

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS- ODONTOLOGÍA

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

TÍTULO:

**Evaluación del desempeño de las lámparas de fotocurado comercializadas
en Guayaquil.**

Autor

Hidalgo Salto, Daniel Andrés

TUTOR:

Dra. Leticia Peña Arosemena

Guayaquil, Ecuador

2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Daniel Andrés Hidalgo Salto**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Odontólogo**

TUTOR (A)

Dra. Leticia Peña Arosemena

REVISOR(ES)

DIRECTOR DE LA CARRERA

Dr. Juan Carlos Gallardo Bastidas

Guayaquil, a los 21 del mes de Febrero del año 2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Daniel Andrés Hidalgo Salto

DECLARO QUE:

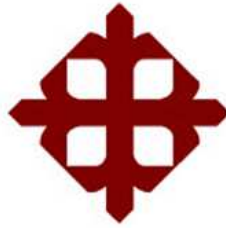
El Trabajo de Titulación **Evaluación del desempeño de las lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil**, previa a la obtención del Título de **Odontólogo**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 21 del mes de Febrero del año 2015

EL AUTOR (A)

Daniel Andrés Hidalgo Salto



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

CARRERA ODONTOLOGÍA

AUTORIZACIÓN

Yo, Daniel Andrés Hidalgo Salto

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Evaluación del desempeño de las lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 del mes de marzo del año 2015

EL AUTOR:

Daniel Andrés Hidalgo Salto

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	III
CALIFICACIÓN	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
1. PROTOCOLO	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.5. VIABILIDAD	6
1.6. OBJETIVO GENERAL	7
1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.8. HIPÓTESIS	9
1.9. VARIABLES	10
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. HISTORIA Y ANTECEDENTES	15
2.2. RESINAS COMPUESTAS FOTOACTIVADAS	16
2.2.1. Matriz orgánica	16
2.2.2. Matriz inorgánica	17
2.2.3. Agente de unión	17
2.2.4. Fotoiniciadores	17
2.3. REQUISITOS PARA LOGRAR UNA RESTAURACIÓN DE RESINA COMPUESTA EXITOSA	17
2.3.1. Características de la luz de fotocurado	18
2.3.2. Técnica del operador	22
2.3.3. Características de la restauración	24
2.3.4. Energía requerida	25
2.4. TIPOS DE LÁMPARAS DE FOTOCURADO	26
2.4.1. Halógenas	26
2.4.2. Arco plasma	27
2.4.3. Láser de argón	27
2.4.4. LED	28
- Primera Generación	28

- Segunda Generación	29
- Tercera Generación	29
2.5. LONGITUD DE ONDA	29
2.6. IMPORTANCIA DE LA LONGITUD DE ONDA	30
2.7. TIPOS DE FOTOINICIADORES	30
2.8. INTENSIDAD DE LUZ	31
2.9. IMPORTANCIA DE LA INTENSIDAD DE LUZ	32
2.10. TÉCNICAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN	33
2.10.1. Convencional, sostenida o fija	33
2.10.2. Rampa	33
2.10.3. 2 pasos	34
2.10.4. Pulso	34
2.11. ENERGÍA NECESARIA PARA POLIMERIZAR CORRECTAMENTE UNA RESINA COMPUESTA	35
2.12. FACTORES QUE AFECTAN LA CANTIDAD DE ENERGÍA QUE LLEGA A UNA RESTAURACIÓN DE RESINA COMPUESTA	36
2.12.1. Posición y orientación de la lámpara de fotocurado	36
2.12.2. Conductor de luz	37
2.12.3. Nivel de batería	37
2.12.4. Barreras	38
2.13. CONSECUENCIAS DE UNA FOTOPOLIMERIZACIÓN EXCESIVA	39
2.14. RIESGOS A LA SALUD ASOCIADOS A LA LUZ DE FOTOCURADO	39
3. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1. MATERIALES	40
3.2. RECURSOS EMPLEADOS	43
3.3. UNIVERSO	43
3.4. MUESTRA	43
3.4.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN DE LA MUESTRA	43
3.4.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN DE LA MUESTRA	43
3.5. MÉTODOS	45
3.6. PROCEDIMIENTOS	45
4. RESULTADOS	47
5. DISCUSIÓN	59
6. CONCLUSIONES	60
7. RECOMENDACIONES	62
8. BIBLIOGRAFÍA	64
9. ANEXOS	70

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Distribución del tipo de lámparas. Muestra	47
GRÁFICO 2. Distribución de las lámparas de fotocurado analizadas en el estudio. Control y Experimental	47
GRÁFICO 3. Distribución de tiempo de uso	48
GRAFICO 4. Promedio de intensidad según tiempo de uso	48
GRAFICO 5. Promedio del porcentaje de la intensidad mantenida en el tiempo	49
GRAFICO 6. Intensidad control vs. Intensidad indicada por fabricante	50
GRAFICO 7. Promedio de intensidad de acuerdo al tiempo de uso. Grupo 1	51
GRAFICO 8. Porcentaje de intensidad mantenida en el tiempo. Grupo 1	51
GRAFICO 9. Promedio de intensidad de acuerdo al tiempo de uso. Grupo 2	52
GRAFICO 10. Porcentaje de intensidad mantenida en el tiempo. Grupo 2	52
GRÁFICO 11. Promedio de intensidad de acuerdo al tiempo de uso. Grupo 3	53
GRAFICO 12. Porcentaje de intensidad mantenida en el tiempo. Grupo 3	54
GRAFICO 13. Comparación de los promedios de los tres grupos	54
GRAFICO 14. Porcentaje de lámparas que no cumplen con la intensidad mínima necesaria. Grupo 1	55
GRAFICO 15. Porcentaje de lámparas que no cumplen con la intensidad mínima necesaria. Grupo 2	55
GRÁFICO 16. Porcentaje de lámparas que no cumplen con la intensidad mínima necesaria. Grupo 3	56
GRAFICO 17. Porcentaje de disminución de la intensidad dependiendo del nivel de batería	56

GRAFICO 18. Porcentaje de lámparas que no alcanzan la intensidad mínima necesaria. Grupo 1 - Control	57
GRAFICO 19. Porcentaje de lámparas que no alcanzan la intensidad mínima necesaria. Grupo 2 - Control	58
GRAFICO 20. Porcentaje de lámparas que no alcanzan la intensidad mínima necesaria. Grupo 3 - Control	59

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Distribución de las lámparas de fotocurado en los grupos de control y experimentales.	46
TABLA 2. Promedio de intensidad de todos los grupos conformados	49
TABLA 3. Número y tiempo de uso de lámparas de fotocurado que no alcanzaron la intensidad mínima necesaria	60

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que fueron importantes durante mi formación como odontólogo:

A los excelentes profesores que durante este proceso dejaron sus enseñanzas en mí, así como en todos mis compañeros.

A mi tutora, la Dra. Leticia Peña por sus valiosas aportaciones a ésta investigación, muchas gracias.

A las empresas que contribuyeron poniendo a mi disposición los artículos necesarios para realizar la investigación.

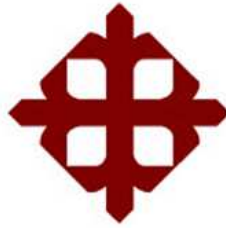
Daniel Hidalgo

DEDICATORIA

A las personas que me han apoyado incondicionalmente durante toda mi vida, y con sus consejos y experiencia han sido un pilar fundamental en mi formación.

A mis padres.

Daniel Hidalgo

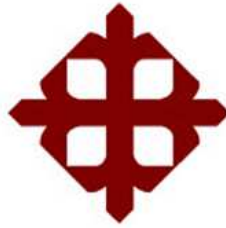


TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Dra. Leticia Peña Arosemena

PROFESOR GUÍA O TUTOR

PROFESOR DELEGADO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
CARRERA ODONTOLOGÍA**

CALIFICACIÓN

Dra. Leticia Peña Arosemena

PROFESOR GUÍA O TUTOR

Resumen

Objetivo: El objetivo de éste estudio fue evaluar la intensidad de luz de las lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil a un corto y mediano plazo, comparándolas con un valor inicial obtenido mediante la medición de la intensidad de luz de lámparas de fotocurado nuevas, además de determinar el porcentaje de lámparas de fotocurado utilizadas por odontólogos en Guayaquil que cumplen con el nivel de intensidad de luz mínimo (600 mW/cm^2). **Materiales y métodos:** Se utilizó el radiómetro CURE RITE, EFOS, Mississauga, Ontario para medir la intensidad de lámparas de fotocurado nuevas, y se clasificaron por modelo y marca, se obtuvieron datos como costo y tipo de lámpara de fotocurado. Posteriormente, se visitó a odontólogos en consultorios y clínicas de la ciudad de Guayaquil y estudiantes en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil con el objetivo de medir la intensidad de las lámparas de fotocurado de las mismas marcas del control, después de un determinado tiempo de uso. Se formaron 3 grupos clasificados de acuerdo al costo: Grupo 1 (\$1000 o más), Grupo 2 (\$251 a \$999), Grupo 3 (hasta \$250). Se hizo una comparación entre los valores de control con los valores obtenidos para determinar el porcentaje de luz que se ha mantenido o perdido según el tiempo de uso. Además se comparó el desempeño de los 3 grupos de lámparas de fotocurado. **Resultados:** En general, se observó que la intensidad de luz de las lámparas de fotocurado presentaba una tendencia a disminuir a medida que el tiempo de uso aumentaba. En el grupo 1, ninguna lámpara presentaba una intensidad menor a la mínima necesaria, mientras que en el grupo 2 y 3, un porcentaje del 24% y 23% no cumplía con el nivel de intensidad mínimo necesario respectivamente.

Abstract

Aim: The aim of this research was to evaluate the irradiance of the light curing units (LCUs) sold in Guayaquil, in a short a medium term, comparing the used light curing unit's irradiance, and an initial irradiance value from new light curing units, also the percentage of light curing units reaching the minimum irradiance needed (600 mW/cm^2) was determined. **Materials and methods:** A CURE RITE Radiometer, EFOS, Mississagua, Ontario was used to measure the new LCUs light output, and they were classified by brand and model, other stats like cost and type of LCU were registered. After this, dentists in dental offices in Guayaquil and dentistry students in Universidad Católica de Santiago de Guayaquil were visited, to measure the irradiance of the used LCUs of the same brand and model than the control group. The LCUs were classified in 3 groups depending on the cost: Group 1 (\$1000 or more), Group 2 (\$251 to \$999), Group 3 (\$250 or less). The control and the analyzed LCUs values were compared to determine the maintained or lost irradiance percentage according to the time they had been used. Also, the performance of the 3 LCUs groups were compared. **Results:** The irradiance of the LCUs tended to decrease as the using time increased. While in group 1, any of the LCUs had an irradiance below the minimum needed, in groups 2 and 3, a 24% and 23% of the LCUs didn't reach 600 mW/cm^2 respectively.

1. Protocolo

1.1. Introducción

Tan importante como un buen conocimiento y técnica de colocación de resinas compuestas es tener un buen conocimiento y técnica sobre el uso de lámparas de fotocurado para realizar restauraciones longevas y clínicamente aceptables. Price et al. han determinado que las restauraciones posteriores de resinas compuestas de fotocurado tienen una longevidad promedio de tan solo 6 años.^{1,2} Una resina que no ha sido correctamente fotocurada, a pesar de que en su superficie se encuentre aparentemente sólida, es posible que en la profundidad de la restauración no lo esté, o lo esté parcialmente, esto afecta negativamente las propiedades físicas de las resinas, produciendo una reducción de la fuerza de adhesión al diente, aumento del desgaste marginal y el riesgo a la fractura, pigmentación o cambio de color de la restauración, también aumenta la colonización bacteriana de la restauración y disminuye su biocompatibilidad^{3,4,5,6}. Todo esto nos puede llevar a una falla prematura o a la necesidad de realizar un cambio de la restauración al poco tiempo de haberla realizado. Asimismo, es perjudicial el uso de la lámpara de fotocurado más tiempo del necesario, debido a que se produce un sobrecalentamiento que puede causar daño a la pulpa e incluso a los tejidos orales si éstos fuesen expuestos a la luz.^{7,8}

Éstos defectos pueden deberse tanto a técnicas inadecuadas por parte del operador al momento de fotopolimerizar, como a factores ajenos a la técnica de fotocurado del operador, tales como: desempeño defectuoso de la lámpara de fotocurado (deterioro de la lámpara, baja intensidad de luz o longitud de onda no adecuada), uso de barreras físicas, distancia de la punta de la lámpara a la restauración, color y opacidad de las resinas, tipo de fotoiniciador y grosor del incremento de resina.^{9,10}

Estudios clínicos revelan que aproximadamente del 30 al 60% de restauraciones de resina se reemplazan dentro de un período de 3 a 8 años.

Siendo la razón principal caries secundaria, seguido de cambio de color de la restauración, microfiltración, desgaste y fracturas.¹¹

Para aumentar la longevidad y calidad de las restauraciones de resina, debemos resaltar la importancia de la fotopolimerización en la elaboración de restauraciones directas de resina, con la intención de reforzar los conocimientos de los operadores en este tema. Una correcta fotopolimerización no es posible sin una lámpara de fotocurado en óptimas condiciones, por lo cual es necesario analizar el desempeño y calidad de las lámparas de fotocurado comercializadas en nuestro medio para determinar si cumplen con los requisitos para realizar una correcta fotopolimerización.

1.2. Planteamiento del problema

En Guayaquil se comercializan muchas marcas y modelos de lámparas de fotocurado, principalmente lámparas LED y halógenas, sus precios oscilan desde los \$160 hasta los \$2200, lo cual hace que aquellas lámparas menos costosas sean más llamativas para estudiantes y profesionales. Según resultados de diversos estudios, existe mucha variación entre un tipo de lámpara de fotocurado y otra, sin embargo, una característica que deberían tener todas las lámparas de fotocurado es una intensidad lumínica aceptable, considerando aceptable un mínimo de 600 mW/cm^2 . Ya que un requisito esencial para una correcta fotopolimerización es un correcto funcionamiento de la lámpara de fotocurado, éste estudio recopilará datos de las lámparas comercializadas en Guayaquil y su rendimiento después de cierto tiempo de su uso, para comparar los resultados obtenidos y determinar la calidad a corto y mediano plazo de cada una de las lámparas de fotocurado analizadas. De aquí surge una importante pregunta: ¿Las lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil, cumplen con los requisitos mínimos aceptables para realizar una correcta fotopolimerización después de cierto tiempo de su uso?

1.3. Preguntas de investigación

- ¿Qué importancia tiene la irradiancia de la lámpara de fotopolimerización?
- ¿Cuánto tiempo se debe fotopolimerizar una determinada resina?
- ¿Cuáles son los requisitos ideales para una lámpara de fotocurado?
- ¿Cómo se ve afectado el desempeño de las lámparas de fotocurado con el tiempo de uso?
- ¿Cuál es la relación costo/beneficio de las diferentes lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil?

1.4. Justificación

Debido a la creciente demanda de restauraciones estéticas directas de resina fotopolimerizable, debemos realizar un protocolo que pueda garantizar que las restauraciones tengan un éxito clínico a largo plazo. Para cumplir con estos requisitos es necesario que las restauraciones de resina sean correctamente fotopolimerizadas, lo cual sólo puede lograrse mediante el uso de una lámpara de fotocurado adecuada, con una intensidad y un tiempo suficiente para polimerizar adecuadamente las resinas. Por lo tanto, es necesario investigar si las lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil, reúnen los requisitos necesarios a corto y largo plazo para realizar una correcta fotopolimerización.

1.5. **Viabilidad**

Para realizar este estudio, contamos con el apoyo de los depósitos dentales Distri Dental, Krobalto, Prodontomed, KrisDent, Yu-Dental y Dental Market, en la ciudad de Guayaquil, los cuales pondrán a nuestra disposición las lámparas de fotocurado que son comercializadas en dichos lugares. El estudio se complementará con el análisis de las lámparas de fotocurado en consultorios o clínicas odontológicas de Guayaquil, además de las instalaciones de la Carrera de Odontología de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, y las lámparas de fotocurado utilizadas por alumnos de ésta Universidad.

1.6. **Objetivo General**

Analizar si el desempeño y calidad de las lámparas de fotocurado comercializadas en la ciudad de Guayaquil son óptimos para una correcta fotopolimerización a corto y mediano plazo.

1.7. **Objetivos Específicos**

- Describir la importancia de la irradiancia de las lámparas de fotopolimerización.
- Definir el tiempo necesario para polimerizar las resinas de fotocurado.
- Detallar los requisitos de una lámpara de fotocurado ideal.
- Comparar el desempeño de las lámparas de fotocurado en estado nuevo con las que han sido utilizadas por un determinado tiempo.
- Calcular la relación costo/beneficio de las diferentes lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil

1.8. Hipótesis

2. Las lámparas de fotocurado disminuyen su rendimiento de acuerdo a su tiempo de uso.
3. El 30% de lámparas de fotocurado utilizadas por odontólogos en Guayaquil no poseen una intensidad lumínica óptima para fotocurar correctamente.

