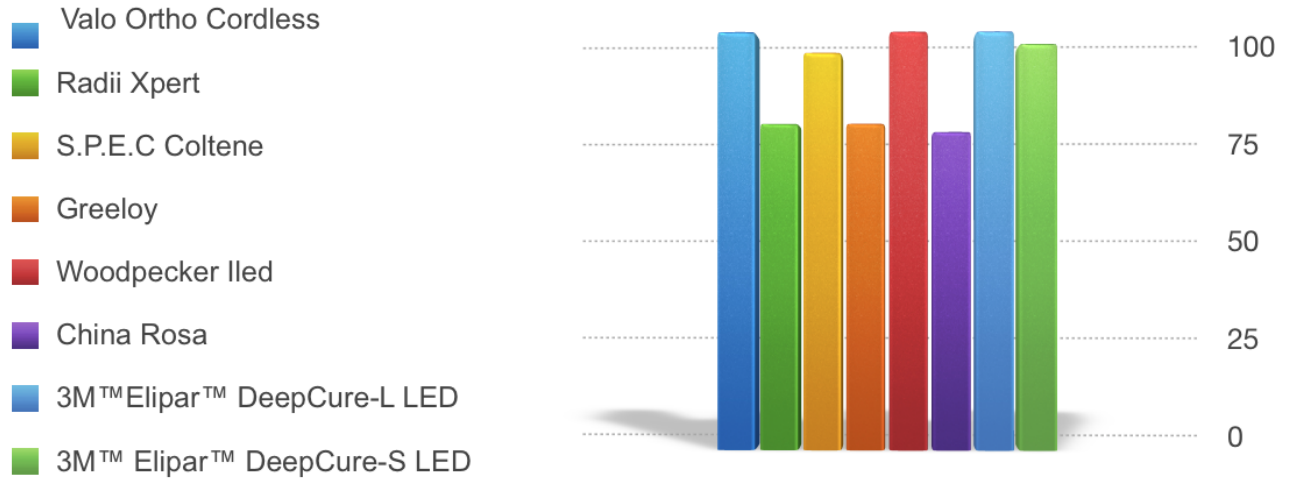
Gráfico 2. Intensidad lumínica indicada por el fabricante en modo de potencia Alto, Xtra, 3K Ortho Vs Intensidad lumínica medida con radiómetro (Bluephase Meter).



Fuente: Propia de la investigación.

Se muestra la intensidad lumínica indicada por el fabricante en modo de potencia Alto, Xtra, 3K y Ortho, medida en mW/cm² en azul y en verde la intensidad lumínica medida con el radiómetro Bluephase Meter Ivoclar. La *Valo Ortho Cordless* en Alto Poder y en Xtra Poder muestra una mayor intensidad de luz comparada con lo indicado por el fabricante. Mientras que la *S.P.E.C Coltene* en modo 3K Ortho representa una menor intensidad de luz en comparación con lo indicado por el fabricante.

