

**ANÁLISIS DE LA MICRODUREZA Y TOPOGRAFÍA DEL ESMALTE DENTAL
POSTERIOR AL ACLARAMIENTO Y REMINERALIZACIÓN**

AUTORES

MARCELA BARAJAS CARVAJAL

JÓSE DAVID CASTRO PEDROZA

SAMY ALEJANDRO MANRIQUE ÁLVAREZ

DIANA SOFÍA VIEDA AGUDELO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA UNICOC

ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA

POSTGRADO EN PROSTODONCIA

BOGOTÁ, MAYO DE 2017

**ANÁLISIS DE LA MICRODUREZA Y TOPOGRAFÍA DEL ESMALTE DENTAL
POSTERIOR AL ACLARAMIENTO Y REMINERALIZACIÓN**

AUTORES

MARCELA BARAJAS CARVAJAL

JOSE DAVID CASTRO PEDROZA

SAMY ALEJANDRO MANRIQUE ALVAREZ

DIANA SOFIA VIEDA AGUDELO

ASESOR CIENTÍFICO:

Dr. Pablo Villamil

Odontólogo Especialista en Rehabilitación Oral

Universidad Nacional de Colombia

ASESOR METODOLÓGICO

Dra. Diana Parra Galvis Odontóloga

Especialista en Epidemiología

Universidad El Bosque

ASESOR ESTADÍSTICO

Dr. Gerardo Ardila

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA UNICOC

ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA

POSTGRADO EN PROSTODONCIA

BOGOTA, MAYO DE 2017

El Trabajo de grado “**Análisis de la microdureza y topografía del esmalte dental posterior al aclaramiento y remineralización**”. Fue elaborado por **Marcela Barajas Carvajal, José David Castro Pedroza, Samy Alejandro Manrique Álvarez, Diana Sofía Vieda Agudelo**, como requisito para optar por el título de especialista en **Prostodoncia**.

La sustentación se llevó a cabo el 30 de Mayo de 2017

Acta No.

Dr. Pablo Villamil
Asesor Científico

Dra. Diana Parra Galvis
Asesora Metodológica

Dra. Sandra Elizabeth Aguilera Rojas
Directora Centro Investigación
Colegio Odontológico- CICO

TRANSFERENCIA DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN

Título del artículo: **“Análisis de la microdureza y topografía del esmalte dental posterior al aclaramiento y remineralización”**; Autores: Los Dres.

Marcela Barajas Carvajal, José David Castro Pedroza, Samy Alejandro Manrique Álvarez, Diana Sofía Vieda Agudelo.

Los autores certifican que el artículo arriba mencionado es trabajo original y no ha sido previamente publicado, excepto en forma de resumen. Una vez aceptado para publicación en la revista que la Institución Universitaria Colegios de Colombia estipule, los derechos de autor serán transferidos a la universidad. Así mismo, declaran que no ha sido enviado en forma simultánea para su posible publicación en otra revista. Los autores acceden, dado el caso, a que este artículo sea incluido en los medios electrónicos que los editores de la Institución Universitaria Colegios de Colombia, consideren convenientes.

Marcela Barajas Carvajal
C.C 1018416772 de Bogotá

José David Castro Pedroza
C.C 1082884951 de Santa Marta

Samy Alejandro Manrique Álvarez
C.C 1033725988 de Bogotá

Diana Sofía Vieda Agudelo
C.C 1019071181 de Bogotá

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA

CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros.: **Marcela Barajas Carvajal, José David Castro Pedroza, Samy Alejandro Manrique Álvarez, Diana Sofía Vieda Agudelo.** Manifestamos en este documento nuestra voluntad de ceder a la Institución Universitaria Colegios de Colombia los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la ley 23 de 1982, de la tesis de grado "**Análisis de la microdureza y topografía del esmalte dental posterior al aclaramiento y remineralización.**"

Producto de nuestra actividad académica para optar por el título de Especialista en **Prostodoncia** de la Institución Universitaria Colegios de Colombia. La institución tiene los derechos anteriores cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. Con todo, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la ley 23 de 1982. En concordancia, suscribimos este documento en el momento mismo de la ley 23 de entrega del trabajo final a la biblioteca de la Institución Universitaria Colegios de Colombia.

Marcela Barajas Carvajal
C.C 1018416772 de Bogotá

José David Castro Pedroza
C.C 1082884951 de Santa Marta

Samy Alejandro Manrique Álvarez
C.C 1033725988 de Bogotá

Diana Sofía Vieda Agudelo
C.C 1019071181 de Bogotá

Señores:

Sistema de Bibliotecas de Unicoc (SIBU)
Institución Universitaria Colegios de Colombia

La Ciudad

Autorizamos al Centro de Investigación del Colegio Odontológico de la Institución Universitaria Colegios de Colombia a consultar y reproducir con fines de investigación, parcial o totalmente el contenido del trabajo de grado titulado: **“Análisis de la microdureza y topografía del esmalte dental posterior al aclaramiento y remineralización”** presentado al Centro de investigación como requisito del programa para optar a el título de **Prostodoncia** siempre que mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de investigación y a sus autores.

Marcela Barajas Carvajal
C.C 1018416772 de Bogotá

José David Castro Pedroza
C.C 1082884951 de Santa Marta

Samy Alejandro Manrique Álvarez
C.C 1033725988 de Bogotá

Diana Sofía Vieda Agudelo
C.C 1019071181 de Bogotá

FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO DEL TRABAJO: “ANÁLISIS DE LA MICRODUREZA Y TOPOGRAFÍA DEL ESMALTE DENTAL POSTERIOR AL ACLARAMIENTO Y REMINERALIZACIÓN”

AUTORES: Marcela Barajas Carvajal, José David Castro Pedroza, Samy Alejandro Manrique Álvarez, Diana Sofía Vieda Agudelo

ASESOR CIENTÍFICO: Dr. PABLO VILLAMIL

ASESOR METODOLÓGICO: Dra. DIANA PARRA GALVIS

MATERIAL ANEXO: 2 CD, 2 Artículos científicos.