1.9. Variables

Variable dependiente

Efectividad del desempeño de las lámparas de fotocurado.

Variables independientes

Irradiancia: También conocida como intensidad de luz, se mide en mW/cm^2 . Es la energía lumínica que distribuye la punta de la lámpara de fotocurado. Algunos investigadores recomiendan una irradiancia mínima de 600-1000 mW/cm^2 . Las lámparas de fotocurado ofrecen un rango de irradiancia que va de 400-3500 mW/cm^2 .

Marca Comercial, modelo: Se registrarán para comparar su desempeño antes de su uso, para obtener una prueba control y después de su uso, para analizar cómo el tiempo de uso ha afectado su desempeño.

Costo: Es el valor monetario de la lámpara de fotocurado. Se lo medirá en dólares. Es importante para obtener una relación costo/beneficio.

Variables intervinientes

Tipo de lámpara: En Guayaquil encontraremos de 2 tipos: LED y Halógenas

Último cambio del bulbo: Las lámparas halógenas utilizan una fuente de luz que debe ser cambiada cada cierto tiempo, porque la intensidad de la luz disminuye con el uso.

Tiempo de uso: Las lámparas de fotocurado a medida que pasa el tiempo se deterioran, es común encontrar lámparas con una intensidad menor a la mínima requerida debido al tiempo de uso. Esta variable la mediremos en años.

DENOMINACIÓN DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN DE LA VARIABLE	DIMENSIÓN DE LA VARIABLE	INDICADORES
-----------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------

	E				
VARIABLE DEPENDIENTE					
Efectividad del desempeño de las lámparas de fotocurado.	Es la capacidad que tiene una lámpara de fotopolimerizar correctamente una resina de fotocurado. Será determinada según su irradiancia, la cual esperamos que disminuya a medida que pasa el tiempo de uso de la lámpara.				
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Irradiancia	Es la energía lumínica que distribuye la punta de la lámpara de fotocurado.	Será medida con un radiómetro. Su unidad de medida es el mW/cm ² .	Se comparará el valor obtenido de las lámparas usadas con un valor de control: (Intensidad/control)		
Marca Comercial, Modelo	Se registrará el fabricante y modelo de la lámpara de fotocurado	Será obtenida a partir de la observación de la lámpara de fotocurado	3M	Elipar	
			Ultradent	VALO (Low)	
			Ultradent	VALO (High)	
			Kerr	Demi Plus	
			Gnatus	Optilight Max	
			Gnatus	Optilight LD Max	
			SDI	Radii Plus	
			Sol Light	Fase III 500C	
			TPC	39	
			TPC	55	
TPC	60				
TPC	Power Light				

			Woodpecker B Woodpecker C Woodpecker D Woodpecker E Woodpecker G Woodpecker H Genérica A Genérica B Genérica C Genérica D CICADA CV215-I TIGER DY-400 Coltene Coltolux Whaledent Ivoclar Bluephase (Low) Vivadent Ivoclar Bluephase (High) Vivadent	
Costo	Es el valor monetario de la lámpara de fotocurado	Será obtenido por la información brindada por los depósitos dentales	Será medido en Dólares Americanos	
VARIABLE INTERVINIENTE				
Tipo de Lámpara	Existen varias maneras en que las	Será registrada según detalles del fabricante	<ul style="list-style-type: none"> - LED - Halógena 	

	lámparas de fotocurado producen la luz, entre los cuales encontramos luz emitida por diodos, halógenas de cuarzo-tungsteno, de arco de plasma.		
Último cambio de bulbo	El tiempo que ha transcurrido desde la última vez que se realizó el cambio de la fuente de luz de la lámpara de fotocurado. Ésta variable	Será medido según lo que nos detalle la persona que utiliza la lámpara de fotocurado.	≤ 3 meses < 6 meses 1 año 2 años 3 años 4 años ≥ 5 años

	sólo será medida en las lámparas de luz halógenas.		
Tiempo de uso	Es el tiempo que ha transcurrido o desde que la lámpara de fotocurado fue adquirida.	Será medido según lo que nos detalle la persona que la adquirió. Será medida en meses.	<1 año 1 año 2 años 3 años 4 años ≥5 años

2. Marco Teórico

2.1. Historia y antecedentes

Las resinas compuestas de fotocurado han aumentado su popularidad progresivamente desde su introducción en la década de los 70, posiblemente debido a que nos permiten realizar restauraciones más conservadoras y estéticas que los materiales utilizados anteriormente.⁹ Si bien ya existían las resinas de autocurado, las cuales permitían realizar restauraciones estéticas, con colores similares al diente, su difícil manipulación y tiempo de trabajo limitado comparado a la fácil manipulación y tiempo de trabajo prolongado que otorgaban las resinas de fotocurado, permitieron que éstas se vuelvan más populares rápidamente. Junto con la aparición de las resinas compuestas de fotocurado, aparecieron las lámparas de fotocurado, necesarias para la polimerización de éste material.

Se han desarrollado cuatro tipos de unidades de fotocurado: lámparas halógenas de cuarzo tungsteno (QTH), lámparas LED, lámparas de arco de plasma y de láser de iones de argón. Sin embargo, las lámparas QTH y LED son las más populares y utilizadas por los profesionales.¹¹ Los otros dos tipos de lámparas nos ofrecen intensidades altas de luz, sin embargo, son muy caras, grandes y pesadas, por lo tanto, no resultan muy convenientes para la práctica clínica diaria. Además, el reemplazo de la fuente de luz es muy costoso.¹²

Las primeras en aparecer fueron las lámparas QTH, que a pesar de ser las más antiguas, todavía se siguen utilizando, debido a su eficacia, bajo costo y fácil mantenimiento. Una de sus desventajas es que del total de energía que utilizan, sólo el 1% es transformado a luz ideal para la fotopolimerización, para lo cual utiliza filtros de luz, desaprovechando mucha energía. Además, por la gran cantidad de energía que utilizan, generan más calor, por lo cual es necesario un ventilador, lo que las hace más grandes, no son inalámbricas y su fuente de luz debía ser reemplazada constantemente debido a su rápido deterioro.¹²

A principios de los 90, debido a éstas limitaciones que presentaban las lámparas QTH, aparecieron las primeras lámparas LED de fotocurado, que tenían una intensidad de luz muy baja y un espectro que no aseguraba la correcta fotopolimerización de todos los materiales dentales.¹¹ Por lo tanto, las lámparas QTH seguían siendo muy populares a pesar de la nueva tecnología. Tratando de satisfacer los requerimientos de los profesionales, aparecieron nuevas lámparas de fotocurado LED que brindaban una intensidad de luz mucho más alta para asegurar una correcta fotopolimerización, sin embargo, la longitud de onda de éstas lámparas no era compatible con todos los tipos de resina compuesta utilizadas en la actualidad, por lo cual últimamente han surgido nuevas lámparas de fotocurado LED que utilizan 2 o 3 chips que generan luz a diferentes longitudes de onda, cubriendo el espectro necesario para fotopolimerizar todos los materiales dentales y todos los colores de las resinas compuestas que utilizan fotoiniciadores alternativos.^{13,14,15}

2.2. Resinas compuestas fotoactivadas

Una resina compuesta puede ser descrita como una combinación tridimensional de por lo menos 2 materiales químicamente diferentes, con una interfase que separa a los componentes. Básicamente, están compuestas por una matriz orgánica resinosa, una matriz inorgánica o relleno (vidrio, cuarzo y/o sílice), un agente de unión, usualmente silano y un sistema fotoiniciador, es decir, partículas fotosensibles responsables de polimerizar la resina compuesta cuando ésta es expuesta a la luz.⁷⁻¹⁶ Adicionalmente, también contiene estabilizadores y pigmentos.¹⁷

2.2.1. Matriz orgánica

Es una matriz resinosa, compuesta por monómeros de dimetacrilato y/o oligómeros. Los principales monómeros/oligómeros utilizados son bisfenol-A glicidil dimetacrilato (BisGMA), trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA) y uretano dimetacrilato (UDMA).¹⁸

2.2.2. Matriz inorgánica

Son partículas que actúan como relleno de la resina compuesta y generalmente pueden ser de vidrio, sílice, zirconia, alúmina, cuarzo o silicato de bario y aluminio.^{16,17,18}

2.2.3. Agente de unión

Generalmente es el silano y tiene una función doble, permite la unión química con las partículas de relleno y la copolimerización con los monómeros de la matriz orgánica.^{16,18}

2.2.4. Fotoiniciadores

El fotoiniciador más utilizado es la canforquinona, asociado a una amina terciaria, sin embargo, debido a su color amarillo, no es utilizado en resinas compuestas de colores muy claros o traslúcidos.^{16,17,18} Ciertas resinas compuestas utilizan fotoiniciadores alternativos como Óxido de Monoacilfosfina (Lucerina TPO), fenilpropanodiona (PPD), Óxido de bisacilfosfina (Irgacure 819) e Ivocerin (Ivoclar Vivadent).¹⁹

2.3. Requisitos para lograr una restauración de resina compuesta exitosa

La mayoría de profesionales dan por hecho que al momento de activar la luz de una lámpara de fotocurado, ésta polimerizará la resina compuesta efectivamente.^{20,21} Existen muchos factores que deben ser tomados en cuenta al momento de fotocurar adhesivos de resina, resinas compuestas, cementos de resina y otros materiales restauradores fotoactivados para que las restauraciones colocadas sean confiables y duraderas.²

Al momento de realizar restauraciones directas, especialmente en la zona posterior, se presentan algunos desafíos. Las restauraciones posteriores presentan una longevidad media de aproximadamente 6 años.²² La restauración

adhesiva con resinas compuesta requiere atención en todos los aspectos del procedimiento, incluyendo lo siguiente: un aislamiento adecuado para controlar el campo de trabajo y el uso de los tiempos adecuados para el grabado ácido, colocación de adhesivo y fotocurado. Estos aspectos deben combinarse con una técnica de colocación de resina impecable para asegurarse de realizar una restauración bien adaptada y libre de filtraciones. Entre cada uno de éstos pasos esenciales, también lo es realizar un adecuado fotocurado para asegurarnos del éxito de la restauración. Si el adhesivo y la resina compuesta no están correctamente fotopolimerizados, existe un alto riesgo de que la restauración falle prematuramente. Las consecuencias de una inadecuada fotopolimerización de las resinas son la caries recurrente o secundaria, una fuerza de adhesión disminuida, microfiltración, sensibilidad postoperatoria, toxicidad pulpar, inestabilidad de color, desgaste excesivo y fractura.²

Actualmente, el entrenamiento que se da a los odontólogos y estudiantes de odontología en cuanto al correcto uso de las unidades de fotocurado es inadecuado en el sentido de que se esté brindando la suficiente energía lumínica a las restauraciones para lograr una óptima polimerización de las mismas.. No es raro que en los artículos publicados sobre resinas compuestas o colocación de carillas, se realicen extensas y detalladas descripciones de las técnicas para la manipulación del material y su colocación, y cuando se refiere a la fotopolimerización de las mismas, una de las fases más críticas de la técnica, usualmente se encuentran sólo 3 palabras: “y luego fotocure”.²

Los Drs. Price y Strassler describieron 4 variables que se deben tomar en cuenta a la hora de fotocurar restauraciones directas de resina compuesta, las cuales se resumen en una palabra CORE, por sus iniciales en inglés. CORE significa: curing light characteristics, operator technique, restoration characteristics y energy requirement.

2.3.1. Curing light characteristics (Características de la luz de fotocurado)

Es importante conocer qué cantidad de energía lumínica nuestra lámpara de fotocurado nos brinda para saber cuánto tiempo debemos fotocurar una resina, el problema es que es imposible saber la cantidad de energía que emana la punta de nuestra lámpara de fotocurado sin el uso de radiómetros o aparatos más exactos como un espectrorradiómetro.

No todas las lámparas de fotocurado son iguales.^{23,24,25} Muchos estudios han evaluado la intensidad de la luz de las lámparas de fotocurado utilizadas en consultorios dentales y los resultados han demostrado que muchos odontólogos están utilizando lámparas de fotocurado que no cumplen con las características adecuadas y muchos de ellos no sabían que sus unidades emitían una intensidad de luz insuficiente o que la luz emitida correspondía a una longitud de onda diferente a la que necesitaban para fotopolimerizar correctamente las resinas compuestas que utilizaban. Estos factores pueden tener un impacto negativo en el éxito clínico y la longevidad de las restauraciones que se colocan.

Por lo tanto, es importante que el operador lleve un control de la luz de su lámpara. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que los valores que reflejan los radiómetros convencionales no siempre son confiables.^{26,27,28}

Se han desarrollado instrumentos más sofisticados como los espectrorradiómetros de laboratorio y han sido utilizados para evaluar eficazmente los niveles de intensidad de las lámparas de fotocurado. Recientemente, se ha incorporado una nueva e importante dimensión para evaluar las lámparas de fotocurado con el uso de un analizador de rayos láser para realizar mediciones de la distribución de energía en la superficie de la punta de la lámpara de fotocurado. Ésta distribución de energía es conocida como beam profiling (perfil del haz) de la punta de la lámpara de fotocurado. Un beam profile demuestra la intensidad lumínica de todas las zonas de la superficie de la punta de la lámpara de fotocurado. Algunas lámparas de fotocurado emiten una luz a una intensidad que es distribuida uniformemente sobre toda la superficie de la punta, mientras que en otras lámparas de

fotocurado, la luz emitida se concentra en el centro de la punta, y en la periferia se emite poca o ninguna luz. Otras lámparas de fotocurado, presentan intensidades en forma de altos y valles con una salida de luz inconsistente y desigual.^{1,2,4,19,21,30}

No todas las luces de fotocurado son equivalentes en sus características. Existen variables en la fuente de luz, bulbo de las lámparas halógenas, LEDs, láser o arco plasma; en el valor de la intensidad y la exposición de los dientes y las restauraciones a la luz de fotocurado; en el tiempo de exposición recomendado; en la disponibilidad de accesorios; en la configuración de la punta de la lámpara de fotocurado; en la fuente de energía de la lámpara, ya sea batería o cable; en los sistemas de refrigeración, como ventilador, agua o disipador de calor; incluso en el tiempo de fotocurado recomendado, que según unos fabricantes puede ser de 1 a 3 segundos, mientras que otros recomiendan 10 o 20 segundos.^{31,32}

Según la experiencia de los autores, los clínicos quieren una respuesta y recomendación sencilla a la pregunta: ¿Qué lámpara de fotocurado debería comprar, y cuánto tiempo debo fotocurar para estar seguro de que mis resinas están siendo polimerizadas correctamente y que no estoy causando daño al diente, a la pulpa y a los tejidos blandos?²

Existe una gran variedad de términos radiométricos que se utilizan para describir la salida de luz de una lámpara de fotocurado. El más utilizado es intensidad/irradiancia, descrito como miliwatt/área (mW/cm^2). Cuando se fotopolimeriza una resina compuesta, la irradiancia es multiplicada por el tiempo de exposición a la luz para calcular la exposición radiante, o energía/área usualmente expresada en Joules por centímetro cuadrado (J/cm^2) que brinda la lámpara de fotocurado. Dependiendo del tono y marca de la resina compuesta, se ha reportado que el requerimiento mínimo de energía para fotopolimerizar correctamente va de $6 \text{ J}/\text{cm}^2$ a $24 \text{ J}/\text{cm}^2$ para un incremento de 2 milímetros de resina.^{20,33} Es importante saber que la irradiancia puede diferir considerablemente según la distancia a la que se encuentre la punta de la

lámpara de fotocurado del material que se desea fotopolimerizar, especialmente a distancias relevantes que realmente se dan en situaciones clínicas.^{34,35} Algunas lámparas de fotocurado emiten un porcentaje de intensidad de luz significativamente menor a distancias clínicamente relevantes, generalmente de un 75% o incluso más. De esta manera, debido a la irradiancia indicada por los fabricantes, los odontólogos pueden pensar que están utilizando una lámpara con una alta intensidad de luz, pero de hecho, la cantidad de energía radiante que llega a la superficie de la resina es significativamente menor.

