



FACULTAD DE POSGRADOS

CAPACIDAD DE PENETRACIÓN DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO A LA CÁMARA PULPAR EN
PREMOLARES CON ORTODONCIA FIJA POST BLANQUEAMIENTO DENTAL.

AUTORA

ERIKA DANIELA NÁJERA SARZOSA

AÑO

2020



FACULTAD DE POSGRADOS

CAPACIDAD DE PENETRACIÓN DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO A LA
CÁMARA PULPAR EN PREMOLARES CON ORTODONCIA FIJA POST
BLANQUEAMIENTO DENTAL.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de especialista en Ortodoncia.

Profesor Guía

Dra. Alexandra Mena

Autora

Erika Daniela Nájera Sarzosa

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

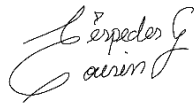
"Declaro haber dirigido el trabajo, Capacidad de penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en premolares con ortodoncia fija post blanqueamiento dental, a través de reuniones periódicas con la estudiante Erika Daniela Nájera Sarzosa, en el semestre 2020-00, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Alexandra Patricia Mena Serrano
C I 1713167896

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

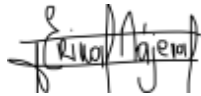
“Declaro haber revisado este trabajo, Capacidad de penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en premolares con ortodoncia fija post blanqueamiento dental, de la estudiante Erika Daniela Nájera Sarzosa, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”



Erika Cristina Céspedes Cousin
CI 1713644514

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.



Erika Daniela Nájera Sarzosa
CI 0503005480

AGRADECIMIENTO

A DIOS y a la virgen María por permitirme alcanzar este sueño tan anhelado, dándome los medios y la fortaleza para poder realizarlo.

A mis padres por ser mi pilar, mi apoyo incondicional, por ser quienes siempre tuvieron palabras de aliento en los momentos difíciles, por su infinita paciencia y sin duda por tanto amor.

A mi querida tutora Dra. Alexandra Mena por guiarme durante todo este proceso, por su confianza depositada en mí para ser parte de su proyecto y por su ayuda incondicional.

A la Ing. Genoveva Granda por su ayuda, paciencia, y gran aporte para realizar este proyecto.

A Bruno, mi mejor amigo de cuatro patas, por su compañía y lealtad durante tantas noches largas frente al computador.

DEDICATORIA

A mi hija, mi pequeña Valentina, mi fuente de inspiración y mi motor para seguir cada día.

RESUMEN

El peróxido de hidrógeno, responsable por el blanqueamiento dental, es capaz de penetrar a la cámara pulpar. El aclaramiento dental puede ser aplicado durante el tratamiento de ortodoncia para completar el resultado estético deseado por los pacientes.

Objetivo: Evaluar la cantidad de penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en premolares con brackets post blanqueamiento dental y medir el cambio de color dental antes y después de la cementación de brackets, post blanqueamiento.

Material y métodos: Treinta cinco premolares fueron distribuidos aleatoriamente en tres grupos: control, con brackets y sin brackets. Las raíces de los dientes fueron seccionadas para tener acceso a la cámara pulpar. Con el espectrofotómetro Easy Shade, la escala Vita Bleached y escala visual Vita Classical, se realizó la toma de color inicial. Se cementaron los brackets metálicos convencionales. Previo al blanqueamiento (45 min) con peróxido de hidrógeno al 35%, se colocó 25 μ L de solución buffer en el interior de cada cámara pulpar. Una vez terminado el blanqueamiento, la solución fue transferida a un tubo de ensayo. La cámara pulpar fue lavada 4 veces con 25 μ L de solución buffer. Luego se agregó (2.725 μ L) de agua Tipo I, 100 μ L de violeta leucocrystal y 50 μ L de la enzima peroxidasa "horseradish". La absorbancia (596nm) fue medida con el equipo UV-VIS. Se retiraron los brackets y se midió el color final. Los datos de concentración del HP fueron sometidos a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA), y los datos de color al test de Shapiro-Will y test de Barlett's.

Resultados: Los dos grupos experimentales indicaron presencia de peróxido de hidrógeno dentro de la cámara palpar significativamente mayor al grupo control y la presencia de brackets disminuyó significativamente la efectividad del blanqueamiento cuando fue comparado al grupo sin brackets.

Conclusiones: La presencia de brackets no disminuyó la penetración de peróxido de hidrógeno al 35% dentro de la cámara pulpar, y afectó negativamente el aclaramiento de los dientes.

Palabras clave: blanqueamiento de dientes, peróxido de hidrógeno, espectrofotometría, Aparatos Ortodóncicos Fijos

ABSTRACT

Hydrogen peroxide, which performs teeth whitening, is able to penetrate the pulp chamber. Whitening can be applied during orthodontic treatment to complete the aesthetic expectation of the patient.

Objective: Evaluate the amount of hydrogen peroxide inside the pulp chamber in premolars with brackets after whitening and measure tooth color change before and after bracket cementation, post whitening.

Material and methods: Thirty-five premolars were assigned randomly in three groups: control, with brackets and without brackets. Dental roots were cut to access the pulp chamber. With the Easy Shade Spectrophotometer Vita Bleached scale and Vita Classical visual scale, the initial color selection was performed. Conventional metal brackets were bonded to the buccal enamel surface. Before whitening (45 min) with 35% hydrogen peroxide, 25 μ L of buffer solution was placed inside each pulp chamber. After whitening was complete, the solution was transferred to a glass tube. The pulp chamber was washed 4 times with 25 μ L of buffer solution. Then (2,725 μ L) of distilled water, 100 μ L of leucocrystal violet and 50 μ L of the peroxidase enzyme "horseradish" were added. Absorbance (596nm) was measured with UV-VIS equipment. Brackets were removed and final color was measured. HP concentration data were submitted to a one-way variance analysis (ANOVA), and the color data to Shapiro-Will test and the Barlett's test.

Results: The two experimental groups indicated the presence of hydrogen peroxide in the pulp chamber significantly greater than the control group and the presence of brackets significantly decreased the effectiveness of bleaching when compared to the group without brackets.

Conclusions: The presence of brackets did not reduce the hydrogen peroxide penetration to the pulp chamber and interfere in the color whitening efficacy.

Keywords: Tooth Bleaching, Hydrogen peroxide, Spectrophotometry, Orthodontic Appliances Fixed.

ÍNDICE

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo General.....	3
3.2 Objetivo Específico.....	3
4. MARCO TEÓRICO.....	3
4.1 Estructura del diente.....	3
4.1.1 Esmalte.....	3
4.1.1.1 Propiedades físicas del Esmalte.....	4
4.1.2 Dentina.....	5
4.1.3 Cemento.....	5
4.1.4 Pulpa.....	6
4.1.4.1 Funciones de la pulpa dental.....	6
4.2 Color dental.....	7
4.2.1 Tipos de manchas / decoloraciones.....	7
4.2.1.1 Manchas extrínsecas.....	7
4.2.1.2 Manchas intrínsecas.....	8
4.2.2 Factores que determinan el color.....	9
4.2.2.1 Medición del color.....	10
4.2.2.2 Medición del color del diente.....	10
4.2.2.2.1 Guías de color.....	10
4.2.2.2.2 Espectrofotómetros.....	12
4.2.2.2.3 Colorímetros.....	12
4.2.2.2.4 Cámaras digitales y sistemas de imágenes.....	13
4.2.3 Percepción del color del diente.....	14
4.2.4 Distribución del color.....	14
4.3 Blanqueamiento dental.....	15
4.3.1 Concepto.....	15

4.3.2 Historia.....	15
4.3.3 Composición de agentes del blanqueamiento.....	16
4.3.4 Mecanismo de acción del blanqueamiento dental.....	17
4.3.5 Indicaciones.....	17
4.3.6 Contraindicaciones	18
4.3.7 Precauciones	18
4.3.8 Aclaramiento dental en dientes vitales	19
4.3.9 Efectos clínicos y estructurales del blanqueamiento dental	20
4.3.9.1 Efectos sobre la morfología y la textura de la superficie del esmalte.....	20
4.3.9.2 Efectos sobre la dentina.....	21
4.3.9.3 Efectos sobre la pulpa dental	22
4.3.10 Sensibilidad Dental	23
4.3.11 Eficacia del blanqueamiento dental	24
4.3.12 Blanqueamiento en ortodoncia	26
5. HIPÓTESIS	28
5.1 Hipótesis Afirmativa.....	28
5.2 Hipótesis nula.....	28
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
6.1 Tipo de estudio: Experimental in Vitro.	28
6.2 Materiales.....	28
6.3 Reactivos.....	29
6.4 Equipos	30
6.5 Muestra	30
6.5.1 Criterios de inclusión:	31
6.5.2 Criterios de exclusión:	31
6.6 Descripción del método	31
6.7 Protocolo para la determinación de la curva de calibración del peróxido de hidrógeno.....	42
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43

7.1 Resultados	43
8. DISCUSIÓN	46
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
9.1 Conclusiones	50
9.2 Recomendaciones	50
REFERENCIAS	51
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las manchas dentales extrínsecas según su mecanismo de acción (Nathoo y cols 1997).....	8
Tabla 2. Tinciones intrínsecas.....	9
Tabla 3. Promedio y desviación estándar de la concentración de peróxido de hidrógeno ($\mu\text{g/mL}$) evaluada dentro de la cámara pulpar para todos los grupos experimentales.....	44
Tabla 4. Promedio y desviación estándar de la efectividad de aclaramiento de las diferentes escalas usadas para todos los grupos experimentales	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Guía de colores clásica de VITA.....	11
Figura 2. Premolares humanos recolectados.....	30
Figura 3. Limpieza y eliminación de detritos (Punta ultrasónica)	31
Figura 4. Corte radicular a 3mm del límite amelocementario.....	32
Figura 5. Remoción del tejido pulpar y lavado de la cámara.	32
Figura 6. Ampliación de la cámara pulpar.....	33
Figura 7. Almacenamiento de las piezas dentales.....	33
Figura 8. Grosor de los substratos de esmalte y dentina.....	34
Figura 9. Matriz de silicona de condensación	34
Figura 10. Toma de color inicial con el Espectrofotómetro VITA Easyshade, Vita Bleached y la escala visual Vita Classical.	35
Figura 11. Desmineralización del esmalte	35
Figura 12. Acondicionamiento del esmalte	36
Figura 13. Posición de los brackets en la cara vestibular de premolares	36
Figura 14. Fotopolimerización de la resina	37
Figura 15. Solución buffer en el interior de la cámara pulpar.....	38
Figura 16. Protocolo de blanqueamiento dental.....	38
Figura 17. Solución buffer colocada en los tubos de ensayo.....	39
Figura 18. Agua destilada Tipo I, Leucocristal Violeta, enzima Peroxidasa.....	39
Figura 19. Equipo UV/VIS	40
Figura 20. Descementado de brackets	41
Figura 21. Toma final de color con el espectrofotómetro VITA Easyshade, Vita Bleached y escala visual Vita Classical	41
Figura 22. Curva de calibración	42

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mayoría de pacientes que se someten a un tratamiento de ortodoncia hoy en día, buscan tener una dentición alineada, buena oclusión, pero también dientes más blancos. Durante muchos años, se creía que realizar blanqueamiento durante el tratamiento de ortodoncia, daría lugar a manchas localizadas en el esmalte dental, en la superficie donde se encuentra el bracket (Gomes, Dutra, Morais, Sgura, & Devito-Moraes, 2017). Sin embargo, una comprensión más profunda del proceso de aclaramiento dental, nos indica que la oxidación causada por los productos blanqueadores, que resulta de la descomposición del peróxido de hidrógeno, puede difundirse periféricamente en la estructura del diente, alcanzando incluso la superficie debajo de los brackets cementados (Lunardi, Correr, Rastelli, Lima, & Consani, 2014).

Además, debido al bajo peso molecular del peróxido de hidrógeno, y la capacidad de desnaturalización de las proteínas, puede ingresar a la pulpa dental a través del esmalte y la dentina, provocando reacciones pulpares, que van desde inflamación pulpar transitoria leve (sensibilidad) a la supresión de las enzimas de la pulpa (Cohen & Chase, 1979).

Sin embargo, se sabe poco sobre la penetración de peróxido de hidrógeno en altas concentraciones dentro de la cámara pulpar, cuando es usado juntamente con ortodoncia.

Por otro lado, el blanqueamiento dental es uno de los procedimientos dentales más solicitados hoy en día, y se elige comúnmente como la primera opción para mejorar el color de los dientes (Mounika, Mandava, Roopesh & Karri 2018).

Recientemente, los beneficios que brinda el blanqueamiento se extendieron al campo de la ortodoncia como tratamiento complementario (Jadad et al., 2011). El uso de estos agentes blanqueadores durante el tratamiento de ortodoncia es de gran importancia, ya que permitirá un resultado estético final de los dientes y

de la sonrisa, convirtiéndose en objetivos adicionales al proceso del tratamiento de ortodoncia propuesto en un inicio (Montenegro-Arana et al., 2016).

El aclaramiento de los dientes es posible realizarlo durante el tratamiento de ortodoncia sin ninguna pérdida estética en cuanto al color se refiere. También puede actuar como un factor motivacional para el paciente, evitando el retiro de la aparatología o la interrupción del tratamiento (Gomes et al., 2017).

Al final de la ortodoncia, el paciente obtendrá una sonrisa alineada, funcional y blanca.

2. JUSTIFICACIÓN

La decoloración de los dientes durante la ortodoncia es algo común, durante el tratamiento de ortodoncia convencional y causa frecuentes quejas e insatisfacción del paciente.

La decoloración que aparece en el esmalte, generalmente se debe a la acumulación de placa bacteriana y manchas alrededor del bracket.