FACULTAD: Odontología

TÍTULO OBTENIDO: Especialista en Prostodoncia

CATEGORÍA: Postgrado.

PALABRAS CLAVE: Esmalte dental, Aclaramiento, Remineralización, Microdureza, Topografía.

DEDICATORIA

A Dios, nuestros padres, hermanos e hijo, quienes han sido la guía y motivación para poder salir adelante en todos los aspectos de nuestras vidas, por su esfuerzo y palabras de aliento siempre creyendo en nosotros, los amamos.

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestras vidas, siendo la fortaleza en los momentos de debilidad y brindándonos la sabiduría para este proyecto que hoy culminamos.

A nuestros padres por apoyarnos en todas las etapas de nuestras vidas, por darnos la oportunidad de cumplir nuestros sueños y proyectos demostrándonos su gran ejemplo, a nuestros hermanos por el apoyo, dedicación, tiempo y sugerencias dadas para este proyecto, a nuestros compañeros de tesis, por tenernos tanta paciencia y comprensión por motivarnos a seguir adelante en los momentos de tristeza y confusión, a nuestra asesora metodológica, doctora Diana Parra y asesor científico doctor Pablo Villamil por su paciencia, participación y entrega a este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO.

Glosario.....	12
Introducción.....	14
1. Aspectos Teórico – Científicos.....	15
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Justificación.....	17
1.3 Propósito.....	18
1.4 Antecedentes.....	19
1.5 Marco teórico.....	20
Odontogénesis.....	20
Formación de los dientes	21
Esmalte dental.....	22
Amelogénesis.....	23
Dentina.....	25
Pulpa dental.....	27
Aclaramiento dental.....	31
Tipos de aclaramiento.....	37
Técnicas.....	39
Remineralizantes.....	40
Microdureza.....	42
Durómetro de Vickers.....	44
Microscopia Confocal.....	45
Objetivos.....	49
2. Aspectos Metodológicos.....	51
2.1 Tipo de estudio	51
2.2 Objeto de estudio.....	51
2.3 Material objeto de estudio.....	51
2.4 Unidad de observación.....	51
2.5 Muestra.....	52
2.6 Criterios de selección.....	53
2.7 Procedimiento.....	54
2.8 Aspectos éticos.....	57
2.9 Estadístico.....	58
3. Resultados	59
4. Discusión.....	65
5. Conclusiones.....	71
6. Recomendaciones.....	72
7. Bibliografía.....	73

TABLA DE LISTAS ESPECIALES.

Tabla1. Operacionalización de variables.....	57
Tabla 2. Descripción estadística del análisis de microdureza.....	60
Grafica 1. Comparación de grupo control V.S agentes aclarantes al 35 y 40%....	59
Grafica 2. Comparación de grupos remineralizados microdureza.....	60
Grafica 3. Comparación de la topografía del esmalte en todos los grupos.....	62
Figura 1. Formación pulpar.....	30
Figura 2. Mecanismos de aclaramiento en el diente.....	35
Figura 3. Funcionamiento del microscopio Confocal.....	48
Figura 4. Comparación del grupo control, posterior aplicación de agentes Aclarantes al 35 y 40% y remineralización en tomografía.....	63
Figura 5. Comparación esmalte dental posterior a la aplicación de agentes Aclarantes al 35 y 40%.....	64
Figura 6. Comparación del esmalte dental posterior aplicación de agentes Aclarantes al 40% y remineralización en tomografía.....	64

GLOSARIO

Aclaramiento Dental: La Organización Internacional de Normalización (ISO) lo define como "eliminación de decoloraciones intrínsecas o adquiridas de los dientes naturales a través del uso de productos químicos, a veces en combinación con la aplicación de medios auxiliares.

Cloramina-T: Agente antimicrobiano, se utiliza para desinfectar superficies e instrumentos. La Cloramina-T tiene un bajo grado de citotoxicidad y se ha utilizado en contacto con los tejidos.

Cromóforo: Parte o conjunto de átomos de una molécula responsable de su color. Contiene siete o más enlaces dobles conjugados, tienen la capacidad de absorber luz en la región visible.

Desmineralización: Pérdida mineral de los dientes como el calcio en la hidroxiapatita de la matriz dentaria, producido por la exposición ácida. La estructura de los cristales del esmalte (apatita carbonatada) es disuelta por la presencia de ácidos orgánicos.

Dureza: Es la resistencia de un material a la indentación o a la penetración. Se ha utilizado para predecir la resistencia al desgaste de un material y su capacidad para raspar o ser erosionado por estructuras dentales opuestas.

Esmalte: Capa dura, delgada y translúcida de sustancia calcificada que envuelve y protege la dentina del aspecto coronal del diente; Es la sustancia más dura en el cuerpo humano.

El fosfopéptido de caseína fosfato de calcio amorfo: Conocido como CPP-ACP es una fosfoproteína con capacidad de liberar iones de calcio y fosfatos en el medio bucal que promueven la remineralización.

Hidroxiapatita: Es el componente inorgánico principal de los tejidos duros calcificados (por ejemplo, hueso y dientes) de los vertebrados.

Instrumento de Vickers: Método de prueba de dureza en donde relaciona la fuerza aplicada y la superficie de la huella, utiliza un penetrador piramidal de diamante con ángulo de 130° entre sus caras y con base cuadrada.