Esto puede observarse en situaciones clínicas como por ejemplo restauraciones de resina en cavidades de Clase II, especialmente al momento de fotopolimerizar la resina que se encuentra en los márgenes gingivales de la caja proximal. Existe evidencia clínica que demuestra que las resinas de Clase II poseen una tasa más alta de caries en el margen gingival que las restauraciones de amalgama.³⁶ Estos resultados podrían estar relacionados a que las restauraciones directas de resina compuesta son más sensibles a la técnica, a la contracción por polimerización, contaminación debido a un aislamiento del campo operatorio inadecuado o a una fotopolimerización insuficiente, ya sea debido a una intensidad deficiente o a la distancia de la punta de la lámpara y el margen gingival.²

Xu et al investigaron la adhesión de las resinas compuestas a medida que la distancia de la punta de la luz aumentaba. Ésta investigación fue motivada por el gran número de estudios que demostraban un pobre sellado marginal y microfiltración en los márgenes gingivales de las restauraciones comparado a los márgenes oclusales en el esmalte. Su conclusión fue que cuando se fotopolimerice el adhesivo en cajas proximales profundas con una irradiancia de $600\text{mW}/\text{cm}^2$, el tiempo de exposición debe ser aumentado desde 40 a 60 segundos para asegurar una polimerización óptima.³⁷ Otros estudios en sus conclusiones también recomiendan aumentar el tiempo de exposición incluso con lámparas de fotocurado que tienen una irradiancia de más de

1000mW/cm², para los incrementos iniciales de resina en las cajas proximales.^{38,39}

Los estudios realizados por medio de beam profiles (perfil del haz), demuestran que la luz emitida por muchas lámparas de fotocurado no es distribuida uniformemente en la punta de la lámpara, resultando en lugares con puntos calientes que tienen una alta intensidad de luz, y puntos fríos donde la luz es de una intensidad muy baja. Los beam profiles de las diferentes lámparas de fotocurado demuestran diferencias entre cada una.²

Si bien el objetivo de la luz de fotocurado es polimerizar la resina compuesta, es importante no aumentar arbitrariamente la intensidad o tiempo de exposición para asegurar una fotopolimerización sin entender los efectos del calor generado por la fuente de luz. Algunas luces de fotocurado pueden causar sobre las superficies expuestas incrementos de temperatura de hasta 80° incluso en pocos segundos.⁴⁰ Otras lámparas de fotocurado podrían causar aumentos peligrosos de temperatura en el interior de la pulpa (más de 5.5°C) incluso utilizadas en el tiempo recomendado.

Se recomienda que durante tiempos de exposición prolongados, el diente sea refrigerado con aire, o que se fotocure cada 10 segundos con un intervalo de 1 o 2 segundos. En restauraciones de Clase V, el calor generado por las lámparas de fotocurado puede causar daño al tejido gingival.^{40,43}

2.3.2. Operator technique (Técnica del operador)

La posición y orientación de la luz de fotocurado al momento de fotopolimerizar es un aspecto importante que influye en la cantidad de energía radiante que recibe la restauración.^{20, 21} Existen preparaciones que ofrecen un excelente acceso para posicionar correctamente las lámparas de fotocurado, mientras que hay también situaciones clínicas que presentan áreas difíciles de alcanzar en la cavidad oral. En algunos casos, la forma y tipo de punta de la lámpara de

fotocurado es un factor que limita la proximidad que puede tener la luz con la superficie de las restauraciones e influye en la orientación en la que se la puede posicionar.⁴⁴ Muchos odontólogos, estudiantes y asistentes dentales no están bien instruidos sobre el ciencia y la práctica de fotocurar.²¹ En la mayoría de los casos, el único aspecto que se toma en cuenta es el tiempo de fotocurado. La orientación y tamaño de la punta de la lámpara, y tipo de luz rara vez son consideradas.^{1,20,40} Una orientación inadecuada de la punta de la luz podría causar que las resinas compuestas sean fotocuradas incorrectamente.⁴⁵

Se han realizado estudios que evalúan la cantidad de energía radiante que diferentes operadores pueden dar a una restauración utilizando la misma marca y modelo de lámpara de fotocurado, en el mismo modo y por el mismo tiempo, e incluso bajo éstas condiciones, los operadores obtienen valores muy diferentes. Recientemente se ha desarrollado un simulador de paciente llamado MARC-PS (Managing Accurate Resin Curing-Patient Simulator, BlueLight analytics Inc., Halifax, Canada), que tiene incluido un espectrorradiómetro (USB 4000, Ocean Optics, Dunedin, FL), para obtener valores exactos sobre la irradiancia que reciben unos sensores que se encuentran en unas cavidades, lo cual simula una restauración. La irradiancia, longitud de onda y energía radiante recibidos por el sensor se muestran en el monitor de una computadora, además, estos valores se pueden observar en tiempo real, lo cual permite que el operador pueda observar los cambios que se dan de acuerdo a la técnica que utiliza, la orientación y proximidad de la punta de la lámpara de fotocurado, y así optimizar su técnica.⁴⁴

Existen estudios que demuestran que la exposición radiante que se da a una resina compuesta depende en gran medida a la técnica del operador.^{2, 21, 46, 47}. Federlin y Price observaron resultados que estaban en un rango de 1,4 J/cm² a 17,5 J/cm², con un promedio de 9,8 J/cm². Otro estudio realizado por Strassler y Price mostró variaciones que iban de 1,8 a 7,9 J/cm².²¹

Para realizar una correcta fotopolimerización, los protectores oculares son un implemento esencial. Además de brindarnos una protección visual ante los

daños que nos puede causar la exposición directa o indirecta a la luz azul, nos permite observar lo que estamos haciendo, para dar un correcto posicionamiento de la lámpara de fotocurado, lo más cercano y perpendicular posible a la restauración. De ésta manera, no tenemos que mirar hacia otro lugar mientras fotopolimerizamos. Los operadores que miran hacia otro lugar durante la fotopolimerización, generalmente mueven la punta de la lámpara de fotocurado y apuntan a otro lugar, lo que dará lugar a una fotopolimerización insuficiente de la resina compuesta. Además, existe el riesgo de causar quemaduras a los tejidos blandos de la cavidad oral, sobretodo si se utiliza una lámpara de alta intensidad.²¹

2.3.3. Restoration characteristics (Características de la restauración)

Éste aspecto se refiere a la ubicación, tamaño y profundidad de la cavidad con respecto a la posición de la punta de la lámpara de fotocurado. Otros aspectos importantes también son las consideraciones anatómicas y todas las limitaciones que se puedan presentar cuando el operador posiciona la punta de la lámpara al momento de polimerizar un material restaurador.

La capacidad de apertura de la boca del paciente puede limitar el posicionamiento de la punta de la lámpara de fotocurado. Algunas lámparas de fotocurado poseen puntas muy grandes, o fibras con angulaciones que pueden limitar el acceso para fotocurar el material restaurador. Además, la posición del diente en el arco o la superficie que se está restaurando también pueden ser factores limitantes. En los casos en que sea imposible posicionar la lámpara de fotocurado en un ángulo correcto o cerca de la restauración, es necesario incrementar los tiempos de exposición a la luz.⁴⁴

Muchas lámparas de fotocurado presentan fibras ópticas de un diámetro pequeño, dependiendo de la extensión de la restauración, podrá o no ser

necesario fotocurar por partes la restauración, tratando de abarcar toda la superficie para asegurarse de una fotopolimerización completa.

Si se fotocura a través de tejido dentario o un material restaurador, como cerámica, se debe aumentar el tiempo de fotocurado. Se debe considerar que al aumentar el tiempo de exposición, también se aumentará la generación de calor. Se recomienda refrigerar con aire el diente y los tejidos blandos durante tiempos de fotopolimerización prolongados.

Se debe aumentar el tiempo de fotocurado para restauraciones muy profundas, especialmente en las cajas proximales de las restauraciones de Clase II. Cuando se utilicen bandas matrices, éstas deben ser recortadas para que no interfieran en la colocación de la lámpara de fotocurado. Los anillos pueden obligarnos a posicionar la lámpara de fotocurado a unos 2-6 milímetros alejados de la restauración.

2.3.4. Energy requirement (Energía requerida)

Todas las marcas de resinas compuestas, e incluso los diversos tonos de las resinas compuestas de la misma marca requieren diferentes cantidades de energía para polimerizar. Sin embargo, la mayoría de fabricantes no especifican la energía requerida para fotopolimerizar sus resinas. Además, no todas las resinas pueden ser polimerizadas con el mismo tipo de luz. Recientemente, algunos fabricantes de resinas compuestas han agregado fotoiniciadores alternativos a sus productos, cuyo pico de absorción de luz se encuentra en una longitud de onda menor al fotoiniciador convencional (canforquinona), de tal manera que es necesario utilizar una lámpara de fotocurado que cubra el espectro equivalente a la luz azul y violeta (380-470nm) debido a los requerimientos de éstos nuevos fotoiniciadores.

La cantidad total de energía necesaria para fotopolimerizar una resina compuesta se denomina exposición radiante y se expresa en Joules por centímetro cuadrado (J/cm^2). La exposición radiante es el resultado de una fórmula sencilla, en la cual se multiplica la irradiancia por los segundos que fue

expuesta la restauración a la luz ($\text{mW/cm}^2 \times \text{segundos}$). Es decir que si una resina para polimerizar correctamente requiere de 16 J/cm^2 , y utilizamos una lámpara de fotocurado con una irradiancia de 800mW/cm^2 , necesitamos fotopolimerizar el material durante 20 segundos ($800\text{mW/cm}^2 \times 20 = 16000\text{mW/cm}^2 = 16 \text{ J/cm}^2$). En cambio, si la lámpara de fotocurado tiene una irradiancia de 400mW/cm^2 , el tiempo adecuado para polimerizar la resina compuesta sería de 40 segundos ($400\text{mW/cm}^2 \times 40 = 16000\text{mW/cm}^2 = 16 \text{ J/cm}^2$). Sin embargo, debemos tomar en cuenta que bajo ciertas situaciones clínicas, donde no sea posible ubicar la punta de la lámpara en una posición ideal, el tiempo de exposición debe aumentarse debido a que la restauración no será expuesta al total de la intensidad de la luz.

La cantidad de energía mínima para fotopolimerizar las diversas resinas disponibles en el mercado se encuentra en un rango que va de 6 a 24 J/cm^2 , dependiendo de la marca, tono, opacidad y tipo de la resina compuesta.²¹ Como regla general, las resinas de tonos más opacos y oscuros requieren un tiempo de polimerización mayor.⁴⁴

2.4. Tipos de lámparas de fotocurado

2.4.1. Halógenas

Estas lámparas producen su luz a partir de un filamento de tungsteno que se encuentra dentro de un foco incandescente de cuarzo, que contiene pequeñas cantidades de gas halógeno. Una corriente eléctrica calienta el filamento de tungsteno a 2727°C , creando luz visible en una longitud de onda entre 380 a 760nm , que posteriormente es filtrada para generar una luz en una longitud de onda entre los 390 a 500nm , que es capaz de fotocurar todos los materiales dentales disponibles.¹⁹

Existen algunos problemas con este tipo de lámparas de fotocurado. Entre sus desventajas tenemos que solo utilizan el 9% del total de energía producida para generar luz, y luego de pasar por los filtros, la luz transmitida es equivalente al

1% del total de energía utilizada, el resto de energía se libera en forma de calor, por lo cual es necesario un ventilador, lo que la hace más grande. El bulbo tiene una vida útil de aproximadamente 30 a 50 horas, después de éste tiempo de uso, el bulbo empieza a deteriorarse y necesita ser reemplazado. Debido a la gran cantidad de energía que utiliza y el calor que genera, es muy común que los reflectores y filtros empiecen a deteriorarse con el tiempo, alterando la longitud de onda de la luz transmitida y permitiendo que sean transmitidos rayos UV nocivos.^{10,11,12,19}

Las ventajas de las lámparas halógenas son que la luz que emiten se encuentra en una longitud de onda capaz de fotocurar todos los tipos de materiales utilizados en odontología, su bajo costo y que su mantenimiento es económico.

2.4.2. Arco plasma

Estas lámparas contienen un bulbo que es un contenedor de óxido de aluminio, el cual contiene gas xenón presurizado a 150 psi. Su diseño interior fue hecho para reflejar la luz entre dos electrodos. Posee un haz de luz muy enfocado, debido a que el arco es de 1 milímetro de largo aproximadamente.¹⁹

Las desventajas de estas lámparas de fotocurado son que transmiten una luz con altas emisiones infrarrojas y ultravioletas, y contiene un disipador de calor muy grande para disminuir el extremo calor que produce. Además, reemplazar el bulbo puede costar hasta \$600. Estas unidades son grandes, necesitan estar conectadas, no son compatibles con todos los tipos de fotoiniciadores utilizados en odontología y su haz de luz es muy fino.¹⁹

2.4.3. Láser de Argón

Este tipo de lámparas de fotocurado genera luz cuando se aplica energía a un átomo, lo cual eleva a un nivel alto e inestable la energía de un electrón, posteriormente, regresa a un nivel estable mediante la liberación de luz hacia un medio de gas argón.¹⁹

Pese a funcionar con una tecnología de punta, posee una base muy grande, lo cual lo transforma en una unidad no portátil, las guías de luz son muy pequeñas, por lo tanto, es necesario realizar varios ciclos de fotocurado. Debido a su alta intensidad, puede causar un aumento de temperatura excesivo, mayor estrés por contracción, pudiendo ocasionar problemas como sensibilidad postoperatoria. Estas unidades de fotocurado de láser, debido al espectro de su luz, no polimerizan todos los materiales dentales y son además muy caras.¹⁹

2.4.4. LED

Desde la aparición de las lámparas de fotocurado que utilizan diodos emisores de luz (LED) a inicios de los 90, éstas han evolucionado hasta la actualidad según los requerimientos de los odontólogos.

Las principales ventajas de las lámparas de fotocurado LED son el prolongado tiempo de vida útil de la fuente de luz, que a diferencia de los bulbos de las lámparas halógenas, en promedio es de 10000 horas, sin que exista una considerable disminución en la intensidad de luz a medida que pasa el tiempo. Otra gran ventaja es su portabilidad debido a su pequeño tamaño, que ha sido conseguido ya que no existe la necesidad de utilizar un ventilador, dado que utilizan menos energía, y ésta es mejor aprovechada, generando menos calor. Son muy versátiles, ya que hay muchas variedades en cuanto a la fuente de energía, (cable de corriente o baterías recargables) tipo de guía de luz (anguladas, rectas) y la posibilidad de escoger diversos programas de fotocurado (baja intensidad, alta intensidad, rampa, intermitente). Estos aspectos hacen que exista una gran variedad de lámparas LED, y nos da la posibilidad de escoger una que se adapte mejor a nuestras necesidades.^{19,21,48}

Podemos clasificar este tipo de lámparas de fotocurado en 3 generaciones:

- Primera generación

Las primeras lámparas de fotocurado LED, no llegaban a convencer a los profesionales de dejar de utilizar las lámparas halógenas, debido a que la

longitud de onda de la luz que emitían se encontraba en un espectro muy reducido, que lograba activar a la canforquinona, pero no a otros fotoiniciadores alternativos, por lo tanto, no lograban fotopolimerizar todos los materiales dentales. También transmitían una luz de muy baja intensidad, lo que obligaba a prolongar los tiempos de fotocurado para conseguir una fotopolimerización adecuada y el diámetro de las fibras era muy pequeño.^{8,19,29}

- **Segunda generación**

Debido a los tiempos prolongados necesarios para fotopolimerizar los materiales dentales con las primeras lámparas LED, apareció una nueva generación de lámparas de fotocurado, que emitían una luz de mayor intensidad. Esta generación ganó popularidad rápidamente, ya que permitían reducir los tiempos de polimerización de diversos materiales dentales, y logró desplazar a las lámparas halógenas. En la actualidad son las más utilizadas. Sin embargo, tienen una importante limitación: la luz transmitida todavía conserva el espectro reducido de la primera generación de lámparas LED, por lo tanto, no es adecuada para todos los materiales dentales, específicamente de aquellas resinas compuestas que contienen fotoiniciadores alternativos que absorben la luz que se encuentra en una longitud de onda menor, cercana a la luz violeta (390nm).^{19,21,48}

- **Tercera generación**

La última generación de lámparas LED, utiliza 2 o más diodos que emiten luz en diferentes longitudes de onda, cubriendo todo el espectro necesario para fotopolimerizar todos los materiales utilizados en odontología.^{19,21,48}

Todas las ventajas que nos ofrecen las lámparas LED, además de la intensidad y longitud de onda de la luz que transmiten, hacen que la tercera generación sea la más aceptable para realizar una adecuada técnica de fotopolimerización.

2.5. Longitud de onda

El color de la luz que vemos está determinado por la distancia que existe entre las ondas electromagnéticas. El espectro electromagnético posee varias regiones que varían de acuerdo a su longitud de onda. Entre estas regiones encontramos diversos tipos de radiación, la luz visible, la cual se encuentra en una longitud de onda de aproximadamente 380 a 750nm, los infrarrojos (750nm-1000µm), ultravioletas (15-400nm), rayos X, rayos Gamma, microondas y radio.⁴⁹

De todo el espectro electromagnético, sólo una pequeña región es detectada por el ojo humano, ésta región es la llamada luz visible. El tipo de luz utilizada en odontología para fotopolimerizar se encuentra dentro de ésta región, específicamente entre los 380-500nm, abarcando los colores violeta y azul.⁴⁹

2.6. Importancia de la longitud de onda

La longitud de onda es un aspecto muy importante con respecto a la luz de fotocurado. Las resinas compuestas de fotocurado, en su composición poseen moléculas fotoiniciadoras o fotosensibles, que son las responsables de iniciar el proceso de polimerización de la resina cuando éstas son expuestas a un tipo específico de luz.