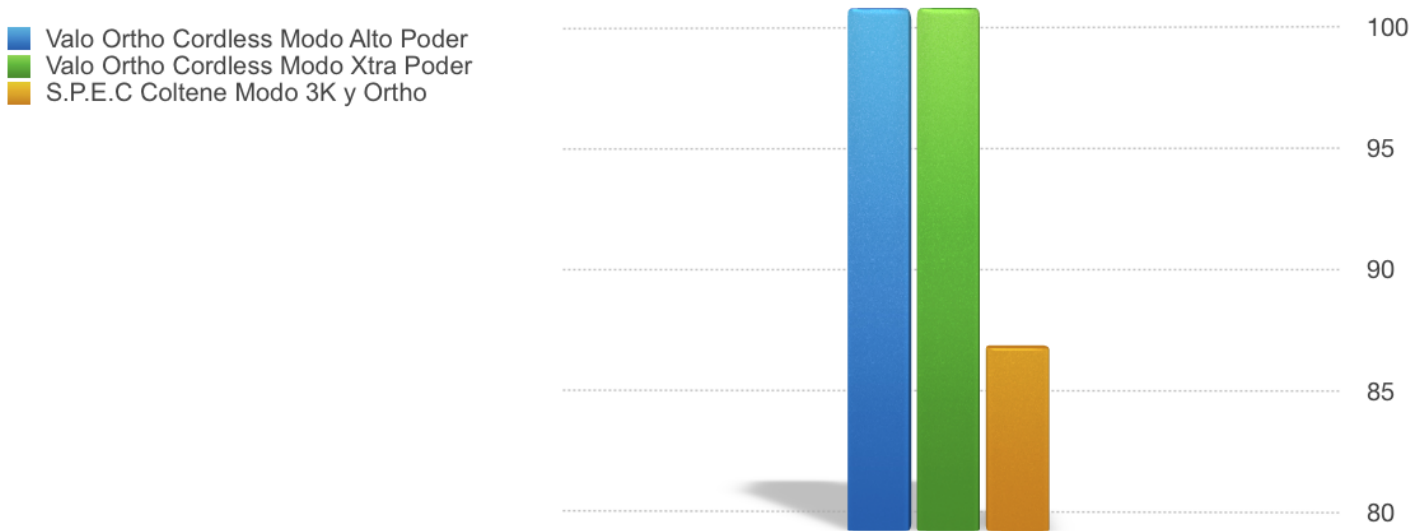
Gráfico 3. Frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante en modo de potencia estándar medida con el radiómetro.



Fuente: Propia de la investigación.

Se muestra la frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante en modo de potencia estándar y la medida con el radiómetro. Donde la *Valo Ortho Cordless* en modo estándar indicó un 100%, *Rarii Xpert* 78 %, la *S.P.E.C. Coltene* un 95%, la *Greeloy* dio 78%, la *Woodpecker Iled* fue 100%, la *China Rosa* indicó un 76%, la *3M™ Elipar™ DeepCure-L LED* 100% y la *3M™ Elipar™ DeepCure-S LED* 97%.

Gráfico 4. Frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante en modo de potencia Alto Poder, Xtra Poder , 3K y Ortho y la medida con el radiómetro.



Fuente: Propia de la investigación.

Se muestra la frecuencia de la intensidad lumínica del fabricante en modo de potencia Alto Poder, Xtra Poder, 3K y Ortho y la medida con el radiómetro. Donde la *Valo Ortho Cordless* presentó un 100% en sus modos de potencia Alto Poder y Xtra Poder y la *S.P.E.C Coltene* en modo 3K/Orto mostró un 87%.

8. DISCUSIÓN

Este estudio tuvo como objetivo comparar los niveles de la luz emitida generada por diferentes lámparas de fotopolimerización. En el presente estudio se evaluaron ocho lámparas de fotocurado tipo LED de diferentes casas comerciales, donde se midió mediante un radiómetro la intensidad de la luz emitida en todos los modos de potencia de cada una de estas utilizando el tiempo de luz indicado por el fabricante.

La adecuada polimerización de los materiales resinosos constituye el éxito de los procedimientos odontológicos restauradores.³ Según el estudio realizado por Bansal se ha demostrado que una fuerza de producción de 400 mW/cm^2 durante 40 segundos es aceptable para polimerizar completamente un incremento de 2 mm de espesor. Por lo cual, los resultados obtenidos en el presente estudio, donde el 100% de las LFC evaluadas emitieron una intensidad de luz mayor a 400 mW/cm^2 . Siendo así estas consideradas adecuadas para el uso odontológico siempre que se utilicen en tiempos de fotocurado adecuados.

