

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

LICENCIATURA EN ESTOMATOLOGÍA

TESIS

**“ESTABILIDAD DE COLOR EN RESINA COMPUESTA CON IVOCERINA
POLIMERIZADAS CON LÁMPARAS MONOWAVE Y POLIWAVE”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ESTOMATOLOGÍA

PRESENTA

MARÍA GUADALUPE ARROYO GONZÁLEZ

201701021

DIRECTOR DE TESIS

DC. ABIGAILT FLORES LEDESMA

DIRECTOR DISCIPLINARIO

DC. CAROLINA SÁMANO VALENCIA

DIRECTOR METODOLÓGICO

DC. MARÍA DE LOS ANGELES MOYAHU BERNAL

ASESOR EXTERNO

DC. JACQUELINE ADELINA RODRÍGUEZ CHÁVEZ

LECTOR

DC. ELENA AURORA POPOCA HERNÁNDEZ

OCTUBRE 2024

I.- Dictamen de aprobación de tesis



Oficio No. FESIEP/CIFE/074/2024

C. María Guadalupe Arroyo González
Estudiante de la Licenciatura en Estomatología
Matrícula No.: 201701021
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

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

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

"Estabilidad de color en resina compuesta con ivocerina polimerizada con lámpara monowave y poliwave".

Esta tesis está inscrita en el libro de registros No. 09, página 01, con el No. de asignación 2024250, en la Secretaría de Investigación de esta Unidad Académica. Usted presentará esta tesis para realizar su examen profesional y así obtener el grado de Licenciatura en Estomatología.

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

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

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

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

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

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

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

*Nota: Se anexa Formato de Impresión de Tesis - C. María Guadalupe Arroyo González - Licenciatura en Estomatología - Facultad de Estomatología - B.U.A.P. (origina) - p.s.c.y.a.
*C.p. Archivo
*MCO. FJMA/MEP. GNRCQ/yaneth

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología

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

II.- Autorización de impresión

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

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

No. Registro CIFE: 2024250 **Fecha de Registro ante CIFE:** miércoles 21 febrero del 2024.

Título de la Tesis: "Estabilidad de color en resina compuesta con ivocerina polimerizada con lámpara monowave y poliwave".

Nombre del alumno: María Guadalupe Arroyo González. **Matrícula:** 201701021.

Domicilio: Calle 17 de mayo S/N, Col. La Martinica Tlaxco, Tlaxcala.

Tel: 241*148 90 48.

Fecha de ingreso a la Facultad: lunes 08 de enero del 2018.

Firma: _____

Director de Tesis: DC. Abigail Flores Ledesma.

Grado académico: Doctor en Ciencias

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100324622.

Tel: 55*37 37 66 11

Firma: _____

Director Disciplinario: DC. Carolina Sámano Valencia. **Grado académico:** Doctora en Ingeniería y Ciencia de Materiales

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100526470.

Tel: 44*48 19 18 22

Firma: _____

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

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100289266.

Tel: 22*25 79 36 15

Firma: _____

Lector: DC. Elena Aurora Popoca Hernández

Grado académico: Doctorado en Ciencias Biomédicas Básicas.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100524607

Tel: 22*21 89 41 89.

Firma: _____

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

ME. Francisco Javier Castillo Cano

Firma: _____

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

MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana



Fecha actual: martes 20 de agosto del 2024.

Sello _____

III.- Oficio de aprobación de proyecto C.I.F.E.



Constancia No. FESIEP/CIFE/030/2024

DC. Abigail Flores Ledesma
Responsable del Proyecto de Investigación
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Sinva este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo la que suscribe MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana en mi calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y tras un detenido análisis y evaluación en el Proyecto de Investigación (Colectivo):

Nombre del Título del Proyecto:

"Estabilidad de color en resina compuesta con ivocerina polimerizada con lámpara monowave y poliwave"

Presentado por:

No.	Cargos	Nombres	ID y/o Matrícula
1	Responsable del Proyecto de Investigación:	DC. Abigail Flores Ledesma	100324622
2	Directora Disciplinaria:	DC. Carolina Sámano Valencia	100526470
3	Directora Metodológica:	DC. María de los Angeles Mayago Bernal	100289266
4	Asesora Externa:	Dra. Jacqueline Adelina Rodríguez Chávez Universidad de Guadalajara	S/N
5	Estudiante de Licenciatura en Estomatología:	C. María Guadalupe Arroyo González	201701021

HAGO CONSTAR que, ha sido oficialmente ACEPTADO Este relevante proyecto, ha sido registrada ante el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología (C.I.F.E.), inscrito en el libro de registros No. 09, página 01, bajo el No. de asignación 2024250, en la Secretaría de Investigación de esta Unidad Académica.

Para los fines legales que los interesados convengan, y sin otro particular, reitero a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a miércoles 21 de febrero del 2024


MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana

Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología

*C.c.p. Archivo
*MCO. FJMA/MEP. GNRCQ/yaneth

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología
31 poniente 1304, Col. Volcanes
Puebla, Pue.
C.P. 72410
Tel. Of. 22'22 29 55 00
Ext. 5526

IV.- Reporte de similitud anti-plagio

Reporte de similitud

INFORME DE ORIGINALIDAD

17 %	17 %	1 %	6 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5 %
2	www.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	3 %
3	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	3 %
4	www.rodyb.com Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	es.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
7	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	1 %
8	repositorio.sangregorio.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
9	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	

V.- Evidencias de productos académicos derivados del proyecto



1er CONGRESO NACIONAL E INTERNACIONAL AOIEP

FUSIONANDO LA
Odontopediatría
moderna

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

RECONOCIMIENTO A:

Arroyo González María Guadalupe, González Suárez Alejandra, Rodríguez Chávez Jacqueline Adelina,
Flores Ruiz Hugo Marcelo, Perea González Gloria Patricia, Flores Ledesma Abigail

Por haber obtenido el: **TERCER LUGAR** en la categoría Licenciatura Investigación Básica con su trabajo
Estabilidad de color en resinas compuestas polimerizadas con lampara monowave o poliwave

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


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


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


Asociación de
Odontología Infantil
Estado de Puebla



BUAP

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

A través de la Facultad de Estomatología
otorga la presente

CONSTANCIA

A: Ma. Guadalupe Arroyo González, Carolina Sámano V, Jacqueline Rodríguez
Chávez, Gloria P. Perea González, Flores Ledesma Abigail

Por su presentación del cartel "ESTABILIDAD DE COLOR EN RESINAS
COMPUESTAS POLIMERIZADAS CON LAMPARA MONOWAVE Y POLIWAVE"

en el marco del

ZDO. CONGRESO NACIONAL DE CUERPOS ACADÉMICOS

Realizado los días 21 y 22 de septiembre de 2023

"Pensar bien, para vivir mejor"

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



Mtro. Floriberto Calixto Arellano
Responsable de Educación Continua y Vinculación

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

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



CONSTANCIA

Dirección General de Divulgación Científica
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

A través de la presente, la Dirección General de Divulgación Científica de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la BUAP, hace constar que

M. Guadalupe Arroyo González

Participó como autor(a) de infografías en gran formato dentro del programa Ciencia a Bordo de la BUAP, dicho material gráfico expone contenido académico y tiene como público meta los trece mil usuarios diarios del Sistema de Transporte Universitario.

Agradecemos su compromiso y trabajo por la difusión del conocimiento en beneficio de nuestro país.

Atentamente
“Pensar Bien Para Vivir Mejor”
H. Puebla de Z., a 01 de agosto del 2024

Dr. Arturo Fernández Téllez
Director General de Divulgación Científica
VIEP



Archivo
Minutario

D `AFT/B `EPV

Vicerrectoría de Investigación y
Estudios de Posgrado

Torre de Gestión Académica y
Servicios Administrativos, Piso 6
Avenida Central, Ciudad Universitaria
Puebla, Pue. C.P. 72570
Teléfono: 229 55 00 Ext: 5720, 5621

VI.- Agradecimientos

Al finalizar esta nueva etapa maravillosa de mi vida quiero extender intenso agradecimiento a quienes hicieron que este sueño fuera posible, a quienes me apoyaron, inspiraron y me dieron fortaleza para lograrlo.

Agradezco primordialmente a Dios por permitirme llegar a este día, por guiarme todos los días, por terminar este trabajo de investigación con éxito y ser mi fortaleza en los momentos más difíciles.

A la Facultad de Estomatología BUAP, en especial a el laboratorio de materiales dentales, quienes forman parte de él, siendo un lugar muy ameno para hacer ciencia.

A mis padres, Genaro Arroyo Gómez y Julia González García por ser los mejores en el mundo, por todo su apoyo brindado y su amor incondicional. Por los consejos educación y por siempre creer en mí, no me alcanzaría la vida para agradecerles tanto.

A mis hermanos, Magdalena, Genaro y Emmanuel por ser los mejores hermanos que Dios me pudo regalar, por su amor incondicional, por creer en mí y estar siempre conmigo en todo momento.

A Victor Calderón por estar en cada paso y celebrarlo juntos, por tu amor sincero y apoyo incondicional.

A mis amigos, Diocelin Gil, Daniel Xochitemol y Arely Hernández por su cariño sincero, apoyo y creer en mí. Por estar conmigo en buenos y malos momentos, gracias por tanto cariño.

Extiendo mi más sincera gratitud a la DC. Abigail Flores Ledesma quien fue fundamental para esta investigación, su compromiso, consejos, y por contagiarme del amor a la investigación. Ha sido un gran honor y privilegio trabajar bajo su tutela.

A la DC. Carolina Samano Valencia, DC. María de los Ángeles Moyaho Bernal, D.C
Jacqueline Adelina Rodríguez Chávez, Elena Aurora Popoca Hernández por su
apoyo, consejos y compromiso que han sido fundamentales para esta investigación.

VII.- Índice general

INTRODUCCIÓN	1
PALABRAS CLAVE	2
ANTECEDENTES GENERALES.....	3
RESINAS.....	3
<i>Indicaciones y usos.....</i>	4
<i>Componentes de resinas compuestas</i>	5
<i>Matriz orgánica.....</i>	5
<i>Rellenos inorgánicos</i>	6
<i>Agente de conexión o acoplamiento.....</i>	7
CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS.....	8
<i>Resinas de macrorelleno o convencionales.....</i>	9
<i>Resinas de microrelleno</i>	10
<i>Resinas híbridas</i>	10
<i>Resinas de Nanorelleno.....</i>	11
<i>Resinas fluidas.....</i>	11
PROPIEDADES DE LAS RESINAS COMPUESTAS	12
<i>Resistencia al desgaste</i>	12
<i>Pulido</i>	12
<i>Estabilidad de color.....</i>	12
<i>Fotoiniciadores.....</i>	13
LUZ.....	14
POLIMERIZACIÓN	16
ETAPAS DE LA POLIMERIZACIÓN	17
<i>Iniciación.....</i>	17
<i>Propagación</i>	17
<i>Terminación</i>	18
PROFUNDIDAD DE CURADO.....	19
GENERACIONES DE LÁMPARAS LED	19
<i>Primera generación (1999-2002).....</i>	19
<i>Tercera generación (2003).....</i>	20
UNIFORMIDAD EN HAZ DE LUZ.....	22
CONSECUENCIAS DE LUZ AZUL	22

ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	23
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	26
JUSTIFICACIÓN.....	27
HIPÓTESIS	28
OBJETIVOS	29
OBJETIVO GENERAL	29
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
MATERIALES Y MÉTODOS	30
DISEÑO DEL ESTUDIO	30
MUESTRA	30
CRITERIOS DE SELECCIÓN	30
<i>Inclusión</i>	30
<i>Exclusión</i>	30
<i>Eliminación</i>	31
VARIABLES	32
<i>Variables independientes</i>	32
<i>Variables dependientes</i>	32
PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN	33
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
RESULTADOS.....	37
DISCUSIÓN	40
CONCLUSIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	48