La importancia radica en que para que exista un fotocurado óptimo, además de la orientación, proximidad, intensidad y tiempo de exposición de la luz, la longitud de onda de la luz que transmite la lámpara de fotocurado, debe coincidir con el espectro de absorción de luz de las moléculas fotoiniciadoras.^{2,4,44} Éste tema será explicado a continuación.

2.7. Tipos de fotoiniciadores

Desde que aparecieron las resinas de fotocurado, el fotoiniciador que se ha utilizado más comúnmente es la canforquinona. El pico de máxima absorción de luz de éste fotoiniciador es a los 470nm, es decir, que puede ser activado mediante el uso de cualquier lámpara de fotocurado.^{4,19} Su color es amarillo, por lo tanto, éste color amarillo puede ser un problema en resinas de tonos muy

claros o traslúcidos. Por ésta razón, algunos fabricantes han agregado fotoiniciadores alternativos a sus resinas, los cuales son claros o totalmente transparentes. Entre estos fotoiniciadores podemos nombrar el Óxido de Monoacilfosfina (Lucerina TPO), fenilpropanodiona (PPD), Óxido de bisacilfosfina (Irgacure 819) e Ivocerin (Ivoclar Vivadent)^{8,19,29}

Sin embargo, estos fotoiniciadores alternativos tienen unos picos de absorción de luz a longitudes de onda mas bajas: Lucerina TPO y PPD tiene una absorción máxima de luz aproximadamente a 395nm, mientras que Ivocerin absorbe la luz entre 380-460nm, con su pico máximo de absorción en los 410nm. Esto significa que no todas las lámparas de fotocurado son ideales para fotopolimerizar resinas que utilizan fotoiniciadores alternativos en sustitución o además de la canforquinona.^{4,8,19,29}

Al momento de utilizar resinas compuestas, debemos saber las características de éstas y su composición, además de los requerimientos para realizar una fotopolimerización correcta y aprovechar al máximo sus propiedades físicas.

2.8. Intensidad de luz

La intensidad de luz también llamada irradiancia, es la cantidad de fotones o energía lumínica que es transmitida en el haz de luz de una lámpara de fotocurado. Su unidad de medida es mW/cm^2 . El nivel de irradiancia influye en el tiempo que será necesario fotopolimerizar una restauración de resina. Como ya se ha explicado antes, este valor es imposible de detectar sin el uso de un radiómetro o un espectrorradiómetro. Estos aparatos, calculan el total de energía emitida y lo dividen para el área de la punta de fotocurado, de ésta manera obtenemos un valor único que corresponde al valor promedio de la intensidad de luz en la punta de la lámpara de fotocurado. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que la irradiancia no está distribuida uniformemente a lo largo de toda la punta de la lámpara de fotocurado, por lo tanto, indicar un solo valor puede ser engañoso. Una lámpara de fotocurado puede emitir una luz que tiene varias regiones de diferentes intensidades, con

puntos fríos y puntos calientes a lo largo de toda la punta de la lámpara, pero esto no es detectado por radiómetros, espectrorradiómetros o esferas integradoras.

2.9. Importancia de la intensidad de la luz

Ya se ha mencionado que una buena intensidad de luz de fotocurado es necesaria para polimerizar correctamente una resina compuesta. Algunos autores han definido que la intensidad mínima necesaria que debe tener una lámpara de fotocurado es de $400\text{mW}/\text{cm}^2$. Otros autores consideran que el mínimo necesario es de $600\text{ mW}/\text{cm}^2$.

Según estudios, la intensidad de las lámparas de fotocurado y los modos de fotocurado afecta en las propiedades mecánicas, la profundidad de polimerización y el estrés por polimerización de las resinas compuestas. Pese a que no se ha determinado una combinación ideal entre la intensidad y el modo de fotopolimerización, generalmente el uso de una luz de alta intensidad a una intensidad constante da mejores resultados en el grado de conversión de las resinas, que está asociado con mejores propiedades físicas y biocompatibilidad, además de una mayor profundidad de polimerización.⁵² Además, Hinoura et al. reportaron que las resinas compuestas polimerizadas con una luz de alta intensidad mostraron valores más altos de fuerza de adhesión que las polimerizadas con intensidades más bajas, pese a que todas las muestras utilizadas en este estudio recibieron la misma exposición radiante (intensidad X tiempo).⁵³

Una luz de fotocurado con una intensidad muy alta podría tener un efecto negativo en la integridad marginal de las restauraciones de resinas compuestas, debido a que una fuente de luz más intensa produce una contracción por polimerización más rápida, y por lo tanto podría incrementar la magnitud de tensión y estrés asociado a la contracción.^{54,55,56,57}

Otros estudios han demostrado que el aumento de temperatura generado por lámparas de fotocurado de alta intensidad, podrían aumentar la temperatura del

diente a niveles peligrosos para la pulpa, e incluso podrían causar quemaduras en los tejidos blandos orales si éstos fuesen expuestos directamente a la luz de fotocurado.^{8,24,25,41}

Es posible disminuir los valores de tensión, estrés por polimerización y aumento de temperatura utilizando diversas técnicas de fotopolimerización.

2.10. Técnicas de fotopolimerización

2.10.1. Convencional, sostenida o fija

Se transmite la misma intensidad de luz desde que se enciende la luz de fotocurado hasta que termina el proceso. Algunas lámparas de fotocurado ofrecen la posibilidad de calibrar la intensidad de luz según la preferencia del operador. Esta técnica es la que mayor cantidad de exposición radiante puede transmitir a una restauración durante un tiempo determinado.^{5,8}

2.10.2. Rampa

La intensidad de la luz se transmite de manera creciente. Durante los primeros segundos se transmite una luz de baja intensidad que irá aumentando conforme pasan los segundos hasta llegar a la intensidad máxima. Muchas lámparas de fotocurado incluyen éste programa, con lo cual el operador solo debe posicionar la lámpara de fotocurado, activarla y esperar que el ciclo termine. Para realizar esta técnica de fotopolimerización con una lámpara que no posea éste programa, se debe comenzar a fotopolimerizar a varios centímetros de la restauración y suavemente acercar la lámpara hasta lo más cerca posible de la restauración. De ésta manera, la irradiancia que recibe la resina compuesta será menor durante los primeros segundos y alta durante los últimos segundos.^{25,32,58}

Esta técnica se utiliza para minimizar la tensión y el estrés debido a la contracción por polimerización, sin comprometer el grado de conversión de la restauración de resina.

Si se aplica esta técnica, es necesario aumentar el tiempo de exposición, debido a que la exposición radiante no será la misma que se conseguiría con la técnica sostenida.

2.10.3. 2 pasos

Esta técnica es una variación de la técnica de rampa. Consiste en realizar inicialmente una fotopolimerización a una intensidad baja, para minimizar la tensión y estrés generados por la contracción, después de este ciclo, se fotopolimeriza a una intensidad alta para lograr un correcto grado de conversión, compensando la baja intensidad del primer ciclo.^{25,56,58}

2.10.4. Pulso

Ésta técnica es utilizada para minimizar la generación de calor, que puede afectar al diente o a los tejidos blandos. Consiste en una fotopolimerización intermitente con una intensidad de luz fija. Algunas lámparas de fotocurado ofrecen éste programa de fotopolimerización. Generalmente, la luz se activa durante 1 segundo, con un intervalo de 0,5 segundos entre cada activación. Los intervalos pueden variar dependiendo del fabricante de la lámpara de fotocurado. En caso de que la lámpara de fotocurado no posea éste programa, no es recomendable realizar ésta técnica de manera manual, dado que al activar y desactivar la luz repetidamente durante un ciclo de fotocurado, es difícil mantener la posición y orientación de la punta de la lámpara de fotocurado, además de que se podría ocasionar un daño prematuro del botón de encendido y apagado, y de la fuente de luz de la lámpara.^{57,58}

Se debe considerar que la exposición radiante que recibirá la restauración será de un 25% a un 50% menor a la que se conseguiría con la técnica sostenida, siendo necesario aumentar el tiempo de exposición.

Existen diversas opiniones entre autores sobre si los modos de fotopolimerización son realmente relevantes para disminuir efectos no deseados como un excesivo calentamiento y el estrés por polimerización.

Al-Qudah et al, compararon el aumento de temperatura producido por la fotopolimerización en modo rampa y convencional. En su estudio demostraron que si hubo diferencias significativas en el aumento de temperatura, produciendo menos calor con el modo rampa.⁸

Kubo et al, evaluaron la diferencia en la microfiltración de restauraciones clase V utilizando una lámpara de fotocurado LED en modo convencional por 40 segundos, rampa, dos pasos, y una lámpara de arco plasma durante 3 segundos, y no encontraron diferencias significativas.⁵ En otro estudio, realizado por Ilie et al, se comparó el estrés por contracción, el grado de conversión y las propiedades físicas de las resinas polimerizadas mediante el método de rampa, pulso y convencional con una luz de alta intensidad. En éste estudio se demostró que el modo rampa es válido, ya que produce una fase de gel retardada, logrando un menor estrés por contracción, además, se mantuvo el grado de conversión y las propiedades físicas de las resinas.³² En otro estudio de Ilie et al, se evaluó el efecto de las propiedades físicas de cuatro resinas “bulk” de baja viscosidad fotopolimerizadas mediante diferentes protocolos, dando resultados muy variados dependientes del material.⁵¹

2.11. Energía necesaria para polimerizar correctamente una resina compuesta

No se puede definir una regla general para polimerizar todos los tipos y marcas de resinas. Por lo general, cada fabricante indica los segundos que cada resina debe ser fotopolimerizada basándose en la intensidad de la lámpara de fotocurado de la misma marca. Además del tiempo de polimerización, cada fabricante debe detallar la exposición radiante y la longitud de onda necesaria para fotopolimerizar adecuadamente sus resinas, haciendo énfasis en los distintos tonos (traslúcidos, opacos).

Si el fabricante detalla la cantidad de energía radiante que necesitan sus resinas para polimerizar, el odontólogo puede dividir éste valor en miliwatts ($1\text{J}=1000\text{mW}$) para la irradiancia de su lámpara para obtener el tiempo de exposición adecuado.

Por ejemplo, si una resina requiere de $12\text{J}/\text{cm}^2$, y la deseamos fotopolimerizar con una lámpara que posee una irradiancia de $500\text{mW}/\text{cm}^2$ se realiza la siguiente operación:

$$12 \times 1000 = 12000 \text{ (J} \times 1000 = \text{mW)}$$

$$12000/500 = 24 \text{ segundos (energía resina} \times \text{ irradiancia} = \text{ segundos)}$$

La energía necesaria para polimerizar las resinas compuestas varía entre los 6 y $24\text{J}/\text{cm}^2$ dependiendo del tipo, marca, tono y opacidad de la resina. Por estas razones, sería inadecuado determinar un tiempo de exposición para todas las resinas compuestas, o guiarnos por las indicaciones de uso de una lámpara de fotocurado, ya que talvez indiquen los tiempos adecuados para fotopolimerizar resinas de la misma marca, pero no así las resinas compuestas de otras marcas comerciales.

2.12. Factores que afectan la cantidad de energía que llega a una restauración de resina compuesta

2.12.1. Posición y orientación de la lámpara de fotocurado

Éste es un factor que corresponde a los dependientes del operador únicamente. La posición ideal de la punta de la lámpara de fotocurado es incidiendo a 90° y lo más cercana posible a la restauración. El operador podría tener dificultades en éste aspecto si no utiliza los protectores oculares para posicionar y mantener la lámpara de fotocurado en su posición mientras fotocura, y gira la cabeza hacia un lado para no observar la luz, al no observar mientras fotocura, seguramente la punta se moverá y apuntará hacia un lugar distinto al que apuntaba inicialmente.

La distancia entre la punta de la lámpara y la restauración también influye muchísimo en la cantidad de energía que llega a la resina compuesta. Estudios demuestran que las lámparas de fotocurado, cuando se alejan 10mm del objetivo, transmiten desde un 40% a un 80% menos energía que la que transmitirían a 0mm.⁴

Ésta limitación también puede deberse a factores ajenos al operador, como poca abertura bucal del paciente, forma de la fibra de la lámpara, profundidad de la restauración, sobretodo en cajas proximales de restauraciones de clase II, o el uso de anillos portamatrices.

2.12.2. Conductor de luz

Entre los factores relacionados a la punta/conductor de luz de la lámpara de fotocurado que pueden disminuir la intensidad de la luz están los residuos encontrados en la punta del conductor de luz, que pueden disminuir la salida de luz en un 40%, dependiendo de que tanto se haya acumulado, también si existe daño al conductor de luz, es decir, que éste se encuentre roto, parcial o totalmente.

Un factor que se observó durante éste estudio que disminuía notablemente la irradiancia, es la distancia que hay entre la fuente de luz y el acople del conductor de luz es decir, la distancia entre la porción del conductor de luz que ingresa al cuerpo de la lámpara y la fuente de luz que se encuentra en la parte interna de la lámpara. Esto puede ocurrir cuando se reemplaza el conductor de luz original por otro que no es el adecuado. Si el nuevo conductor de luz no ingresa hasta estar en contacto con la fuente de luz, la intensidad de la luz disminuirá significativamente, dependiendo de la distancia que haya entre estos 2 componentes.

2.12.3. Nivel de batería

Otro factor que es importante mencionar, aunque no se haya encontrado evidencia científica sobre el tema, es la relación directa que existe entre el nivel

de batería y la irradiancia que transmiten ciertas lámparas de fotocurado. Se observó que cuando la batería se encontraba totalmente cargada, la intensidad de las lámparas de fotocurado podía llegar a niveles muy altos (por ejemplo $1500\text{mW}/\text{cm}^2$), mientras que si la misma lámpara de fotocurado se encontraba con niveles bajos de batería, la intensidad descendía significativamente a valores hasta un 90% menor al inicial (por ejemplo $150\text{mW}/\text{cm}^2$). Cabe recalcar que este hecho se observó en cierto grupo de lámparas de fotocurado, no en todas las evaluadas.

2.12.4. Barreras

Las barreras que se utilizan sobre las lámparas de fotocurado para evitar la contaminación cruzada, también disminuyen la intensidad de la luz de fotocurado, sin embargo, ésta variación no es estadísticamente significativa.⁵⁹

Consecuencias de una fotopolimerización insuficiente

Transmitir muy poca energía a las resinas compuestas, puede en cierta medida explicar la alta incidencia de fracasos prematuros de las restauraciones directas de resina realizadas en consultorios dentales debido a caries secundaria y fractura. Muchos estudios de laboratorio han mostrado que una fotopolimerización insuficiente provoca una disminución en las propiedades mecánicas y físicas,^{60,61,62,63} menor fuerza de adhesión,^{37,48,53} un aumento en la colonización de bacterias sobre la resina,^{5,15,58} y una estabilidad de color reducida. La citotoxicidad de las resinas compuestas fotopolimerizadas inadecuadamente ha sido evaluada por algunos estudios. Si una resina no es fotocurada correctamente, éstas tendrán un menor grado de conversión de monómeros, y consecuentemente, un mayor potencial de liberación de sustancias tóxicas.^{6,64} Un estudio evaluó el potencial citotóxico de las resinas compuestas en culturas de fibroblastos gingivales humanos. Los resultados demostraron que a medida que el grado de conversión de monómeros aumentaba, la toxicidad celular disminuía.⁶⁵ En otro estudio, tres resinas nanohíbridas fueron polimerizadas por diferentes tiempos de exposición. Se

encontró una relación directa entre el grado de conversión y las sustancias tóxicas que liberaban las resinas compuestas.⁶⁶ Los autores enfatizaron la importancia de un adecuado tiempo de fotocurado, porque los tiempos más cortos resultaban en un menor grado de conversión, lo que ocasionaba una mayor liberación de sustancias tóxicas.

2.13. Consecuencias de una fotopolimerización excesiva

A los odontólogos se les enfatiza en su enseñanza a no causar traumas innecesarios a la pulpa. Cuando se fotopolimeriza una restauración, esto transmite energía al diente y los tejidos que lo rodean, lo cual causa un aumento de temperatura en éstas áreas, pero este aumento de temperatura frecuentemente no es tomado en cuenta. El aumento de temperatura que puede ser tolerado por la pulpa dental humana se ha determinado que es de 5.5°C a 11°C. El aumento de temperatura no solo está relacionado a la irradiancia de la lámpara de fotocurado, también se debe a la reacción exotérmica de la polimerización de la resina.⁴

En cuanto a las características de las resinas, éstas no disminuyen sus propiedades por una fotopolimerización excesiva.