Forghani²⁰ en su estudio plantea la importancia de que las lámparas de fotocurado estén en condiciones óptimas debido a que de esta manera se podrá lograr una fotopolimerización exitosa. Los resultados de su estudio demostraron que la intensidad de luz de alrededor del 46% de las unidades de fotopolimerización, utilizadas en odontología privada prácticas y clínicas, eran inadecuadas debido a que emitieron una intensidad de luz menor a 300 mW/cm^2 . La mayoría de los materiales de uso odontológico que requieren de un espectro de luz ultravioleta para su fotopolimerización y utilizan fotoiniciadores sensibles a esta, por lo cual la velocidad

con la cual viaja dicha luz puede afectar la polimerización a profundidad del material. Una fotopolimerización inadecuada puede alterar significativamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del material restaurador sobre la estructura dentaria, ocasionando sensibilidad, microfiltración e inestabilidad del color en la restauración. Además, podría causar una reducción en la dureza y la resistencia al desgaste, debido a que se debilita la unión al diente, pudiendo aumentar las microfiltraciones de la resina en los márgenes gingivales, aumentando la probabilidad de contaminación y posibles fracturas.

Para obtener una fotopolimerización adecuada en la profundidad de la restauración es necesario que la intensidad lumínica de la lámpara de fotocurado LED sea el doble a lo mínimo permitido, debido a que la intensidad de la luz es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia respecto al foco de luz, debiéndose así la responsabilidad del fracaso en una restauración al mal fotocurado de este material. La intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado no se puede evaluar visualmente, siendo necesario el uso de un instrumento que pueda cuantificar esa intensidad. El radiómetro es un elemento idóneo para medir la intensidad de la luz emitida en las lámparas de fotocurado, permitiéndole al odontólogo tener una revisión de este dispositivo de uso frecuente en el consultorio para brindar un trabajo de calidad a los pacientes. Los resultados de esta investigación determinaron que las lámparas de fotocurado analizadas en su mayoría no coincide con el rango de intensidad de luz emitida indicado con el fabricante obteniendo el 37.5% una mayor intensidad de luz comparada con lo indicado por el fabricante, mientras el 62.5% representan una menor intensidad de luz en comparación con lo indicado por el fabricante. En este estudio se obtuvieron

resultados predecibles debido a que todas las LFP estaban cargadas 100% y estaban en condiciones adecuadas para su uso según el fabricante de cada una de estas.

Las lámparas de fotopolimerización al ser dispositivos médicos utilizados en el tratamiento de pacientes durante la consulta odontológica deben ser dispositivos aprobados y evaluados periódicamente con la finalidad de verificar su efectividad en el tiempo, esto coincide con el estudio realizado por Al-Senan ²² afirma que es fundamental realizar el mantenimiento de las LFP debido a que su calidad disminuye con el tiempo como resultado del uso prolongado la batería puede perder su efectividad, la contaminación de la punta se puede ver afectada con restos de resina compuesta y los problemas de esterilización. La capacidad de fotopolimerización de las lámparas de polimerización se ve alterado frente a factores como la presencia de material compuesto en la fibra óptica, evitando así la correcta salida de luz emitida por las LFP. Por tal razón, se deben tomar diversas medidas para prevenir esto, como por ejemplo, el uso de fundas desechables para proteger la lámpara, una correcta desinfección en cada uso, y seguir medidas del fabricante para su cuidado específico.

En el artículo realizado por Rivas et al, concuerdan con nuestro estudio debido a que estos hacen mención a que en la presencia de contaminantes de resinas sobre la fibra óptica va a interferir con la intensidad lumínica, estos sugieren el uso de barreras físicas traslúcidas desechables para así evitar la contaminación cruzada, y el depósito de desechos de materiales a nivel de la fibra óptica.

9. CONCLUSIONES

Luego de haber analizado la luz emitida en ocho lámparas de fotopolimerización LED de diferentes casas comerciales mediante un radiómetro. Se concluyó que el 100% de ellas presentan intensidades aceptables para la correcta polimerización de los materiales odontológicos. Las intensidades promedio de las lámparas de fotopolimerización evaluadas fue de 1,731.8 mW/cm².