Aunque la mayoría de los pacientes, desean que sus dientes permanezcan blancos durante el tratamiento de ortodoncia, la respuesta por parte del ortodoncista siempre ha sido retrasar dicho procedimiento hasta después de la finalización del tratamiento y el retiro de los brackets.

Es una creencia común que un procedimiento de blanqueamiento durante el tratamiento de ortodoncia, no se puede lograr debido a la presencia de los brackets, que impiden la difusión de agentes en la superficie vestibular de los dientes. Sin embargo, estudios recientes han demostrado, que el blanqueamiento es posible durante la terapia de ortodoncia, obteniendo resultados satisfactorios en algunos casos y en otros no.

Tampoco hay estudios que evalúen la cantidad de penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en dientes con ortodoncia fija post blanqueamiento.

Por lo tanto, el objetivo de nuestro estudio fue evaluar la cantidad de penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en premolares con ortodoncia fija post blanqueamiento y también medir el cambio de color dental antes de la cementación de los brackets y después del retiro de los mismos post blanqueamiento.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la cantidad de penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en premolares con ortodoncia fija post blanqueamiento dental.

3.2 Objetivo Específico

- Medir el cambio de color dental antes de la cementación de brackets y después del retiro de la aparatología post blanqueamiento.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Estructura del diente

El diente está formado por cuatro tejidos: esmalte, dentina, cemento y pulpa. Los tres primeros (esmalte, dentina y cemento) son relativamente duros ya que tienen un contenido mineral considerable, especialmente calcio (Scheid & Weiss, 2017).

4.1.1 Esmalte

Es una capa superficial y protectora de la corona anatómica del diente. Está altamente calcificado o mineralizado y es la sustancia más dura del cuerpo humano. Su contenido mineral es de 95% de cristales largos y delgados de hidroxiapatita, 5% de agua, matriz orgánica y porosidades, estos poros pueden estar ubicados dentro o entre los prismas de hidroxiapatita (Gomes et al., 2017).

El grosor del esmalte en los dientes permanentes varía, siendo más grueso en las cúspides y más delgado en surcos, fisuras y la región cervical de las coronas (Chain & Baratieri, 2001). Además, el esmalte no posee poder regenerativo, pero puede presentar el fenómeno de remineralización (Ippolitov, Ippolitov, & Seredin, 2014).

Se desarrolla a partir del ectodermo y es un producto de células epiteliales especializadas llamadas ameloblastos (Scheid & Weiss, 2017).

4.1.1.1 Propiedades físicas del Esmalte

Color: Varía entre blanco grisáceo y blanco amarillento, el mismo que no está dado por el esmalte sino por los tejidos adyacentes en especial de la dentina.

Transparencia: Se da por el grado de calcificación y homogeneidad del esmalte.

Permeabilidad: Es escasa, pero permite microscópicamente el transporte de algunos iones presentes en el medio bucal en donde la saliva actúa como medio transportador.

Elasticidad: Es escasa por el pequeño porcentaje de agua y de sustancia orgánica.

Radiopacidades: Es la más alta que se puede observar en el organismo, debido a su alto grado de mineralización.

Dureza: Es la resistencia superficial de una sustancia a ser rayada o sufrir deformaciones generadas por presión (Gómez de Ferraris, 2010).

4.1.2 Dentina

Tejido amarillento duro, subyacente al esmalte y al cemento, constituye la mayor parte de la porción interna de la corona y raíz dental. Se extiende desde la cavidad pulpar hacia afuera a la superficie interna del esmalte (en la corona) o cemento (en la raíz). (Scheid & Weiss, 2017).

La dentina madura está compuesta de aproximadamente 70% de hidroxapatita de calcio, 18% de materia orgánica (fibras de colágeno) y 12% de agua, lo que le hace más duro que el cemento, pero más suave y menos frágil que el esmalte (Scheid & Weiss, 2017).

La dentina se desarrolla a partir de la papila dental embrionaria (mesodermo). Las células que forman la dentina son llamadas odontoblastos, y se encuentran en la unión entre pulpa y dentina (Scheid & Weiss, 2017).

Este tejido consiste en extensas redes de túbulos en forma de S (dentina intratubular) rodeados por dentina peritubular. Los túbulos conectan con la pulpa dental subyacente. La dentina expuesta es extremadamente sensible debido a la inervación extensa a través de la pulpa dental (Baker, 2016).

4.1.3 Cemento

Es una capa externa amarilla, opaca de la raíz del diente. El cemento es muy delgado especialmente en la línea cervical, de grosor similar a una página de un texto (50–100 μm). Se compone de 65% de hidroxapatita de calcio (mineralizada y calcificada), 35% de materia orgánica (fibras de colágeno) y 12% de agua (Scheid & Weiss, 2017).

El cemento es aproximadamente tan duro como el hueso, pero más suave que el esmalte (Scheid & Weiss, 2017).

Se desarrolla a partir del saco dental (mesodermo) y es producido por células llamadas cementoblastos (Scheid & Weiss, 2017).

4.1.4 Pulpa

Tejido blando (no calcificado o mineralizado) que se encuentra en la cavidad pulpar, esta cavidad presenta una porción coronal (cámara pulpar) y una porción apical (conducto radicular) (Scheid & Weiss, 2017).

Se desarrolla a partir de la papila dental (mesodermo). La pulpa está formada por tejido conectivo blando que contiene un rico suministro de sangre, vasos y nervios (Scheid & Weiss, 2017).

La pulpa dental recibe inervación simpática del ganglio cervical superior e inervación sensorial del ganglio trigémino (Baker, 2016).

4.1.4.1 Funciones de la pulpa dental

- **Formativo:** células productoras de dentina (odontoblastos) producen dentina durante toda la vida del diente, esta es llamada dentina secundaria (Scheid & Weiss, 2017).
- **Sensorial:** las terminaciones nerviosas transmiten al cerebro la sensación de dolor causado por el calor, frío, perforación, alimentos dulces, trauma, o infección, sin embargo, las fibras nerviosas de la pulpa dental no pueden distinguir la causa del dolor (Scheid & Weiss, 2017).
- **Nutritivo:** los vasos sanguíneos transportan nutrientes desde el torrente sanguíneo a las células de la pulpa (Scheid & Weiss, 2017).
- **Defensivo o protector:** la pulpa responde a una lesión o caries, formando dentina reparadora (Scheid & Weiss, 2017).

La reacción de la pulpa dental frente al proceso de blanqueamiento dental será descrito más adelante.

4.2 Color dental

Las descoloraciones dentales son un cambio en el tono, chroma, valor o en la translucidez del diente, ya que el tejido adamantino (esmalte) es permeable.

El color dental va depender de varios factores, tanto externos, internos y superficiales, que pueden afectar la apariencia de los dientes (Joiner & Luo, 2017).

4.2.1 Tipos de manchas / decoloraciones

4.2.1.1 Manchas extrínsecas

Generalmente son el resultado de la acumulación de sustancias cromatogénicas en la superficie externa del diente. Se pueden producir cambios de color debido a una mala higiene bucal, ingestión de alimentos y bebidas cromatogénicas y el consumo de tabaco. Estas manchas se generan por la reacción entre azúcares y aminoácidos o se eliminan por la retención de cromóforos exógenos en el cuerpo (Alqahtani, 2014).

La mayoría de estas manchas, pueden eliminarse mediante procedimientos profilácticos de rutina. Al no realizarse este procedimiento, con el tiempo, estas manchas se oscurecerán y se volverán más persistentes (Solís, 2018).

Es importante saber que, para que las tinciones extrínsecas se produzcan, es necesario que previamente se haya formado sobre la superficie dental, la película adquirida o que existan restos de la membrana de Nashmith, sin ésta estructura proteínica previa es imposible que se produzca el depósito de pigmentos (Moradas Estrada, Álvarez López, & Moradas Estrada, 2018).

Tabla 1. Clasificación de las manchas dentales extrínsecas según su mecanismo de acción

1. Alimentos y hábitos sociales:	a) Alimentos (café, té, vino, gaseosa,...). b) Tabaco. c) Clorhexidina.
2. Tinciones metálicas.	
3. Tinciones bacterianas.	a) Materia alba. b) Depósitos verdes. c) Depósitos naranjas. d) Depósitos negros.

Tomado de: (Nathoo y cols 1997).

4.2.1.2 Manchas intrínsecas

Las manchas intrínsecas generalmente son causadas por manchas internas más profundas o defectos del esmalte, así también por por el envejecimiento, la ingestión de alimentos y bebidas cromatogénicas, el consumo de tabaco, microgrietas de esmalte, medicamentos de tetraciclina, ingesta excesiva de flúor, ictericia severa en la infancia, porfiria, caries dental, restauraciones y el adelgazamiento de la capa de esmalte (Alqahtani, 2014).

El envejecimiento es una causa común de decoloración, con el tiempo, la dentina subyacente tiende a oscurecerse debido a la formación de dentina secundaria, que es más oscura y más opaca que la dentina original, y el esmalte se vuelve más delgado, dando como resultado dientes más oscuros (Alqahtani, 2014).

La decoloración por ingestión de drogas puede ocurrir antes o después de que el diente esté completamente formado. La tetraciclina se incorpora a la dentina durante la calcificación del diente, probablemente a través de la quelación con calcio, formando ortofosfato de tetraciclina, que causa decoloración. Además, las manchas intrínsecas también se asocian con afecciones hereditarias (p. Ej., Amelogénesis imperfecta y dentinogénesis imperfecta) (Nathoo, 1997; Viscio et al., 2000).

Las manchas intrínsecas, no pueden eliminarse mediante profilaxis dental, sin embargo, se pueden reducir, aclarando con agentes blanqueadores que penetran el esmalte y la dentina para oxidar los cromóforos. Las manchas de dientes causadas por el envejecimiento, la genética, o tabaquismo son las que responden más rápidamente al blanqueamiento, mientras que las manchas de tetraciclina azul, son las que responden más lentamente (Solís 2018).

En el caso de manchas por tetraciclina, se indica la aplicación de un gel de aclaramiento a baja concentración por un periodo largo de tiempo, para lograr resultados satisfactorios; si bien es cierto no se logra eliminar completamente las manchas, pero si se consigue atenuarlas (Lamas, Alvarado-Menacho, & Angulo, 2013).

Tabla 2. Tinciones intrínsecas

GENERALES	LOCALES
1. Enfermedades sistémicas: a) Alteraciones hepáticas. b) Alteraciones hemolíticas. c) Alteraciones metabólicas. d) Alteraciones endocrinas.	Procesos pulpares y traumatismos. a) Hemorragias pulpares. b) Calcificaciones. c) Necrosis. d) Restos pulpares.
2. Displasias dentales: a) Amelogénesis imperfecta. b) Detinogénesis imperfecta.	Patologías dentales. a) Caries. b) Reabsorción radicular. c) Hipoplasias del esmalte. d) Diente de Turner.
3. Ingesta de sustancias: a) Tetraciclina y otros antibióticos o fármacos. b) Fluorosis. c) Déficit vitamínico y de otras sustancias.	Material de obturación, endodoncia y otros. a) Materiales de obturación: - Amalgama de plata. - Composite. b) Materiales de endodoncia. c) Otros materiales
4. Envejecimiento y color postmortem.	

Tomado de: (Nathoo y cols 1997).

4.2.2 Factores que determinan el color

4.2.2.1 Medición del color

A pesar de que la luz y el objeto son factores estables, la presencia del observador (subjetivo), hace que la percepción del color, así como la comunicación de este a otro individuo, pueda resultar compleja (Moradas Estrada et al., 2018).

Por este motivo, en 1931, se creó “la Comisión Internacionale de l’clairage” (C. I. E), que en 1976 estableció como medir el color el “C. I. E Lab” , espacio del color que se representa por un eje tridimensional de coordenadas donde los ejes son L^* o valor de luminosidad, que va desde el cero o negro al 100 o máxima luminosidad, él a^* que oscila desde el a^* positivo que es el rojo, a él a^* negativo que es el verde y el b^* donde él b^* positivo es el amarillo y el b^* negativo es el azul (Berns 2000). De esta manera se establece una unidad objetiva para determinar cada color, pero ¿cómo se puede trasladar el color del diente en boca a este eje de coordenadas? (Moradas Estrada et al., 2018).

4.2.2.2 Medición del color del diente

En odontología, la determinación del color se clasifica como instrumental o visual (Fernández Millán, Gallas Torreira & Alonso de la Peña, 2019)., y cada vez más, se utilizan en la investigación instrumentos y sistemas para la evaluación visual de los umbrales de color, comparación entre evaluaciones visuales e instrumentales, compatibilidad y estabilidad del color, en estudios de blanqueamiento dental e interacciones de color entre dientes humanos y materiales dentales (Chu, Trushkowsky & Paravina, 2010).

Existen muchos métodos para medir el color de los dientes y el rango de comparaciones visuales, usando guías de color, espectrofotómetros, colorímetros, y técnicas de análisis de imágenes digitales (Joiner & Luo, 2017).

4.2.2.2.1 Guías de color

Es el método más utilizado para evaluar clínicamente el color de los dientes por coincidencia visual de tonos con una guía de colores comerciales (Joiner & Luo, 2017).

Es considerado un método inconsistente y subjetivo, ya que factores como la iluminación, la edad, el sexo, la fatiga ocular y la visión del color pueden afectar la selección del tono visual. Sin embargo, es un método rápido y rentable (Joiner, 2004) y se ha utilizado con éxito en la medición de cambios longitudinales de color en dientes en varios estudios de blanqueamiento dental (Joiner & Luo, 2017).