2.14. Riesgos a la salud asociados a la luz de fotocurado

Las primeras lámparas de fotocurado, tanto las halógenas como las LED de primera generación, transmitían muy poco calor hacia los tejidos que irradiaban, sin embargo, las nuevas lámparas de fotocurado de alta intensidad, específicamente las LED de segunda y tercera generación, ofrecen programas en los cuales transmiten una luz de una intensidad muy alta que provoca un aumento considerablemente de temperatura en poco tiempo.⁴ Existe un gran riesgo de experimentar aumentos de temperaturas que pueden causar daños irreversibles en cavidades profundas con poca dentina suprayacente. En estos casos se debe considerar la intensidad de luz y el programa de

fotopolimerización que se utilice.^{4,44} El aumento de temperatura intrapulpar puede disminuirse mediante un flujo de aire hacia la corona el diente.⁴

En 2012, se reportaron tres casos clínicos en los que lámparas LED causaron quemaduras en los labios de los pacientes. Debido a que los pacientes estaban anestesiados, las quemaduras en los tejidos blandos fueron notables después que el tratamiento se había concluido. También se reportó que la presencia del dique de goma no ofrecía una protección significativa para los tejidos orales.⁶⁷

Uno de los grandes riesgos del uso constante de las lámparas de fotocurado es los daños oculares que pueden ocurrir. El odontólogo tiene el deber de proteger al paciente y a su personal de éstos posibles daños. La luz azul de las lámparas de fotocurado es particularmente dañina para la retina. Este riesgo es mayor en la exposición a la luz que se encuentra a 440nm, que se encuentra dentro del rango de las lámparas de fotocurado.^{4,44,68}

La luz azul es transmitida hacia el medio ocular y absorbida por la retina. Altos niveles de exposición a la luz azul puede causar quemaduras de retina inmediatas e irreversibles, mientras que la exposición crónica a niveles bajos de luz azul puede causar envejecimiento y degeneración prematura de la retina. Se ha reportado diversos estudios que definen un límite tolerable de exposición a la luz azul, sin embargo, esto depende de muchos factores, como la intensidad de la luz, los objetos que puedan reflejar la luz y si el operador utiliza o no gafas protectoras. Un estudio reciente define que los límites tolerables de exposición a la luz azul pueden ser alcanzados rápidamente en una jornada de 8 horas. Si el operado no utiliza gafas protectoras y mira hacia la luz durante 1 segundo antes de mirar hacia otro lugar, le tomaría tan solo 7 ciclos de fotopolimerización alcanzar los límites tolerables de exposición a la luz azul. Estos valores fueron determinados para personas con una fotosensibilidad normal; los pacientes, operadores o personal auxiliar con cirugía de cataratas, o que estén tomando medicación fotosensibilizadora, tienen una mayor susceptibilidad a la exposición a la luz azul, y podrían experimentar daños en la retina con tiempos de exposición menores.^{4,44,68}

3. Materiales y Métodos

3.1. Materiales

Para determinar la irradiancia, se utilizarán el radiómetro:

- CURE RITE Radiometer, EFOS, Mississagua, Ontario.

Las lámparas de fotocurado que se van a evaluar son:

- Bluephase, Ivoclar Vivadent
- Coltolux LED, Coltene Whaladent
- VALO, Ultradent
- Elipar, 3M ESPE
- Demi Plus, Kerr
- Optilight Max, Gnatus
- Optilight LD Max, Gnatus
- Radium Plus, SDI
- Fase III 500C, Sol Light
- 39, TPC
- 55, TPC
- 60, TPC
- Power Light, TPC
- LED B, Woodpecker
- LED C, Woodpecker
- LED D, Woodpecker
- LED E, Woodpecker
- LED G, Woodpecker
- LED H, Woodpecker
- A, Genérica
- B, Genérica
- C, Genérica
- D, Genérica

- CV 215-I, CICADA
- DY-400, TIGER

Se utilizarán gafas de protección al momento de las pruebas de intensidad.

- UltraTect, Ultradent

Lugar de investigación: Para evaluar las lámparas de fotocurado en estado nuevo y recopilar datos de control, se acudirá a depósitos dentales Distri Dental, Krobalto, Prodontomed, KrisDent, Dental Market, Neo-Tec y Yu-Dental, todos ubicados en Guayaquil. Posteriormente, se visitará a odontólogos y estudiantes de las Universidades en la ciudad para evaluar las lámparas de fotocurado luego de cierto tiempo de uso.

Período de la investigación

Éste estudio se realizará entre los meses de Octubre y Enero del año 2014.

Actividad	Octubre 2014	Noviembre 2014	Diciembre 2014	Enero 2015	Febrero 2015
Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X
Actividad de prueba piloto			X		
Examen clínico			X	X	X
Registro y tabulación de datos				X	X
resultados				X	X
Entrega de trabajo					X

3.2. Recursos Empleados

Recursos humanos

- Autor de tesis: Daniel Hidalgo Salto
- Asesor de tesis: Dra. Leticia Peña Arosemena
- Asesora de proceso metodológico: Dra. María Angélica Terreros
- Asesor de estadística: Dr. Giaffar Barquet

Recursos físicos

- Depósito Dental Distri Dental
- Depósito Dental Krobalto
- Depósito Dental Prodontomed
- Depósito Dental KrisDent
- Depósito Dental Dental Market
- Depósito Dental Yu-Dental
- Consultorios odontológicos de Guayaquil
- Clínicas odontológicas de Guayaquil
- Clínica de odontología de la UCSG

3.3. Universo

Lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil.

3.4. Muestra

Se analizaron en total 156 lámparas de fotocurado, sin embargo, debido a los criterios de exclusión, la muestra fue de 103 lámparas de fotocurado.

3.4.1. Criterios de inclusión de la muestra

Lámparas de fotocurado LED o Halógenas disponibles en depósitos dentales de Guayaquil.

3.4.2. Criterios de exclusión de la muestra

- Daño físico de la lámpara de fotocurado
- No disponibilidad de lámpara de fotocurado en los depósitos dentales.

3.5. Métodos:

Tipo de investigación

Éste es un estudio de tipo transversal correlacional donde el control serán las lámparas de fotocurado nuevas.

Diseño de la investigación

Es un estudio de tipo analítico.

3.6. Procedimientos

1. Una vez escogido el tema, se recopiló bibliografía relacionada en la biblioteca virtual de la UCSG y en revistas científicas para luego revisarlos y realizar el protocolo de presentación del trabajo de titulación.
2. Se visitó a los depósitos dentales ubicados en Guayaquil, para informarles sobre el estudio y pedir su autorización para formar parte del mismo.
3. Se utilizó el radiómetro CURE RITE Radiometer, EFOS, Mississauga, Ontario. El radiómetro fue facilitado por la Dra. Leticia Peña.
4. Se visitaron los depósitos dentales detallados previamente para realizar las mediciones de las lámparas de fotocurado comercializadas en los mismos para obtener datos de control.
5. Se realizaron visitas a odontólogos y clínicas odontológicas, así también como a estudiantes, se les informó sobre el estudio, y al aceptar formar parte del mismo, se firmó un consentimiento informado. Una vez aceptado, se registraron los datos de las lámparas de fotocurado que son utilizadas en las instalaciones.
6. Si existían restos de resina polimerizada en la punta de las lámparas de fotocurado, éstos fueron retirados y limpiados con una gasa y alcohol para que la intensidad de la lámpara no se vea afectada por éste factor.
7. Se registraron los datos.

8. Para el estudio, se conformaron 3 grupos, clasificados de acuerdo al costo de las lámparas de fotocurado: Grupo 1, \$1000 o más, Grupo 2, \$251-\$999, Grupo 3 hasta \$250.
9. El total de grupos fueron 6: Grupo 1 Control (7), Grupo 2 Control (10), Grupo 3 Control (10), Grupo 1 (25), Grupo 2 (21) y Grupo 3 (30).

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Control	7	10	10
Experimental	25	21	30

Tabla 1. Distribución de las lámparas de fotocurado en los grupos de control y experimentales.

10. Se compararon los resultados obtenidos con las lámparas de fotocurado usadas, con los datos de control obtenidos con las lámparas de fotocurado nuevas.
11. Se realizaron comparaciones entre grupos para determinar la diferencia en el desempeño de la luz entre los grupos.

4. Resultados

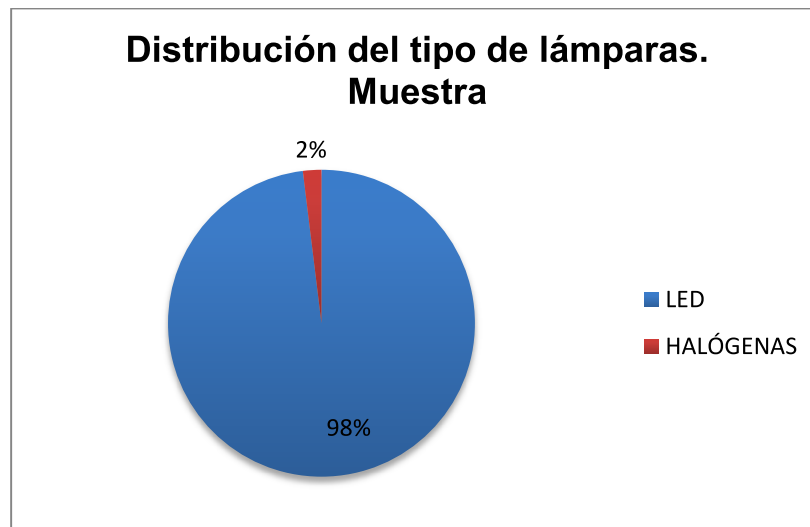


Gráfico 1.

Análisis: De una muestra que constaba de 103 lámparas de fotocurado, el 2% correspondían a lámparas de tipo halógenas, mientras que el 98% eran LED.

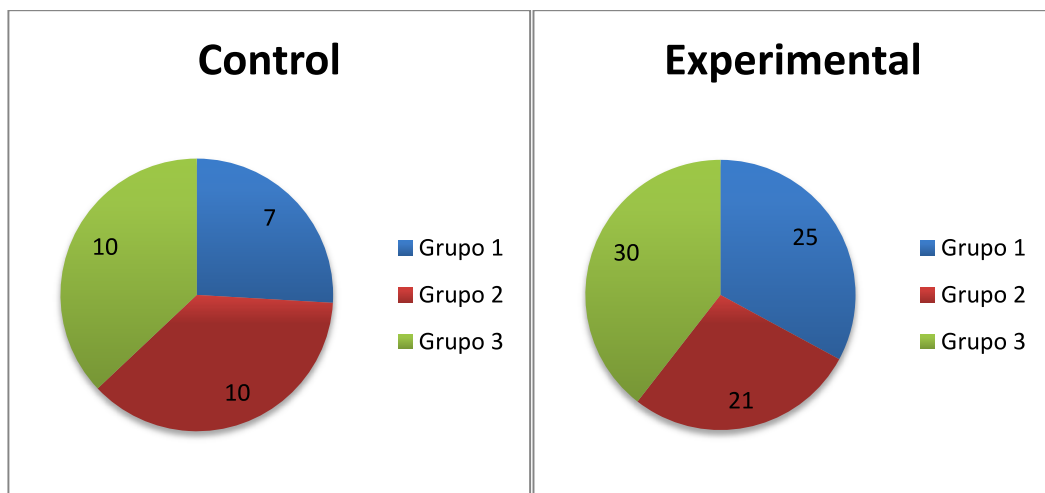


Gráfico 2.

Análisis: Del total de la muestra (103), 27 lámparas fueron de control, mientras que 76 correspondieron a las lámparas que se encontraban en los grupos experimentales. En el gráfico se muestra la distribución de las lámparas en los grupos.

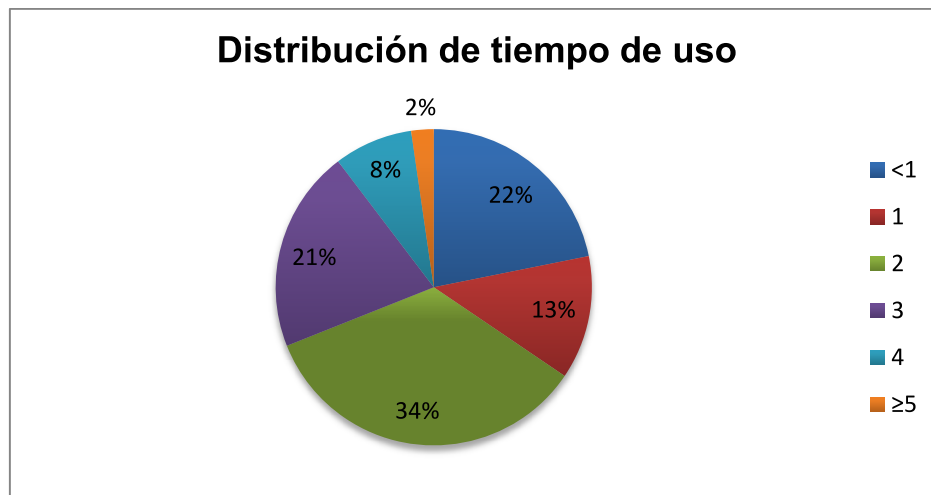


Gráfico 3.

Análisis: Del total de lámparas de fotocurado incluidas en el estudio, tan solo el 2% tenían 5 años o más de uso, mientras que un 34% habían sido usadas por 2 años.

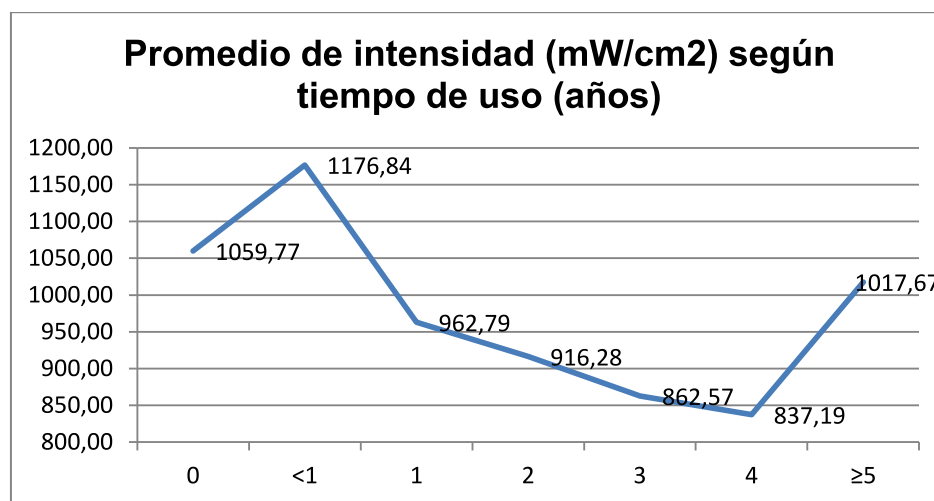


Gráfico 4.

Análisis: Gráfico que demuestra el promedio de intensidad de las lámparas de la muestra clasificados por el tiempo de uso. Se observa una tendencia a descender a medida que aumenta el tiempo de uso.

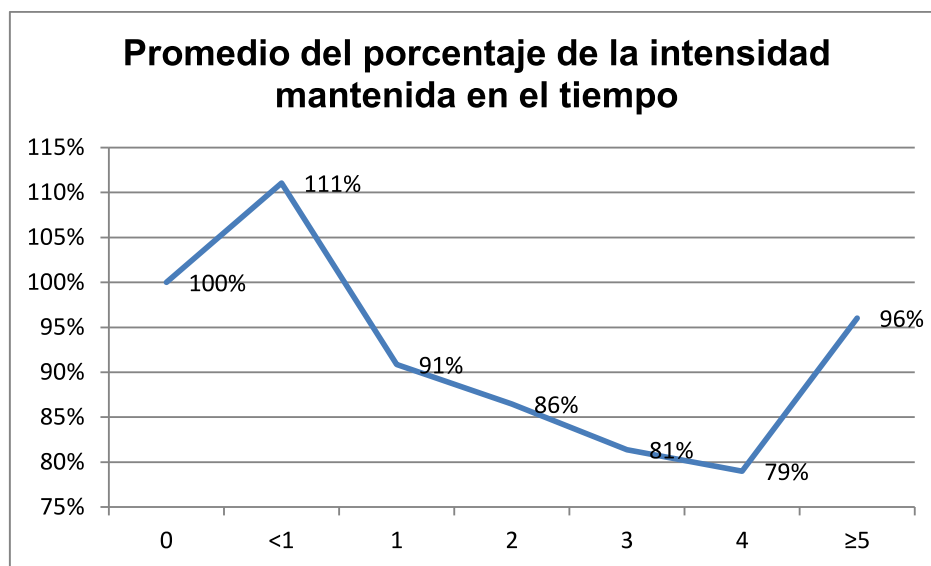


Gráfico 5.