VIII.- ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

FIGURA 1. COMPONENTES FUNDAMENTALES DE LAS RESINAS COMPUESTAS (RODRÍGUEZ DR, PEREIRA NA 2008)	3
FIGURA 2. ESQUEMA DE LA FORMULACIÓN GENERAL DE LAS RESINAS COMPUESTAS	5
FIGURA 3. CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS COMPUESTAS DE LUTZ Y PHILLIPS (1983). (RODRÍGUEZ DR, PEREIRA NA 2008)	8
FIGURA 4. PARTÍCULAS DE RESINAS DE RELLENO (RODRÍGUEZ DR, PEREIRA NA 2008)	11
FIGURA 5. ESPECTRO DE ABSORCIÓN DE FOTOINICIADORES (CANFOROQUINONA, FENILPROPANODIONA, LUCERINA, IVO CERINA) (SÁNCHEZ LA, ESPÍAS AF 2002)	14
FIGURA 6. FIGURA 6. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO(HTTPS://SHORTURL.AT/DLUHC)	15
FIGURA 7. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE LUZ VISIBLE Y LONGITUD DE ONDA (MELÉNDEZ D 2021).....	17
FIGURA 8. LEDs ORGANIZADOS DE FORMA CONCÉNTRICOS EN LÁMPARA DE PRIMERA GENERACIÓN (MELÉNDEZ D 2021)	19
FIGURA 9. LEDs ORGANIZADOS EN CHIPS EN UNA LÁMPARA DE SEGUNDA GENERACIÓN (MELÉNDEZ D 2021).....	20
FIGURA 10. COMBINACIÓN DE TIPOS DE LEDs EMITIENDO LUZ EN DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA EN UNA LÁMPARA DE TERCERA GENERACIÓN (MELÉNDEZ 2021).....	21
FIGURA 11. A) PASTILLA DE RESINA EN MOLDE. B) MOLDE DE ACERO INOXIDABLE DE 5 MM DE DIÁMETRO POR 1.5 MM DE ALTURA. C) RESINA TETRIC N-CERAM, IVOCLAR VIVADENT. D) LÁMPARA POLIWAVE VALO ULTRADENT. (FUENTE PROPIA).	33
FIGURA 12. A) LÁMPARA MONOWAVE BLUEPHASE NMC. B) POLIMERIZACIÓN DE RESINA A 0MM DURANTE 20 SEGUNDOS. (FUENTE PROPIA).....	34
FIGURA 13. MUESTRAS ALMACENADAS DIVIDIDAS Y SUMERGIDAS EN AGUA NATURAL Y COCA COLA (FUENTE PROPIA).	34
FIGURA 14. TOMA DE COLOR RESINA CON ESPECTROFOTÓMETRO (FUENTE PROPIA).	35
FIGURA 15. CAMBIO DE COLOR INICIAL- 24 HORAS.....	37
FIGURA 16. CAMBIO DE COLOR INICIAL-48 HORAS	38
FIGURA 17. ESTABILIDAD DE COLOR ENTRE LÁMPARAS EN 24 Y 48 HORAS	39
TABLA 1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS RESINAS COMPUESTAS (FUENTE PROPIA)	4
TABLA 2. COMPOSICIÓN DE MATRIZ ORGÁNICA (FUENTE PROPIA)	7
TABLA 3. COLORES DEL ESPECTRO Y LONGITUDES DE ONDA (FUENTE PROPIA).....	15
TABLA 4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA REACCIÓN DE POLIMERIZACIÓN (FUENTE PROPIA).....	18
TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE LA INTENSIDAD LUMÍNICA DE LÁMPARA DE FOTOCURADO (FUENTE PROPIA)	22
TABLA 6. VARIABLES	32

IX.- Abreviaturas

°C	Grado centigrado
BIS-EMA	Bisfenol A-glicol dimetacrilato
BisGMA	Bisfenol-A glicidil metacrilato
cm	Centímetros
CQ	Canforoquinona
CXU	Ceram X One Universal
H0	Hipótesis nula
Ha	Hipótesis alternativa
HEMA	Hidroxietil metacrilato
ISO	International Organization for Standardization
J/cm ²	Joules sobre centímetro cuadrado
LCU	Light curing unit
LED	Light emitting diode
mm	Milímetro
MP	Magnafill Putty
mW/cm ²	Mili Watts sobre centímetro cuadrado
n	Número
NiCAD	Níquel y cadmio
NiHM	Hidruro metálico de níquel
nm	Nanómetros
PMMA	Polimetilmetacrilato
PPD	Fenilpropanodiona
s	Segundo
sr	estroncio
TEGDMA	Trietilen glicol dimetacrilato
TEGMA	Trietilenglicol dimetacrilato
TPO	Lucerina
UDMA	Dimetacrilato de Uretano
uv	Ultra violeta
W	Watt
zr	zirconio
ΔE	Diferencia de color
μm	Micrómetro

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la resina dental compuesta es considerada como el principal material de reconstrucción en la odontología, está constituida por una matriz orgánica, matriz inorgánica o relleno y el agente de acoplamiento o silano. Tiene como propósito devolver la funcionalidad y estética preservando la mayor parte del tejido.

Los fotoiniciadores en las resinas compuestas se modificaron con el tiempo, lo que ha requerido que las lámparas de fotocurado (LCU) presenten ya sea una longitud de onda (monowave) o varias (poliwave), para la activación de dichos fotoiniciadores.

Las primeras lámparas de fotocurado ofrecían una buena polimerización como las lámparas de luz halógena, activan de manera adecuada a la canforoquinona que había sido el fotoiniciador más común en las resinas dentales, pero presenta la desventaja de dejar el color amarillento en la restauración.

Las lámparas de fotopolimerización han evolucionado con el tiempo debido a que su principal objetivo es brindar resultados satisfactorios en la polimerización; por ello la creación de lámparas de luz LED (LIGHT EMITTING DIODE) ya que estas pueden activar los nuevos fotoiniciadores que se encuentran en las resinas como la ivocerina, la lucerina o la fenilpropanodiona. La ivocerina es un fotoiniciador que para ser activado necesita emisión de luz azul con punto máximo de absorción de 410nm.

La estabilidad de color en resinas compuestas se obtiene dentro del relleno inorgánico, matriz orgánica, polimerización y la dieta del paciente. Dentro de la dieta se encuentran las bebidas gaseosas que son altamente consumidas por la población adulta, lo cual podría ser un factor en la pigmentación de la resina compuesta¹.

La odontología actual tiene como propósito que las resinas dentales sean un material restaurador las cuales presenten un menor cambio de pigmentación, por

ello se busca que las lámparas de fotocurado al ser el dispositivo de gran importancia en la práctica odontológica cumpla con los requisitos de una correcta polimerización en las resinas con fotoiniciador ivocerina. Esta investigación busca determinar la estabilidad de color en resinas compuestas con ivocerina polimerizadas con lámparas monowave y poliwave.

Palabras clave

Estabilidad de color, resinas compuestas, lámpara de fotopolimerización, monowave, poliwave.

ANTECEDENTES GENERALES

Resinas

Las resinas compuestas están constituidas tridimensionalmente por materiales diferentes químicamente de mínimo dos compuestos². Estas resinas son la mezcla compleja de resina polimerizable y mezcladas partículas de relleno inorgánico, el relleno que es cubierto con silano es utilizado en la unión de partículas de relleno a la matriz plástica de resina y otros aditivos en la composición para la polimerización, viscosidad y opacidad de la radiografía se muestra en la Figura 1³.

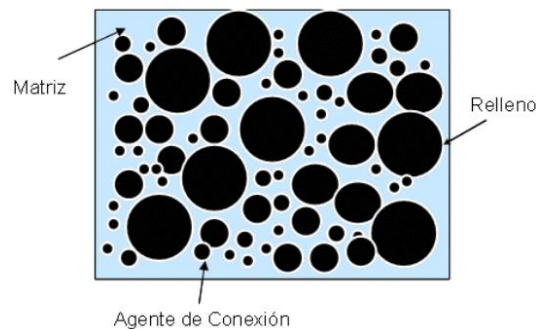


Figura 1. Componentes fundamentales de las resinas compuestas (Rodríguez DR, Pereira NA 2008)

El polimetilmetacrilato (PMMA) se empieza a utilizar en 1936 para el empleo de dentaduras postizas, para después desarrollarse la resina acrílica fotopolimerizable, que para ser activada necesita la luz azul⁴.

El Dr. Ralph Bowen en 1962 desarrolló el monómero funcional bisfenol-A glicidil metacrilato bis GMA, junto con el agente silano y partículas de relleno dieron como resultado a las restauraciones dentales. Este material es más predecible y estable debido a sus cambios de su composición, además de que se ha tenido como resultado beneficioso en las propiedades físicas, químicas y mecánicas debido al

implemento de fotoiniciadores y rellenos orgánicos⁵. Por lo que la resina compuesta recibe su nombre debido a la unión de material orgánico e inorgánico⁶

En 1970 surgen materiales fotopolimerizables iniciando con luz ultravioleta 365 nm que es reemplazada por luz visible de 427 a 491 nm. Las resinas compuestas son utilizadas para la reconstrucción dental gracias a que brinda gran diversidad de colores, opacidad y translucidos dando como resultado un gran parecido al tejido natural del diente⁷.

Las resinas fotopolimerizables en comparación con las autopolimerizables han aumentado considerablemente lo que las han dejado en desuso debido a que el odontólogo tiene mayor tiempo de manipulación del material, además de que ofrece un color estético y ofrece múltiples ventajas⁵.

Indicaciones y usos

Son usadas para restauraciones posteriores en superficies de gran fuerza, estéticas en el sector anterior selladores de fosetas y fisuras, cementación de prótesis en la reconstrucción de muñones se muestra en la TABLA 1^{6,8}.

Tabla 1 Ventajas y desventajas de las resinas compuestas (Fuente propia)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Insoluble⁶ • Estéticas⁶ • Biocompatible⁶ • Reducción en microfiltración^{2,6} • Previene sensibilidad post operatoria² • Resina autopolimerizable de facil manipulación⁶ • Resina fotopolimerizable brinda tiempo de manipulación • Sistemas de adhesión en esmalte y dentina ^{2,6} • Cavidades conservadoras⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • Contracción a la polimerización^{2,6} • Resinas polimerizables requiere de equipo especial⁶ • Requiere de protocolo y tiempo de manejo en fotopolimerizables⁶

Componentes de resinas compuestas

La composición de resinas compuestas son la molécula BIS-GMA o UDMA o combinación de ambas, como componente orgánico contiene trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA), material inorgánico partículas finas (sílice, bario, hidroxiapatita, circonio entre otros), un agente acoplador compuesto por silano activadores iniciadores e inhibidores ocupados de la reacción de la polimerización y pigmentos se muestra en la Figura 2^{6,8}.

- Matriz orgánica.
- Rellenos inorgánicos.
- Agente de acoplamiento

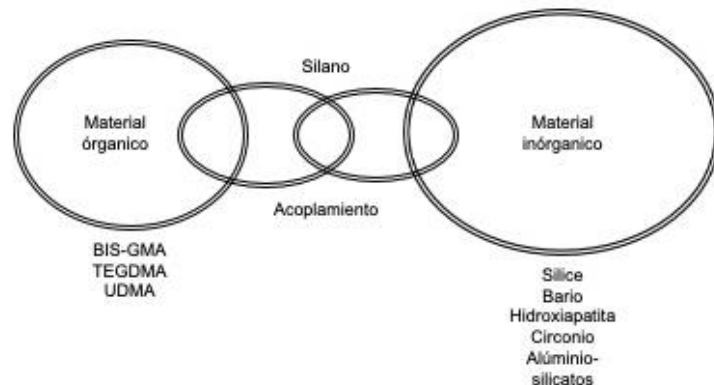


Figura 2. Esquema de la formulación general de las resinas compuestas

Matriz orgánica

El principal elemento es una combinación de dimetacrilatos donde se encuentra bisfenol-A metacrilato (BisGMA), dimetacrilato de Uretano (UDMA), trietilen glicol dimetacrilato (TEGDMA), hidroxietil metacrilato (HEMA), y Bisfenol A-glicol

dimetacrilato (BIS-EMA)⁵ sus características y funciones se muestran en la TABLA 2.

Rellenos inorgánicos

Consideradas como partículas de relleno de resinas compuestas ofreciendo estabilidad dimensional a la matriz resinosa². El relleno consta de diferentes componentes, estos son clasificados por dimensión, forma y composición química, donde se encuentra el dióxido de silicio, cuarzo, borosilicatos aluminosilicatos de litio, estroncio (Sr) y zirconio (Zr)^{2,5,9}.