Las características que se deben tener en cuenta al comprar y utilizar una lámpara de fotopolimerización tipo LED son las siguientes: una luz emitida mínima de 500 mW /cm² y máxima de 4,000 mW/cm² y el diámetro de la punta se sugiere que sea de 9 a 11 mm. Por otro lado, se recomienda un cabezal recto para tener mejor acceso a la zona posterior. Es importante, que presenten una buena colimación de una profundidad de curado, es decir que transmita una intensidad de igual valor hasta los 10 mm de distancia.

La intensidad de luz de las LFP pueden reducir significativamente si la punta se encuentra contaminada, con desechos o con algún desperfecto. Otro factor que puede afectar el uso de estas es la desinformación por parte del operador sobre las especificaciones de la LFP que estén usando. Además, el uso de barreras puede disminuir la salida de luz de las mismas debido a que se dispersa, por consiguiente se tiene que modificar el tiempo de curado para compensar la energía radiante reducida.

Las LFP más utilizadas en el mercado tiene las siguientes propiedades: Diodo para emitir la luz con longitud de onda múltiple para transmitir luz de elevada intensidad de

385-515 nm, diseño elegante, aerodinámico, LED de alta potencia, brindan una polimerización completa y uniforme, son inalámbricas.

10. RECOMENDACIONES

- Leer las instrucciones del fabricante antes de utilizar una lámpara de fotopolimerización.
- Darle el mantenimiento adecuado según las indicaciones del fabricante.
- Cargar al 100% las LFC antes de realizar algún procedimiento para mejorar su rendimiento.
- Verificar periódicamente las condiciones de la LFC con el objetivo de detectar algún daño que pudiera estar alterando el funcionamiento de esta.
- Tomar las medidas de bioseguridad pertinentes antes, durante y después de su uso.

11. PROSPECTIVA

Después de haber efectuado este estudio In Vitro “Comparación de luz emitida en diferentes lámparas de fotopolimerización.”, se sugieren se las siguientes prospectivas:

- Medir las diferentes cantidades radiométricas en función de la longitud de onda de diferentes lámparas de fotopolimerización con un espectrorradiómetro.
- Medir la resistencia a la tracción y la comprensión de una resina control fotoactivada con diferentes lámparas de fotocurado.
- Determinar la relación entre potencia y distancia de las lámparas de fotopolimerización.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Frazier K, Bedran-Russo AK, Lawson NC, Park J, Khajotia S, Urquhart O. Dental light-curing units: An American Dental Association Clinical Evaluators Panel survey. *JADA* . 2020 Jul 1;151(7):544-5.
2. Price RB, Ferracane JL, Hickel R, Sullivan B. The light-curing unit: an essential piece of dental equipment. *Int. Dent. J.* 2020 Dec 1;70(6):407-17.
3. Blog.ivoclarvivadent.com. 2022. [online] Disponible en: <https://blog.ivoclarvivadent.com/hubfs/Content_Offers/Bluephase%20Style_Special%20Feature_ES.pdf?hsCtaTracking=d843bbe9-15f0-47bc-a4d5-b956cbeb2e9b%7C0fd94690-4576-4fac-ae51-76f793b45635> [Recuperado 02 de febrero de 2022].
4. Zúñiga Ortiz MD. Eficiencia de fotopolimerización de lámparas led en relación a la microdureza de resinas compuestas de la clínica estomatológica de la Universidad Alas Peruanas. Arequipa 2018.
5. Soares CJ, Rodrigues MD, Oliveira LR, Braga SS, Barcelos LM, Silva GR, Giannini M, Price RB. An evaluation of the light output from 22 contemporary light curing units. *Braz.Dent.J.* 2017 May;28:362-71.
6. Melendez D, Delgado L. La ciencia detrás de las lámparas de polimerización LED. The science behind led light curing units. *Revisión Bibliográfica.* 2021;10.
7. Gil AM, Ojeda YM, Rodríguez JÁ. Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas.* 2016 Feb 20;15(1):8-16.
8. Sierra Vaca KG. Efectividad de las lámparas de fotocurado usadas por los estudiantes de odontología, de acuerdo a la irradiancia obtenida ya la integridad de la fibra óptica (Bachelor's thesis, Quito: UCE.).
9. Sánchez CC, Pedraza AM. Materiales de resinas compuestas y su polimerización Parte I. *Revista ADM.* 2009;66(4):36.