Microscopio Confocal: Microscopio que crea imágenes nítidas de una muestra, la imagen tiene mejor contraste que el de un microscopio convencional, aparte de permitir una mejor observación de detalles finos es posible formar reconstrucciones

tridimensionales (3D) de un volumen De la muestra mediante el montaje de una serie de rodajas delgadas Tomada a lo largo del eje vertical.

Peróxido de hidrogeno: Compuesto relativamente inestable y se descompone lentamente liberando oxígeno. Esta descomposición es acelerada por la luz y el calor.

Remineralización: Proceso por el cual los iones de calcio y fosfato se suministran desde una fuente externa al diente para promover la deposición de iones en los vacíos de cristal en el esmalte desmineralizado para producir una ganancia mineral neta.

Rodamina B: Medio activo de radiación láser sintonizable en la región visible del espectro de luz. Aparecen de color rojo a violeta.

INTRODUCCIÓN

Uno de los requerimientos hoy en día de los pacientes en la práctica odontológica, es la necesidad de tener sus dientes cada vez más blancos y así satisfacer sus necesidades estéticas. Es por ello que la demanda de los pacientes por los tratamientos de aclaramiento dental y sus diferentes técnicas es cada vez mayor.

Los estudios realizados por diversos autores como Davari y col. (2012), han demostrado, que esta sustancia cambia la composición química del esmalte. En consecuencia, de ello altera la morfología estructural y la dureza superficial. Posterior a esta técnica y dentro del protocolo a seguir, se suele aplicar sustancias que aparentemente tienen un efecto remineralizante sobre la estructura del esmalte dental (1)(2)(3).

Por esta razón se realizó este estudio in vitro donde se tomó muestras de esmalte dental de dientes recién extraídos indicados por ortodoncia (previo consentimiento informado), con la finalidad de evaluar este cambio morfológico y dureza del diente, cuando se aplican los aclaramientos y sí es posible restablecer o cuanto se puede recuperar la estructura dental con el uso de estos productos remineralizantes.

1. ASPECTOS TEÓRICO-CIENTÍFICOS

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a las exigencias actuales de los pacientes sobre tratamientos estéticos, el aclaramiento dental es un procedimiento que funciona como gran alternativa en aquellos casos que requieren la despigmentación y obtener dientes más claros. El error en el diagnóstico de manchas extrínsecas e intrínsecas, el tipo de coloración del sustrato según su zona (esmalte y dentina) son factores que dificultan al clínico sobre la decisión de tratamiento necesaria para la corrección de la causal de esta alteración, para así hacer un trabajo óptimo en cuanto a las expectativas que el paciente requiere (1).

En la actualidad los estudios se debaten acerca de sí el proceso de aclaramiento tiene efectos y cambios significativos en la microdureza y la topografía dental, estos cambios varían según el tipo de concentración del agente aclarador donde se pueden encontrar entre el 5% al 40%, además estos materiales se usan en tiempos diferentes, generando variaciones en la microdureza de la estructura dental y rugosidades presentes en el tejido (2) (3). Al ser sometido el diente a estos agentes químicos se verá afectado el nivel de dureza, la disposición de sus fibras, y alteraciones en la rugosidad donde los defectos observados incluyen una alteración superficial y hendiduras más profundas, así como un pequeño y no uniforme aumento de la porosidad de la superficie (4), siendo un factor predisponente a la adhesión de placa bacteriana, favoreciendo la aparición de procesos cariosos y

gingivitis, que de manera más severa podrían convertirse en enfermedad periodontal (3). Bistey y col. (2007), reporta que la alteración en el esmalte después del aclaramiento dental era proporcional al tiempo de tratamiento y la concentración de peróxido de hidrógeno utilizado (4).

Los efectos adversos de estas sustancias sobre los tejidos dentales deben ser cuidadosamente evaluados para ser utilizados con seguridad, de hecho, el efecto de los procedimientos de aclaramiento en el esmalte es todavía controvertido a pesar de identificar en la literatura reportes respecto a la reducción de la microdureza del esmalte, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas (4).

Para contrarrestar los efectos negativos de este procedimiento, se han creado agentes remineralizantes que pueden restituir parte del tejido perdido, sin embargo, investigaciones como la de Olivera y col. (2005), concluyen que la adición de fluoruro post aclaramiento no dio índices significativos más altos de microdureza en esmalte; así mismo, Burgmajer y col. (2002) no observaron ninguna mejora en la captación de flúor en esmalte (2)(3)(5).

Por lo anteriormente descrito surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿SE ALTERA LA MICRODUREZA Y SE MODIFICA LA TOPOGRAFÍA DE LA ESTRUCTURA DEL ESMALTE DENTAL DESPUÉS DEL ACLARAMIENTO? ¿CUÁNTO TEJIDO SE LOGRA RESTITUIR CON LOS AGENTES REMINERALIZANTES?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El esmalte dental es una cubierta protectora de gran dureza, que se encuentra sobre la superficie completa de la corona del diente, superpuesta a la dentina que es una capa más profunda, siendo el esmalte un tejido mineralizado poco celular, siendo la estructura más dura del cuerpo humano este es capaz de resistir estímulos térmicos, químicos o mecánicos, con un espesor de 2 a 2.5mm, protegiendo al diente de las fuerzas abrasivas de la masticación (6).

Es importante entender el nivel de recuperación que tiene la dentina en el momento del paso de la sustancia aclarante a los prismas del esmalte y a los túbulos dentinales, la dentina al perder calcio frente a la desmineralización, empieza el proceso de remineralización después de 30 segundos y hasta los 5 minutos, donde restringirá el paso de la sustancia aclarante (peróxido de hidrógeno) hacia el tejido pulpar evitando la sensibilidad probablemente provocada por la intensidad de la concentración o tiempo de trabajo (6).