El tamaño de las partículas es en nanómetros hasta cientos de micrómetros, este tamaño debe ser lo más pequeño posible, lo ideal debería ser de 5 μm . Los rellenos más utilizados son sílice y cuarzo, estos proporcionan propiedades fisicoquímicas del material donde se destaca:

- Dureza.
- Baja contracción a la polimerización.
- Resistencia a la flexión.
- Radiopacidad.
- Características ópticas.
- Resistencia al desgaste^{2,5}

Es importante mencionar que la relación entre una alta concentración de relleno inorgánico en la matriz de la resina mejora las propiedades. Debido a que disminuye la contracción de polimerización y filtración marginal^{2,9}.

Tabla 2. Composición de matriz orgánica (Fuente propia)

Monómero	Siglas	Características	Función	Consideraciones
Bisfenol-A metacrilato	BisGMA	Monómero más usado en compuestos resinosos de mayor peso molecular, baja contracción y volatilidad. ^{2,5}	Monómero estructural	Absorción de agua, alta pegajosidad y viscosidad. ²
Dimetacrilato de Uretano	UDMA	Baja viscosidad, mayor flexibilidad enriqueciendo la resistencia de la resina. ²	Monómero estructural	Presenta baja absorción de agua y solubilidad, manteniendo estabilidad de color. ^{10,11}
Trietilenglicol dimetacrilato	TEGDMA	Útil al ser mezclado con BisGMA, mejorando la manipulación, baja contracción a la polimerización y viscosidad. ^{5,12}	Diluyente	Baja estabilidad de color y propiedades mecánicas, alta absorción de agua. ⁵
Hidroxietil metacrilato	HEMA	Mayor resistencia entre dentina y resina. ¹²	Monómero estructural	Bajo peso molecular, alta hidrofobicidad resultado compatible con la humedad relativa de la dentina. ^{5,12}
Bisfenol A glicol dimetacrilato	Bis EMA	Reducción en la contracción a la polimerización. ²	Diluyente	Alta hidrofobicidad, menor sensibilidad y viscosidad. ^{2,5}

Agente de conexión o acoplamiento

El agente de acoplamiento se compone primordialmente de silano y metacril-oxipropil trimetoxil, este proporciona enlaces covalentes en las partículas de relleno donde se obtiene la relación de matriz orgánica y el relleno, la unión del agente es mediante una molécula bifuncional que presenta grupos silanos en un extremo (Si-

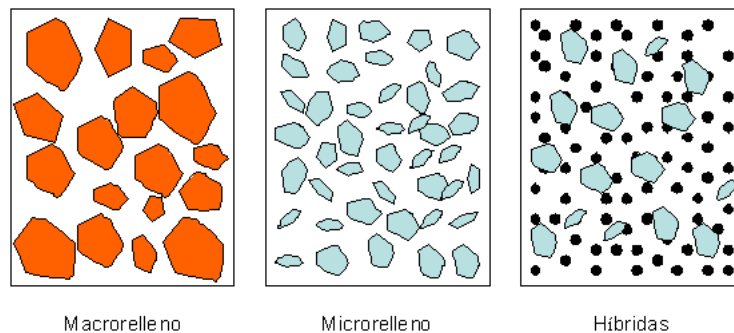
OH) y metacrilatos en el otro (C=C). El silano crea el agente de acoplamiento al cubrir las partículas de relleno así mejorando las propiedades fisicoquímicas de las resinas^{2,5,9}

Es importante mencionar que la contracción de la polimerización es resultado de la matriz orgánica, mientras que las propiedades fisicoquímicas son atribuidas al relleno inorgánico⁷

Las resinas fotopolimerizables contiene canforoquinonas o dicetonas, son iniciadas a los 430 a 500 nm con luz azul estas influyen en los iniciadores y se activan para romper las dobles ligaduras para posterior dar a la polimerización y endurecimiento⁶

Clasificación de las resinas

Las resinas dentales son clasificadas primordialmente de acuerdo con su cantidad de partículas de relleno y su proporción donde en 1983 Lutz y Phillips las clasifican, de acuerdo el tamaño de las partículas donde las catalogan en macrorelleno, microrelleno, híbridas, híbridas modernas y nanorrellenos se muestran en la Figura 3².



*Figura 3. Clasificación de las resinas compuestas de Lutz y Phillips (1983).
(Rodríguez DR, Pereira NA 2008)*

Es importante conocer dentro de la composición de la resina el tamaño de las partículas debido que dependiendo de su tamaño se elegirá la zona a aplicar. La resina de partículas grandes que abarca de 1 a 25 micras (μm) son las que brindan resistencia a las cargas, pero presenta como desventaja que con el tiempo y el uso se vuelve áspera lo que no es indicado para dientes anteriores⁶.

Las resinas con partículas de 0.04 a 1 μm presentan mejores resultados en terminado, sin embargo, en el aguante no es recomendable para dientes posteriores. La resina con partículas de 0.1 a 3 μm presenta excelente resistencia a la abrasión disminuida, por lo que se encuentra indicada en dientes anteriores y posteriores⁶.

Resinas de macrorelleno o convencionales

La resina de macrorelleno se compone principalmente por partículas de relleno de un tamaño aproximado de 10 a 50 μm representando entre un 60-70% del peso del material^{2,3}.

Existen dos diferentes tipos de relleno, el relleno de cuarzo y vidrio de estroncio o bario. El relleno de cuarzo presenta buena estética y durabilidad, sin embargo, no presenta radiopacidad y genera un mayor desgaste dental. Mientras que el estroncio presenta radiopacidad, pero es menos estable al cuarzo². Las principales razones de su desuso es la dificultad para pulir, y la pérdida de estabilidad de color^{2,5}.

Recomendaciones de resinas de macrorelleno o convencionales

- Restauraciones extensas coronales expuestas a tensión oclusal.
- Restauraciones extensas incisales en anteriores inferiores.
- Restauraciones posteriores clase II que involucrara mayormente la estética¹³.

Resinas de microrelleno

Contiene de relleno la sílice coloidal, además partículas de tamaño entre 0.01 y 0.5 μm ^{2,13}. La resina de microrelleno es considerada en gran medida estética debido al excelente terminado en el pulido. Usadas preferente en sector anterior debido a que presenta mejores resultados por la menor tensión masticatoria en el sector².

Esta resina tiene como ventaja el brillo superficial, alto pulido, estética, buena estabilidad de color, resistencia a la abrasión. Pero en sus desventajas se encuentra la sensibilidad al desgaste, baja resistencia a la fractura, alta contracción a la polimerización y menor módulo de elasticidad^{2,5,13}.

Resinas híbridas

Reciben este nombre debido a que se encuentra reforzada con una fase inorgánica de vidrios que contiene partículas de tamaño entre 1 a 3 μm , más sílice de 0.4 μm , y su relleno oscila entre 76 y 80% por unidad de peso^{2,13}.

Esta presenta múltiples ventajas las cuales son una gran variedad de colores, capacidad de mimetización respecto a la estructura dental, baja contracción a la polimerización, resistencia en el sector posterior, excelente terminado y pulido, resistencia al desgaste y fractura y es de uso universal^{2,5,9,13}.

Sin embargo, presenta también ciertas desventajas como volverse radiopacas por lo que se usa mayormente en sector posterior, además de que muestran pérdida de brillo⁹.

De acuerdo con las características que presentan estas resinas se recomiendan en grandes restauraciones de coronas, reparación de porcelana y restauraciones en sectores posteriores¹³.

Resinas de Nanorelleno

La resina de nanorelleno está compuesta por partículas pequeñas menores a 0.01 μm , aunque se presenta individual o en racimos que son denominados “nanoclusters” de un tamaño aproximado de 0.075 μm que se encuentran formadas por partículas de zirconio y sílice^{2,13}.

Presentan ventajas de alta traslucidez, estética, resistencia compresiva, excelente pulido, menor contracción a la polimerización, bajo desgaste y mejor manejo. Es utilizada en sector anterior y posterior, se muestra en la Figura 4 ^{2,9,13}.

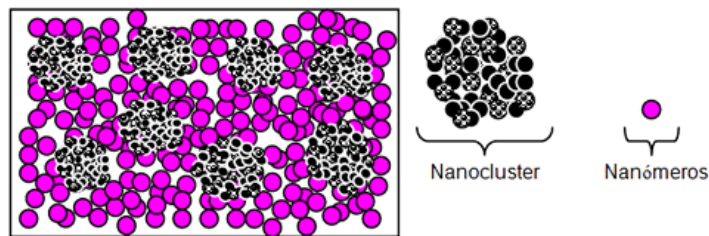


Figura 4. Partículas de resinas de relleno (Rodríguez DR, Pereira NA 2008)

Resinas fluidas

Esta resina contiene partículas de tamaño entre 0.7 a 1.5 μm . Presenta el mismo tamaño de partículas en comparación con las resinas compuestas, pero en menor contenido, obteniendo menor viscosidad o fluidez y se obtiene al agregar en la matriz orgánica de resina sustancias o modificadores reológicos (diluyente) con el fin de lograr una mejor manipulación^{2,9,13}.

Presenta como ventajas alta humectabilidad, alta flexibilidad, espesor de capa mínima, radiopacas y disponibilidad en variedad de tonos. Y dentro de las desventajas se encuentra la alta contracción a la polimerización debido al bajo relleno y baja traslucidez^{9,14}.

Las resinas fluidas se utilizan en restauraciones clase V, clase II particularmente incrementos marginales, sellador de fosetas y fisuras, afracción, restauraciones oclusales mínimas y defectos del esmalte^{2,9,13}.

Propiedades de las resinas compuestas

Resistencia al desgaste

Es la propiedad que brinda la resina y cambia según cada paciente como es la pérdida superficial como resultado del contacto y fuerza de las superficies dentales al masticar, al cepillado, uso de palillos dentales y hábitos. La pérdida anatómica de la restauración no es inmediata, esta se irá presentando con el tiempo y dependiendo de cada paciente. La pérdida dependerá del tamaño, forma, contenido de relleno y relaciones oclusales^{2,8}

Pulido

Es contemplado parte elemental para garantizar que la resina no se pigmente y presente un acumulo de placa bacteriana debido a la rugosidad que presenta al final de su colocación^{2,15}.

Estabilidad de color

Las resinas compuestas presentan alteraciones en el color como son las manchas superficiales que se asocian a colorantes procedentes de alimentos y cigarrillos. Además de decoloración interna que esta ocurre en fase de oxidación de ciertos componentes de las resinas como amins terciarias. La pigmentación de la resina es considerada el factor de bebidas donde se encuentran destacados el café y vino tinto^{2,15}

Fotoiniciadores

Los fotoiniciadores realizan un proceso donde formarán radicales libres o cationes como fragmentos, por lo que estos iniciarán la función de fotopolimerización mediante el proceso de radicales libres y cationes. El fotoiniciador contiene moléculas que al recibir energía radiante por lámpara se descomponen y se logre absorción por la resina y así iniciar con la polimerización^{16,17}.

Se encuentran dos tipos de fotoiniciadores en las resinas compuestas:

- Norrish tipo I: Crea radicales libres al separar al fotoiniciador y crea dos o más radicales libres.
- Norrish tipo II: Contiene coiniadores que crea radicales libres capaz de dar comienzo a la polimerización. Como lo es la canforoquinona.

El fotoiniciador más común en las resinas de fotocurado en 0.15% es la canforoquinona (CQ), la cual a temperatura ambiente es de color amarillento que absorbe energía del espectro de luz azul, que responde su molécula a longitud de onda de 450 a 500 nm y con un punto máximo de absorción a 468 nm^{16,18,19}.

La canforoquinona da origen a la pigmentación amarillenta de las resinas, a lo cual se le atribuye por su color amarillo natural y aminas terciarias las cuales son empleadas como agentes de reducción que inducen a la polimerización¹⁵.

Se utilizan otros fotoiniciadores como es fenilpropanodiona (PPD) se presenta de color blanco a translucido con absorción de 390 a 450 nm y con un pico máximo de absorción a los 410 nm. El PPD es regularmente mezclado con canforoquinona creando un efecto sinérgico para disminuir el color amarillento de las restauraciones y aumentar la polimerización de resinas^{17,19,20}.