Análisis: Aquí se muestra el porcentaje en general del mantenimiento de la intensidad de luz con respecto al control. En las lámparas con 1 año de uso, se observó un aumento con respecto al valor de control.

Tiempo de uso (años)	Control	<1	1	2	3	4	≥5
Grupo 1	1168,45	1525,5	1211	1057,86	1028,19	836,5	1017,67
Grupo 2	941,4	629,67	872	781,67	741,95	964	N/A
Grupo 3	1156,63	1181,98	803,5	819,25	494,17	N/A	N/A

Tabla 2.

Análisis: Se muestran los promedios de intensidad de todos los grupos que conformaron el estudio.

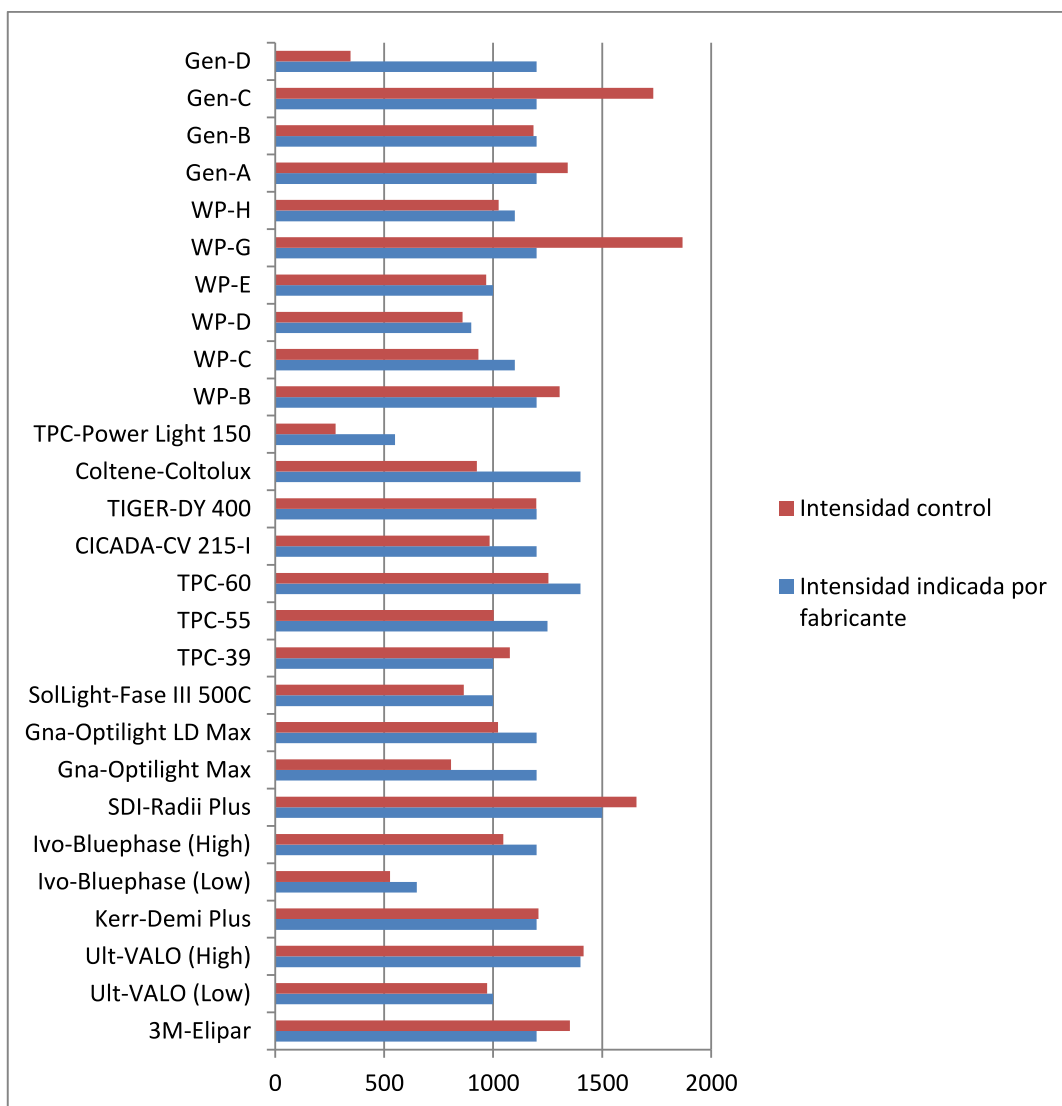


Gráfico 6.

Análisis: Se muestran todas las marcas de lámparas de fotocurado analizadas en el estudio. Las barras azules muestran la intensidad que detalla el fabricante que posee la lámpara de fotocurado, y las barras rojas muestran el valor obtenido como control, con lámparas de fotocurado sin uso. El propósito de ésta gráfica es observar la diferencia entre el valor de la intensidad indicado por el fabricante y el valor de intensidad de la lámpara nueva medido con un radiómetro.

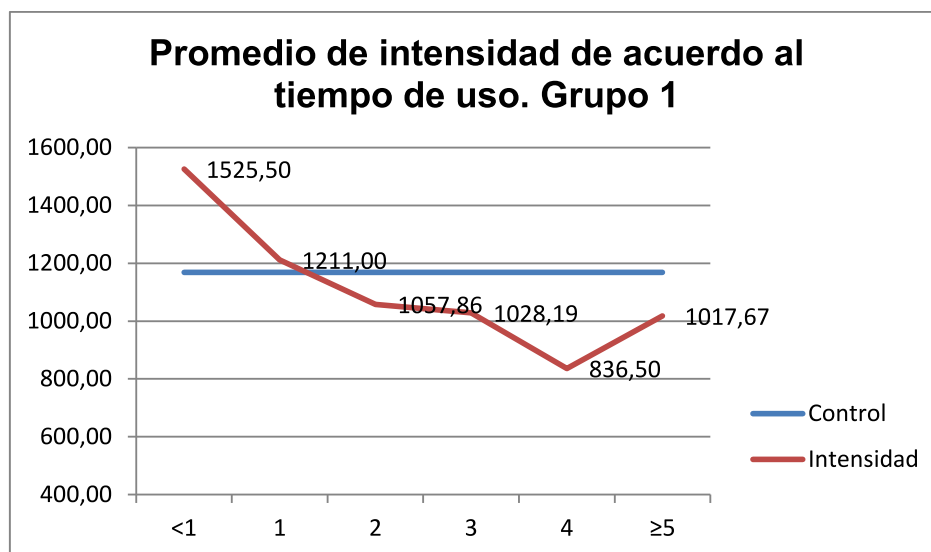


Gráfico 7.

Análisis: En el grupo 1 se observa que la intensidad de las lámparas de fotocurado presenta una tendencia a descender a medida que aumenta el tiempo de uso.

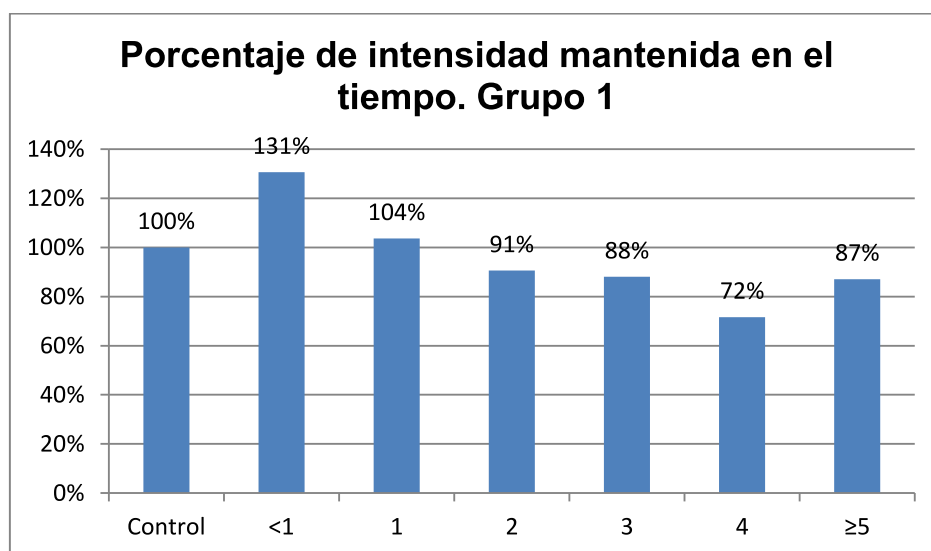


Gráfico 8.

Análisis: Relación entre las lámparas analizadas y el valor de control descritos en porcentajes. Los valores se encuentran agrupados de acuerdo al tiempo de uso.

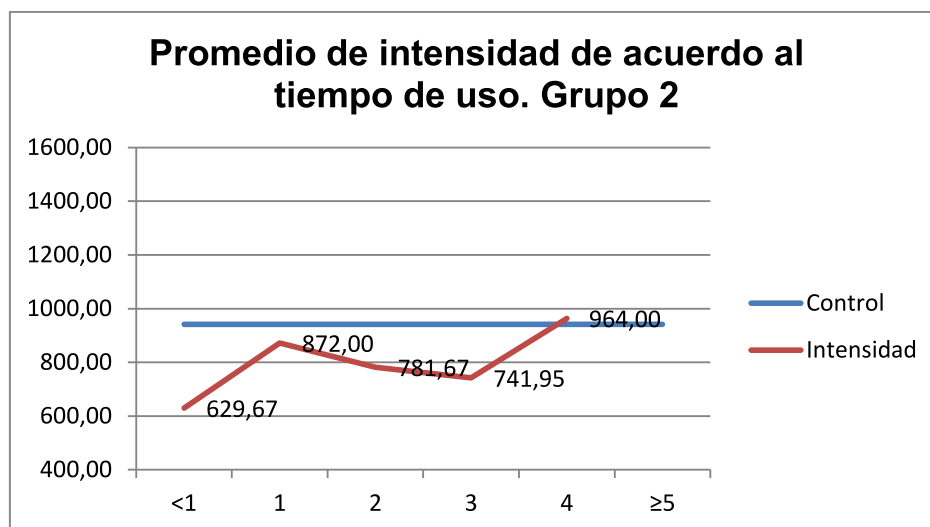


Gráfico 9.

Análisis: En el grupo 2 se observa que la intensidad lumínica tiene una tendencia a disminuir de acuerdo al tiempo de uso, sin embargo, se obtuvo el valor más bajo en las lámparas con menos de 1 año de uso. Ninguna lámpara de éste grupo ha sido utilizada por 5 años o más. El aumento que se observa a los 4 años de uso, puede deberse a que sólo 2 lámparas de fotocurado de este grupo habían sido utilizadas por este tiempo, y ambas lámparas mostraron una intensidad mayor que el resto.

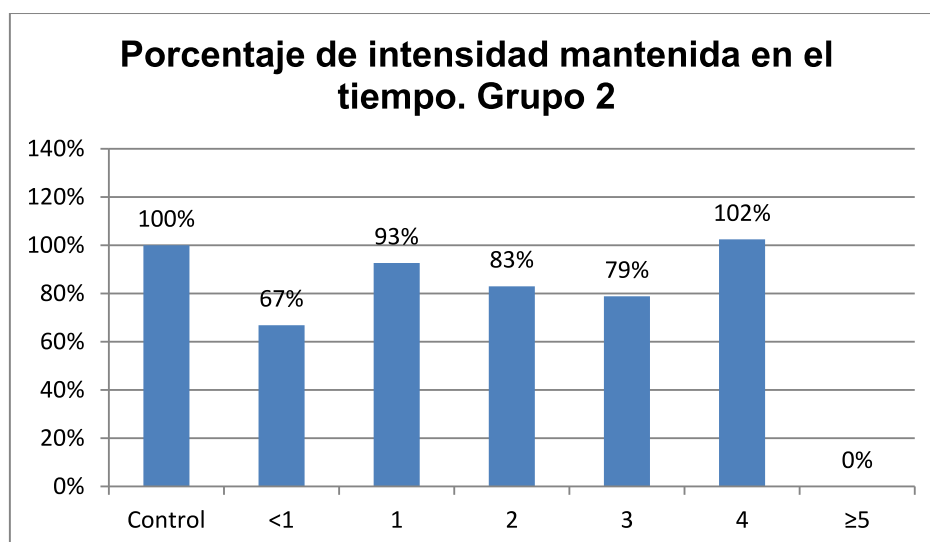


Gráfico 10.

Análisis: Relación entre las lámparas analizadas y el valor de control descritos en porcentajes. Los valores se encuentran agrupados de acuerdo al tiempo de uso. Ninguna lámpara de fotocurado de este grupo tenía un tiempo de uso de 5 o más años.

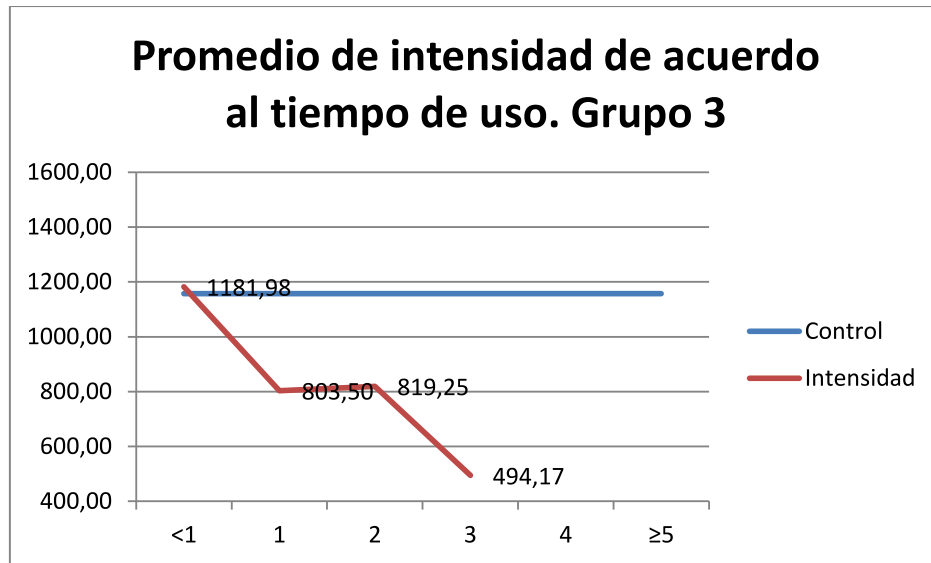


Gráfico 11.

Análisis: En el grupo 3 también se observó que la intensidad de luz de las lámparas de fotocurado tiene una tendencia a descender a medida que aumenta el tiempo de uso. Curiosamente, no se encontraron lámparas de fotocurado de éste grupo utilizadas por 4 años o más.

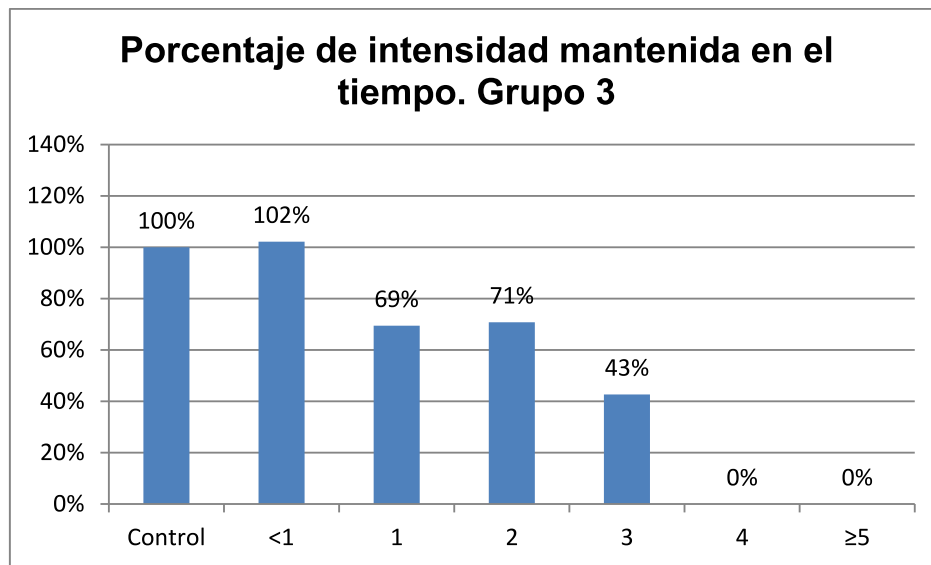


Gráfico 12.

Análisis: Relación entre las lámparas analizadas y el valor de control descritos en porcentajes. Los valores se encuentran agrupados de acuerdo al tiempo de uso. Claramente se observa la tendencia a descender.