Las guías de color de dientes vienen en muchos tipos y formas, pero el diseño básico implica una serie de colores de dientes estándar, que pueden ir de acuerdo al croma y / o al valor. Una de las guías de colores más utilizadas es la guía de colores clásica de VITA (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania) que a menudo va en un valor decreciente, es decir de la pestaña más clara a la más oscura (Igiel, Weyhrauch, Wentaschek, Scheller & Lehmann, 2016).



Figura 1. Guía de colores clásica de VITA

Tomado de: (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania)

4.2.2.2.2 Espectrofotómetros

Los espectrofotómetros estiman el color midiendo la intensidad de la luz reflejada en un objeto en todas las longitudes de onda visibles (Fernández Millán et al., 2019).

Puede medir un solo color o rastrear diferencias sutiles en el color a través de la superficie del diente. En una revisión sistemática del tono visual e instrumental de la capacidad de emparejamiento de color, la mayoría de estudios obtuvieron resultados más precisos cuando se usa un espectrofotómetro (Joiner & Luo, 2017).

Los espectrofotómetros pueden cuantificar el color y favorecer una comunicación más uniforme y precisa. Además, ofrecen una ventaja potencial sobre la determinación visual: son objetivos y cuantificables y los datos pueden ser obtenidos más rápidamente, independientemente de la experiencia del examinador o las condiciones ambientales (Fernández Millán et al., 2019).

El uso de una guía de posicionamiento para la medición del color con el espectrofotómetro dental permite una mayor reproducibilidad de las mediciones de color adquiridas. Lograr mediciones repetibles es esencial para estudiar la misma área del diente, por ejemplo, en tratamientos de blanqueamiento y en controles de color para prótesis dentales (Fernández Millán et al., 2019).

4.2.2.2.3 Colorímetros

Los colorímetros miden los valores de un triestímulo (CIE XYZ) filtrando la luz reflejada de un objeto en áreas rojas, verdes y azules del espectro visible y generalmente los convierte a valores CIELAB. Los elementos ópticos clave, incluyen una fuente de luz y un detector que consiste en tres filtros destinados a coincidir estrechamente con el color CIE (Joiner & Luo, 2017).

Se ha demostrado que los colorímetros son confiables, tienen buena repetibilidad, y son precisos para las mediciones de diferencia de color (Joiner & Luo, 2017).

Sin embargo, se han descrito algunas desventajas, que incluyen: los colorímetros están diseñados para medir superficies planas, y los dientes a menudo no son planos y puede tener anomalías en la superficie; los dientes son translúcidos y pueden conducir a la pérdida de luz en el borde de la muestra del diente que se mide dando valores de color incorrectos (Joiner, 2004., Westland, Luo, Ellwood, Brunton & Pretty, 2007)

Los puntos fuertes de la colorimetría incluyen su facilidad de uso y su sensibilidad para detectar y medir pequeñas diferencias de color entre muestras de color similares (Joiner & Luo, 2017).

4.2.2.2.4 Cámaras digitales y sistemas de imágenes

Este sistema, graba la escena en un material sensible a la luz y las imágenes de salida son representadas por valores rojo, verde y azul (RGB) para cada píxel, (Hunt, 1998). Las ventajas de este enfoque incluyen la medición sin contacto; la capacidad para evaluar toda la superficie del diente; los errores sistemáticos que se minimizan debido a la translucidez y la curvatura de la superficie, que proporciona una permanente base de datos de imágenes que se pueden analizar y volver a investigar; el entrenamiento y operación son rápidos y simples, y no requieren un clínico. (Joiner & Luo, 2017).

Estudios que comparan el rendimiento entre imágenes digitales y métodos de medición de contacto, recomendaron la imagen digital como alternativa a los colorímetros en odontología siempre y cuando el objeto sea colocado a la distancia adecuada de la cámara, además de la configuración de la cámara y sobretodo el tipo de iluminación que se utilice (ring flash) (Joiner & Luo, 2017). Las desventajas de la imagen digital rara vez se informan en la literatura.

4.2.3 Percepción del color del diente

El color es un parámetro complejo que no depende de un solo factor.

El color del diente depende de cuatro fenómenos que se producen cuando la luz incide sobre el mismo:

1º) La transmisión especular a través del diente.

2º) La reflexión especular en la superficie

3º) la reflexión difusa de la superficie

4º) la absorción y dispersión. (de Oliveira Duque, Soares, Basso, Hebling, & de Souza Costa, 2014).

Éstos cuatro fenómenos, son diferentes en cada zona del diente, y mientras que, en el esmalte la hidroxiapatita produce una gran dispersión, la dentina debe su isotropía óptica a la presencia de los túbulos dentinarios. En tanto que el esmalte es más translúcido cuanto más mineralizado está y aumenta su capacidad de dispersión con la disminución del contenido mineral, por ello podemos decir que el color del diente depende principalmente del color de la dentina (de Oliveira Duque et al., 2014).

Existen además otros factores físicos secundarios que modifican la percepción visual del color del diente como: la translucidez, la opacidad, la iridiscencia, la textura de la superficie y la fluorescencia (Moradas Estrada et al., 2018).

4.2.4 Distribución del color

Las variaciones que podemos encontrar están en función de distintos parámetros como: la humedad, la edad, la etnia y el color de piel, el sexo, el diente y la región del diente.

4.3 Blanqueamiento dental

4.3.1 Concepto

Procedimiento clínico que busca el aclaramiento del color, de uno o varios dientes, aplicando agentes químicos, como peróxidos o cloruros, para remover las manchas dentales (Márquez, Pedroza Garcés & Villada Castro, 2012). El blanqueamiento ofrece una alternativa conservadora, simplificada y económica para cambiar el color de los dientes (Batista et al., 2011).

4.3.2 Historia

El blanqueamiento de dientes decolorados sin pulpa, se describió por primera vez por Truman en 1864, además de una variedad de medicamentos que él usaba, como cloruro, hipoclorito de sodio, perborato de sodio, y el peróxido de hidrógeno solo, o en combinación, con y sin activación por calor (Dahl & Pallesen, 2003).

Spasser en 1961, introdujo una técnica que implicó la colocación de una mezcla de perborato de sodio y agua en la cámara pulpar. El método fue posteriormente modificado por Nutting y Poe en 1963 donde el agua fue reemplazada por 30-35% de peróxido de hidrógeno, para mejorar el efecto blanqueador (Dahl & Pallesen, 2003).

En 1960 un ortodoncista observó que el peróxido de carbamida causó blanqueamiento en los dientes cuando había recetado un antiséptico que contenía 10% de peróxido de carbamida para tratamiento de la gingivitis (Haywood, 1991). Este hallazgo debe ser considerado como el comienzo de la era del blanqueamiento. Veinte años más tarde, se describe el método para aclarar los dientes donde usaban peróxido de carbamida al 10% en una cubeta para uso nocturno (Dahl & Pallesen, 2003).

Los sistemas para aclaramiento «over-the-counter» (OTC) aparecieron por primera vez en los Estados Unidos, en la década de 1990 y contienen concentraciones bajas de peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida, y se venden directamente a los consumidores para uso doméstico (Solis, 2018).

Por último, la técnica actual de blanqueamiento en el consultorio, suele utilizar diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno, entre el 3 y el 40% con o sin luz y en presencia de aislamiento gingival (Solis, 2018).

4.3.3 Composición de agentes del blanqueamiento

Los materiales de aclaramiento en la actualidad, contienen tanto ingredientes activos como: peróxido de carbamida o compuestos de peróxido de hidrógeno; así como inactivos: agentes espesantes, excipientes, agentes tensoactivos y dispersantes de pigmento, conservantes y saborizantes, los cuales describiremos a continuación: (Solis, 2018).

Agentes espesantes: El Carbopol es un polímero de ácido poliacrílico con alto peso molecular, que ayuda a una mejor retención del gel en la bandeja y aumenta la viscosidad del material blanqueador; además, el tiempo de liberación de oxígeno activo del material aumenta hasta 4 veces.

Portador: La glicerina y el propilenglicol permite mantener la humedad y disuelve otros ingredientes.

Surfactante y pigmento dispersante (tensoactivo): El tensoactivo ayuda a la eficacia del gel. Mientras que, el surfactante humecta la superficie para que se difunda el ingrediente blanqueador activo.

Conservante: Tenemos el metilo, el propilparabeno y el benzoato de sodio, son los que impiden el crecimiento de las bacterias.

Saborizante: Son aquellos que permiten un sabor agradable en los productos (Solis, 2018).

4.3.4 Mecanismo de acción del blanqueamiento dental

Los geles para aclaramiento dental contienen peróxido de hidrógeno o su precursor el peróxido de carbamida, como el ingrediente activo en concentraciones que varían del 3 al 40%. (Alqahtani, 2014). El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante de bajo peso molecular, que se difunde en los tejidos del diente, y se disocia para producir radicales libres inestables que son radicales tipo hidroxilo (HO), radicales peridroxil (HOO), peridroxil aniones (HOO-), y aniones superóxido (OO-), los cuales destruyen a las moléculas orgánicas pigmentadas en el esmalte dental, mediante la ruptura de enlaces dobles de las moléculas de cromóforos dentro de los tejidos dentales (Alqahtani, 2014).

Recientemente se ha añadido fosfato de calcio amorfo (ACP) a algunos de los productos de aclaramiento dental, para reducir la sensibilidad y la desmineralización del esmalte, a través de un proceso de remineralización después de tratamientos de aclaramiento y añadir un brillo lustroso a los dientes (Solis, 2018).

El resultado del blanqueamiento depende principalmente de la concentración del agente blanqueador, la capacidad del agente para alcanzar las moléculas de cromóforo, la duración y el número de veces que el agente está en contacto con moléculas de cromóforo. (Dahl & Pallesen, 2003).

4.3.5 Indicaciones

Barrancos, en el 2015 señala las siguientes:

- Pigmentaciones generadas por medicamentos como por ejemplo las tetraciclinas.

- Pigmentos generados por envejecimiento.
- Pigmentos dentales debido a traumas que han producido extravasación a nivel de dentina.
- Pigmentaciones extrínsecas (provenientes de la dieta, agentes cromógenos).
- Como tratamiento inicial a otros procedimientos de tipo restaurativo que busque como finalidad tener un color de alto valor cromático.
- Decoloraciones generadas por necrosis pulpar.

4.3.6 Contraindicaciones

Barrancos en el 2015 menciona las siguientes:

- Casos de reacciones alérgicas al producto blanqueador.
- Mujeres en estado de gestación o periodo de lactancia.
- Amelogénesis y dentinogénesis imperfecta.
- Pacientes que estén siendo sometidos a radioterapia en cabeza y cuello, estos pacientes presentan xerostomía progresiva y el esmalte es quebradizo.
- Pacientes que estén consumiendo medicamentos que generen inmunosupresión.

4.3.7 Precauciones

Barrancos, en el 2015 enumera algunas:

- Presencia de caries.
- Esmalte hipoplásico o muy socavado.
- Fisuras de gran extensión y profundidad.
- Pulpas extremadamente amplias que pueden generar sensibilidad.
- Dentina expuesta que genere hipersensibilidad como en las lesiones cervicales no cariosas.

- Dolor dental asociado a complejos movimientos ortodónticos recientes.
- Pacientes con medicamentos para manejo de patologías crónicas.

4.3.8 Aclaramiento dental en dientes vitales

Existen tres enfoques fundamentales para el blanqueamiento dental vital: blanqueamiento en el consultorio, blanqueamiento nocturno en el hogar, y blanqueamiento con productos de venta libre (OTC) (Alqahtani, 2014).

El blanqueamiento en el consultorio utiliza una alta concentración de agentes blanqueadores (25–40% de peróxido de hidrógeno), Aquí, el dentista tiene control completo durante todo el procedimiento y tiene la capacidad de detenerlo cuando se ha logrado el tono /efecto deseado.

En este procedimiento, el gel blanqueador se aplica a los dientes después de la protección de los tejidos blandos, y el peróxido se activará, o no, por calor o luz durante aproximadamente una hora en el consultorio dental (Alqahtani, 2014).

El blanqueamiento nocturno en el hogar supervisado por el dentista, básicamente implica el uso de una baja concentración de agente blanqueador (10-20% de peróxido de carbamida, que equivale a 3.5-6.5% peróxido de hidrógeno). En general, se recomienda el uso de peróxido de carbamida al 10 % 8 h al día, y el 15–20% 3–4 h por día (Solis, 2018). Este tratamiento se lleva a cabo por los propios pacientes, pero debe ser supervisado por el dentista. El gel blanqueador se aplica a los dientes por medio de una cubeta de acetato blando fabricado a medida de la boca del paciente durante la noche, mínimo 2 semanas. Esta técnica se ha utilizado durante muchas décadas y probablemente es la más utilizada.

Finalmente, Alqahtani (2014) menciona que los productos para blanqueamiento de venta libre (OTC) han tenido un aumento de popularidad en los últimos años, estos productos son compuestos por una baja concentración de agente

blanqueador (3–6% de peróxido de hidrógeno) se encuentran disponibles en tiras, dentífricos blanqueadores, cubetas prefabricadas, etc. Recomiendan su uso dos veces al día por hasta 2 semanas. Los productos de venta libre han tenido un gran crecimiento en el mercado dental. Sin embargo, la seguridad de estos agentes blanqueadores pueden ser altamente cuestionables, porque algunos no están regulados por la Administración de Drogas y Alimentos.