La lucerina (TPO) es de un color claro encontrada principalmente en tonos esmalte y translucidos. Es un fotoiniciador que absorbe luz de 350 a 430 nm, y con un punto máximo de absorción alrededor de 400 nm^{21,22}.

El fotoiniciador Ivocerina es una sustancia de color amarillo, fue creado por Ivoclax y se encuentra presente en su resina compuesta Bulk-fill y contiene el 0,2% del contenido de resina, presenta la absorción de luz visible en espectro violeta de 380 nm a 420 nm y con un pico máximo de absorción a los 410 nm, se observa en la Figura 5 el espectro de absorción de los fotoiniciadores^{17,22}.

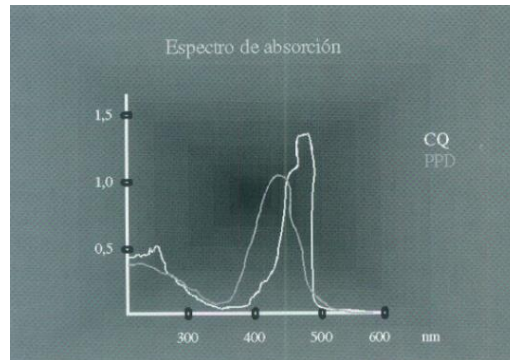


Figura 5. Espectro de absorción de fotoiniciadores (Canforoquinona, fenilpropanodiona, lucerina, ivocerina) (Sánchez LA, Espías AF 2002)

Luz

Actualmente se discute la definición de luz debido a la dualidad de su comportamiento ya que se comporta como onda o flujo de partículas compactadas conocidas como fotones.

La física explica la generación de luz como un estado excitado de electrones los que se encuentran con un alto nivel de energía y que al volver su nivel energético normal emiten fotones las cuales son ondas o partículas de energía radiante²³.

Al distribuir la luz blanca por un prisma de color son visibles sus longitudes de onda crecientes y sus colores del espectro como se muestra en la TABLA 3.

Tabla 3. Colores del espectro y longitudes de onda (Fuente propia)

Colores del espectro	Longitud de onda (nm)
Violeta	450
Azul	480
Verde	520
Amarillo	580
Anaranjado	600
Rojo	640

Los fotones poseen distintas longitudes de onda, las cuales conforman los diferentes colores del espectro electromagnético. Las ondas entre 400 y 700 nm son observadas por el ojo humano, que pertenece a la gama de colores entre violeta y rojo del espectro electromagnético, las longitudes de onda no muestran el color, es decir, es establecido por el ojo humano y comunicado con el cerebro se observa en la Figura 6^{6,24}.

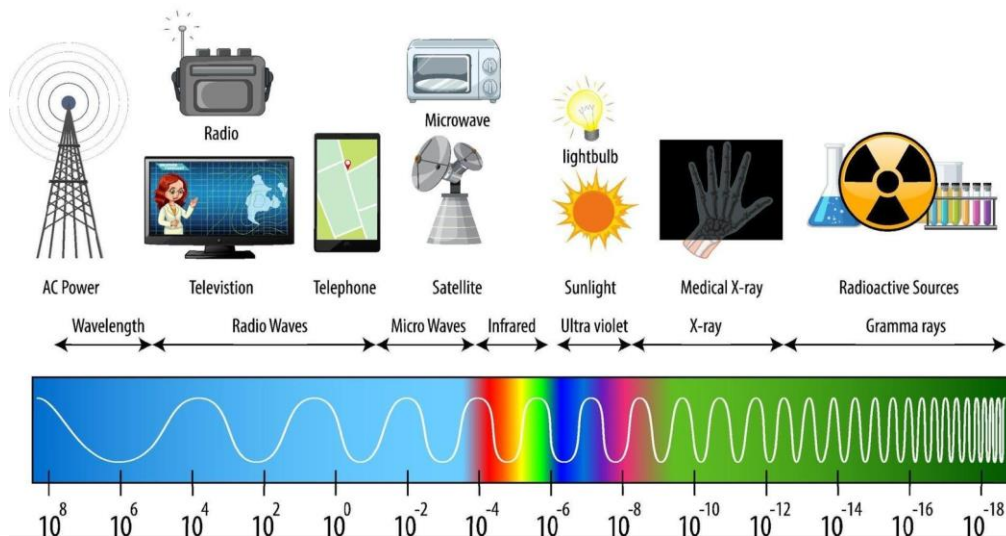


Figura 6. Espectro electromagnético(<https://shorturl.at/DLuhC>)

Polimerización

Los materiales resinosos son polimerizados con lámparas de luz azul que es emitida por las lámparas de luz LED (Light Emitting Diode), estas actúan como semiconductores que convierte la energía eléctrica en luz visible denominado electroluminiscencia se observa en la Figura 7 ²⁵.

Los fotoiniciadores son activados con longitud de onda propia, por lo que es primordial conocer la longitud de onda emitida de la lámpara y si corresponde con el espectro de absorción de los fotoiniciadores encontrados en las resinas^{16,24,25}.

La intensidad de la luz en la lámpara de fotopolimerización se mide en mW/cm^2 (mili Watts sobre centímetro cuadrado). La intensidad de la luz es importante debido a que a mayor número de fotones que inciden sobre el material darán como resultado el aumento en el número de moléculas del fotoiniciador, que originará radicales libres y darán comienzo a la reacción de polimerización^{16,22}.

La densidad energética se establece entre la densidad de luz emitida y el tiempo durante el cual la luz incide sobre el material y sus unidades son J/cm^2 (Joules sobre centímetro cuadrado), en otras palabras, la densidad energética permitirá una correcta polimerización²².

Para una idónea fotopolimerización se ocupa aproximadamente $16 \text{ J}/\text{cm}^2$ en capa resina de 2 mm de grosor.

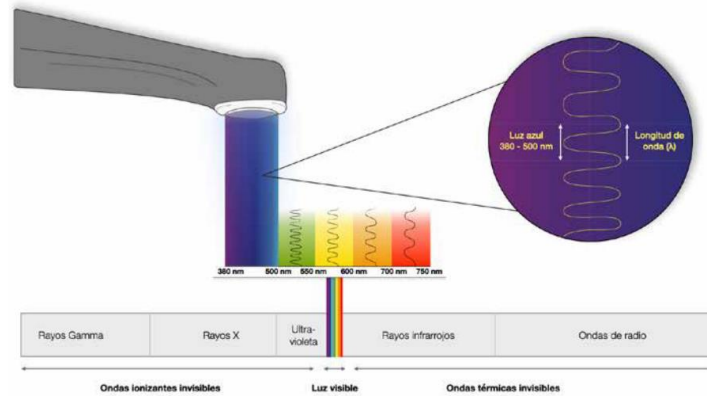


Figura 7. Espectro electromagnético de luz visible y longitud de onda (Meléndez D 2021)

Etapas de la polimerización

Iniciación

Es activada la luz visible, el fotoiniciador en la resina compuesta crea radicales libres bajo la irradiación de una longitud de onda específica, los radicales libres se difunden en la resina en busca de zonas con mayor número de electrones, creando así enlaces dobles de carbono-carbono de monómeros a base de metacrilato. En este caso puede ser iniciado mediante cuatro formas diferentes, calor, química, luz UV (Ultra Violeta) y luz visible^{24,26}.

Propagación

Los radicales libres de los monómeros de metacrilato se mezclan con monómeros adyacentes para prolongar la longitud de la cadena, debido que forman un radical libre de monómero que actuará continuamente con otras moléculas de monómero, que incrementa al polímero de forma que continúa la fotopolimerización en cadena²⁶.

Terminación

De forma que progresa la reacción, la concentración de monómeros libres disminuye y la creciente cadena de radicales libres cada vez es más complicada de difundir a través de la matriz de resina. Se desea obtener una cadena larga aunque podrían existir dos cadenas individuales conocida como terminación desproporcionada que son una con una unión libre y otra saturada^{24,26}.

Tabla 4. Factores que influyen en la reacción de polimerización (Fuente propia)

Factor	Repercusión clínica
Tiempo de polimerización	Depende de color de resina, potencia de la lámpara, profundidad de cavidad, espesor de la capa, estructuras dentales interpuestas, cantidad del relleno del composite ¹⁴
Color del composite	Tonos oscuros con tiempo de polimerización alta, empleando 60 s con profundidad de 0.5 mm ¹⁴
Temperatura	Al encontrarse a temperatura ambiente la polimerización se obtiene con menor tiempo y suma rapidez ¹⁴
Espesor de la capa de composite	Se considera capas no mayores de 2 mm al polimerizar, debido a que mayor espesor menor transmisión de luz ²²
Tipo de relleno	Microfinos obtiene bajos resultados de polimerización en comparación con mayor carga ¹⁴
Distancia entre foco de luz y resina	Se recomienda lo más cercano sin tocar la restauración, menor a 1 mm, con luz perpendicular al material ²⁷
Calidad del foco de iluminación y diámetro de la punta	Longitud de onda entre 400 y 500 nm. Luz igual o mayor a 600 mW/cm ² . Cambia según marca comercial, considerar tamaño de restauración debido que deberá ser polimerizada por varias aplicaciones ²⁷
Contracción de polimerización	Según la proporción de fase orgánica ¹⁴

Profundidad de curado

La International Organization for Standardization (ISO), menciona de manera oficial en la ISO 4049 describe el espesor máximo de incrementos para la resina compuesta debe ser de 2 mm y pérdida de material sin fotopolimerizar menor a 0.5 mm, debido a que la profundidad de curado definirá el éxito de la fotopolimerización²⁶.

Generaciones de lámparas LED

Primera generación (1999-2002)

Consideradas como las primeras lámparas LED emisoras de luz azul con un espectro muy estrecho próximo a los 468 nm, creadas como experimento si se lograba generar luz en longitud de onda ideal y dar fotones suficientes para lograr fotocurar resina dental con fotoiniciador CQ y PPD. La primera lámpara contaba con 7 diodos que emitía 116 mW/cm², se utilizaba una punta de fibra óptica de turbo para llegar a los posteriores valores de 100-280 mW/cm² con tiempo de 60 segundos en un incremento de resina de 2 mm obteniendo una escasa fotopolimerización. Se delimitó su uso de las baterías de níquel y cadmio (NiCAD), pero presento como desventaja el efecto memoria de las baterías y se optó por rutinas de cuidado de la carga se observa en la Figura 8 ^{25,28}.

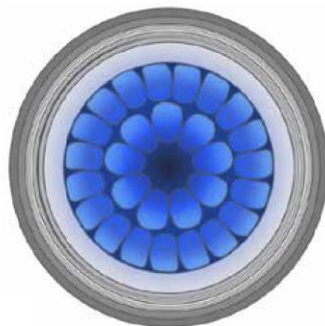


Figura 8. LEDs organizados de forma concéntricos en lámpara de primera generación (Meléndez D 2021)

Segunda generación (2002)

Esta generación innovó el LED que ahora eran más pequeños y una emisión mayor. Se emplearon chips de vatio de 1, 5, 10 y 15 w (Watt) que en un solo cuerpo se encontraban todos, estos ayudaron a que la polimerización fuera en menor tiempo y una fotopolimerización efectiva, con emisión de luz de 100 mW/cm^2 desafortunadamente no lograba la polimerización optima. La batería de esta generación de lámparas también presentó avances que contaba en ellas hidruro metálico de níquel (NiHM) aunque por su aumento de fotones se eleva mucho la temperatura de las lámparas lo que evitaba su uso clínico continuo en restauraciones que se polimerizarán a la vez, por lo que opto por ventiladores internos o disipadores evitando el calor en ellas. Estas lámparas seguían polimerizando solo CQ y fotoiniciadores que se activaran a 450 nm se observa en la Figura 9 ^{25,27,28}.