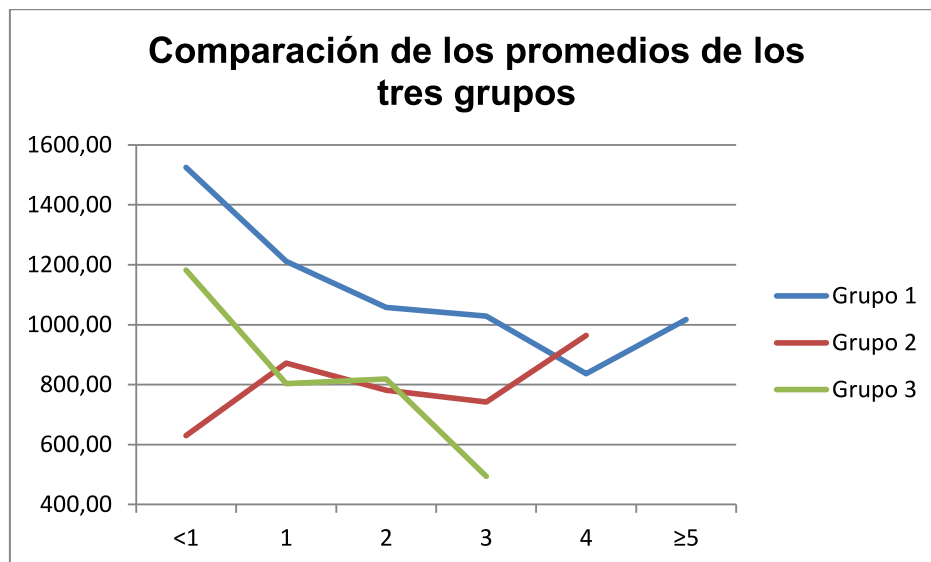


Gráfico 13.

Análisis: Comparación entre los 3 grupos: El grupo 1 muestra una mayor y más constante intensidad a través del tiempo que los otros 2 grupos. El grupo 3 fue

el más irregular a través del tiempo, a pesar de que no existen valores a los 4 años y 5 años o más. El grupo 2 mostró una menor intensidad que el grupo 1, pero fue más irregular, mostrando más ascensos y descensos.



Gráfico 14.

Análisis: El 100% de las lámparas de fotocurado de éste grupo mostraron una intensidad mayor a 600 mW/cm^2 .

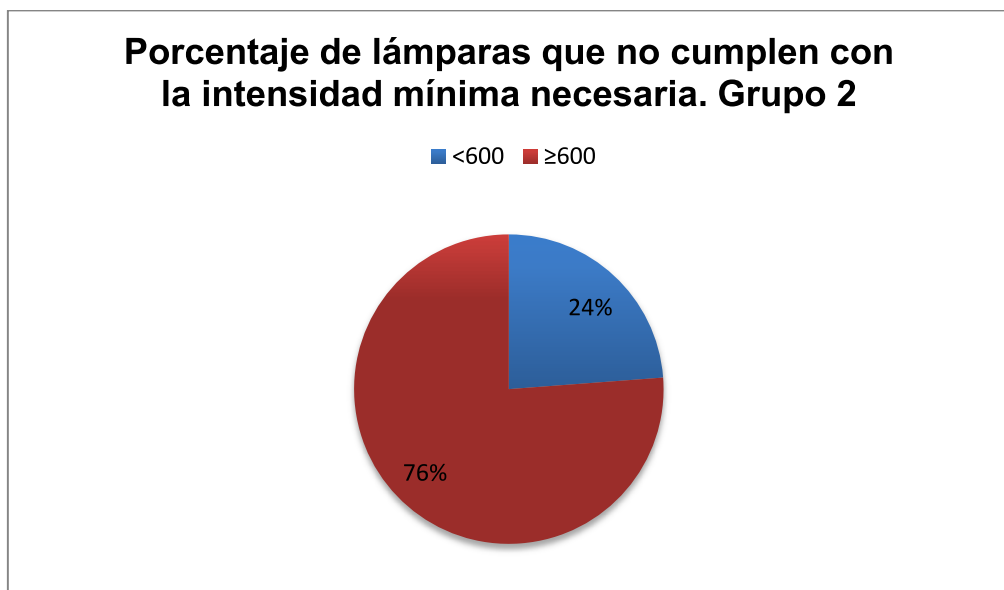


Gráfico 15.

Análisis: El 24% de lámparas de fotocurado de éste grupo mostraron una intensidad menor a 600 mW/cm².



Gráfico 16.

Análisis: El 23% de lámparas de fotocurado de este grupo mostraron una intensidad menor a 600 mW/cm².

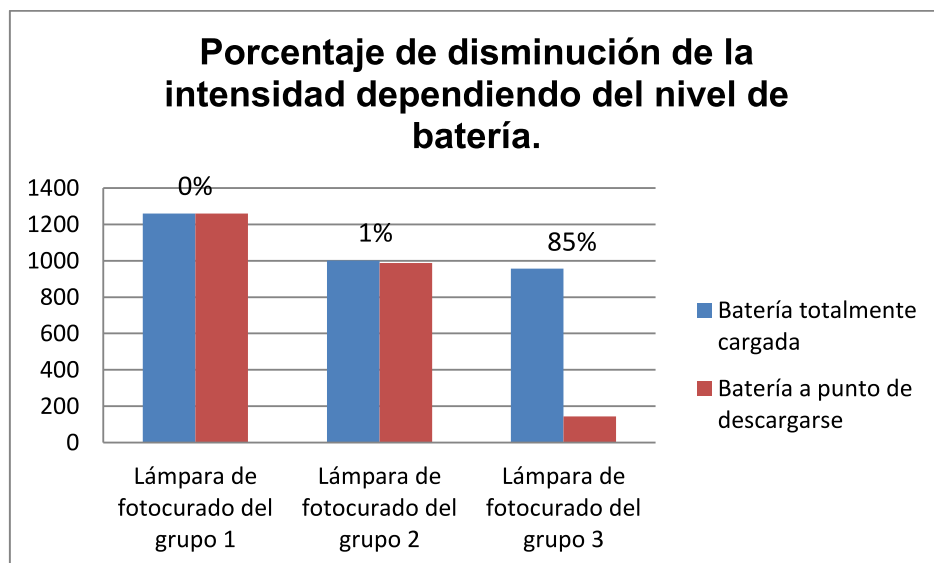


Gráfico 17.

Análisis: Se observó una diferencia significativa en algunas lámparas de fotocurado del grupo 3 en los niveles de intensidad del mismo modelo. Muchas veces los dueños de las lámparas de fotocurado mencionaron que la batería estaba descargada antes del estudio, y se las cargó por aproximadamente media hora antes de realizar la medición de la luz. En algunos casos, la lámpara de fotocurado emitía una intensidad aceptable, y en otros, la intensidad era demasiado baja. Para complementar el estudio, se realizó una prueba aleatoria en la cual se escogió una lámpara de cada grupo y se midió la intensidad de luz con la batería totalmente cargada, y con la batería a punto de descargarse para observar la variación en la intensidad que muestra cada una.

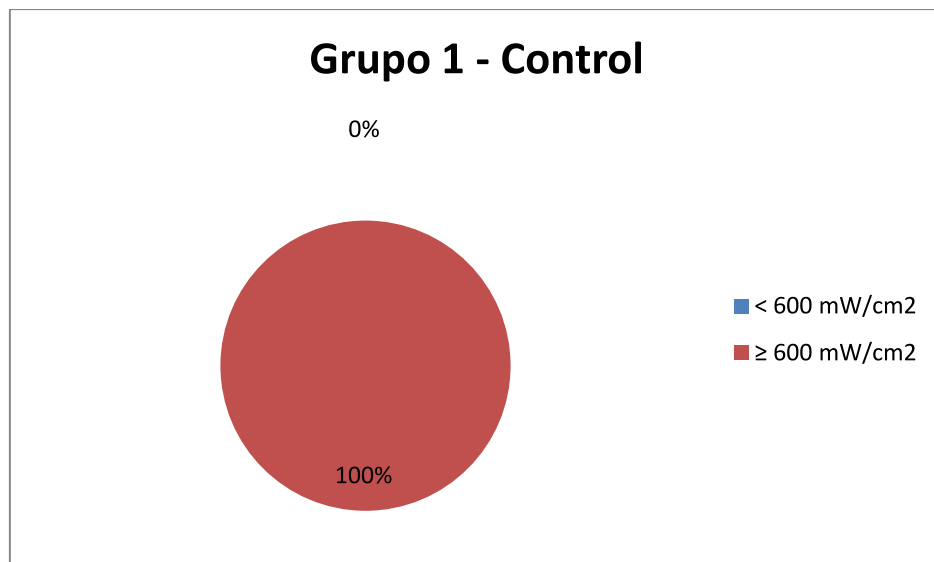


Gráfico 18.

Análisis: El 100% de lámparas de fotocurado del grupo 1 de control mostraron una intensidad mayor a 600 mW/cm².

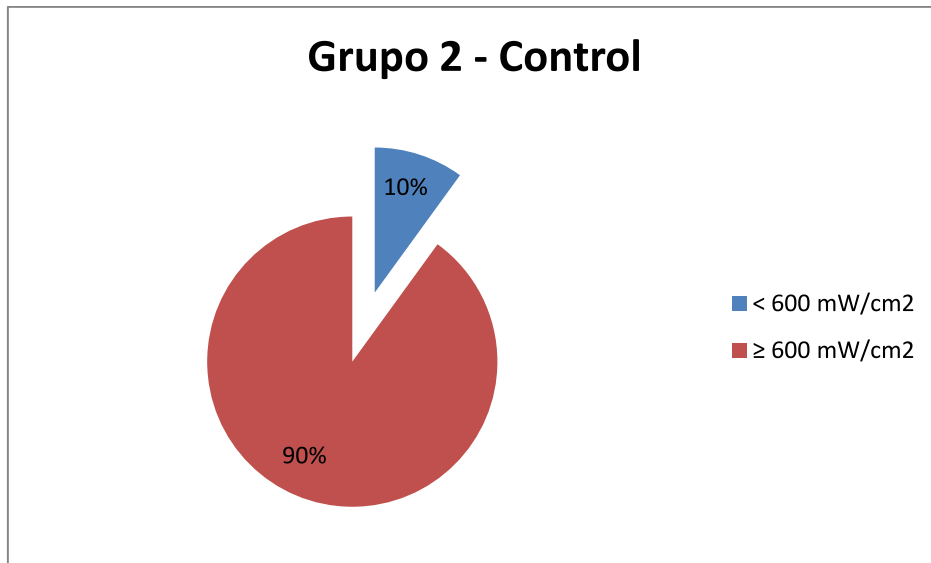


Gráfico 19.

Análisis: 1 lámpara de un total de 10 del grupo 2 de control obtuvo una intensidad menor a 600 mW/cm². Ésta lámpara fue el único modelo de lámpara halógena que fue incluido en la muestra. El valor de la lámpara usada, del mismo modelo, mostró una intensidad equivalente al 207,80% del control.

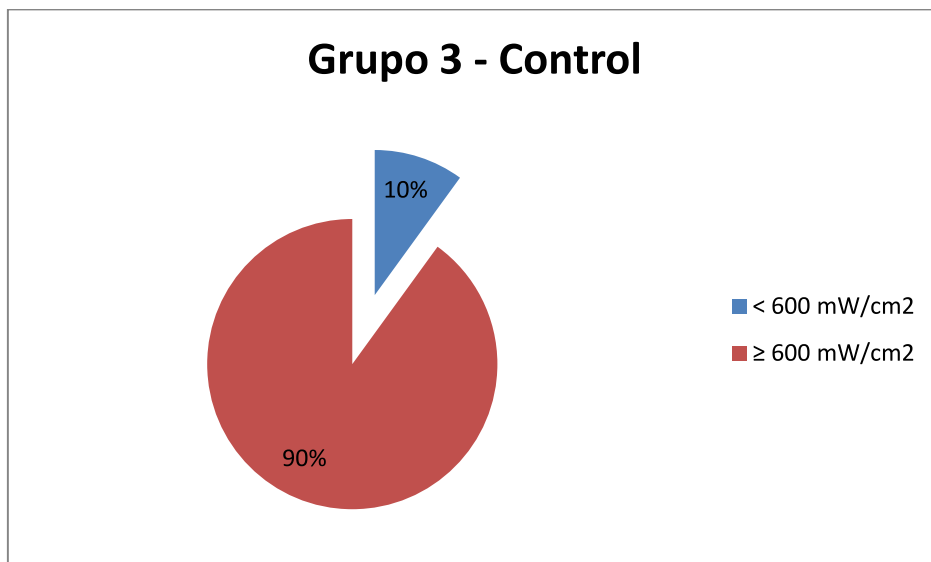


Gráfico 20.

Análisis: 1 de 10 lámparas del grupo 3 de control mostró una intensidad menor a 600 mW/cm^2 . La lámpara usada, del mismo modelo, mostró una intensidad equivalente al 357,15% del valor control.

5. Discusión

La mayoría de estudios realizados que evalúan la intensidad de luz de las lámparas de fotocurado han sido enfocados en lámparas halógenas.

Los resultados de éste estudio coinciden con dos estudios realizados en Canadá, en los cuales se demostró que las lámparas de fotocurado utilizadas en consultorios privados que tienen más de 3 años de uso, tienen una intensidad de luz significativamente menor.^{69,70}

Existen varios estudios que exponen el promedio de lámparas de fotocurado que no alcanzan el nivel mínimo de intensidad de luz.

Hao et al, en un estudio realizado en Changchun, China en 2013, fijaron como intensidad mínima necesaria el valor de 300 mW/cm^2 . En este estudio encontraron que el 31,6% de lámparas de fotocurado no alcanzaba estas cifras.

¹² Se debe hacer énfasis que del total de lámparas de fotocurado analizadas en China, el 67,3% eran halógenas, a diferencia de éste estudio, en el cual las lámparas halógenas constituían solo el 2% de la muestra. El 90,6% de las lámparas LED analizadas en China obtuvieron un valor mayor al mínimo necesario¹².

Barghi, Berry y Hatton, en 1994 evaluaron la intensidad de luz de lámparas de fotocurado en consultorios privados y encontraron que el 30% tenía una intensidad menor a 199. Y del resto de lámparas, la intensidad de luz se encontraba en un rango entre 200 y 349 mW/cm^2 .⁶⁹ En este estudio, todas las lámparas utilizadas eran halógenas.

6. Conclusiones

Se confirmó la hipótesis de que las lámparas de fotocurado disminuyen su desempeño de acuerdo a su tiempo de uso, dado que se observó que la intensidad de las lámparas de fotocurado tenía una tendencia a disminuir a medida que el tiempo de uso aumentaba. Hubo ciertas excepciones, en las cuales se mostraban niveles superiores a los 4 o 5 años de uso, pero esto pudo haber sido influenciado por el poco número de lámparas de fotocurado medidas en estos rangos de tiempo.

La segunda hipótesis (el 30% de lámparas de fotocurado utilizadas por odontólogos en Guayaquil no poseen una intensidad lumínica óptima para fotocurar correctamente), es falsa según los resultados obtenidos en este estudio:

En el grupo 1, el 0% de lámparas de fotocurado tenían una intensidad menor a 600 mW/cm^2 . En el grupo 2, se observó que el 24% de lámparas de fotocurado tenían una intensidad menor a 600 mW/cm^2 . En el grupo 3, el 23% de las lámparas estudiadas mostraron una intensidad inferior a 600 mW/cm^2 .

Número y tiempo de uso de lámparas de fotocurado que no alcanzaron la intensidad mínima necesaria							
Tiempo de uso (años)	Control	<1	1	2	3	4	≥5
Grupo 1	0	0	0	0	0	0	0
Grupo 2	1	1	0	2	2	0	0
Grupo 3	1	0	1	5	1	0	0

Tabla 3.

Análisis: En las celdas se muestra el número de lámparas que no obtuvieron una intensidad mínima necesaria de 600 mW/cm^2 .

Si bien la hipótesis planteada es falsa, en los grupos 2 y 3 se observó que un porcentaje importante del total de lámparas analizadas mostraron una intensidad inferior a la mínima necesaria (600 mW/cm^2).

El grupo 1 fue el que mejor desempeño mostró, tanto en el nivel de intensidad inicial, como en el mantenimiento de la intensidad a través del tiempo. Por lo tanto, se puede concluir que por el costo que tienen las lámparas de fotocurado de este grupo, vamos a obtener una fotopolimerización adecuada, siempre y cuando se utilice una técnica de fotopolimerización correcta tomando en cuenta los diversos aspectos explicados anteriormente.

Todas las lámparas de fotocurado del grupo 1 presentaron una intensidad de más de 600 mW/cm^2 , con excepción de 5 lámparas de fotocurado utilizadas en modo "Low", cuyo valor de control también se encontraba por debajo de 600 mW/cm^2 . Sin embargo, éstas lámparas de fotocurado ofrecían varios programas de fotopolimerización con niveles de intensidad más altos, cuyo promedio fue de $1024,33 \text{ mW/cm}^2$, manteniendo un 97,82% de la intensidad obtenida en el control.