4.3.9 Efectos clínicos y estructurales del blanqueamiento dental

4.3.9.1 Efectos sobre la morfología y la textura de la superficie del esmalte

Estudios han investigado los efectos del aclaramiento sobre la morfología del esmalte y la textura de la superficie, reportando una alteración morfológica de la superficie dental, aumento de la porosidad de la estructura del esmalte superficial, desmineralización y la disminución de la concentración de proteínas, degradación de la matriz orgánica, modificación en la relación calcio, fosfato y la pérdida de calcio; apoyando así la hipótesis de que los geles para aclaramiento son componentes químicamente activos potencialmente capaces de producir alteraciones estructurales sobre el esmalte dental (Solis, 2018).

Sin embargo, en un estudio reciente realizado por Smidt, Feuerstein y Topel, en 2011 en el cual evaluaron la morfología, textura y los efectos químicos de tres agentes blanqueadores a base de peróxido de carbamida en el esmalte humano in situ, utilizando Nitewhite (peróxido de carbamida al 16%, Discus Dental, Philips Oral Healthcare, Stamford, CT, EUA), Polanight (16 % de peróxido de carbamida, SDI, Australia) y Opalescence (15% de peróxido de carbamida, Ultradent, South Jordan, UT, EUA); encontraron que las superficies de esmalte no mostraron cambios químicos, morfológicos o de textura después del tratamiento con los tres agentes de peróxido de carbamida diferentes, y esto puede atribuirse a los efectos protectores de la saliva que proporcionaron la dilución, capacidad de amortiguación y un suministro de iones de Ca y P para la remineralización de los dientes.

En otro estudio realizado por Sun y otros. (2011) se investigaron los efectos del peróxido de hidrógeno al 30% en el esmalte dental humano, en cuanto a la estructura química, propiedades mecánicas, morfología de la superficie y el color del diente; la conclusión fue que el peróxido de hidrógeno al 30% tenía la misma eficacia en el aclaramiento de los dientes y con menos efectos nocivos sobre el esmalte, como lo hizo el peróxido de carbamida al 35%.

Finalmente, estudios de Sa y otros. (2013) demostraron que los agentes de blanqueamiento con valores bajos de pH, pueden producir alteraciones de la morfología del esmalte en condiciones in vitro, y que la presencia de saliva humana natural podría eliminar el efecto de desmineralización provocada por un pH bajo.

4.3.9.2 Efectos sobre la dentina

Existen pocas publicaciones acerca de la influencia del blanqueamiento dental sobre la estructura de la dentina en comparación con el esmalte (Solis, 2018). En 1996 Zalkind y otros, utilizaron SEM (Scanning Electron Microscopy) para revelar cambios en la morfología de la superficie de la dentina. En 1994 Pécora y otros, encontraron que la microdureza de la dentina disminuyó después de la aplicación de un agente de peróxido de carbamida al 10% durante 72 horas. Por otra parte, Lewinstein y otros, mostraron una disminución en la microdureza de la dentina después de la exposición a una solución de 30% de peróxido de hidrógeno en pH 3, mientras que Tam y otros encontraron que la resistencia a la fractura in vitro de la dentina, se redujo tras el uso prolongado de los productos de aclarado cuando se aplican directamente a la dentina. En un estudio de Engle y otros, llevaron a cabo una investigación del efecto de la interacción entre el aclaramiento, la erosión y la abrasión del dentífrico sobre el esmalte y la dentina. Donde señalaron que el aclarado con peróxido de carbamida al 10% no aumentó el desgaste erosivo y abrasivo del esmalte. Sin embargo, podría cambiar el

desgaste abrasivo de la dentina, en función de los desafíos erosivos y abrasivos (Solis, 2018).

4.3.9.3 Efectos sobre la pulpa dental

La pulpa dental es considerada un tejido susceptible en el Blanqueamiento dental, es por eso que varios autores se han dedicado a la investigación del tema, y fue en 1987 que la penetración de Peróxido de Hidrógeno en la cavidad pulpar se detectó por primera vez (Kwon & Wertz, 2015).

El peróxido de hidrógeno no solo blanquea los dientes, sino que debido a su bajo peso molecular, este penetra la estructura del diente ingresando a la cámara pulpar y causando reacciones pulpares, como cambios histológicos y degeneración de la misma (Fugaro, Nordahl, Fugaro, Matis & Mjör, 2004).

Por otro lado, al colocar el gel blanqueador con altas concentraciones de Peróxido de Hidrógeno, una gran cantidad de este, atraviesa el esmalte y la dentina, causando daño pulpar intenso, toxicidad de las células pulpares y sensibilidad dental (De Oliveira Duque et al., 2014)

De Oliveira y cols. en su estudio, señalan el intenso estrés oxidativo que provocan los geles blanqueadores, y frente a esto la incapacidad de los mecanismos de protección celular como la producción de enzimas antioxidantes (peroxidasas y catalasas) para eliminar las especies reactivas de oxígeno locales (ROS), y la lesión de la membrana celular provocada por la peroxidación lipídica que se trata de la formación de agregados de proteínas y la liberación de enzimas presentes en los lisosomas, lo que provoca la destrucción de la función celular y la muerte celular por necrosis (De Oliveira Duque et al., 2014).

En otro estudio realizado por Costa y cols (2014) evaluaron la respuesta de la pulpa luego de colocar un agente clareador usando un microscopio óptico, donde encontraron respuestas de células inflamatorias, formación de dentina reaccionaria y necrosis palpar.

4.3.10 Sensibilidad Dental

Las altas concentraciones de peróxido de hidrógeno y sus subproductos, exceden la capacidad antioxidante del tejido pulpar (Acuña et al., 2019) causando estrés oxidativo, este genera un proceso inflamatorio con la liberación de mediadores inflamatorios, como adenosina trifosfato y prostaglandinas, que excitan a los nociceptores, lo que desencadena el efecto adverso más frecuente inducido por el blanqueamiento como es la sensibilidad dental (Maran et al., 2018).

Se sabe que el H₂O₂ y sus productos de degradación, como los iones hidroxilo (OH), puede causar mutagénesis, carcinogénesis, daño de la membrana celular por peroxidación lipídica y fragmentación de proteínas. Por lo tanto, el aumento de los niveles de estos radicales libres altamente reactivos en contacto con las células, puede provocar la muerte celular y reducción de la proliferación celular. Estos datos pueden explicar la necrosis que ocurre en el tejido pulpar después del blanqueamiento en los incisivos y el dolor postoperatorio reportado por los pacientes (De Souza Costa et al., 2010).

Mientras mayor es la cantidad de peróxido de hidrógeno que llega a la cámara pulpar, mayor es la respuesta inflamatoria y, como consecuencia, mayor sensibilidad al dolor (Acuña et al., 2019).

El peróxido de hidrógeno tiene una vida útil limitada en medios alcalinos, es por eso que los productos que están en el mercado presentan un pH bajo para mejorar su estabilidad y vida útil. Sin embargo, cuanto menor es el pH del gel blanqueador, mayor es la desmineralización de la superficie del diente, lo que produce cambios en la morfología de la superficie y disminuye la dureza del esmalte. En teoría, estos factores pueden facilitar el paso del peróxido de hidrógeno hacia la pulpa y, por lo tanto, pueden ser responsables de los niveles

más altos de sensibilidad dental observados con geles de blanqueamiento cuyo pH es ácido (Acuña et al., 2019).

Bonafé, Loguercio, Reis & Kossatz (2014) demostraron que los dientes más pequeños tienen un mayor riesgo de sensibilidad dental inducida por el blanqueamiento, en comparación con los dientes con estructura más grande. En dientes más pequeños, hay menos sustrato orgánico para la oxidación, además, el grosor entre la superficie externa y la cámara pulpar es más corto.

Estos dos factores son probables responsables de que el peróxido de hidrógeno llegue más rápido a la cámara pulpar y en una cantidad mayor.

Estudios in vitro, han demostrado que hay mayor penetración de agentes blanqueadores en la cámara pulpar de dientes restaurados (Bonafé et al., 2014).

Varios estudios han informado que, la sensibilidad dental es transitoria y desaparece poco después de que cese el tratamiento, y si esta se desarrolla durante el proceso de blanqueamiento dental vital, se ha sugerido disminuir la cantidad de producto de blanqueamiento, disminuir el tiempo de uso o interrumpir el procedimiento por unos días (Minoux & Serfaty, 2008).

Existen varias recomendaciones para reducir la sensibilidad causada por el blanqueamiento, como: la administración de analgésicos, disminución de la concentración del gel de peróxido (Bonafé et al., 2014) y la aplicación de agentes desensibilizantes como el nitrato de potasio y el fluoruro; antes durante y después del blanqueamiento dental (Minoux & Serfaty, 2008).

Los iones de potasio reducen la activación del nervio sensorial, previniendo la despolarización de la fibra nerviosa (Maran et al., 2018).

4.3.11 Eficacia del blanqueamiento dental

El resultado depende del tipo del agente blanqueador, su concentración y la capacidad de éste para alcanzar las moléculas causantes de la decoloración, la duración y el número de veces que el agente está en contacto con dichas moléculas. También influyen otros factores como el tipo de decoloración y la edad del paciente, así como el color inicial de los dientes (Dahl & Pallesen, 2003).

La técnica de blanqueamiento dental más utilizada y ampliamente investigada por la Asociación Dental Americana, es el blanqueamiento en dientes vitales, que se usa en casa durante la noche con 10% de CP, esta técnica ha sido efectiva para blanquear los dientes manchados por el envejecimiento, fluorosis leve, trauma, decoloración inherente y tetraciclina (Majeed, Farooq, Grobler & Rossouw, 2015). La eficacia clínica puede demostrarse mediante el cambio de dos o más tonos, y el efecto blanqueador dura mínimo 6 meses después del tratamiento.

Cuando las concentraciones del CP son del 15% y 20% pueden blanquear los dientes un poco más rápido que CP al 10% durante la primera fase del tratamiento, sin embargo, el efecto blanqueador muestra recidiva después de que haya finalizado el tratamiento ya que el color no ha sido estabilizado, mientras que los dientes tratados con 10% de CP, estabilizan su color durante 2 semanas después de la interrupción del tratamiento, pero los productos de mayor concentración duran mucho más tiempo. Sin embargo, se afirma que el blanqueamiento rápido mostrado por los productos de mayor concentración son temporales y después del rebote, no hay diferencia (Majeed et al., 2015).

Los procedimientos de blanqueamiento en el consultorio se realizan usando mayores concentraciones de HP (30 - 38%) y bajo la supervisión de un dentista. Una serie de estudios clínicos han demostrado la efectividad del blanqueamiento en el consultorio solo, o en combinación con productos de blanqueo para la casa (Majeed et al., 2015).

Auschill et al (2005) en un ensayo clínico aleatorizado que compara la eficacia del blanqueamiento en casa y técnicas de blanqueamiento en el consultorio, concluyeron que los dos métodos de tratamiento lograron aclarar seis tonos, pero el factor tiempo fue significativamente diferente en el consultorio ya requiere menor tiempo. Sin embargo, el método más aceptado entre los pacientes fue la técnica de blanqueamiento en el hogar.

En contraste con estos resultados, otra investigación realizada por Zekonis et al (2005) mostró que el tratamiento con un blanqueamiento en el consultorio (35% HP) fue menos efectivo en comparación con una aplicación de 10% de CP en 14 días.

Luces especiales y dispositivos que generan calor, también son comercializados por varias compañías, como una herramienta necesaria para acelerar la eficacia del blanqueamiento en el consultorio. Pero pocos estudios han informado sobre la aceleración o la mejora del efecto del blanqueamiento con diferentes fuentes de luz o láser en la oficina.

4.3.12 Blanqueamiento en ortodoncia

La mayoría de pacientes que usan aparatos de ortodoncia, perciben alteraciones en el color de sus dientes durante el tratamiento y al finalizarlo, es por eso que es importante proporcionar al paciente satisfacción estética en cuanto al color se refiere durante el tratamiento de ortodoncia (Jadad et al., 2011).

El Peróxido de hidrógeno blanquea los dientes polidireccionalmente, incluso en áreas cubiertas por brackets y resinas de cementación de aparatos de ortodoncia (Jadad et al., 2011). Este se descompone liberando oxígeno activo, que se difunde a través de la estructura del diente, debido a su bajo peso molecular. Por lo tanto, las moléculas de oxígeno interactúan con las moléculas de pigmento de tinción, en toda la cara vestibular de los dientes incluso en el área donde se encuentra el bracket unido al esmalte (Gomes et al., 2017).

El uso de estos agentes blanqueadores durante el tratamiento de ortodoncia es de gran importancia, ya que permite un resultado final altamente estético de los dientes y la sonrisa, siendo objetivos complementarios al tratamiento de ortodoncia (Montenegro-Arana et al., 2016).

El intento de aclarar los dientes "cubiertos" con materiales restauradores o con aparatos de ortodoncia, no es nuevo, pero recientemente un nuevo producto está disponible en el mercado: Opalescence Tre`swwhite Ortho (DOS, Ultradent, Opal Orthodontics Inc, South Jordan, UT, EE. UU.). Este producto fue desarrollado para satisfacer las necesidades estéticas de los pacientes que usan aparatos de ortodoncia antes de ser retirados (Montenegro-Arana et al., 2016). Este aclaramiento dental contiene peróxido de carbamida al 8%, su uso es de 45 minutos al día, por diez días, utilizando cubetas diseñadas especialmente para este fin (Opalescence Treswhite Ortho®) (Márquez et al., 2012).

Por otro lado, el peróxido de hidrógeno ayuda a controlar la placa bacteriana y reduce la gingivitis o las enfermedades periodontales durante el uso de aparatos fijos de ortodoncia (Gomes et al., 2017).