10. Ruedgeberg F, Giannini M, Arrais C, Price R. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz. Oral Res.* 2017; 31(suppl): 64 – 91
11. Rojas Silva EJ. Evaluación de la intensidad de luz emitida por las lámparas de fotocurado de la clínica odontológica de la Uladech Católica, distrito de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Ancash–2017.
12. Roy KK, Kumar KP, John G, Sooraparaju SG, Nujella SK, Sowmya K. A comparative evaluation of effect of modern-curing lights and curing modes on conventional and novel-resin monomers. *J. Conserv. Dent. : JCD.* 2018 Jan;21(1):68.
13. Monteros Obando MI. Efectividad de polimerización en técnica de termoplastificación a través de discos cerámicos empleando lámparas de diferentes longitudes de onda (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
14. Mangat P, Dhingra A, Bhardwaj G. Curing Lights and the science behind them-An Overview. *IOSR-JDMS.* 2014 Dec;13(12):35-9.
15. Sánchez CC, Pedraza MM. Métodos de activación de la fotopolimerización Parte II. *Revista de la ADM.* 2009;66(5):18-28.
16. Mastrangelo F, Perraro I, Mattia S, Troiano G, Zhurakivska K, Polizzi E, et al. Laser versus LED polymerization: Comparison of in vitro preventive sealing procedures. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials.* 2019 Jan;17(1):22.
17. Assaf C, Fahd JC, Sabbagh J. Assessing dental light-curing units' output using radiometers: A narrative review. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry.* 2020 Jan;10(1):1.
18. Jarquín Hernández D, Bonilla S. Aumento de la temperatura en la superficie dental durante la fotopolimerización. *Odontología Vital.* 2016 Dec(25):17-22.
19. Mouhat M, Mercer J, Stangvaltaite L, Örtengren U. Light-curing units used in dentistry: factors associated with heat development—potential risk for patients. *Clin Oral Invest.* 2017; 21(5):1687-1696.

20. Forghani N. The Evaluation of the Efficiency of LED Light-curing Units Used in Private Dental Clinics. *IJRRD*. 2019;2(2):1-6.
21. Rivas CG, Flores DD, Sevilla CT, Ruiz-Barrueto MA. Intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado LED en los consultorios odontológicos de Piura, Perú. *Rev Cubana Estomatol*. 2022 Apr 14;59(2):3767.
22. Al-Senan D, Ageel F, Aldosari A, Maktabi H. Knowledge and Attitude of Dental Clinicians towards Light-Curing Units: A Cross-Sectional Study. Nuvvula S, editor. *International Journal of Dentistry*. 2021:1–8.
23. Jurado Álvarez KV. Ventajas y desventajas del uso de lámparas LED en odontología. *Revisión sistemática*. 2021.
24. Adasme Zeballos JJ. Evaluación In Vitro del Volumen de Contención entre dos Resinas de Nanopartículas Según el Tiempo de Exposición a una Lámpara de Fotopolimerización. Tacna. 2017.
25. Cotillo Samillan JV, Kanashiro Cossio E, Vasquez Durand MR. Valoración de la intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado en los establecimientos de salud públicos en la zona urbana de la ciudad de Huaraz-2021.

12. ANEXOS:

ANEXO 1. CARTA DE APROBACIÓN DEL TEMA DE TRABAJO FINAL DE GRADO

República Dominicana, Santo Domingo, D. N.
02 de febrero de 2022.