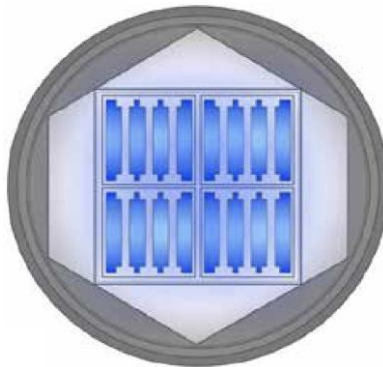


Figura 9. LEDs organizados en chips en una lámpara de segunda generación (Meléndez D 2021)

Tercera generación (2003)

Los nuevos fotoiniciadores como lo es fenilpropanodiona, lucerina y posteriormente Ivocerin que son activados con luz de mayor espectro, las lámparas presentaron una mayor emisión por los diversos LEDs la cual abarcaba de 385 nm a 515 nm. La combinación de colores azul y violeta evolucionó a las lámparas de tercera generación las cuales presentan las siguientes propiedades:

- Modular la eminencia radiante, que se aconseja en paciente pediátrico.
- Aumenta las propiedades mecánicas.
- Tasa máxima de polimerización^{25,27,28}

Los avances de estas lámparas creó dos factores:

1. Usaba la luz tipo pistola tradicional con un chip empleado en el interior del cuerpo de la pistola y utiliza guías de luz de fibra óptica para emitir fotones en el área.
2. Cuerpo estilo lápiz emplea guías de fibra óptica extraíbles o grupo de chips emisores ubicado en el extremo de la punta distal con dirección al eje del cuerpo de la unidad. Teniendo como resultado luz específica sobre el objetivo. El beneficio de esta facilita su posición intraoral obteniendo iluminación directa a la restauración se observa en la Figura 10^{26,28}.

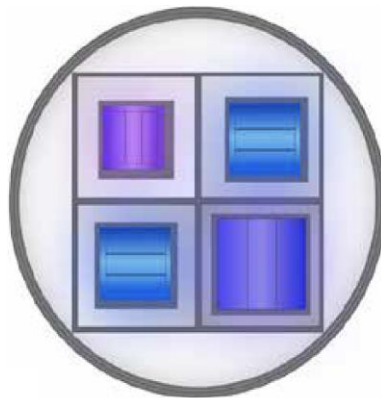


Figura 10. Combinación de tipos de LEDs emitiendo luz en diferentes longitudes de onda en una lámpara de tercera generación (Meléndez 2021)

Es de gran importancia tener en la práctica odontológica un radiómetro para medir la intensidad de la luz de la lámpara que emite desde la punta. Como se muestra en la TABLA 5, los valores de alta, baja e insuficiente intensidad para obtener la adecuada activación del material resinoso.²⁷

Tabla 5. Clasificación de la intensidad lumínica de lámpara de fotocurado (Fuente propia)

Alta intensidad	Baja intensidad	Insuficiente intensidad
>800 mW/cm ²	400-800 mW/cm ²	<400 mW/cm ² . ²⁷

Uniformidad en haz de luz

La punta de la lámpara emite flujo de radiación, sería deseable que la luz viajara de forma uniforme desde la lámpara a el material restaurador. Hoy en día la emitancia radiante es en una superficie plana se hace mediante un analizador de perfil de haz láser el cual calculara el valor de distribución de 2 puntos calor y frio. Su deficiente uniformidad de la luz trae consecuencias en la polimerización de la resina compuesta debido a una distribución no tan uniforme ²⁵.

La distribución del haz de luz es de igual manera perjudicada por los colores diferentes que emiten los diodos en las lámparas de fotopolimerización de tercera generación. Estos diodos presentan en la punta distintas eminencias radiantes originado luz violeta de 400 a 410 nm y azul de 450 a 470 nm ²⁵.

Consecuencias de luz azul

La luz azul por arriba de los 440 nm es dañina, debido a que esta luz se emite a través de los medios oculares y absorbida por la retina pudiendo provocarle quemaduras irreversibles. El daño es considerado a partir de una exposición de 6 segundos en una distancia de 30 cm. Es por ello por lo que se recomienda que el operador, paciente y empleados deben usar anteojos de protección o filtros de color naranja de manera adecuada para evitar daños posteriores²⁵⁻²⁷.

ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

Bahbishi²⁹ et al., en el 2020 en la resina compuesta Bulk-Fill evaluó estabilidad de color y microdureza. Se realizó con las resinas disponibles en el mercado de Arabia Saudita. Analizaron cinco resinas compuestas (Filtek Z350, Filtek Bulk-Fill, Tetric N-Ceram Bulk-Fill, Sonic Fill 2, SDR. Se elaboraron muestras n=20 cada una de ellas con molde de 10 mm de diámetro y 2 mm de ancho con ayuda de un molde de acero inoxidable posteriormente se embebieron en té, café, zumo de bayas y agua destilada (control). Las tonalidades fueron registradas con espectrofotómetro en inicio y final en tiempo de 10,30,60 y 90 días de ser sumergidas. CIELab se utilizó en cada grupo para conseguir ΔE y las mediciones se adquirieron con fondo negro. A la inicial y a los 90 días se obtuvo la microdureza de Vickers analizados por medio de ANOVA registraron mediciones repetidas con modelo mixto a un nivel de significación de 0.05. En los resultados se obtuvo que las variantes tiempo, material y la solución tiene un efecto estadísticamente significativo con respecto a ΔE . El té fue la bebida que más pigmento. La resina Z350 se relaciona a valores superiores en ΔE y SDR los más bajos. El resto de las resinas no mostraron diferencias entre sí y la microdureza fue diferente en todos. Se concluyó que la resina Bulk-Fill indicó mayor estabilidad de color sin embargo la microdureza reflejó menores valores en relación con la resina universal.

Strazzi Sayhon³⁰ et al en el 2020 evaluaron la intensidad de las lámparas de polimerización y la relación de ΔE y microdureza de resinas compuestas con distintas tonalidades mediante un procedimiento de termociclado. Se realizaron ochenta bloques de resina compuesta TPH Spectrum (Dentsply Sirona) de 5 mm por 2 mm en 4 grupos según la lámpara de polimerización usada (EC 450, ECEL; Valo Ultradent y con resina de color (A3, C3) n=20. Los grupos se dividieron cada uno de n=10 y cada grupo midió ΔE con espectrofotómetro y el segundo grupo n=10 midió dureza con microdurómetro antes y después de termociclado. Los resultados

en ANOVA demostraron que termociclado, intensidad de color y color de resina repercutió en la microdureza con valores altos en resina A3 polimerizada con lámpara Valo. No hubo cambios estadísticos en ΔE en resina A3, mientras que la resina C3 polimerizada con una onda de 450 nm presenta altos valores en ΔE . Se concluye que la lámpara Valo brinda mejores cualidades mecánicas y ΔE independientemente del color de las dos resinas utilizadas. Se debe tener en cuenta los colores de las resinas ya que influye en la dureza de estas.

Sosa³¹ et al., en el 2021 determinaron en 5 resinas compuestas la alteración del color en sector posterior, sujetas a sistemas de pulido en agentes pigmentarios, se realizó un estudio descriptivo de diseño experimental. Se recolectaron los datos con un instrumento de observación apoyado en la guía Vita de escala de valores, los resultados examinados por estadística descriptiva con procedimiento de análisis multifactorial de varianza y un examen de comparación múltiple. En los resultados los cambios de color en las resinas compuestas fueron en las bebidas de café y vino tinto. Sin embargo, la Coca-Cola® presento menor cambio de color con excepción en la resina Filtek™ Z250 y la resina Filtek™ P90 presentó más resistencia al cambio de color. Concluyeron en las alteraciones en el cambio de color fueron en la mayoría de las resinas utilizadas al ser inmersas en las bebidas.

Huang³² y et al. en el 2022 determinaron en 11 resinas disponible en el mercado donde evaluaron estabilidad de color, solubilidad y sorción de agua. Se realizaron 20 muestras con molde de 10 mm de diámetro y 2 mm de grosor con un molde de silicona se personalizaron y se embebieron en curry, café, vino y agua destilada durante 28 días n=5. El cambio de color ΔE y tono base fueron medidos con espectrofotómetro, Para evaluar el cambio de color se usó el modelo de CIELAB. La norma ISO 4049:2009 se empleó para medir sorción y agua y solubilidad de las muestras de resina. Los resultados fueron que la composición de materia, solución y tiempo se vieron influidos los valores de ΔE . La resina Ceram X One Universal

(CXU) obtuvo mayor resistencia en color, seguido por Magnafill Putty (MP). Las resinas microhíbridas mostraron disminución en cambio de color en comparación con nanohíbridos y gomers. DX universal y Filtek Z350 revelaron ΔE más altos en la totalidad de los colorantes. Concluyen que la norma ISO 4049:2009 se efectuó en la totalidad de materiales utilizados en el estudio. CXU y MP mostraron menor sorción de agua y solubilidad. La prueba de Pearson mostró correlaciones favorables entre sorción de agua y ΔE y entre solubilidad y ΔE .

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La odontología actual ha desarrollado nuevos materiales, para así mismo ofrecer los mejores tratamientos de restauración, sin embargo, es importante evaluar los métodos de polimerización y su grado de eficiencia que ofrecen los materiales y así mismo emplearlo al máximo. Entre uno de ellos se encuentran las resinas dentales las cuales contienen nuevos fotoiniciadores como es la ivocerina, la cual es activada con luz violeta, así mismo conocer las características que brindan las lámparas de fotocurado como son longitudes de onda relacionadas al número de LED monowave de un LED o varios LEDS poliwave ya que éstos activan los fotoiniciadores.

Por lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la estabilidad de color de las resinas con ivocerina polimerizadas con lámpara monowave y poliwave?

JUSTIFICACIÓN

Los materiales de restauración en la odontología actual han llevado a que las lámparas de polimerización cumplan ciertas características para poder activar los fotoiniciadores que contienen las nuevas resinas dentales. Mantener el color de las resinas dentales evitando su pigmentación, se considera como principal factor la ingesta de bebidas y el tipo de polimerización de las resinas por ello el saber cuál es la lámpara ideal para evitar el cambio de color del material restaurador. Es importante evaluar si existe influencia en el tipo de lámpara de fotocurado al emplearla en resina dental con fotoiniciador de ivocerina.

HIPÓTESIS

H0- La estabilidad de color en resina compuesta con ivocerina polimerizada con lámparas monowave y poliwave será igual.

Ha- La estabilidad de color en resina compuesta con ivocerina polimerizada con lámparas monowave y poliwave no será igual.

OBJETIVOS

Objetivo general

Comparar la estabilidad de color en resina compuesta con ivocerina polimerizada con lámparas monowave y poliwave.

Objetivos específicos

- Evaluar la estabilidad de color en resinas compuestas con ivocerina polimerizadas con lámpara monowave después de estar inmersas en agua y coca cola.
- Evaluar la estabilidad de color en resinas compuestas con ivocerina polimerizadas con lámpara poliwave después de estar inmersas en agua y coca cola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Transversal, prospectivo, descriptivo, experimental, *in vitro*.

Muestra

El tamaño de la muestra se calculó de acuerdo con el método de Tang usando el estadístico F; con base a un estudio previo, donde se tomó la media, la desviación estándar y el número de repeticiones para trabajar con una potencia del 80%, con un intervalo de confianza del 95%. se obtiene un tamaño de muestra de $n=10$, es decir 10 muestras para cada prueba por bebida y por lámpara.

Criterios de selección

Inclusión

- Resina compuesta convencional tono A2: Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent cuyo periodo de uso este vigente.
- Muestras de resina con medidas de acuerdo con los estándares de la norma ISO 4049.

Exclusión

- Resinas compuestas que no sean tono A2: Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent.
- Resinas compuestas con caducidad cumplida.
- Cuerpos de prueba que presenten grietas, burbujas y fracturas.

- Cuerpos de prueba que presenten irregularidades en la superficie.

Eliminación

- Muestras que durante el trabajo experimental se fracturen.