Algunos autores consideran que, es una contraindicación realizar un tratamiento de blanqueamiento en pacientes con aparatos de ortodoncia en las siguientes situaciones:

- Niños o jóvenes que presentan dientes en diferentes etapas de maduración o mineralización, lo que daría como resultado diferentes colores finales entre los dientes blanqueados.
- Pacientes con dientes intruidos o dientes con hiperplasias gingivales. Según estos autores, el agente blanqueador no alcanzaría estos dientes. El pH ácido de algunos agentes blanqueadores puede oxidar el pequeño contenido de proteínas del esmalte, lo que puede provocar una fractura cohesiva del esmalte durante la eliminación de los brackets. Sin embargo,

hay poca evidencia disponible para corroborar este hallazgo (Gomes et al., 2017).

5. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis Afirmativa

Habrá mayor cantidad de penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en premolares con ortodoncia fija.

5.2 Hipótesis nula

El uso de aparatología fija no interfiere en la cantidad de peróxido de hidrógeno que penetra a la cámara pulpar en premolares.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue desarrollado en el Laboratorio de Investigación de Química Analítica, de la UDLA, sede Queri, en conjunto con la Ing. Genoveva Granda quien fue la persona encargada de la parte bioquímica de este proyecto, el asesoramiento y la utilización del equipo UV/VIS.

6.1 Tipo de estudio: Experimental in vitro.

6.2 Materiales

- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación
- Gradillas para tubos de ensayo
- Micropipetas automáticas de 0.5 – 10 μL
- Micropipetas automáticas de 20 – 200 μL
- Micropipetas automáticas de 100 – 1000 μL
- Puntas para micropipetas automáticas de diferentes volúmenes

- Erlenmeyer
- Buretas
- Probetas
- Micromotor
- Turbina
- Fresa multilaminada y diamantada cilíndrica.
- Disco de diamante
- Kit de blanqueamiento dental al 35% de peróxido de hidrógeno (Whiteness HP, FGM, Brasil)
- Ácido fosfórico (Scotchbond™ Universal 3M Unitek, California, EE. UU)
- Resina (Transbond XT 3M Unitek, California, EE. UU)
- Adhesivo (Transbond XT 3M Unitek, California, EE. UU)
- Brackets metálicos convencionales Roth Ligth (Morelli, Sorocoba, Brasil)
- Pinza saca brackets (Quinelato, Porto Alegre, RS, Brasil)
- Pinza porta brackets (Morelli, Sorocaba - SP, Brasil)
- Posicionador lexander (Morelli, Sorocaba - SP, Brasil)
- Tiranervio de 21mm (Dentsply Maillefer, Munich, Alemania)
- Explorador
- Gutaperchero
- Colorímetro de escala visual Vita Classical

6.3 Reactivos

- Ácido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- Permanganato de Potasio ($KMnO_4$)
- Oxalato de Sodio ($Na_2C_2O_4$)
- Acetato de Sodio anhidro
- Ácido Acético Glacial
- Horse Peroxidase
- Leucocristal violeta
- Ácido Clorhídrico

- Peróxido de Hidrógeno
- Carbonato de Sodio

6.4 Equipos

- Espectrofotómetro UV/VIS
- Equipo de rayos X (Timex 70C, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil)
- Equipo digitalizador (Scan eXam™, KaVo, EEUU.)
- Espectrofotómetro VITA Easyshade
- Lámpara Bluephase N (Ivoclar Vivadent, Amherst, NY, USA)

6.5 Muestra

35 premolares humanos (Figura 2) extraídos por indicación ortodóntica, recolectados y donados. La donación se hizo a través de un consentimiento informado en el cual, se explicó al paciente el objetivo de este estudio, el destino de los dientes y el uso que se les dió a los mismos en esta investigación (ANEXO 1).



Figura 2. Premolares humanos recolectados

Las muestras fueron divididas aleatoriamente, en tres grupos (n=15), de la siguiente manera:

GRUPO CONTROL: 5 premolares

GRUPO CON BRACKETS: 15 premolares

GRUPO SIN BRACKETS: 15 premolares

6.5.1 Criterios de inclusión:

Premolares sin caries.

Premolares sin restauraciones.

Premolares sin tratamiento de conducto.

Premolares sin defectos superficiales, grietas o líneas de fractura en el esmalte.

6.5.2 Criterios de exclusión:

Premolares con decoloración interna, como manchas por tetraciclina o fluorosis.

6.6 Descripción del método

Las piezas dentales recolectadas, fueron sometidas a un proceso de limpieza y eliminación de detritos, utilizando una punta ultrasónica (Figura 3), para su posterior almacenamiento en agua destilada a temperatura ambiente para evitar la deshidratación.



Figura 3. Limpieza y eliminación de detritos Punta ultrasónica)

Las raíces de los premolares fueron seccionadas aproximadamente a 3 mm del límite amelocementario hacia apical (Figura 4) con una pieza recta y un disco de diamante.

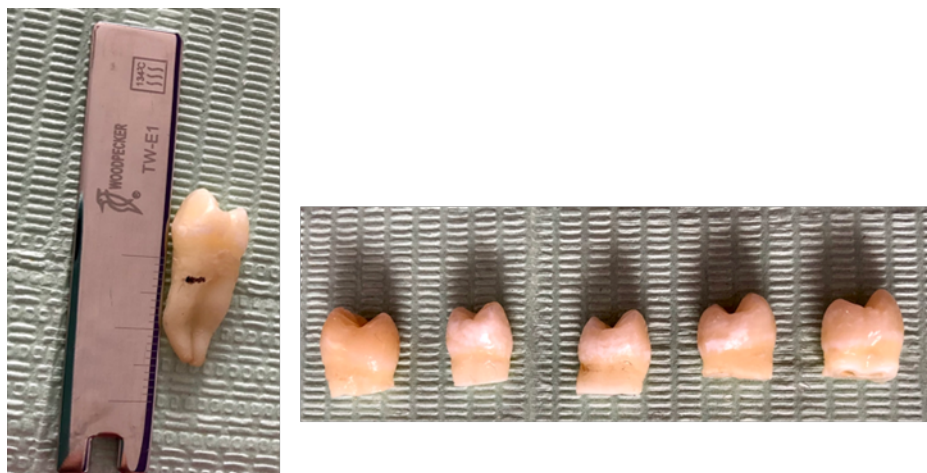


Figura 4. Corte radicular a 3mm del límite amelocementario

El tejido pulpar fue removido con ayuda de un tiranervio de 21mm (Dentsply Maillefer, Munich, Alemania), y la cámara pulpar se lavó con agua destilada, con ayuda de una jeringa de irrigación endodóntica. (Figura 5)

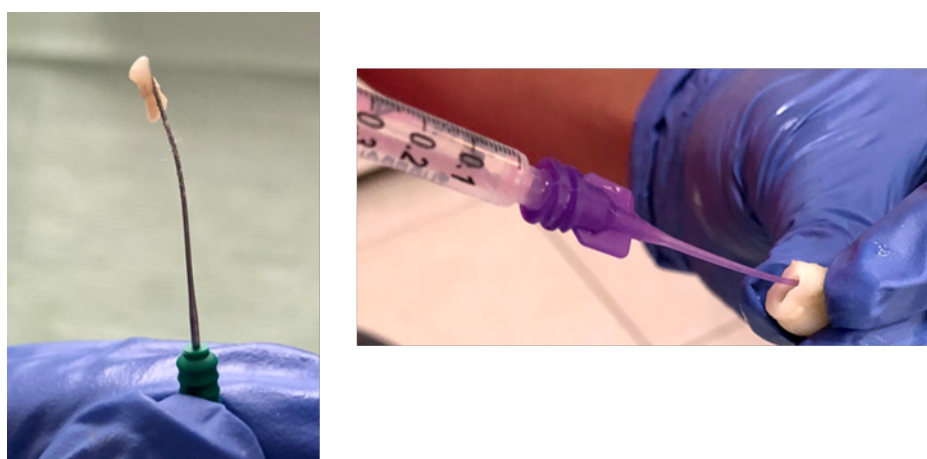


Figura 5. Remoción del tejido pulpar y lavado de la cámara.

Para tener mejor acceso, se amplió la cámara pulpar con una fresa diamantada cilíndrica (BluWhite #010, Kerr, Toronto, Canadá) de alta velocidad bajo

refrigeración, (Figura 6) y se tuvo precaución de no tocar el interior de la cámara pulpar con la fresa.



Figura 6. Ampliación de la cámara pulpar

Todos los premolares fueron almacenados de manera individual, en frascos de plástico transparente con agua destilada, cada uno con su respectiva numeración para evitar confusiones entre los grupos. (Figura 7)

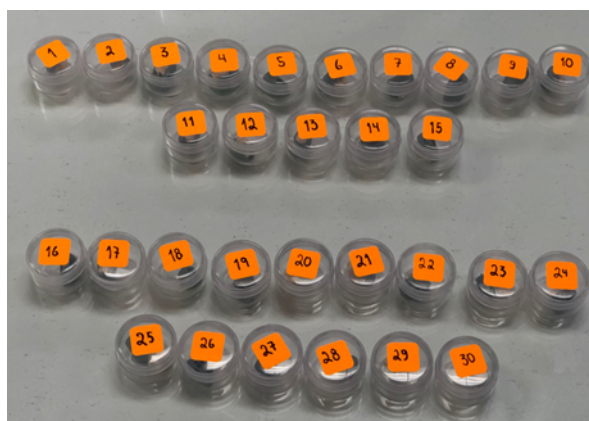


Figura 7. Almacenamiento de las piezas dentales

Se tomaron radiografías en sentido vestibulo lingual y mesio distal de los premolares con el objetivo de verificar el grosor de los substratos de esmalte y dentina y la amplitud de la cámara pulpar. (Figura 8) con un equipo de rayos X (Timex 70C, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) con un tiempo de exposición de 0,5 segundos y una distancia de enfoque de 30 cm (70kVp y 7 mA). Las imágenes se digitalizaron con el equipo (Scan eXam™, KaVo, EEUU.) y se midió el grosor de los substratos con el software de imágenes de mismo escáner, en el Centro Radiológico de la facultad de Odontología de la Universidad de las Américas.

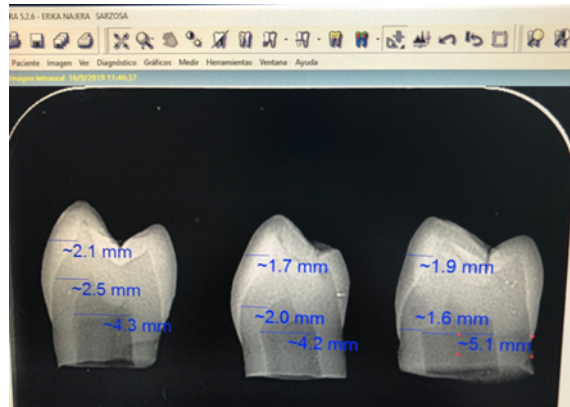


Figura 8. Grosor de los substratos de esmalte y dentina

Se realizó una matriz con silicona de condensación (Zhermack, Silicona C Zetaplus Badia Polesine – Italia.) para facilitar la toma de color con el espectrofotómetro. Para su elaboración se tomó una impresión a la cara vestibular de los premolares y se realizó una perforación de 6mm de la silicona en el centro de la corona clínica con la ayuda de un bisturí para biopsia (Figura 9). Esta matriz sirvió como guía estandarizada para medir el color con el espectrofotómetro VITA Easyshade (Easyshade, Vident, Brea, California).

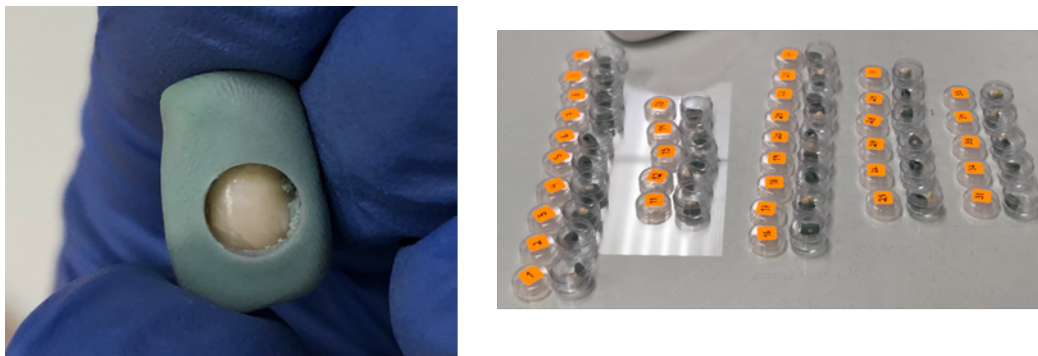


Figura 9. Matriz de silicona de condensación

La Toma de color inicial se realizó con el espectrofotómetro VITA Easyshade, Vita Bleached y con la escala visual Vita Classical (Figura 10). Los datos fueron almacenados en una hoja de cálculo en Microsoft Excel.

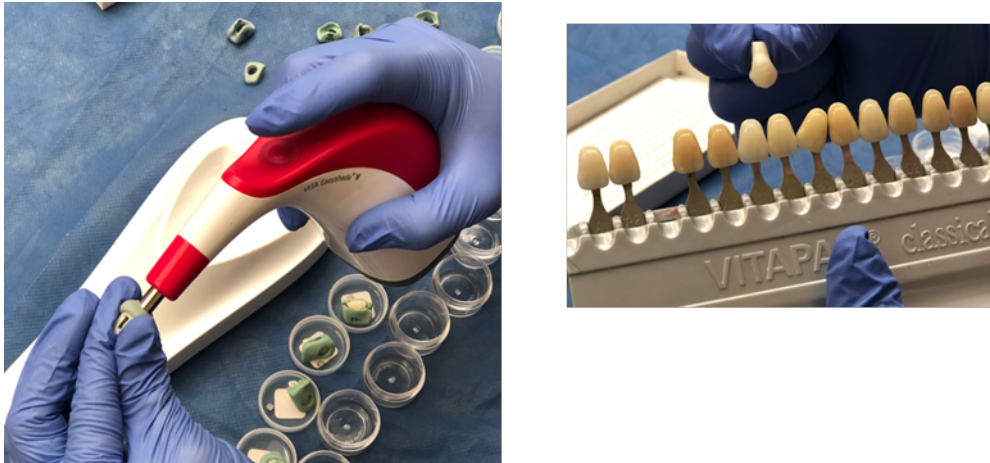


Figura 10. Toma de color inicial con el Espectrofotómetro VITA Easyshade, Vita Bleached y la escala visual Vita Classical.