A: Dirección Escuela de Odontología Universidad Iberoamericana.
Asunto: Solicitud de aprobación de tema de Trabajo Final de Grado.

Distinguido director, cortésmente por medio de la presente estamos sometiendo a la Escuela de Odontología UNIBE, el proyecto final de grado bajo el tema: “ *Comparación de luz emitida en diferentes lámparas de fotopolimerización.* ”, para obtener el título de doctor en odontología.

Este tema ha sido aprobado por la docente titular, Dra. Helen Rivera y el docente especializado Dra. Perla Medina.

El objetivo del presente estudio es comparar los niveles de la intensidad lumínica generada por diferentes lámparas de fotopolimerización.

La presente se envía para el conocimiento y fines de lugar

Atentamente,

Juliana Rodriguez Cabrera 20-0741
Kiara Alexandra Roldán Bermúdez 19-0499

Docente Titular: Dra.Helen Rivera



Docente Especializado: Dra. Perla Medina

ANEXO 2. CERTIFICADOS DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

NOMBRE: JULIANA RODRIGUEZ MATRICULA: 20-0741




CERTIFICACIÓN EN ÉTICA DE INVESTIGACIÓN Comité de Ética en Investigación

Nombre completo	Juliana Rodríguez
Matrícula o código institucional	200741
Correo Electrónico	JULIANAROD93@GMAIL.COM
Carrera:	Odontología
Estado del examen	Aprobado
Número de Certificación	DIAIRB2021-001917
Fecha	Monday, March 7, 2022
Firma Rosa Hilda Cueto	

ANEXO 3. CERTIFICADOS DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN.

NOMBRE: KIARA ROLDÁN MATRÍCULA: 19-0499



Nombre completo	Kiara Alexandra Roldan Bermúdez
Matrícula o código institucional	190499
Correo Electrónico	kiararoldan1912@gmail.com
Carrera:	Odontología
Estado del examen	Aprobado
Número de Certificación	DIAIRB2021-001931
Fecha	Monday, March 14, 2022
Firma Rosa Hilda Cueto	

ANEXO 4. Tabla de Recolección de Datos del Estudio.

<i>Lámparas de fotocurado</i>	<i>Intensidad lumínica indicada por el fabricante mW/cm²</i>	<i>Intensidad lumínica medida con radiómetro (Bluephase Meter) mW/cm²</i>	<i>Porcentaje de Diferencia entre intensidad lumínica del fabricante y medida con el radiómetro.</i>	<i>Estado lámpara</i>	<i>Estado de batería</i>	<i>Tiempo de exposición</i>
L1: Valo Ortho Cordless	Modo Estándar: 1000 Alto Poder: 1400 Xtra Poder: 3200	1. 1990 2. 2110 3. 3860	1. 100% 2. 100% 3. 100%	Adecuada	100%	Modo Estándar: 10 segundos Alto Poder: 3 segundos Xtra Poder: 3 segundos
L2: Radii Xpert	1500	1170	78%	Adecuada	100%	20 segundos
L3: S.P.E.C Coltene	Modo Estándar: 1600 Modo 3K y Ortho: 3000-3500	1. 1520 2. 2610	1. 95% 2. 87%	Adecuada	100%	Modo Estándar: 20 segundos Modo 3k y Ortho: 3 Segundos
L4: Greeloy	1000	780	78%	Adecuada	100%	20 segundos
L5: Woodpecker Iled	1000 ~ 2500	1120	100%	Adecuada	100%	20 segundos
L6: China Rosa	1000	760	76%	Adecuada	100%	20 segundos
L7: 3M™Elipar™ DeepCure-L LED	1470	1700	100%	Adecuada	100%	20 segundos
L8: 3M™ Elipar™ DeepCure-S LED	1470	1430	97%	Adecuada	100%	20 segundos

Fuente: Propia de la investigación.