La decoloración se logra por la incorporación del material cromatogénico en la dentina y el esmalte con el uso de agentes aclarantes tales como el peróxido de hidrogeno sin embargo la literatura ha reportado algunos estudios sobre la alteración de la topografía superficial, cambios en microdureza y desgaste en el espesor del tejido duro (6). Es por ello, por lo que es importante conocer el riesgo de la perdida de microdureza y topografía después de la aplicación de agentes aclarantes y posterior remineralización ya que de esto depende el daño o beneficio que se puede producir en la estructura dental (6). Es importante corroborar sí los

agentes aclarantes provocaran una pérdida significativa de microdureza en altas concentraciones y determinar si productos remineralizantes en el diente mejoran la microdureza y topografía del esmalte después de ser aclarados, comprobando que estos agentes remineralizantes producen cambios en la morfología y la microdureza sin impedir el efecto del aclaramiento (7).

Por ello la importancia de comprender los efectos de los agentes de aclaramiento en el esmalte dental, especialmente la microdureza y topografía, puede ayudar a determinar qué tratamiento será más seguro para obtener mejores resultados de aclaramiento con la máxima preservación de los tejidos dentales, y verificar cuál de estos agentes remineralizantes revierte los efectos negativos que pueda traer el aclaramiento (8).

Con base a esto se justifica el propósito es esta investigación.

1.3PROPÓSITO

Es importante que los odontólogos puedan manejar el peróxido de hidrogeno en sus diferentes concentraciones (35% y 40%) disponibles en el mercado con el conocimiento adecuado, ya que los resultados finales satisfactorios de este procedimiento dependen de diferentes factores como el sustrato dental, la concentración del peróxido, el tiempo del remineralizante y la técnica utilizada (1).

Esta investigación aportará información importante para la odontología restauradora y estética ya que dará resultados valiosos acerca del comportamiento del peróxido

de hidrogeno en sus dos concentraciones más relevantes (35% - 40%) y los agentes remineralizantes después del uso de sustancias aclarantes.

1.4 ANTECEDENTES

El aclaramiento dental fue descrito por primera vez en 1848 utilizando ácido oxálico precedido por la técnica de aclaramiento dental nocturno en 1989. Donde este se podía hacer de dos maneras diferentes ya fuera en la casa o el consultorio con diversos tipos de composiciones siendo los más efectivos los peróxidos de hidrogeno y peróxidos de carbamida.

La técnica de aclaramiento en consultorio es un método que utiliza un gel a base de peróxido de hidrógeno a una alta concentración que arroja buenos resultados clínicos, algunos estudios han demostrado que la solución de aclaramiento puede causar efectos nocivos en la estructura del diente tales como erosión, rugosidad, pérdida de sustancia mineral, microdureza, alteración de la topografía e irritación del tejido. Estos efectos dependen de la composición y concentración del peróxido, tiempo de exposición pH ácido de la solución aclaradora. (9) (10)

La amplia variación de las dosis utilizadas en los tratamientos de aclaramiento, junto con el hecho de la mayoría de los estudios se realiza in vitro, dificulta la comparación de los resultados y para extrapolar las condiciones clínicas en el que los dientes se someten continuamente a ciclos de desmineralización y remineralización. (10)

1.5 MARCO TEÓRICO

1.5.1 Odontogénesis

El proceso de odontogénesis comienza alrededor de la quinta semana de vida intrauterina y termina alrededor de los 18 años de vida. El esmalte, es de origen ectodérmico, en su inicio se da la formación de la lámina dental la cual tiene un engrosamiento continuo del ectodermo oral a partir de los 30 a 35 días del desarrollo; la sobreexpresión de esta lamina dental puede dar origen a dientes supernumerarios, quistes odontogénicos o tumorales (11).

En la determinación de las regiones de los dientes dentro de la lámina dental, factores como FGF (factores de crecimiento de los fibroblastos) y BMP (proteínas morfogénicas oseas) influyen en la ubicación mesenquimal por expresión de PAX9, una transcripción de los factores. PAX9 es estimulada por FGF8 e inhibida por BMP2 y BMP4 influye en el sitio del diente. Además, el antagonista de BMP Sostdc1 y la Wnt co-receptor Lrp 4 proporciona la comunicación extracelular entre mesénquima y células epiteliales basado en la integración de Wnt y BMP vías durante la regulación de los números dientes. La acción de factores de transcripción es necesaria para iniciación y progresión más allá de la iniciación de Señales (12). De la anterior vía de señalización parte la importancia de los períodos de tiempo críticos en el proceso de desarrollo en la morfogénesis del diente, para la formación en su etapa primaria y secundaria controlan el desarrollo de las dimensiones de la corona y la formación de la cúspide como también la formación de las papilas. La

forma de la corona del diente resulta durante las etapas de brote, yema, casquete y campana cuando hay la rápida proliferación de las células relacionadas con el plegado del epitelio para dar forma. Y a su vez se inicia el proceso de apoptosis, se ha sugerido como un mecanismo de control de la duración de señalización y la expresión de BMP4 en el esmalte se asocia con su función de apoptosis, esta se inicia al final de la etapa de casquete e inicio del estadio de campana. El cese de la actividad en el nudo del esmalte es vinculado a la expresión dependiente de p21 inhibidor de la quinasa inducida por BMP4 (12).