Se limpió la superficie vestibular del esmalte con un cepillo profiláctico y agua, y se secó, con ayuda de la jeringa triple para posteriormente cementar los brackets metálicos convencionales Roth Ligth (Morelli, Sorocoba, Brasil) siguiendo el protocolo establecido de cementación como se detalla a continuación.

El esmalte de la cara vestibular del premolar en la parte media de la corona fue desmineralizado durante 15 segundos con ácido fosfórico (Scotchbond™ Universal 3M Unitek, Monrovia, California, EE. UU) (Figura 11).



Figura 11. Desmineralización del esmalte

Con la jeringa triple se lavó la superficie vestibular durante 40 segundos con abundante agua y se secó.

Se colocó el adhesivo (Transbond XT 3M Unitek, Monrovia, California, EE. UU.) con un microbrush y fue esparcido en la superficie vestibular del esmalte durante 30 segundos, se aereó por 10 segundos, y se fotopolimerizó 15 segundos con la lámpara Bluephase N (Ivoclar Vivadent, Amherst, NY, USA) a una intensidad de luz de 1,200 mW/cm².

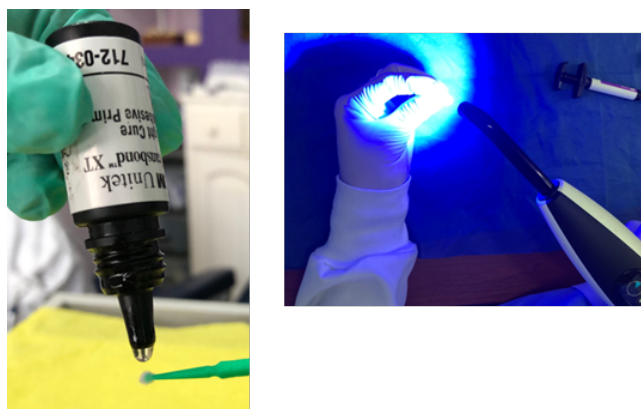


Figura 12. Acondicionamiento del esmalte

Se tomaron los brackets con la pinza portabacket (Morelli, Sorocaba - SP, Brasil) y se colocó resina (Transbond XT 3M Unitek, Monrovia, California, EE. UU.) en la malla del bracket con la ayuda de un gutaperchero. Luego el bracket fue posicionado en la cara vestibular de los premolares a 5mm desde el borde incisal, esto fue medido con un posicionador Alexander (Morelli, Sorocaba - SP, Brasil) (Figura 13).

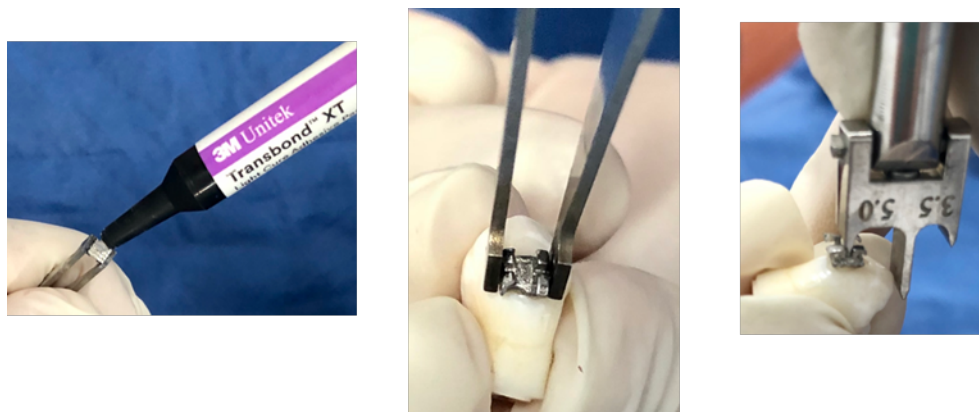


Figura 13. Posición de los brackets en la cara vestibular de premolares

Se retiró los excesos de resina alrededor del bracket con un explorador y se fotopolimerizó durante 20 segundos con la lámpara Bluephase N a una una intensidad de luz de 1,200 mW/cm². (Figura 14)

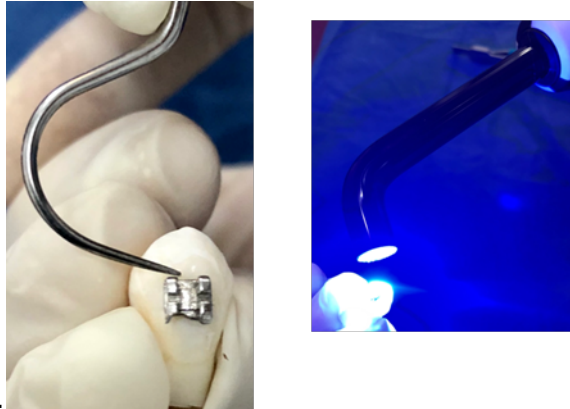


Figura 14. Fotopolimerización de la resina

Después de la cementación del bracket, los especímenes se almacenaron nuevamente de manera individual en frascos de plástico con agua destilada, cada uno con su respectiva etiqueta, durante 24 horas.

Previo al blanqueamiento se colocó 25 μ L de solución buffer en el interior de cada cámara pulpar, con ayuda de una micropipeta automática (LABNET Lab Solutions, Edison, NJ (USA)). Esta solución estabilizará y capturará el peróxido de hidrógeno que penetre a la cámara pulpar.

Para asegurar la estabilidad de cada premolar y evitar accidentes o el derramamiento de la solución buffer, se fijó la cara oclusal de la corona de cada diente sobre un cubo de acrílico con cera pegajosa.

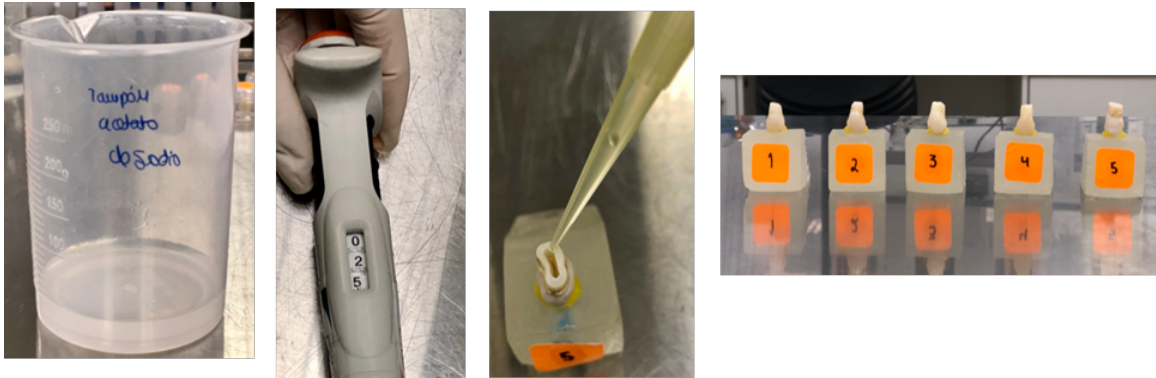


Figura 15. Solución buffer en el interior de la cámara pulpar

Para el blanqueamiento dental se usó peróxido de hidrógeno al 35%, (Whiteness HP, FGM, Brasil) 3 aplicaciones de 15 minutos cada una, para completar una aplicación total de 45 minutos. El blanqueamiento se realizó en los 2 grupos: grupo de premolares con brackets, y grupo de premolares sin brackets (Figura 16).



Figura 16. Protocolo de blanqueamiento dental

Una vez terminado el protocolo de blanqueamiento para cada diente, se retiró la solución del interior de la cámara pulpar con una micropipeta automática y esta solución fue colocada en un tubo de ensayo.

La cámara pulpar fue lavada 4 veces con 25 μ L con la solución buffer, todo ese contenido fue agregado al mismo tubo de ensayo (Figura 17).

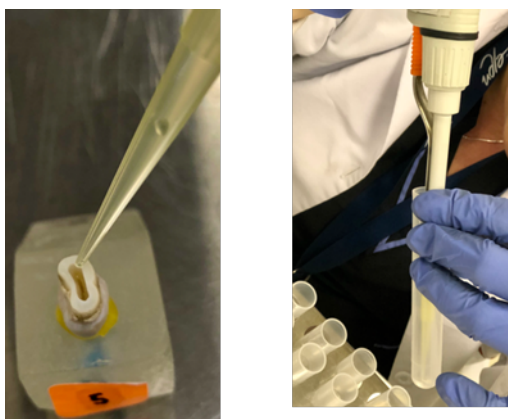


Figura 17. Solución buffer colocada en los tubos de ensayo

En ese tubo de ensayo se agregó 2.725 μ L de agua Tipo I, 100 μ L de leucocristal violeta y 50 μ L de enzima peroxidasa "horseradish" con ayuda de una micropipeta automática.

Aquí, es donde ocurrió el proceso de oxidación de la solución buffer y el leucocristal violeta, mediante el peróxido de hidrógeno que es catalizado por la peroxidasa, dando como resultado una solución azul violeta que demuestra la presencia de peróxido de hidrógeno dentro de la cámara palpar.

Este procedimiento fue repetido de manera individual para las 35 muestras.

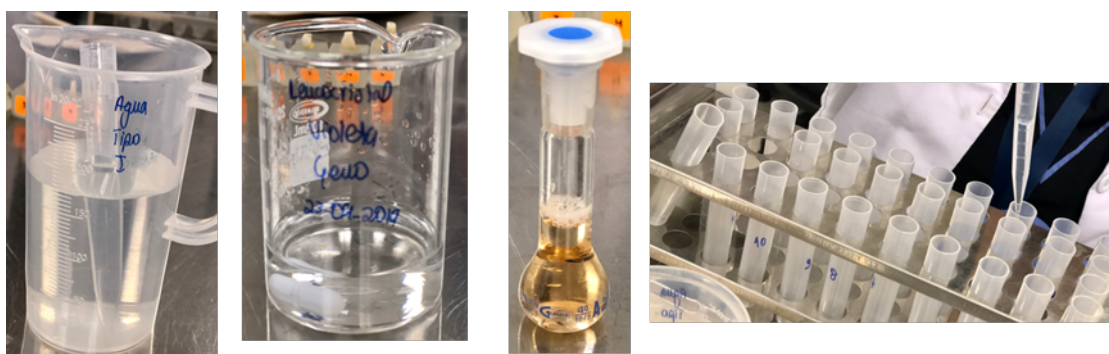


Figura 18. Agua destilada Tipo I, Leucocristal Violeta, enzima Peroxidasa

La absorbancia (596nm) fue medida con el equipo UV/VIS. De acuerdo con la Ley de Beer, la absorbancia es directamente proporcional a la concentración, por lo tanto, la concentración de HP ($\mu\text{g} / \text{mL}$) fue determinada comparándola con la curva de calibración previamente obtenida, que será descrita más adelante, en la página 42 .

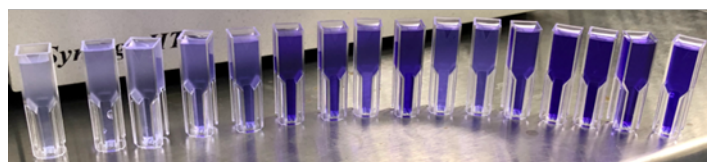


Figura 19. Equipo UV/VIS

Los datos relacionados con la concentración del HP fueron sometidos a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) seguido de dos pruebas: test de Dunnett para comparar cada grupo experimental al grupo control, y test de Tukey para comparar todos los grupos. Para todos los análisis se aplicó un nivel de significancia de 5%.

Una vez terminado el protocolo de blanqueamiento dental y la absorbancia del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar, se lavaron los premolares para retirar los posibles residuos tanto del agente blanqueador, como de los diferentes reactivos usados, con agua destilada.

Posterior a esto, cada premolar se volvió a almacenar de manera individual en envases de plástico con agua destilada. Con su respectiva numeración, durante 24 horas para evitar la deshidratación post blanqueamiento.

Después de las 24 horas, los brackets fueron descementados mediante el uso de una pinza sacabackets (Quinelato, Porto Alegre, RS, Brasil). La resina residual fue removida del esmalte con una pieza de alta velocidad, irrigación y una fresa multilaminada # C279.018 FG (Jota, Rüthi Switzerland).

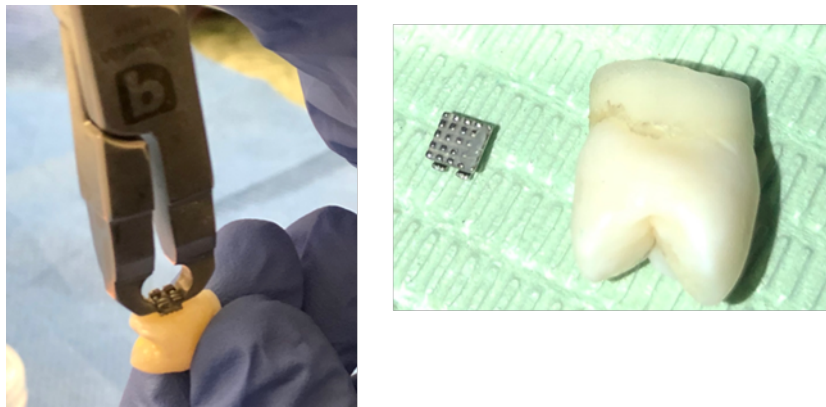


Figura 20. Descementado de brackets

La toma final de color se realizó con el espectrofotómetro VITA Easyshade, Vita Bleached y la escala visual Vita Classical. Los datos fueron almacenados en la misma hoja de cálculo en Microsoft Excel que se usó en la toma inicial de color.