Variables

Tabla 6. Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala	Categoría
<i>Variables independientes</i>				
Lámpara de fotocurado	Dispositivo utilizado en odontología con el fin de polimerizar a través de longitud de onda e irradiancia.	Se emplearon dos lámparas: <ul style="list-style-type: none"> • Bluephase NMC (monowave) • Valo Ultradent (poliwave) 	G1: Monowave G2: Poliwave	Cualitativa nominal Dicotómica
Bebidas	Sustancia líquida, la cual puede beberse.	Se emplearon dos bebidas: <ul style="list-style-type: none"> • Agua (control) • Coca Cola 	G1: Agua G2: Coca Cola	Cualitativa nominal Dicotómica
Tiempo	Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.	Se midieron a tres periodos de tiempo diferentes	Inmediato 24 horas 48 horas	Cualitativa nominal Policotómica
<i>Variables dependientes</i>				
Cambio de color	Resistencia de la resina al cambio a causa de variedad o desequilibrio de color en un área.	Cambio de color	ΔE	Cuantitativa

Procedimientos, técnicas y fuentes de recolección

Figura 11 A, B, C. Se realizaron pastillas de resina dental (Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent hecha en Liechtenstein, Lote Z04244) con un modelo de acero inoxidable de 5 mm de diámetro por 1.5 mm de altura que contiene fotoiniciador ivocerina.

Se polimerizaron con lámpara poliwave Valo Ultradent (Figura 11 D) o lámpara monowave Bluephase NMC (Figura 12) y se polimerizaron a 0 mm durante 20 segundos (Figura 13).



Figura 11. A) Pastilla de resina en molde. B) Molde de acero inoxidable de 5 mm de diámetro por 1.5 mm de altura. C) Resina Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent. D) Lámpara poliwave Valo Ultradent. (Fuente propia).

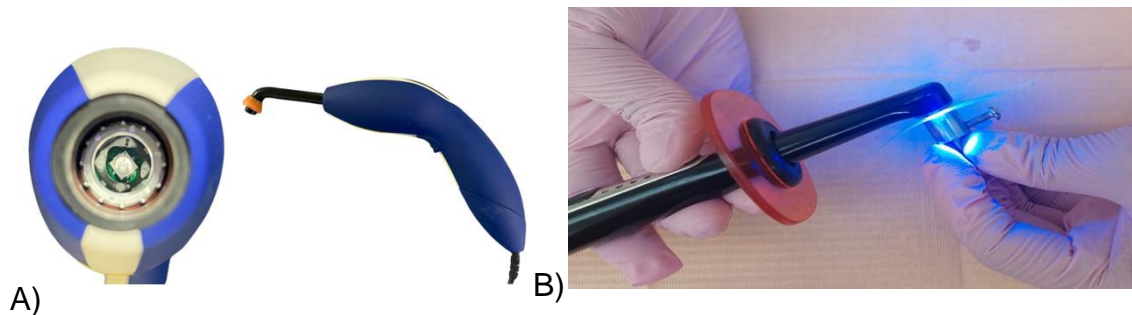


Figura 12. A) Lámpara monowave Bluephase NMC. B) Polimerización de resina a 0mm durante 20 segundos. (Fuente propia)

Figura 13. Se dividieron en dos grupos cada uno de ellos de 10 muestras de acuerdo con el líquido que serán sumergidas agua natural o coca cola y posteriormente serán almacenadas en una estufa a 37°C durante 24 y 48 horas.

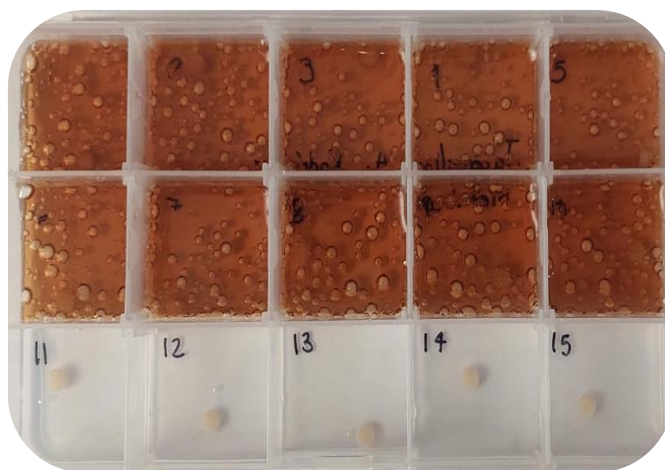


Figura 13. Muestras almacenadas divididas y sumergidas en agua natural y coca cola (Fuente propia).

Figura 14. Se tomó el color inicial en la escala de CIELab con ayuda de espectrofotómetro de la marca VITA Easyshade V, de Ivoclar Vivadent para posteriormente medirlo a las 24 y 48 horas.

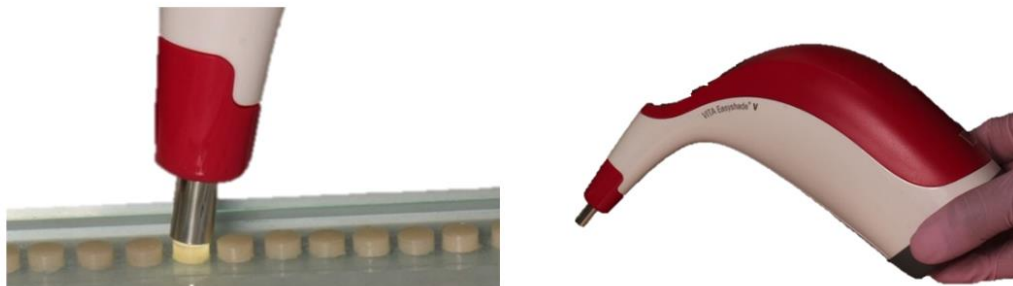


Figura 14. Toma de color resina con espectrofotómetro (Fuente propia).

Finamente se calculó el cambio de color con la fórmula de diferencia de color (ΔE), y con la escala de CIELab:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

Donde ΔE representa la diferencia de color total entre las dos muestras, y se calcula a partir de la diferencia en la luminosidad (ΔL), la diferencia en la tonalidad rojo-verde (Δa) y la diferencia en la tonalidad amarillo-azul (Δb).

Los valores ΔL , Δa y Δb se elevan al cuadrado, se suman y se toma la raíz cuadrada de la suma para obtener ΔE . En otras palabras, ΔE es la distancia euclidiana en el espacio de color CIELAB entre dos puntos de color.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico, se procedió realizar la prueba de Shapiro-Wilks para probar normalidad y que los datos cumplan con los requisitos para el uso de pruebas paramétricas. Los resultados fueron analizados en SPSS versión 21, realizando prueba ANOVA y prueba post hoc Tukey para las comparaciones por tiempos (inicial, 24h y 48h) y prueba de T-Student para evaluar el cambio de color por lámpara y por bebida.

Resultados

En la Figura 15 se muestra el cambio de color de la resina inicial a las 24 horas en dos tipos de bebidas agua y Coca-Cola polimerizadas con dos lámparas de fotocurado monowave y poliwave. Se observa que hay un mayor cambio de color de las resinas sumergidas en Coca-Cola al utilizar una lámpara poliwave presentó un ΔE de 6.39 y monowave ΔE 3.26, mientras que en el agua se obtuvieron valores menores con lámpara poliwave ΔE 1.31 y con monowave ΔE 0.91

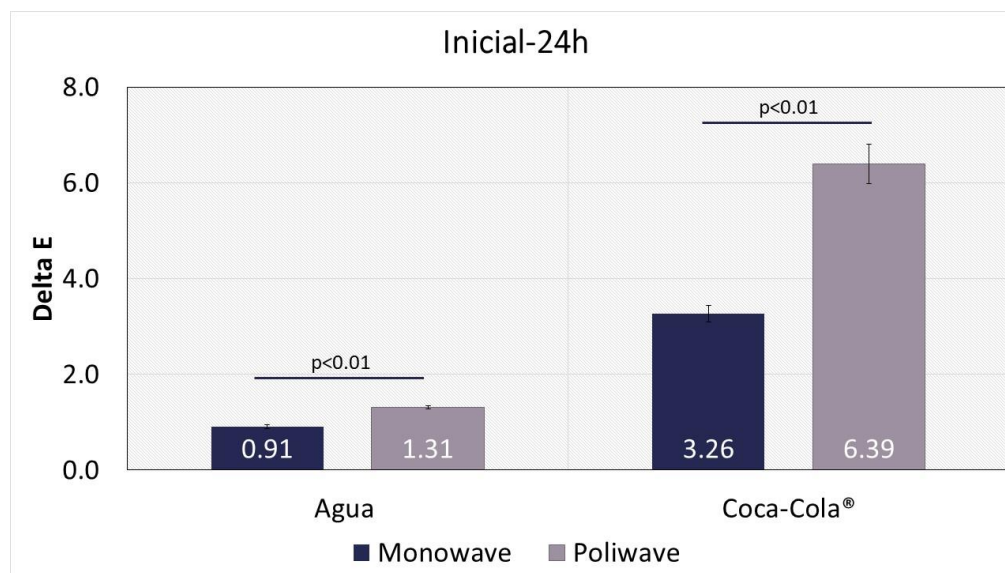


Figura 15. Cambio de color inicial- 24 horas

En la Figura 16 se representa el cambio de color de resina de la inicial a las 48 h, las muestras fueron embebidas en dos diferentes tipos de líquidos agua y Coca-Cola y fotopolimerizadas con lámparas monowave y poliwave. Los resultados de estas muestras reflejan que hay un mayor cambio de color en la resina polimerizada con lámpara poliwave y sumergida en Coca-Cola obteniendo ΔE 5.84, sin embargo, con la misma lámpara, pero en agua se consigue ΔE 1.53. Sin embargo, al usar la lámpara monowave se obtienen valores de ΔE 1.80 con muestra sumergida en agua y ΔE 3.79 en Coca-Cola.

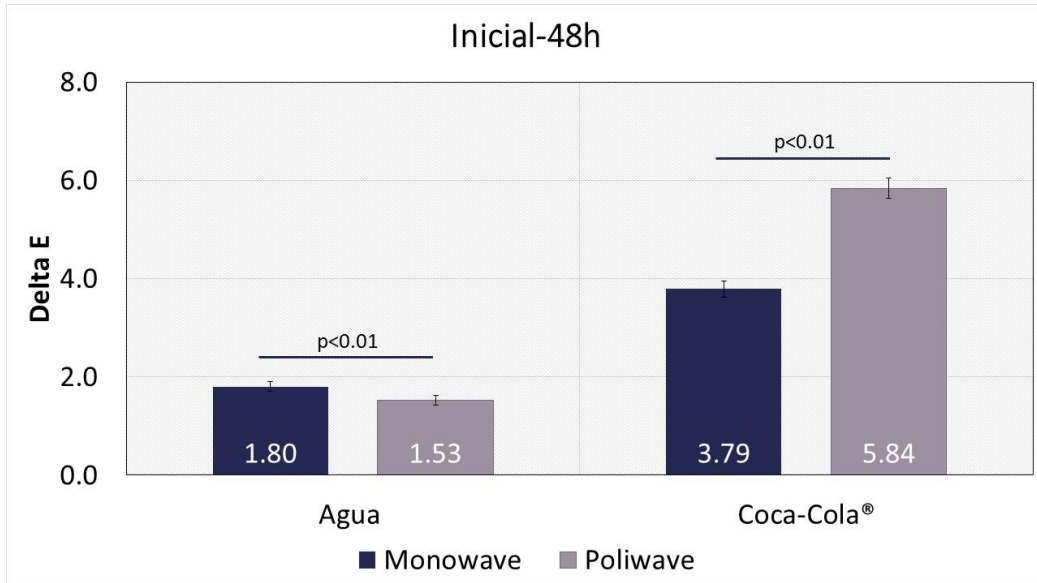


Figura 16. Cambio de color inicial-48 horas

Figura 17, muestra el cambio de color entre lámparas de las 24 h a las 48 h, donde se observa que las muestras polimerizadas con la lámpara monowave presentan mayor estabilidad. La resina sumergida en Coca-Cola y polimerizada con lámpara poliwave presenta un gran cambio obteniendo resultado de ΔE 5.41 y con lámpara monowave ΔE 3.63. Y en resina polimerizada con monowave y sumergida en agua se obtiene ΔE 1.97 y poliwave ΔE 1.31 a pesar de que son resultados poco elevados con monowave estos son mínimos.