Las lámparas de fotocurado del grupo 2, pese a que mostraron una intensidad de luz menor que el grupo 1, son una opción válida para fotopolimerizar, ya que los valores obtenidos se mantuvieron por encima del mínimo necesario de 600 mW/cm^2 , con excepción de 5 lámparas de fotocurado.

Un factor que afectó significativamente la intensidad de las lámparas de fotocurado del grupo 3, además del tiempo de uso, fue el nivel de batería al momento de realizar la medición. Se observó que existía una relación directa entre el nivel de carga y la intensidad que emitían algunas lámparas de fotocurado de éste grupo. Cuando la batería se encontraba totalmente cargada, la intensidad emitida era muy similar a la especificada por el fabricante, pero a medida que el nivel de carga disminuía, también disminuía la intensidad de luz de la lámpara de fotocurado, llegando a porcentajes de hasta un 15% de la intensidad que emitía la misma lámpara con la batería totalmente cargada. Se observó que éste factor no existía o era muy poco significativo en los grupos 1 y 2.

7. Recomendaciones

La gran mayoría de las lámparas de fotocurado analizadas en este estudio son aptas para realizar una adecuada fotopolimerización, siendo las más confiables las pertenecientes al grupo 1. Si decidimos adquirir una lámpara de los grupos 2 o 3, debemos tener la precaución de revisar periódicamente su intensidad mediante el uso de un radiómetro , y procurar que estas, especialmente las del grupo 3, estén suficientemente cargadas antes de utilizarlas, puesto que se observó que estas sufren una significativa disminución de su intensidad a medida que disminuía su

Las lámparas de fotocurado que poseen una alta intensidad transmiten calor al diente y a los tejidos que lo rodean, por lo que para evitar quemaduras de los tejidos blandos o problemas asociados al aumento de temperatura del diente, se debe refrigerar con aire el área irradiada, sobretodo en cavidades profundas donde la cámara pulpar se encuentra cercana al piso de la cavidad.

Es necesario que los odontólogos conozcan la intensidad de la lámpara de fotocurado que utilizan, además de la energía que necesitan las resinas que utilice, para conocer el tiempo mínimo de fotopolimerización que debe utilizar para lograr un adecuado grado de conversión de las resinas, y no comprometer las propiedades físicas de estas.

Para asegurarnos de brindar la energía necesaria a las restauraciones de resina compuesta, debemos posicionar lo más cercano posible la punta de la lámpara de fotocurado a la restauración, debido a la significativa disminución de la energía que llega a la resina a medida que se aleja la punta de la lámpara de fotocurado.

Los odontólogos no deben confiar ciegamente en la intensidad que indica el fabricante que poseen las lámparas de fotocurado, ya que éste es un aproximado y existen muchos factores que afectan éste valor. Se deben realizar controles periódicos que evalúen la intensidad de la lámpara de fotocurado, preferiblemente mediciones realizadas por un solo radiómetro, manteniendo un

registro de cada medición, para detectar cualquier cambio significativo en la intensidad de la luz.

8. Bibliografía:

1. Federlin M, Price R. Improving light-curing instruction in dental school. *J Dent Educ* 2013;77(6):764-772.
2. Strasser HE, Price RB. Understanding Light Curing, Part 1. Delivering Predictable and Successful Restorations. *Dentistry today*. 2014;173:1-11.
3. Tak O, Alintas SH, Ozturk N, Usumez A. Effect of three types of light-curing units on 5-year colour changes of light-cured composite. *Clin Oral Invest*. 2008;13:29-35.
4. Price RB, Shortall AC, Palin WM. Contemporary Issues in Light Curing. *Operative Dentistry*. 2013;38-5.
5. Shisei K, Yokota H, Yokota H, Hayashi Y. The effect of light-curing modes on the microleakage of cervical resin composite restorations. *Journal of Dentistry*. 2004;32:247–254.
6. Wegehaupt FJ, Tauböck TT, Attin T, Belibasakis GN. Influence of light-curing mode on the cytotoxicity of resin-based surface sealants. *BMC Oral Health* 2014;14:48.
7. Guiraldo RD, Consani S, Xediek Consani RL, Mendes WB, Lympius T, Coelho Sinhoreti MA. Effect of different light curing units on Knoop hardness and temperature of resin composite. *Indian J Dent Res*. 2009;20(3):308-312.
8. Al-Qudah AA, Mitchell CA, Biagioni PA, Hussey DL. Effect of composite shade, increment thickness and curing light on temperature rise during photocuring. *Journal of dentistry*. 2007;35:238–245.
9. Lindberg A, Peutzfeldt A, van Dijken JWV. Effect of power density of curing unit, exposure duration, and light guide distance on composite depth of cure. *Clin Oral Invest*. 2005;9: 71–76.
10. Yaman BC, Efes BG, Dörter C, Gömeç Y, Erdilek D, Büyükgökçesu. The effects of halogen and light-emitting diode light curing on the depth of cure and surface microhardness of composite resins. *J Conserv Dent*. Apr-Jun 2011;Vol 14:136-139.
11. Jadhav S, Hegde V, Aher G, Fajandar N. Influence of light curing units on failure of direct composite restorations. *J Conserv Dent*. Jul-Sept 2011;Vol 14:225-227.

12. Hao X, Luo M, Wu J, Zhu S. A survey of power density of light-curing units used in private dental offices in Changchun City, China. *Lasers Med Sci* 2013. doi:10.1007/s10103-013-1351-0.
13. Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B, Kostylev I, Fahey J. Correlation between the beam profile from the curing light and the microhardness of four resins. *Dent Mat* 30 2014:1345-1357
14. Caughman WF, Rueggeberg FA (2002) Shedding new light on composite polymerization. *Oper Dent* 27,636-638
15. Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Felix CM. Irradiance differences in the violet (405 nm) and blue (460 nm) spectral ranges among dental lightcuring units. *J Esthet Restor Dent* 2010;22(6):363-377.
16. Ferrante M, Dottore P, Petrini M, Trentini P, Spoto G. Evaluation of different light-curing lamps: Halogen versus new-diode lamp. *J Therm Anal Calorim* 2012;109:939-944.
17. Queiroz RS, Bandéca MC, Calixto LR, Saade EG, Nadalin MR, Andrade MF, Porto-Neto ST. Effect of Light-Curing Units on Microleakage under Dental Composite Resins. *Las Phys* 2009;19(9):1909-1911.
18. Ferrante M, Petrini M, Trentini P, Spoto G. Evaluation of composites light-curing at different times and distances of irradiation. *J Therm Anal Calorim.* 2012;107:757-761
19. Boksman L, Coelho G. Principles of Light-Curing. *Inside Dentistry* 2012: 94-97.
20. Ferracane J, Watts DC, Barghi N, et al. Effective use of dental curing lights, a guide for the dental practitioner. *ADA Professional Product Review.* 2013;8(2) 2-12.
21. Price RB, Strassler HE, Price HL, et al. The effectiveness of using a patient simulator to teach light-curing skills. *J Am Dent Assoc.* 2014;145 32-43.
22. Sunnegårdh-Grönberg K, van Dijken JW, Fune gård U et al. Selection of dental materials and longevity of replaced restorations in Public Dental Health clinics in northern Sweden. *J Dent.* 2009;37 673-678.
23. Maghaireh GA, Alzraikat H, Taha NA. Assessing the irradiance delivered from light-curing units in private dental offices in Jordan. *J Am Dent Assoc.* 2013;144 922-927.

24. Schneider LF, Consani S, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoretì MA. Halogen and LED light curing of composite: temperature increase and Knoop hardness. *Clin Oral Invest*. 2006;10:66-71
25. Rastelli ANS, Jacomassi DP, Bagnato VS. Degree of Conversion and Temperature Increase of a Composite Resin Light Cured with an Argon Laser and Blue LED. *Laser Physics*. 2008;18(12):1570-1575.
26. Price RB, Labrie D, Kazmi S, Fahey J & Felix CM (2012) Intra- and inter-brand accuracy of four dental radiometers *Clinical Oral Investigations* 16(3) 707-717.
27. Busemann I, Schattenberg A, Willershausen B & Ernst CP (2008) Accuracy of hand-held dental radiometers for the determination of power output of curing devices *Das Deutsche Zahnärzteblatt* 117(10) 476-482.
28. Roberts HW, Vandewalle KS, Berzins DW, et al. Accuracy of LED and halogen radiometers using different light sources. *J Esthet Restor Dent*. 2006;18 214-222.
29. Michaud PL, Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units. *J Dent* 2014;42:129–139.
30. Alqahtani MQ, Price RB, Alshaafi M, et al. Irradiance and power output from ten budget curing lights. *J Dent Res*. 2014;93(special issue). Abstract 309.
31. Miller MB. Curing lights does a 5-second cure really work. *Gen Dent*. 2009 57;118.
32. Ilie N, Jelen E, Hickel R. Is the soft-start polymerisation concept still relevant for modern curing units? *Clin Oral Invest* (2011) 15:21–29
33. Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, et al. Degree of conversion and mechanical properties of a BisGMA TEGDMA composite as a function of the applied radiant exposure. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*
34. Rueggeberg FA, Jordan D. Light tip distance and cure of resin composite. *J Dent Res*. 1992;71(special issue A). Abstract 661.
35. Pires JA, Cvitko E, Denehy GE, et al. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int*. 1993;24:517-521.

36. Bernardo M, Luis H, Martin MD, et al. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc.* 2007; 138; 775-783.
37. Xu X, Sandras DA, Burgess JO. Shear bond strength with increasing light-guide distance from dentin. *J Esthet Restor Dent.* 2006;1819-27.
38. Price RB, Dérand T, Sedarous M, et al. Effect of distance on the power density from two light guides. *J Esthet Dent.* 2000;12320-327.
39. Maleknejad F, Ameri H, Manafi S, et al. The effect of photoactivation time and light tip distance on the degree of conversion of light and dual-cured dentin adhesives. *Indian J Dent Res.* 2013;24225-228.
40. Strassler HE. Successful light curing—not as easy as it looks. *Oral Health.* 2013;10318-27.
41. Oberholzer TG, Makofane ME, du Preez IC & George R (2012) Modern high powered led curing lights and their effect on pulp chamber temperature of bulk and incrementally cured composite resin *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 20(2) 50-55.
42. Guiraldo RD, Consani S, Sinhoreti MA, et al. Thermal variations in the pulp chamber associated with composite insertion techniques and light-curing methods. *J Contemp Dent Pract.* 2009;1017-24.
43. Bouillaguet S, Caillot G, Forchelet J, et al. Thermal risks from LED- and high-intensity QTH-curing units during polymerization of dental resins. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005;72260-267.
44. Strasser HE, Price RB. Understanding Light Curing, Part 2. Delivering Predictable and Successful Restorations. *Dentistry today.* 2014;173:1-11.
45. Price RB, McLeod ME, Felix CM. Quantifying light energy delivered to a Class I restoration. *J Can Dent Assoc.* 2010;76a23.
46. Rueggeberg F, Mutluay MM, Price RB, et al. Efficacy of a training device for increasing curing energy delivery. *J Dent Res.* 2010;89.
47. Seth S, Lee CJ, Ayer CD. Effect of instruction on dental students ability to light-cure a simulated restoration. *J Can Dent Assoc.* 2012;78c123.
48. Souza-Junio EJ, Pimenta CT, Prieto LT, Sartini LA. Influence of the LED curing source and selective enamel etching on dentin bond strength of self-etch adhesives in class I composite restorations. *Lasers Med Sci.* 2012;27:1175-1182.

49. Owens B, Rodríguez K. Radiometric and Spectrophotometric Analysis of Third Generation Light-Emitting Diode (LED) Light-Curing Units. *J Contemp Dent Pract.* 2007; 8 2; 43-51
50. Celerino IC, Silva LE, Martin AA, Cavalli V, Suzy PC. Influence of the photoinitiator system and light photoactivation units on the degree of conversion of dental composites. *Braz Oral Res.* 2010 Oct-Dec;24(4):475-481.
51. Ilie N, Stark K. Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. *Clin Oral Invest.* 2014. DOI 10.1007/s00784-014-1262-x
52. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Operative Dentistry* 1994;19:26—32
53. Hinoura K, Miyazaki M, Onose H. Influence of argon laser curing on resin bond strength. *American Journal of Dentistry* 1993;6:69-71
54. Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dental Materials* 2000;16:292-296.
55. Sakaguchi RL, Berge HX. Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *Journal of Dentistry* 1998;26:695-700.
56. Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. *Dental Materials* 2002;18:436-444.
57. Watts DC, Cash AJ. Determination of polymerization shrinkage kinetics in visible-light-cured materials methods development. *Dental Materials* 1991;7:281-287.
58. Zakavi F, Golpasand H, Sadeghian S, Freckelton V, Daraeighadikolaie A, Ghanatir E, Zarnaghnash N. Evaluation of microleakage of class II dental composite resin restorations cured with LED or QTH dental curing light; Blind, Cluster Randomized, In vitro cross sectional study. *BMC Research Notes* 2014, 7:416.
59. McAndrew R, Lynch CD, Pavli M, Bannon A, Mildward P. The effect of disposable infection control barriers and physical damage on the power output of light curing units and light curing tips. *Br Dent J.* 2011;210(8).

60. Rode KM, De Freitas PM, Lloret PR, Powell LG, Turbino ML. Micro-hardness evaluation of a micro-hybrid composite resin light cured with halogen light, light-emitting diode and argon ion laser. *Lasers Med Sci* (2009) 24:87–92.
61. Valentino TA, Calabrez S, Menezes FC, Cavalcante LM, Pimenta LA, Andrade MD, Dantas AA, Rastelli ANS. Effect of Light Curing Sources on Microhardness of Different Composite Resins. *Laser Physics*, 2011; 21(6): 1130-1134.
62. Bhalla M, Patel D, Shashikiran ND, Mallikarjuna RM, Nalawade TM, Reddy HK. Effect of light-emitting diode and halogen light curing on the micro-hardness of dental composite and resin-modified glass ionomer cement: An *in vitro* study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2012;30:201-205.
63. Polydorou O, Manolakis A, Hellwig E, Hahn P. Evaluation of the curing depth of two translucent composite materials using a halogen and two LED curing units. *Clin Oral Invest* (2008) 12:45–51.
64. Emami N, Soderholm KJM. Influence of light-curing procedures and photo-initiator/co-initiator composition on the degree of conversion of light-curing resins. *J of Mat Sci*. 2005 (16) 47– 52.
65. Caughman WF, Caughman GB, Shiflett RA, Rueggeberg F & Schuster GS (1991) Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites *Biomaterials* 12(8) 737-740.
66. Durner J, Obermaier J, Draenert M & Ilie N (2012) Correlation of the degree of conversion with the amount of elutable substances in nano-hybrid dental composites *Dental Materials* 28(11) 1146-1153.
67. Spranley TJ, Winkler M, Dagate J, Oncale D & Strother E (2012) Curing light burns *General Dentistry* 60(4) e210-214.
68. Santini A, Turner S. General dental practitioners' knowledge of polymerisation of resin-based composite restorations and light. *Br Dent J*. 2011; 211: e13.
69. El-Mowafy O, El-Badrawy W, Lewis D W et al. Efficacy of halogen photopolymerization units in private dental offices in Toronto. *J Can Dent Assoc* 2005; 71 587–592.
70. El-Mowafy O, El-Badrawy W, Lewis D W et al. Intensity of quartz tungsten halogen light-curing units used in private practice in Toronto. *J Am Dent Assoc* 2005; 136 766–773.

9. Anexos:



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ODONTÓLOGO.**

Por medio de la presente autorizo al alumno Daniel Hidalgo Salto, estudiante de pregrado de la Carrera de Odontología de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, a que realice las acciones pertinentes para la finalidad de su trabajo de titulación con el tema "Evaluación del desempeño de las lámparas de fotocurado comercializadas en Guayaquil".

He sido comunicado sobre la naturaleza y el propósito de este trabajo y comprendo por lo tanto la importancia de proporcionar datos veraces y completos ante los requerimientos del alumno. Además, estoy consciente que mi colaboración servirá de apoyo y ayuda a su investigación que beneficiará a nuestra comunidad.

Se me ha comunicado que la información registrada durante el estudio pertenece a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, y que posteriormente los resultados serán publicados sin nombrar la pertinencia de esta información.

Nombre: _____

Firma: _____

Guayaquil, _____

Registro de datos

Lugar de investigación: _____

Marca: _____

Modelo: _____

Tipo: LED Halógena

Último cambio del bulbo (sólo halógenas):

≤3 meses <6 meses 1 año 2 años 3 años 4 años ≥5 años

Intensidad

Medición 1: _____ mW/cm²

Medición 2: _____ mW/cm²

Medición 3: _____ mW/cm²

Promedio: _____ mW/cm²

Costo: \$ _____

Tiempo de uso: Sin uso <1 año 1 año 2 años 3 años 4 años ≥5 años

Firma Estudiante

Firma dueño

Firma Testigo

Nº cédula

Nº cédula

Nº cédula