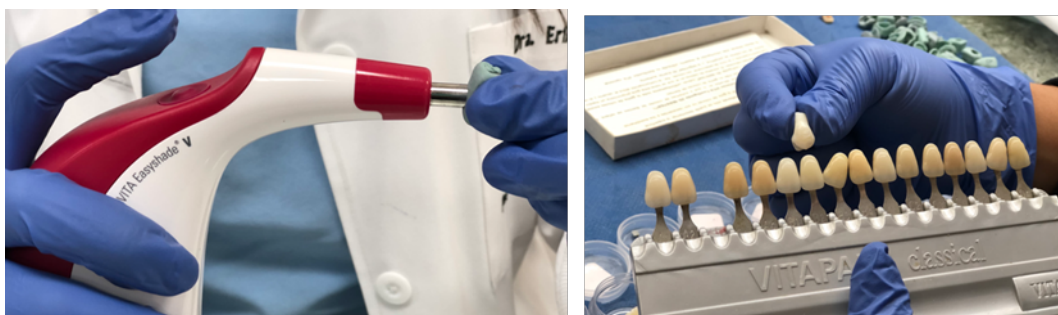


Figura 21. Toma final de color con el espectrofotómetro VITA Easyshade, Vita Bleached y escala visual Vita Classical

Estos datos fueron sometidos a un análisis de evaluación de normalidad (test de Shapiro-Will) y de igualdad de variancias (test de Barlett's).

6.7 Protocolo para la determinación de la curva de calibración del peróxido de hidrógeno.

Para cuantificar el peróxido de hidrógeno obtenido en la cámara pulpar fue necesario realizar una curva de calibración estándar con diferentes cantidades de peróxido de hidrógeno puro, para lo cual se siguió el siguiente protocolo:

Preparación de reactivos

- Ácido sulfúrico.
- Permanganato de potasio
- Leucocristal violeta
- Tampón acetato de sodio

Una vez que las soluciones han sido preparadas, colocar en un tubo de ensayo 2750 μL de agua Tipo I, 100 μL de muestra, 100 μL de Leucocristal Violeta y 50 μL de Peroxidasa. Para el blanco, ocupar 100 μL de solución buffer con un pH 4.5. Leer inmediatamente a 596 nm en el espectrofotómetro UV/VIS.

Con esta curva de calibración se podrá ubicar la concentración del peróxido de hidrógeno proveniente de la cámara pulpar.

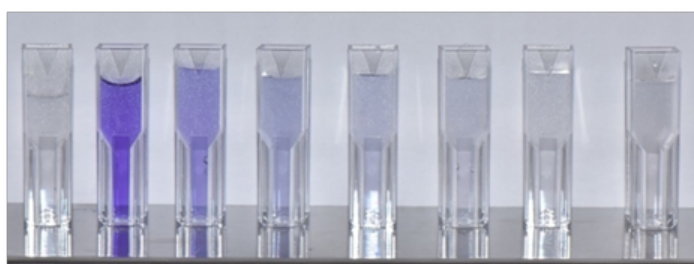


Figura 22. Curva de calibración

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Antes de realizar el análisis estadístico final, todos los datos fueron sometidos a evaluación de normalidad (test de Shapiro-Will) y de igualdad de variancias (test de Barlett's). Si pasan estas pruebas, los datos de penetración dentro de la pulpa serán sometidos al test de Análisis de Variancia 1-factor, seguido de dos tests:

- 1) Test de Dunnett para comparar cada grupo experimental al grupo control y
- 2) Test de Tukey para comparar todos los grupos.

Para todos los análisis se aplicó un nivel de significancia del 5%.

Todos los datos de efectividad de aclaramiento (Vita Classical, Vita Bleached y Espectrofotómetro), fueran sometidos a evaluación de normalidad (test de Shapiro-Will) y de igualdad de variancias (teste de Barlett's). Si pasan estas pruebas, serán sometidos al test "t" para muestras independientes. Si no pasan estas pruebas, serán sometidos al test de Mann-Whitney. Para todos los análisis se aplicó un nivel de significancia del 5%.

7.1 Resultados

Concentración del peróxido de hidrógeno dentro de la cámara pulpar

Los resultados de penetración dentro de la pulpa están descritos en la Tabla 3. Los datos de peróxido de hidrógeno dentro de la cámara pulpar fueron considerados normales (test de Shapiro-Will; $p = 0.554$) y demostraron igualdad de variancias (test de Barlett's; $p = 0.338$).

La prueba de Dunnett's demostró que el grupo control fue diferente a los grupos experimentales ($p < 0.001$). Esto significa que, los dos grupos experimentales (con y sin brackets), presentaron una cantidad de peróxido de hidrógeno dentro de la cámara pulpar significativamente mayor al grupo control.

Tabla 3

Promedio y desviación estándar de la concentración de peróxido de hidrógeno ($\mu\text{g/mL}$) evaluada dentro de la cámara pulpar para todos los grupos experimentales.

	Control	Aclaramiento	
		Con brackets	Sin brackets
Concentración de peróxido de hidrógeno	0.000 \pm 0.000	0.291 \pm 0.06 \neq, A	0.080 \pm 0.02 \neq, A

(*) El símbolo " \neq " significa grupos estadísticamente diferentes en relación al grupo control (teste de Dunnett, $p < 0.001$); Letras iguales significan grupos estadísticamente iguales (Teste de Tukey, $p < 0.05$).

Sin embargo, cuando los dos grupos experimentales fueron comparados, no había ninguna diferencia significativa entre ellos (test de Tukey; $p = 0,989$), indicando que la presencia o ausencia de brackets, no disminuyó la cantidad de penetración peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar.

Efectividad de aclaramiento dental

Los resultados de aclaramiento están descritos en la Tabla 4.

Los datos de efectividad del aclaramiento dental, de acuerdo con la escala Vita Classical fueron considerados no normales (test de Shapiro-Will; $p = < 0.05$).

Así, se aplicó el test no-paramétrico de Mann-Whitney que demostró diferencias significativas entre los dos grupos ($p = 0.012$). O sea, la presencia de brackets disminuyó significativamente la efectividad de aclaramiento al compararlo con el grupo sin brackets (Tabla 4).

Lo mismo ocurrió con los datos de color medidos con el Espectrofotómetro (Tabla 4). Los datos de efectividad de aclaramiento, de acuerdo con el

Espectrofotómetro fueron considerados no normales (test de Shapiro-Will; $p < 0.05$).

Así, se aplicó el test no-paramétrico de Mann-Whitney que, demostró diferencias significativas entre los dos grupos ($p < 0.001$). Es decir que la presencia de brackets disminuyó significativamente la efectividad del aclaramiento cuando fue comparado con el grupo sin brackets (Tabla 4).

Por otro lado, los datos de la efectividad de aclaramiento de acuerdo con la escala Vita Bleached fueron considerados normales (test de Shapiro-Will; $p = 0.094$) y demostraron igualdad de variancias (teste de Barlett's; $p = 0.125$).

El test "t" para muestras independientes, demostró diferencias significativas entre los dos grupos ($p = 0.042$). O sea, la presencia de brackets disminuyó significativamente la efectividad de aclaramiento, cuando fue comparado al grupo sin brackets (Tabla 4).

Tabla 4.

Promedio y desviación estándar de la efectividad de aclaramiento de las diferentes escalas usadas para todos los grupos experimentales.

	Aclaramiento	
	Con brackets	Sin brackets
Vita Classical (Δ de tonos de la escala)	2.3 \pm 0.6 B	3.4 \pm 1.3 A
Espectrofotómetro (ΔE)	1.3 \pm 1.4 b	3.1 \pm 1.6 a
Vita Bleached (Δ de tonos de la escala)	2.8 \pm 0.8 ^b	3.4 \pm 0.9 ^a

(*) Las letras mayúsculas, minúsculas o sobrescritas iguales significan grupos estadísticamente iguales (Teste de Mann-Whitney o Teste "t" para muestras independientes, $p < 0.05$). Las comparaciones son solamente válidas dentro de cada línea.

8. DISCUSIÓN

El presente estudio, se realizó para evaluar la cantidad de penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en premolares con ortodoncia fija post blanqueamiento y medir el cambio de color dental antes de la cementación de brackets y después del retiro de los mismos post blanqueamiento.

El método experimental seleccionado en esta investigación, ha sido definido como un medio preciso y sensible, para determinar la penetración pulpar del peróxido de hidrógeno de acuerdo con el método descrito por Mottola et al. en 1970 y aplicado años más tarde por Gökay et al. (2004), Patri et al. (2013) y Mena – Serrano et al. (2015) entre otros.

Este método se basa, en la reacción de oxidación de la solución tampón acetato y leucocristal violeta, mediante el peróxido de hidrógeno que es catalizado por peroxidasa, para producir un color que demuestre la presencia de peróxido de hidrógeno dentro de la cámara pulpar.

Demostrando así, en este estudio, que realizar blanqueamiento en presencia de brackets no disminuyó la penetración de peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar, cuando comparamos con el grupo de premolares sin brackets.

Una de las razones, podría ser la ausencia de un agente desensibilizante en la fórmula del blanqueamiento. Nanjundasetty et al. (2016) demostraron en su estudio que, el uso de desensibilizantes producen una reducción efectiva en la sensibilidad, después de un blanqueamiento dental en el consultorio.

Por otro lado, en cuanto a la concentración del HP, en un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego realizado por Lima et al. (2018) compararon la sensibilidad dental (TS) y la eficacia del blanqueamiento, después de aplicar tratamientos con peróxido de hidrógeno al 15% y 35% respectivamente, siendo

el más efectivo el peróxido de hidrógeno al 35%, pero este generó un mayor riesgo e intensidad de TS.

También estudios realizados por Costa y cols. (2010) y Patri y cols. (2016), donde utilizaron como agente blanqueador Peróxido de Hidrógeno al 30% y 38% concluyeron que sí existe difusión de peróxido a la cámara pulpar, tal como señalan los resultados en este estudio.

Esto nos lleva a pensar que, la concentración y la cantidad de peróxido de hidrógeno que ingresa a la cámara pulpar está directamente relacionado con la severidad del síntoma clínico en el paciente, siendo este un efecto secundario común, que no abruma la ventaja del blanqueamiento.

Todavía hay poca evidencia clínica / científica sobre la penetración del peróxido de hidrógeno a la cámara pulpar en piezas dentales con aparatos fijos de ortodoncia.

Sin embargo, Montenegro y colaboradores. (2016) en un estudio clínico encontraron que, dos tipos de agentes blanqueadores aplicados en pacientes con aparatos fijos de ortodoncia, producen alta prevalencia de sensibilidad, siendo este un efecto transitorio de baja intensidad.

El peróxido de hidrógeno se descompone en radicales libres que eventualmente se combinan para formar oxígeno molecular y agua. El oxígeno oxida el área manchada o la materia orgánica interprismática, eliminándola o disminuyendo su intensidad (Patri, Agnihotri, Rama Rao, Lakshmi, & Das, 2013)

Otro hallazgo encontrado en este estudio fue que, la presencia de los brackets afectó negativamente en el aclaramiento de los dientes, cuando se aplica peróxido de hidrógeno al 35% en una sola aplicación por 45 minutos, siguiendo las indicaciones del fabricante, este resultado fue confirmado por la medición de color con la escala visual Vita Classical, Espectrofotómetro y escala Vita Bleached.

Lo observado corrobora el estudio de Hintz y colaboradores (2011), quienes observaron la dificultad de la propagación del agente blanqueador, en la zona de esmalte donde el bracket se había adherido. Según estos autores, es posible que la resina y sus posibles excesos dificulten la difusión y la acción del agente blanqueador.

Esto concuerda, con estudios previos de Jadad et al. (2011) Lunardi et al. (2014) y Sardarian et al. (2019) donde también demostraron la baja efectividad de los agentes blanqueadores, durante el tratamiento de ortodoncia, que aunque las áreas debajo de los brackets experimentan el efecto blanqueador, son ligeramente más oscuros que el esmalte descubierto.

Otra posibilidad para que el diente presente dos tonalidades sería que, como es demostrable, someterse a un tratamiento de ortodoncia genera un cambio de color en los dientes, es posible que la zona del esmalte dental donde se adhiere el bracket siga teniendo su color original, y la adhesión evite la impregnación de manchas en esa zona. Realizar blanqueamiento en presencia de brackets, puede hacer que el diente vuelva al color inicial, lo que contribuye a la homogeneidad del color de la corona del diente.

Por otro lado, estudios de Montenegro et al. (2016) y Gomes et al. (2017) indican que es posible lograr un aclaramiento dental de manera efectiva incluso en presencia de aparatos fijos de ortodoncia, siendo esto contradictorio a los hallazgos de esta investigación.

Las observaciones de este estudio no coinciden con otros estudios clínicos, como el de Montenegro-Arana et al. (2016) donde demostraron que pacientes que usaron bandeja de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 8% durante 45 minutos / día durante 10 días, tenían los dientes completamente blanqueados a pesar de la presencia de brackets durante el tratamiento, se

puede creer que estos resultados variaron con los de nuestro estudio, ya que usamos peróxido de hidrógeno al 35 % por 45 minutos en una sola aplicación.