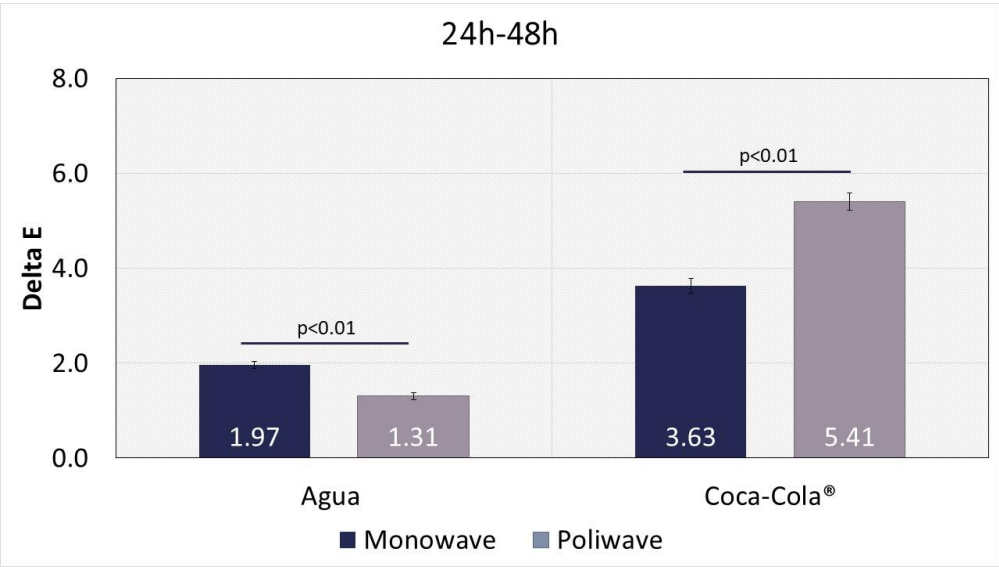


Figura 17. Estabilidad de color entre lámparas en 24 y 48 horas

DISCUSIÓN

En este estudio se analizó la estabilidad de color de la resina Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent con ivocerina en tono A2 al ser polimerizada con dos lámparas de fotopolimerización, una monowave (Bluephase NCM) con longitud de onda de 430 a 490 nm y otra poliwave (Valo Ultradent) con longitud de onda de 385 a 515 nm y posteriormente sumergidas en dos diferentes bebidas: agua y refresco de cola durante 24 y 48 horas. De esta forma se determinó el cambio de color de la resina en dos tiempos y dos lámparas de fotopolimerización.

Los resultados mostraron que la resina sumergida en coca cola y polimerizada con lámpara monowave (Bluephase NMC) presentó mayor estabilidad de color que la resina polimerizada con la lámpara poliwave, por lo que se acepta la hipótesis de investigación. Sin embargo, al realizar la comparativa con otros estudios encontraron diferencias.

No coincide con lo reportado por Bahbishi²⁹ et al., en el 2020 que analizaron la estabilidad de color en 5 resinas en tono A2 (Filtek Z350, Filtek Bulk-Fill, Tetric N-Ceram Bulk-Fill, Sonic Fill 2 y SDR). En su trabajo, la resina Filtek Z350 mostró los valores más altos de estabilidad de color y la SDR valores más bajos después de ser sumergidas en té durante 10, 30, 60 y 90 días y polimerizadas con la lámpara DemiUltra, Kerr Dental, Orange, CA, EE. UU 1000 mW/cm² (monowave). Mientras que el resto de las resinas no muestra diferencias significativas. Si se comparan los resultados de estabilidad de color de la resina Tetric N ceram bulk fill sumergida en agua después de 10 días se encontró que al ser polimerizada con la lámpara monowave y al ser sumergida en agua presenta menor cambio de color, lo que, si coincide con lo encontrado en este estudio, aunque difiere el tipo de resina y el tiempo de evaluación.

Bahbishi²⁹ et al., concluye que las diferencias presentadas podrían ser atribuidas a la duración y técnica de almacenamiento, además entre más oscura sea la bebida se obtendrá mayor cambio de color. Así mismo la teoría menciona que entre mayor cantidad de relleno 81/61% y matriz de resina se obtendrá mayor absorción de agua

resultando con más cambios de color. Se demostró que el tiempo, material y soluciones presentan valores significativos sobre la estabilidad de color. Sin embargo, en este estudio las muestras fueron sumergidas en agua y coca cola por un periodo de tiempo menor lo que podría haber influido en el cambio de color de la resina, así mismo el tipo de resina utilizada presentó un menor porcentaje de relleno 80/81 y la lámpara utilizada tuvo menor potencia de 800 mW/cm².

En el estudio de Tuğba Altıparmak Elif³³ et al., en el 2022 analizaron el efecto de las bebidas frías sobre la coloración de muestras de resina compuesta GrandioSO (Voco GmbH, Alemania), Estelite Sigma Quick (Tokuyama, Japón), Brilliant Crios (Coltene, Suiza) y Vita Enamic (Vita, Alemania) con dimensiones de 8x2 mm y polimerizadas por 20 s utilizando una potencia de 1000 mW/cm² con la punta del dispositivo de iluminación LED (DTE LUX E, Alemania) (poliwave). Las muestras se dividieron en 5 grupos (n=8) que se sumergieron en café, té, coca cola, bebida energética y agua destilada, almacenadas en una estufa a 37°C durante 30 días. En sus resultados obtuvieron en el primer día sin diferencias significativas, mientras que en el día 7 y 30, el té demostró mayor cambio de color en las resinas y el resto de las bebidas no demostraron diferencias significativas en cambio de color. En este estudio los tiempos de evaluación fueron más cortos, pero si se encontraron cambios en el color desde las 24 horas presentando cambios significativos. Si comparamos los valores de cambio de color a las 24 horas no se coincide ya que no presentaron cambios a las 24 horas. En los bloques preparados con muestras en CAD/CAM con la resina (Brilliant Crios y Vita Enamic) demostraron cambios menores de color en comparación con las resinas (GrandioSO y Estelite Sigma Quick). Se concluye que las diferencias presentadas en ambos estudios dependen de la fotopolimerización incompleta, absorción de agua, dieta, higiene, rugosidad superficial y coloración en las bebidas. El ácido tánico es uno de los ingredientes pigmentantes del té, si bien la coca cola no contiene este ingrediente lo que podría atribuirse que presentó menor cambio de color en comparación con el té. Así mismo el CAD/CAM presentan menor cambios de color en comparación con la resina

directa lo cual podría ser debido a que CAD/CAM presentan una fase orgánica reducida.

Tampoco se coincide con Strazzi Sayhon³⁰ et al., en el 2020 evaluaron la intensidad de las lámparas en la estabilidad de color en lámparas de polimerización EC 450 y Valo Ultradent con resina compuesta (Dentsply Sirona) en tonalidades A3 y C3, y demostraron que la tonalidad A3 polimerizada con Valo (Ultradent) presentó cambios menores y la tonalidad C3 polimerizada con la lámpara EC 450 presentó altos valores en ΔE , concluyendo que la intensidad de la luz influye en la estabilidad de color. Se menciona en la teoría que la intensidad de luz requerida es de 400 mW/cm^2 y la lámpara EC 450 presentó valores menores a los requeridos, por lo que al tener deficiente polimerizado aportará negativamente en la degradación química, estabilidad de color y absorción de agua. En este estudio las lámparas utilizadas fueron Bluephase NMC y Valo Ultradent, que tienen una intensidad de luz 800 mW/cm^2 y 1000 mW/cm^2 respectivamente lo que debería asegurar una polimerización adecuada, y mayor estabilidad de color, sin embargo, a diferencia de Strazzi, la mayor estabilidad de color se obtuvo en la resina polimerizada con la lámpara Bluephase, aunque el tono de resina fue A2.

No se coincide con lo reportado con Monojlovic³⁴ et al., en el 2015 quienes evaluaron la tinción de los cambios de color dependientes en compuesto de resina utilizando el análisis de componentes, elaboraron 6 grupos ($n=21$) de resina microhíbrida Gradia Direct™ XBW (GC corp. Tokio, Japón) en tono extra blanco. Las muestras fueron polimerizadas con lámpara poliwave (Bluephase G2, Ivoclar) la cual presenta una intensidad de luz de 1000 mW/cm^2 durante 20 segundos y a 1 mm de distancia. Las muestras fueron sumergidas en 6 bebidas: té negro, café, Coca Cola, enjuague bucal, vino y agua destilada, y fueron almacenadas a 37°C por 3 días. En los resultados obtuvieron que el cambio de color fue significativo para el té, café y vino, mientras que la Coca Cola se encontró en el límite de detección por el ojo humano, finalmente el enjuague y agua destilada fueron irrelevantes. Si se comparan los resultados de estabilidad de color no se coinciden con los resultados

encontrados en este estudio, debido a que a las 24 horas ya se presentaba cambio de color en la resina sumergida en agua y Coca Cola. Podría influir la tonalidad de la resina y la distancia utilizada para la polimerización de esta, además que, en nuestro estudio, el tiempo de evaluación fue menor.

Considerando lo anterior se identificó que la composición de la resina, el tipo de lámpara, potencia, tipo de bebida y tiempo de exposición a las mismas son todos factores que influyen, entre otros, en la estabilidad de color. El método utilizado para evaluar la estabilidad de color está respaldado por estudios previos y permite la comparativa de resultados, sin embargo, hay diferencias entre marcas de resina, tipos de lámparas y tiempos de exposición a las bebidas que no permiten un contraste adecuado y la aplicación de recomendaciones concluyentes. En cuanto a la hipótesis de investigación se acepta que la estabilidad de color en resina compuesta con ivocerina polimerizada con lámparas monowave y poliwave no será igual. Lo que se evidenció en los resultados, encontrando mayor estabilidad de color en las muestras polimerizadas con la lámpara monowave posiblemente atribuido a que las lámparas poliwave en la distribución en el haz de luz se ve perjudicada debido a los colores distintos que emite los diodos encontrados en lámparas de tercera generación, éstas lámparas presenta luz azul con radiancia de 450 a 470 nm y la luz violeta 400 a 410 nm y su falta de homogeneidad afectaría al material restaurador.

Dentro de las limitaciones de este trabajo fueron el tiempo, bebidas y material utilizado en la investigación y sus proyecciones o mejoras propuestas son emplearla por un tiempo más extenso la inmersión de la resina en las bebidas y realizarla en resinas más utilizadas en las clínicas de estomatología.

CONCLUSIONES

1. Las bebidas cromáticas pueden provocar pigmentación en las resinas con Ivocerina.
2. La resina polimerizada con la lámpara monowave presentó mayor estabilidad de color en comparación con la poliwave.
3. La intensidad de la luz y haz de luz interfiere en la estabilidad de color.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arcos Tomal LC, Montaña Taté VA, Armas A del C, Arcos Tomal LC, Montaña Taté VA, Armas A del C. Estabilidad en cuanto a color y peso, de resinas compuestas tipo flow tras contacto con bebidas gaseosas: estudio in vitro. *Odontología Vital*. 2019;1(30):59–64.
2. Rodríguez DR, Pereira NA. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta odontol venez*. 2008;46(3):1–14.
3. Blanco Jezabel, Sanz Carlos. Rehabilitación de la sonrisa mediante resinas compuestas. *Ciencia*. 2013;248(1):126–38.
4. Chan KHS, Mai Y, Kim H, Tong KCT, Ng D, Hsiao JCM. Review: Resin Composite Filling. *Materials*. 2010;3(2):1228–43
5. Roque J. Composición de resinas compuesta de uso directo en operatoria dental en el siglo XXI. *RODYB*. 2023;12(2):15–23.
6. Barceló Santana FH, Palma Calero JM. *Materiales dentales*. 3ra edición. Trillas, editor. México; 2021. 49–52 p.
7. García M, Martínez JA, Celemín A. Propiedades estéticas de las resinas compuestas. *Revista Internacional de Prótesis Estomatológica*. 2011;13(1):11–22.
8. Kenneth J Anusavice. *Phillips ciencia de los materiales dentales*. Elsevier. Madrid España; 2004.
9. Loarte Merino GJ, Perea Corimaya E, Portilla Miranda S, Juela Moscoso C. Fundamentos para elegir una resina dental. *Revista OACTIVA UC Cuenca*. 2019; 4(1):55–62.
10. Cedillo J, Espinosa R. Adaptación marginal e hibridación de los alcasites; estudio in vitro, al meb-ec. marginal adaptation and hybridization of alcasites. in vitro, al meb-ec. trabajo de investigación. *rodyb*. 2019; 8(1):19–27.
11. Vásquez JM, Delgado B. Factores extrínsecos implicados en la pigmentación de las resinas compuestas dentales. *Revista Estomatológica Herediana*. 2022;32(3):263–71.
12. Baldión P, Castellanos Parra J. Estrés oxidativo inducido por los monómeros de resina dental. *Respuesta celular. Universitas Odontologica*. 2014;33(71):65–77.
13. José Luis Cova N. *Biomateriales dentales*. 2da ed. Amolca, editor. Venezuela.