Formación de los dientes: El primer juego de dientes consta de 20 dientes de leche, que normalmente son seguidos por 32 dientes permanentes. La formación del esmalte que es el tejido más mineralizado en el cuerpo (95% de hidroxapatita), tiene lugar cuando cristales de esmalte se forman contra la superficie de la secreción de ameloblastos que producen una matriz con poco colágeno. Se da también la formación de la dentina depositada en forma de una matriz de colágeno que bordea el futuro de lo que será la pulpa secretada por odontoblastos, cuyo fenotipo es muy similar a la de los osteoblastos (13). El colágeno tipo I representa el 85% de la matriz de la dentina.

La predentina expresa convencionalmente proteínas en el hueso: osteocalcina, osteonectina, osteopontina. Es mineralizado gradualmente al estar compuesto de 70% de hidroxapatita, 20% de materia orgánica y 10% de agua.

El cemento se forma a partir cementoblastos al origen de una matriz de colágeno a la superficie de la capa de dentina de 20 a 200 micras, que es mineralizada

secundariamente. Su principal función es de anclaje al ligamento de la raíz del diente (13). La ausencia de cemento sería una causa de pérdida de dientes en los principios del desarrollo. La erupción se lleva a cabo en tres etapas, la primera se caracteriza por un movimiento intra-óseo de la corona del diente la cual se mueve por la resorción ósea localizada implica interacciones con osteoblastos y osteoclastos. Una segunda etapa en la que el diente emerge en la cavidad oral a través del epitelio oral y continúa aumentando hasta que la oclusión esta funcional. La construcción de la raíz continúa 6 a 18 meses después de la plena erupción. La tercera fase eruptiva se lleva a cabo durante toda la vida del diente con movimientos y ajustes funcionales (13).

1.5.2 Esmalte dental

El esmalte es la capa más externa de los dientes y el tejido más mineralizado y más duro del cuerpo humano; es un escudo que protege de amenazas físicas o químicas. La falta de este puede llevar a la degradación del órgano dentario. Contiene un 97% de sustancias inorgánicas (principalmente cristales de hidroxiapatita, apatita carbonatada, fluorapatita etc.), 1% compuesto por matriz orgánica (proteínas y lípidos) y 2% de agua. El esmalte dental se sabe que es el tejido humano más duro, esto le permite resistir el gran impacto mecánico de cargas durante el cumplimiento de las funciones en los dientes (14,15). Estos constituyentes como un porcentaje de volumen son: 85% de sustancias inorgánicas, 3% de proteínas y lípidos y 12% de agua. El agua y componentes orgánicos juegan un papel importante en la microestructura del esmalte en que las moléculas pueden

difundirse a través de la matriz de agua-proteína-lípido que rodea a los cristales minerales (14). Los cristales se combinan con una cantidad variable de sustancia orgánica y se unen en varillas cilíndricas, también conocido como los prismas de esmalte. Estos cristales se orientan dentro de la región de la cabeza de los cristales estando alineados con el eje longitudinal, mientras que los que están en la cola están orientadas oblicuamente. Estas se configuran en prismas los cuales presentan una interfaz adyacente entre cada prisma por una zona estrecha conocida como la vaina de los prismas, que se compone por cristales menos definidos y un grado más alto de componente orgánico. En general, las proteínas sirven como el material cohesivo entre cristales adyacentes y, en forma más presente en la interfaz. En la superficie estos prismas se encuentran alineadas, pero en el medio y en capas internas del esmalte tienen una trayectoria ondulante el cual forma un complejo conocido como desucación. Estas conducen a la aparición de bandas alternas de luz reflejada, que se conocen como “bandas de Hunter Schreger”. La forma en que estos prismas se disponen confiere tenacidad al tejido y evita que ocurran grietas o fracturas (15).

1.5.3 Amelogénesis

El esmalte dental se forma principalmente durante dos etapas distintas de desarrollo: la etapa secretora y la etapa de maduración. Los ameloblastos son las células responsables de la toma de esmalte, son células epiteliales especializadas con características morfológicas distintas que cambian en cada etapa de desarrollo. Independientemente de estos estadios de desarrollo los ameloblastos se caracterizan por la expresión de genes específicos en la etapa de esmalte que

realizan funciones específicas de la etapa. Además del control del desarrollo la etapa de la formación del esmalte se sugiere que este se forma de manera incremental. En el esmalte dental humano, hay dos que se encuentran periódicamente: estriaciones transversales y estrías de Retzius (16). A nivel celular, se ha demostrado que las proteínas están fuertemente expresadas en pre-ameloblastos y ameloblastos diferenciadas a lo largo de la amelogénesis tanto en los dientes embrionarios y los dientes después del parto, también hay variaciones diarias de la tasa de producción y secreción de proteínas del esmalte: la secreción de proteínas del esmalte esta alrededor de las 8 pm y sigue un patrón circadiano de importancia, la expresión de amelogenina continúa oscilando (16).

Las propiedades mecánicas del esmalte son directamente dependientes de su composición y de la organización de la estructura, la dureza y el módulo de elasticidad de los prismas del esmalte ha sido reportada que es mayor que en la parte orgánica. Los valores mayores de dureza y módulo de elasticidad se han encontrado en la superficie oclusal y disminuyen en el trayecto hacia la unión dentina-esmalte; debido a que disminuye la densidad mineral y aumenta la matriz orgánica. También la resistencia a la fractura presente en el esmalte va de 0,4 MPa m^{1/2} en la parte externa a 2,37 MPa m^{1/2} en la región interna cerca de la unión dentina-esmalte. Esto se debe al aumento de la matriz orgánica y las diferentes orientaciones de los prismas del esmalte que se entrecruzan causando resistencia a que propaguen las grietas (17).