Con base a los resultados de la presente investigación, podemos concluir que los procedimientos de blanqueamiento, se pueden realizar durante el tratamiento de ortodoncia, para mejorar el color de los dientes. Pero se debe tomar en consideración que, si bien el área debajo del bracket también experimentará blanqueamiento, es en menor medida que la del esmalte adyacente. Esta diferencia entre las dos áreas no se notará mientras el tratamiento esté en progreso ya que el esmalte debajo de los brackets no es visible, pero al momento de retirar la aparatología se podrá observar que los dientes tendrán dos tonalidades.

Los pacientes deben ser informados de esta consecuencia y puede ser necesaria una segunda cita de blanqueamiento, después del retiro del bracket para lograr un color uniforme del esmalte de los dientes.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

Dentro de las limitaciones de este estudio, se puede concluir que:

1. La presencia de los brackets no disminuyó la penetración de peróxido de hidrógeno al 35% dentro de la cámara pulpar, cuando fue comparado con el grupo de premolares sin brackets.
2. La presencia de los brackets afectó negativamente el blanqueamiento de los dientes, cuando el peróxido de hidrógeno al 35% fue aplicado. Este resultado fue confirmado por la medición con la escala Vita Classical, Vita Bleached y Espectrofotómetro.

9.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigaciones in vivo para validar los resultados de esta investigación in vitro, ya que en boca podrían observarse otros resultados.
- Ampliar la investigación con otras variables como: uso de desensibilizantes, diferentes concentraciones, y número de aplicaciones de los agentes blanqueadores.

REFERENCIAS

- Acuña, E. D., Parreiras, S. O., Favoreto, M. W., Cruz, G. P., Gomes, A., Borges, C. P. F., ... Reis, A. (2019). In-office bleaching with a commercial 40% hydrogen peroxide gel modified to have different pHs: Color change, surface morphology, and penetration of hydrogen peroxide into the pulp chamber. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, (November 2018), 9–14. <https://doi.org/10.1111/jerd.12453>
- Alqahtani, M. Q. (2014). Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dental Journal*, 26(2), 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2014.02.002>
- Auschill TM, (2005) Hellwig E, Schmidale S, Seulean A, Arweiler NB. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Oper Dent*; 30:156-63.
- Baker, E. (2016). *Anatomy for Dental Medicine*. New York
- Barrancos P. (2015) *Operatoria dental: avances clínicos, restauraciones y estética*. 5th ed. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Batista, G. R., Barcellos, D. C., Torres, C. R. G., Goto, E. H., Pucci, C. R., & Borges, A. B. (2011). The influence of chemical activation on tooth bleaching using 10% carbamide peroxide. *Operative Dentistry*, 36(2), 162–168. <https://doi.org/10.2341/09-280-L>
- Berns, R.S (2000) *Precision and Accuracy Measurements*. Billmeyer and Saltzman's
- Bonafé, E., Loguercio, A. D., Reis, A., & Kossatz, S. (2014). Effectiveness of a desensitizing agent before in-office tooth bleaching in restored teeth. *Clinical Oral Investigations*, 18(3), 839–845. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1055-7>
- Chain, M., & Baratieri, L. (2001). *Restauraciones Estéticas con Resina Compuesta en Dientes Posteriores*. Sao Paulo: Artes Médicas.
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects.

- Journal of Dentistry, 38(SUPPL. 2), 2–16.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.001>
- Cohen, S. C., & Chase, C. (1979). Human pulpal response to bleaching procedures on vital teeth. *Journal of Endodontics*, 5(5), 134–138.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(79\)80033-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(79)80033-3)
- Costa CAS, Riehl H, Kina JF, Sacono NT, Hebling J. (2014). Human pulp responses to in-office tooth bleaching. *J Esthet Restor Dent [Internet]*. 26(5):356. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.12.002>
- Dahl, J. E., & Pallesen, U. (2003). Tooth bleaching - A critical review of the biological aspects. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 14(4), 292–304. <https://doi.org/10.1177/154411130301400406>
- De Oliveira Duque, C. C., Soares, D. G., Basso, F. G., Hebling, J., & de Souza Costa, C. A. (2014). Bleaching effectiveness, hydrogen peroxide diffusion, and cytotoxicity of a chemically activated bleaching gel. *Clinical Oral Investigations*, 18(6), 1631–1637. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1147-4>
- De Souza Costa, C. A., Riehl, H., Kina, J. F., Sacono, N. T., & Hebling, J. (2010). Human pulp responses to in-office tooth bleaching. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 109(4), e59–e64. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.12.002>
- Fernández Millán, D., Gallas Torreira, M., & Alonso de la Peña, V. (2019). Using a repositioning splint to determine reproducibility in the color registers of a dental spectrophotometer. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, (August), 1–7. <https://doi.org/10.1111/jerd.12532>
- Fugaro, J. O., Nordahl, I., Fugaro, O. J., Matis, B. A., & Mjör, I. A. (2004). Pulp reaction to vital bleaching. *Operative Dentistry*, 29(4), 363–368.
- Gökay, O., Müjdecı, A., & Algin, E. (2004). Peroxide penetration into the pulp from whitening strips. *Journal of Endodontics*, 30(12), 887–889. <https://doi.org/10.1097/01.DON.0000128750.29889.06>.
- Gomes, M. N., Dutra, H., Morais, A., Sgura, R., & Devito-Moraes, A. G. (2017). In-Office Bleaching During Orthodontic Treatment. *Journal of Esthetic*

- and Restorative Dentistry, 29(2), 83–92.
<https://doi.org/10.1111/jerd.12276>
- Gómez de Ferraris M, Campos E, Muñoz A. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 3rd ed. México: Panamericana; 2010.
- Hintz, J. K., Bradley, T. G., & Eliades, T. (2001). Enamel colour changes following whitening with 10 per cent carbamide peroxide: A comparison of orthodontically-bonded/debonded and untreated teeth. *European Journal of Orthodontics*, 23(4), 411–415.
<https://doi.org/10.1093/ejo/23.4.411>
- Hunt, R. (1998). *Measuring Colour*, 3rd edn, Fountain press Ltd.
- Igiel, C., Weyhrauch, M., Wentaschek, S., Scheller, H., & Lehmann, K. M. (2016). Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dental Materials Journal*, 35(1), 63–69.
<https://doi.org/10.4012/dmj.2015-006>
- Ippolitov, Y. A., Ippolitov, I. Y., & Seredin, P. V. (2014). Morphology of the human dental enamel. *Indian Journal of Dentistry*, 5, 135–139.
<https://doi.org/10.1016/j.ijid.2014.03.004>
- Jadad, E., Montoya, J., Arana, G., Gordillo, L. A. A., Palo, R. M., & Loguercio, A. D. (2011). Spectrophotometric evaluation of color alterations with a new dental bleaching product in patients wearing orthodontic appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(1), e43–e47. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.11.021>
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(SUPPL.), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67(September 2017), S3–S10.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.09.006>
- Kwon, S. R., & Wertz, P. W. (2015). Review of the mechanism of tooth whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 240–257.
<https://doi.org/10.1111/jerd.12152>

- Lamas, C., Alvarado-Menacho, S., & Angulo, G. (2013). Aclareamiento dental en tinciones por tetraciclina: caso clínico. *Odontología Clínico-Científica (Online)*, 12(1), 77–80.
- Lima, S. N. L., Ribeiro, I. S., Grisotto, M. A., Fernandes, E. S., Hass, V., de Jesus Tavares, R. R., ... Bandeca, M. C. (2018). Evaluation of several clinical parameters after bleaching with hydrogen peroxide at different concentrations: A randomized clinical trial. *Journal of Dentistry*, 68(July 2017), 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.11.008>
- Lunardi, N., Correr, A. B., Rastelli, A. N. S., Lima, D. A. N. L., & Consani, R. L. X. (2014). Spectrophotometric evaluation of dental bleaching under orthodontic bracket in enamel and dentin. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 6(4), e321–e326. <https://doi.org/10.4317/jced.51168>
- Majeed, A., Farooq, I., Grobler, S. R., & Rossouw, R. J. (2015). Tooth-bleaching: A review of the efficacy and adverse effects of various tooth whitening products. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 25(12), 891–896. <https://doi.org/12.2015/JCPSP.891896>
- Maran, B. M., Vochikovski, L., de Andrade Hortkoff, D. R., Stanislawczuk, R., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2018). Tooth sensitivity with a desensitizing-containing at-home bleaching gel—a randomized triple-blind clinical trial. *Journal of Dentistry*, 72(March), 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.03.006>
- Márquez, J., Pedroza Garcés, A., & Villada Castro, M. (2012). Tooth bleaching before, during and after orthodontic treatment. *Revista CES Odontología*, 25(2), 54–62. <https://doi.org/10.21615/2571>
- Minoux, M., & Serfaty, R. (2008). Vital tooth bleaching: Biologic adverse effects - A review. *Quintessence International*, 39(8), 645–659.
- Montenegro-Arana, A., Arana-Gordillo, L. A., Farana, D., Davila-Sanchez, A., Jadad, E., Coelho, U., ... Loguercio, A. D. (2016). Randomized double-blind clinical trial of bleaching products in patients wearing orthodontic devices. *Operative Dentistry*, 41(4), 379–387. <https://doi.org/10.2341/15-240-C>

- Moradas Estrada, M., Álvarez López, B., & Moradas Estrada, M. Á. L. (2018). Extrinsic dental stains and their possible relationships with dental materials = Manchas dentales extrínsecas y sus posibles relaciones con los materiales blanqueantes. *Avances En Odontoestomatología*, 59–71.
- Mottola, H., Simpson, B., Gorin, G. (1970). Determinación por absorción de peróxido de hidrógeno en cantidades de submicrograma con violeta de leucocristales y catalizador de peroxidación. *Química analítica*; 42: 410-1.
- Mounika A, Mandava J, Roopesh B, Karri G. (2018) Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. *Indian J Dent Res*; 29:423-7
- Nanjundasetty JK, Ashrafulla M. Efficacy of desensitizing agents on postoperative sensitivity following an in-office vital tooth bleaching: A randomized controlled clinical trial. *J Conserv Dent* 2016; 19:207-11
- Nathoo S.A. (1997) The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J. Am. Dent. Assoc.* 128(Suppl):6S–10S.
- Patri, G., Agnihotri, Y., Rama Rao, S., Lakshmi, N., & Das, S. (2013). An in vitro spectrophotometric analysis of the penetration of bleaching agent into the pulp chamber of intact and restored teeth. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7(12), 3057–3059. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2013/7589.3852>
- Sa, Y., Sun, L., Wang, Z., Ma, X., Liang, S., Xing, W., ... Wang, Y. (2013). Effects of two in-office bleaching agents with different ph on the structure of human enamel: An in situ and in vitro study. *Operative Dentistry*, 38(1), 100–110. <https://doi.org/10.2341/11-173-L>
- Sardarian, A., Malekpour, B., Roshan, A., & Danaei, S. M. (2019). Bleaching during orthodontic treatment and its effect on bracket bond strength. *Dental research journal*, 16(4), 245–250.
- Scheid, R. C., & Weiss, G. (2017). Woelfel's Dental Anatomy. *Stomatology Edu Journal*, Vol. 4, p. 148. [https://doi.org/10.25241/stomaeduj.2017.4\(2\).bookreview.1](https://doi.org/10.25241/stomaeduj.2017.4(2).bookreview.1)

- Solís, E. (2018). Aclaramiento dental: revisión de la literatura y presentación de un caso clínico. *Asociacion Dental Mexicana*, 75(1), 9–25.
- Sun, L., Liang, S., Sa, Y., Wang, Z., Ma, X., Jiang, T., & Wang, Y. (2011). Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide. *Journal of Dentistry*, 39(10), 686–692. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.07.011>
- Viscio, D.; Gaffar, A.; Fakhry-Smith, S.; Xu, T. (2000) Present and future technologies of tooth whitening. *Compend. Contin. Educ. Dent. Suppl.*, 21, S36–S43
- VITA Zahnfabrik H Rauter GmbH & Co KG. (2015). VITA Easyshade® V. BioDental, Argentina, 1–12. Retrieved from http://www.biodental.com.ar/home/wp-content/uploads/2015/11/VITA_Easyshade_V.pdf
- Westland, S., Luo, W., Ellwood, R., Brunton, P., & Pretty, I. (2007). Colour Assessment in Dentistry. *Annals of the BMVA*, 2007(4), 10. Retrieved from <http://www.bmva.org/annals/2007/2007-0004.pdf>
- Zekonis R, Matis BA, Cochran MA, Al Shetri SE, Eckert GJ, Carlson TJ.(2003) Clinical evaluation of in-office and at-Home bleaching treatments. *Oper Dent*; 28:114-21.

ANEXOS



Consentimiento Informado paciente donador de piezas dentales

Facultad de Odontología UDLA

Quito, (día) / (mes) / año

Yo, _____, género, _____ con domicilio en
_____, (barrio) _____ (ciudad) _____,
teléfono _____, acepto donar mi diente (s) pz N _____ para que
pueda (n) ser utilizado (s) en investigaciones autorizadas por un Comité de Ética aprobado por
el Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Soy consciente de que este (os) diente (s) fue (fueron)
extraído (s) por indicación terapéutica, tal como se documenta en mi historia clínica No.
_____ bajo custodia del odontólogo (a) _____,
CI _____.

Mi identidad no será revelada bajo ningún motivo.

Firma del donante

Firma del odontólogo bajo custodia de la Historia Clínica