14. Hervás García A, Martínez Lozano MA, Cabanes Vila J, Escribano Barjau A, Fos Galve P. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Med Oral Patol oral Cir Bul.* 2006;11(1): E215–20.
15. Vásquez L. JM, Delgado-Gaete B. Factores extrínsecos implicados en la pigmentación de las resinas compuestas dentales. *Revista Estomatológica Herediana.* 2022;32(3):263–71.
16. Exeni Baracatt M. Importancia de la fotopolimerización en la previsibilidad y longevidad de las resinas compuestas adheridas. *Odontología Actual.* 2020;5(6):1–8.
17. Aquino Valverde AJ, Aguilar Vargas GDP, Díaz Fernández JM, Leyva Ramírez PA, Quintanilla Labajos DA, Atoche Socola KJ, et al. Efectividad de fotopolimerización usando lámparas led: Una revisión de la literatura. *Revista Científica Odontológica.* 2022;10(3):1–12.
18. Moradas Estrada M, Álvarez López B. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Avances en Odontoesomatología.* 2017;33(6):261–72.
19. Fadul Ortiz JR, Molina Sánchez CA, Yáñez Meza EA, Luna LE. Profundidad de curado de resinas con diferentes fotoiniciadores polimerizadas con dos lámparas LED. *Universitas Odontológica.* 2008;27(59):15–22.
20. Sánchez Soler L.A, Espías Gómez A.F. La fotopolimerización en 2002. *Avances en odontoestomatología.* 2004;20(6):289–95.
21. Watts DC, Kaiser C, O'Neill C, Price RB. Reporting of light irradiation conditions in 300 laboratory studies of resin-composites. *Dental Materials.* 2019;35(3):414–421.
22. Mallat Callis E. ¿Por qué es importante conocer el espectro de emisión de nuestro LED de polimerizar? *Revista internacional de prótesis estomatológica.* 2021;23(1):51–2.
23. Arias González A. ¿Qué es la luz? *Am J Phys Educ.* 2008;2(1):51–3.
24. Carrillo Sánchez C, Monroy Pedraza M. Materiales de resinas compuestas y su polimerización. *ADM.* 2009;65(4):10–7.
25. Meléndez D, Delgado L, Tay L. La ciencia detrás de las lámparas de polimerización LED. *RODYB.* 2021;10(3):6–18.
26. Aquino Valverde AJ, Aguilar Vargas GDP, Díaz Fernández JM, Leiva Ramírez PA, Quintanilla Labajos DA, Atoche Socola KJ, et al. Efectividad de

fotopolimerización usando lámparas led: Una revisión de la literatura. *Revista Científica Odontológica*. 2022;10(3):1–12.

27. García Terra A. Decálogo de buenas prácticas para el uso y mantenimiento de las Unidades de Fotocurado LEDs. *Odontoestomatología*. 2023;25(41): 1-8.

28. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: A literature review. *Brazilian Oral Research*. Sociedad de Brasileira de Hematologia e Hemoterapia. 2017; 31(1): 64–91.

29. Bahbishi N, Mzain W, Badeeb B, Nassar HM. Color stability and microhardness of bulk-fill composite materials after exposure to common beverages. *Materials*. 2020;13(3).

30. Strazzi-Sahyon H, Rocha E, Assunção W, dos Santos P. Influence of Light-Curing Intensity on Color Stability and Microhardness of Composite Resins. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2020;40(1):129–34.

31. Sosa D, Peña D, Setién V, Rangel J. Color alterations in 5 composites for posterior teeth, polished and exposed to different beverages. *RevVenezInvestOdont IADR*. 2014; 2(2): 92-105.

32. Huang W, Ren L, Cheng Y, Xu M, Luo W, Zhan D, et al. Evaluation of the Color Stability, Water Sorption, and Solubility of Current Resin Composites. *Materials*. 2022;15(19).

33. Altıparmak ET, Oktay EA, Karaoğlanoğlu S, Aydın N, Ersöz B, Özarslantürk S. The effect of cold drinks on the coloration of resin-containing restorative materials. *International Dental Research*. 2022;12(1):14–20.

34. Manojlovic D, Lenhardt L, Milićević B, Antonov M, Miletic V, Dramićanin MD. Evaluation of Staining-Dependent Colour Changes in Resin Composites Using Principal Component Analysis. *Sci Rep*. 2015;5 (1):1-8.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica de lámpara Bluephase N® MC

8. Especificaciones del producto

Fuente de luz	LED
Rango de longitud de onda	430 – 490 nm
Intensidad de luz	800 mW/cm ² ± 10 %
Funcionamiento	Funcionamiento continuo
Conducto de luz	Ø 10 mm, negro, desinfectable y esterilizable en autoclave
Conos antideslumbrantes	esterilizables en autoclave
Transmisor de señal	señal sonora luego de 10 segundos y cada vez que se presiona el botón de inicio / botón de selección de tiempo
Dimensiones de la pieza de mano (sin conducto de luz)	L = 260 mm, A = 42 mm, H = 120 mm
Peso de la pieza de mano (transformador y cable de alimentación incluidos)	420 g
Voltaje para el funcionamiento de la pieza de mano	5 VDC con el transformador
Transformador	Entrada : 100–240 VAC; 50-60 Hz; 0.28 – 0.14A Salida: 5 VDC / 2 A Fabricante: Friwo Tipo: FW7401M/05
Condiciones de funcionamiento	Temperatura +10 °C a +35 °C (+50 °F a +95 °F) Humedad relativa 35 % a 75 % Presión ambiental 700 hPa a 1060 hPa
Dimensiones de la base de carga	D = 205 mm, A = 150 mm, H = 85 mm
Peso del soporte de la pieza de mano	220 g
Condiciones de transporte y almacenamiento	– Temperatura –20 °C a +60 °C (-4 °F a +140 °F) – Humedad relativa 10 % a 75 % – Presión ambiental 500 hPa a 1060 hPa – La lámpara de curado debe conservarse en un ambiente cerrado y cubierto. Proteja el dispositivo de golpes fuertes.
Forma de entrega	1 Soporte de la pieza de mano 1 Pieza de mano 1 Transformador con cable de alimentación 1 Conducto de luz de 10 mm, negro 3 Conos antideslumbrantes 1 Instrucciones de uso

Anexo 2: Ficha técnica de lámpara Valo Ultradent

Attribute	Information/Specification																																	
Lens	Diameter 11.7 mm																																	
Wavelength range	<ul style="list-style-type: none"> Utilizable wavelength range: 385 – 515nm Peak wavelengths: 395 – 415nm and 440 – 480nm 																																	
Light Intensity Table	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">Nominal Radiant Exitance Comparison Chart</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Measurement Instrument</th> <th rowspan="2">†* Demetron L.E.D. Radiometer</th> <th rowspan="2">† MARC spectrum analyzer</th> <th colspan="2">‡ Gigahertz spectrum analyzer</th> </tr> <tr> <th>Exitance</th> <th>Total Power</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aperture of Meter</td> <td>7 mm</td> <td>3.9 mm</td> <td>15 mm</td> <td>15 mm</td> </tr> <tr> <td>Standard Power (±10%)</td> <td>1000 mW/cm²</td> <td></td> <td>900 mW/cm²</td> <td>970 mW</td> </tr> <tr> <td>High Power Plus (±10%)</td> <td>1600 mW/cm²</td> <td>1800 mW/cm²</td> <td>1500 mW/cm²</td> <td>1615 mW</td> </tr> <tr> <td>Xtra Power (±10%)</td> <td></td> <td>3200 mW/cm² (+/-20%)</td> <td>2100 mW/cm²</td> <td>2260 mW</td> </tr> </tbody> </table>	Nominal Radiant Exitance Comparison Chart					Measurement Instrument	†* Demetron L.E.D. Radiometer	† MARC spectrum analyzer	‡ Gigahertz spectrum analyzer		Exitance	Total Power	Aperture of Meter	7 mm	3.9 mm	15 mm	15 mm	Standard Power (±10%)	1000 mW/cm ²		900 mW/cm ²	970 mW	High Power Plus (±10%)	1600 mW/cm ²	1800 mW/cm ²	1500 mW/cm ²	1615 mW	Xtra Power (±10%)		3200 mW/cm ² (+/-20%)	2100 mW/cm ²	2260 mW	Radiant Exitance will vary based on instrument capability, measurement method and light placement. † Demetron radiometers and MARC spectrum analyzers should be used as reference only due to having smaller apertures than VALO curing lights. * Demetron radiometers should be used as reference only due to limitations in power and spectral response. ‡ Radiant Exitance conforms to ISO 10650 when measured with a Gigahertz spectrum analyzer.
	Nominal Radiant Exitance Comparison Chart																																	
	Measurement Instrument	†* Demetron L.E.D. Radiometer	† MARC spectrum analyzer	‡ Gigahertz spectrum analyzer																														
				Exitance	Total Power																													
	Aperture of Meter	7 mm	3.9 mm	15 mm	15 mm																													
Standard Power (±10%)	1000 mW/cm ²		900 mW/cm ²	970 mW																														
High Power Plus (±10%)	1600 mW/cm ²	1800 mW/cm ²	1500 mW/cm ²	1615 mW																														
Xtra Power (±10%)		3200 mW/cm ² (+/-20%)	2100 mW/cm ²	2260 mW																														
VALO Grand Curing Light	Ratings: IEC 60601-1 (Safety), IEC 60601-1-2 (EMC)	Weight: <ul style="list-style-type: none"> With batteries: 6 oz. (190 grams) Without batteries: 5 oz. (150 grams) Dimension: (8 x 1.28 x 1.06) inches, (203 x 32.5 x 27) mm																																
Charger Power Supply	Output - 12VDC at 500mA Input - 100VAC to 240VAC Ultradent P/N 5930 VALO Charger Power Supply with international plug inserts	Ratings: IEC 60601-1 (Safety) Cord Length - 6 feet (1.8 meters) VALO Charger Power Supply is a Medical Grade Class II power supply and provides isolation from MAINS power																																
VALO Charger	VALO 3.6VDC Lithium Iron Phosphate smart battery charger: <ul style="list-style-type: none"> Automatic shut off when fully charged Auto-detection of defective batteries Protections: Thermal, Overcharge, Short-circuit, reverse polarity <ul style="list-style-type: none"> Red LED – Charging Green LED – Empty or Fully Charged LED off – short circuit Charging time: 1 – 3 hours Rating: CE, WEEE																																	
VALO Batteries	Rechargeable: Safe chemistry Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) RCR123A <ul style="list-style-type: none"> Working Voltage: 3.2VDC Ratings: UL, CE, RoHS, WEEE																																	
Operating Conditions	Temperature: +10°C to +32°C (+50°F to +90°F) Relative Humidity: 10% to 95% Ambient Pressure: 700 hPa to 1060 hPa																																	
Duty Cycle	The curing light is designed for short-term operation. At maximum ambient temperature (32°C) 1 minute ON back-to-back cycling, 30 minutes OFF (cooling-off period).																																	

trouble Shooting

If the solutions suggested below do not rectify the problem, please call Ultradent at 800.552.5512. Outside the United States, call your Ultradent distributor or dental dealer.	
Problem	Possible Solutions
Light will not turn on	1) Press the Time/Mode or Power Button to wake from Power Save Mode. 2) Check the red Low Battery Indicator for battery charge status. 3) Check that fresh batteries are correctly inserted into the unit. 4) If red and yellow Warning LEDs are flashing this means the curing light has reached its internal temperature safety limit. Allow the curing light to cool down for 10 minutes or use a cool moist towel to cool the unit down quickly. 5) If red Warning LED flashes and beeps continuously, call Ultradent Customer Service for repair.