1.5.4 Dentina

La dentina es una capa gruesa de tejido que compone la mayor parte del tejido dental mineralizado limitada por una capa de esmalte altamente mineralizado la cual ofrece protección y en la parte radicular de igual forma por el cemento dental. La dentina tiene diferentes tipos de tejido los cuales cumplen diferentes funciones (18). La dentina a diferencia del esmalte tiene una limitada capacidad de regeneración, se produce por odontoblastos derivados del ectomesenquima y estas células siguen existiendo en la pulpa a través de la vida útil (4).

1.5.4.1 Composición de la dentina

La dentina está compuesta de matriz extracelular y proteínas implicadas en la formación y mineralización de la dentina, algunos se caracterizan por ser moléculas de matriz celular lo cual significa que actúan como mediadores o moduladores biológicos de las funciones celulares, otra función es la de señalización celular, teniendo una composición orgánica, inorgánica y agua distribuida de la siguiente manera: 40% de materia inorgánica, 35% de materia orgánica, 25% de agua. (18). La dentina es el tejido mineralizado más abundante en el diente humano, por lo tanto, el conocimiento de sus propiedades mecánicas es esencial para predecir los efectos de alteraciones microestructurales debido a caries, esclerosis, y la pérdida en la fuerza del diente (19).

1.5.4.2 Propiedades de la dentina

Una fase mineral carbonatada de apatita nanocristalina (aproximadamente 50% en volumen) y un filtro de trabajo de colágeno tipo I. Las fibrillas de colágeno, aproximadamente el 30% en volumen, son aproximadamente 50-100 nm de

diámetro; que están orientadas al azar en un plano perpendicular a la dirección de la formación de dentina (19).

1.5.4.3 Resistencia de la dentina

La adhesión se puede definir como el estado en el que dos superficies se mantienen unidas mediante fuerzas o energías interfaciales basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos, con la mediación de un adhesivo. En Odontología son tres substratos los que participan en la adhesión: el material de restauración, el diente y el sistema adhesivo. Si sometemos a estrés la interfase dentina/restauración hasta el punto de fallo, la fractura puede localizarse en uno de los substratos anteriormente nombrados. Es decir, en la capa de adhesivo (fallo adhesivo), en la resina compuesta próxima a la interfase (fallo cohesivo), o bien en la dentina (fallo cohesivo). Normalmente el tipo de fallo es mixto. La localización en uno u otro substrato depende de las propiedades mecánicas de cada uno de los constituyentes, así como del espesor del agente adhesivo (19).

1.5.5 Dureza

La dureza puede definirse como la resistencia de un material a la deformación permanente y se relaciona con otras propiedades como la generación de estrés y el módulo de Young. La mayoría de las mediciones de dureza en la dentina se realizan mediante las técnicas de microindentación Knoop y Vickers. Los valores publicados de microdureza de la dentina oscilan entre los 250 y 800 MPa dependiendo de la localización de la medida con respecto al esmalte y a la pulpa. Por lo tanto, se puede concluir que la disminución de la dureza de la dentina observada con las técnicas

de microindentación, es debido a la disminución de dureza de la dentina intertubular y no a la mayor densidad de los túbulos de la dentina (19).

1.5.6 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad o de Young puede definirse como el cociente entre la tensión aplicada a un material y la deformación elástica producida (es decir, que pueda recuperarse tras el cese de la carga). La dentina mineralizada es relativamente rígida (10- 20 GPa), la elasticidad propia de la dentina tiene gran importancia funcional, ya que permite compensar la rigidez del esmalte, amortiguando los impactos masticatorios. La elasticidad dentinaria varía de acuerdo al porcentaje de sustancia orgánica y al agua que contiene, la microscopía de fuerzas atómicas ha demostrado que la dentina peritubular es mucho más rígida que la dentina intertubular y su módulo es más uniforme, mientras que el módulo de la dentina intertubular varía en función de la distribución de la apatita en la matriz de colágeno. Tras el grabado ácido, la matriz húmeda de dentina desmineralizada es más elástica (5 MPa). Debido a la escasa rigidez, la red colágena puede colapsarse al secar con aire e interferir con la infiltración de monómeros (19).

1.5.7 Pulpa dental

La pulpa dental es un tejido mesenquimal altamente especializado y por el hecho de que está rodeado por un tejido mineralizado rígido, tiene una restringida capacidad de regeneración debido a la disposición anatómica y la naturaleza de las células odontoblásticas. La pulpa dental está infiltrada por una red de vasos sanguíneos y los haces de nervios que emanan de la región apical. El daño a la

pulpa dental por mecánica, química, térmica, e irritantes microbianos activan varios tipos de respuestas inflamatorias que implican al complejo vascular, linfático, y las reacciones tisulares locales (20). La cavidad de la pulpa se extiende hacia abajo a través de la raíz del diente como el canal de la raíz que se abre en el periodonto a través del foramen apical. Los vasos sanguíneos, nervios, etc. Esto establece una forma de comunicación entre la pulpa y el tejido circundante clínicamente importante en la propagación de la inflamación de la pulpa hacia el periodonto circundante (20). Desarrollo y funcionalmente, la pulpa y la dentina están estrechamente relacionados. Ambos son productos de tejido conectivo derivadas de la cresta neural que formó la papila dental (21).

1.5.7.1 Histología de la pulpa dental

- Células: fibroblastos y células indiferenciadas mesenquimales, así como otros tipos de células (macrófagos, linfocitos, etc.) necesarios para el mantenimiento y la defensa del tejido (21).
- Matriz híbrida: las fibras de colágeno, tipo I y II, están presentes de una manera al azar, mayor en la densidad de alrededor de los vasos sanguíneos y nervios. El colágeno tipo I se cree que está producido por los odontoblastos como dentina, secretada por estas células, se compone de colágeno tipo I. Tipo II es, probablemente producido por los fibroblastos de la pulpa ya que este tipo aumenta en frecuencia con la edad del diente. Células más antiguas contienen más colágeno, tanto de los tipos de paquetes y difusos (21).

- Sustancia fundamental: el entorno que rodea a ambas células y fibras de la pulpa es rica en proteoglicanos, glicoproteínas y grandes cantidades de agua (21).
- Odontoblastos: comprenden la región o capa más externa de la pulpa, inmediatamente adyacente al componente de la dentina del diente. Estas células son responsables de la secreción de la dentina y la formación de túbulos de la dentina de la corona y la raíz (21).

1.5.7.2 Arquitectura de la pulpa

El aspecto periférico de la pulpa dental, se refiere como la zona odontogénica [1], se diferencia en una capa de odontoblastos formación de dentina (A). Inmediatamente subyacente a la capa de odontoblastos se encuentra la zona libre de células (de Weil). Esta región [2] contiene numerosos haces de fibras reticular (de Korff) (B). Estas fibras pasan de la región central de la pulpa, a través de la zona libre de células y entre los odontoblastos, sus extremos distales incorporados en la matriz de la capa de dentina. Numerosos capilares (C) y los nervios (D) también se encuentran en esta zona (19). Justo debajo de la zona libre de células es la zona rica en células [3] que contiene numerosos fibroblastos (E), el tipo celular predominante de la pulpa. Los fibroblastos de la pulpa han demostrado la capacidad de degradar el colágeno, así como formarlo. Células perivasculares (células mesenquimales indiferenciadas) están presentes en la pulpa y pueden dar lugar a odontoblastos, fibroblastos o macrófagos. Desde odontoblastos mismos son incapaces de división celular, cualquier procedimiento dental que se basa en la formación de nueva dentina (F) después de la destrucción de odontoblastos,

depende de la diferenciación de nuevos odontoblastos de estas células multipotenciales de la pulpa. Los linfocitos, células plasmáticas y eosinófilos son otros tipos de células también comunes en la pulpa dental. Medial a la zona rica en células es la profunda cavidad pulpar [4] que contiene el plexo subodontoblastico (de Raschkow; capa parietal) de los nervios (G) (**Figura 1**) (21).

Figura 1. Formación Pulpar

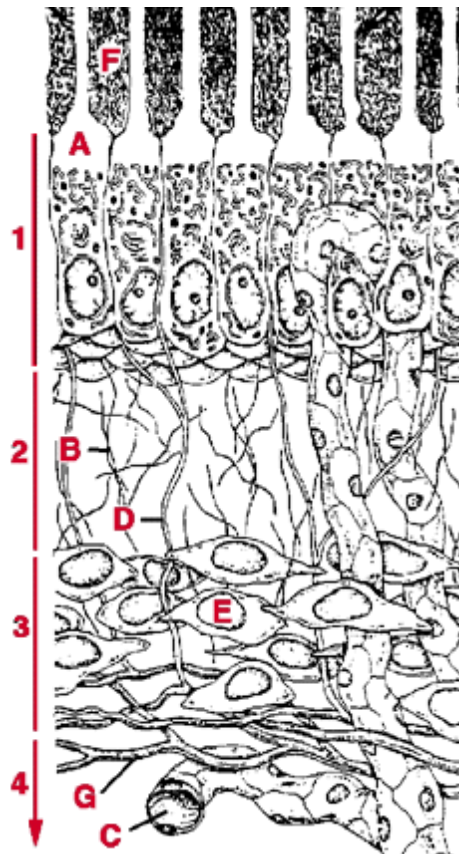


Figura tomada de artículo (21) Macpherson B, Tieman J. Oral histology a digital laboratory and atlas. edición (2) 2006.

1.5.7.3 Función de la pulpa

La función principal de la pulpa dental es proporcionar vitalidad al diente, también tiene otras funciones:

- Inductiva: muy temprano en el desarrollo futuro de la pulpa interactúa con los tejidos circundantes e inicia la formación de los dientes.
- Formativa: los odontoblastos de la capa exterior del órgano de pulpa forman la dentina que rodea y protege.
- Protectora: la pulpa responde a estímulos como el calor, el frío, la presión, los procedimientos de corte operativo de la dentina, la caries, etc. Una respuesta directa a los procedimientos, la caries, la presión extrema, La formación de dentina esclerótica, en el proceso de la obliteración de los túbulos dentinarios también es de protección a la pulpa, ayudando a mantener la vitalidad del diente (21).

1.5.8 Aclaramiento dental

La Organización Internacional de Normalización (ISO) define aclaramiento dental como "eliminación de decoloraciones intrínsecas o adquiridas de los dientes naturales a través del uso de productos químicos, a veces en combinación con la aplicación de medios auxiliares (24).

Actualmente el uso de agentes aclarantes para mejorar el aspecto de la dentición natural se ha convertido en un procedimiento popular desde su introducción por Haywood y Heymann (22). El aclaramiento dental es una solución estética para los

pacientes que presentan cambios de color en los dientes, el color natural de los dientes está influenciado por la transmisión de luz que refleja las propiedades de los tejidos dentales duros, el color general del diente está determinado principalmente por las propiedades ópticas de la dentina. Este color natural puede ser modificado por decoloraciones intrínsecas o extrínsecas. Las decoloraciones intrínsecas son el resultado de un cambio en la naturaleza, estructura molecular, o el espesor tanto de la dentina y el esmalte, su origen puede ser pre o pos eruptivo. Las decoloraciones intrínsecas son pre eruptivas cuando se producen durante la morfogénesis del diente que pueden ser inducidos por trauma, trastorno genético, la administración de tetraciclina, o la ingesta de altos niveles de fluoruro. Las decoloraciones post-eruptivas son causadas principalmente por un traumatismo (con preservación de la vitalidad del diente) y el proceso de envejecimiento. A diferencia de las decoloraciones intrínsecas, manchas extrínsecas son superficiales y producido por el depósito de cromógenos de la dieta u otros elementos externos en la superficie del esmalte o dentro de la capa de película (4).

La Asociación Dental Americana define el tratamiento de aclaramiento, al que generalmente incluye un producto químico oxidante que altera la absorción de la luz y / o luz que refleja la naturaleza del material, de ese modo la estructura aumenta su valor (blancura). El pionero en el campo de blanqueamiento fue Macintosh (1799) quien inventó el cloruro de cal y la nombró como "Polvo de blanquear". Sin embargo, desde 1860 una de las primeras técnicas más eficaces para el blanqueo de dientes no vitales fue introducida por Truman J. usando "La solución de Labaraque". Desde entonces, varios agentes fueron utilizados directa o indirectamente para actuar

sobre los dientes. Teniendo en cuenta la eficacia, ventajas y desventajas de diferentes materiales, los materiales más comúnmente utilizados son el peróxido de hidrógeno, peróxido de carbamida y perborato de sodio (23).

1.5.8.1 Composición

Los agentes de aclaramiento actuales contienen ingredientes activos e inactivos. Los ingredientes activos incluyen peróxido de hidrógeno o compuestos de peróxido de carbamida. Sin embargo, los principales ingredientes inactivos pueden incluir agentes espesantes, agente tensioactivo y dispersante de pigmento, conservante, y saborizante (25).

- Los agentes espesantes: carbopol (carboxipolimetileno) es el agente espesante utilizado más común en materiales de aclaramiento. Su concentración es por lo general entre 0,5% y 1,5%. Este polímero de ácido poliacrílico de alto peso molecular ofrece dos ventajas principales. En primer lugar, aumenta la viscosidad de los materiales de aclaramiento, lo que permite una mejor retención del gel en segundo lugar, aumenta el tiempo de liberación de oxígeno activo del material de aclaramiento hasta 4 veces (25).
- Vehículo: la glicerina y propilenglicol son los portadores más comúnmente utilizados en los agentes aclaradores. El vehículo puede mantener la humedad y ayudar a disolver otros ingredientes (25).
- Tensioactivo y pigmento dispersante: el tensioactivo actúa como un agente de humectación de la superficie. Por otra parte, un dispersante de pigmento mantiene pigmentos en suspensión (25).

- Conservante: metilo, propilparabeno, y benzoato de sodio se utilizan como sustancias conservantes. Tienen la capacidad de prevenir el crecimiento bacteriano en materiales de aclaramiento. Además, estos agentes pueden acelerar la descomposición de peróxido de hidrógeno mediante la liberación de los metales de transición tales como hierro, cobre, y magnesio (25).
- Saborizante: Los aromatizantes son sustancias que se utilizan para mejorar el sabor y la aceptación de los consumidores de los productos de aclaramiento. Los ejemplos incluyen menta, menta verde, gaulteria, sasafrás, anís, y un edulcorante tal como sacarina (25).

1.5.8.2 Mecanismo de acción

El mecanismo que resulta en el cambio de percepción del color del diente se puede subdividir en tres fases distintas (**Figura 2**): primero, el movimiento del agente de aclaramiento en la estructura del diente (difusión); segundo, la interacción de la agente con las moléculas de la mancha de aclaramiento; y tercero, alteración de la superficie de la estructura del diente de tal manera que refleja la luz de forma diferente. El resultado de esta secuencia de eventos sería el cambio de color final del diente después del aclaramiento.

Figura 2. Mecanismo de acción del aclaramiento en el diente

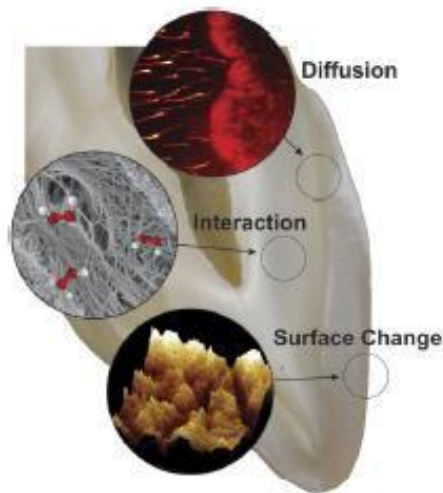


Figura tomada de artículo (26) Kwon S, Wertz P. Review of the mechanism of tooth whitening. J

Esthet Restor Dent 2015

1.5.8.3 Difusión

El aclaramiento dental se basa en la premisa de que el peróxido de hidrógeno penetra en el esmalte y la dentina e interactúa con los cromóforos orgánicos. Es bien conocido que los tejidos dentales duros son altamente permeables a los fluidos, y que el mayor flujo de fluido en el esmalte y la dentina está en los espacios interprismática y túbulos dentinales, respectivamente. Por lo tanto, el esmalte y la dentina se espera que actúen como membranas semipermeables que permitan que el peróxido de hidrógeno pueda moverse (26).

1.5.8.4 Interacción

Tradicionalmente, el aclaramiento dental ha sido representado por la "teoría cromóforo", que se basa principalmente en la interacción de peróxido de hidrógeno

con cromóforos orgánicos dentro de la estructura del diente. Los cromóforos orgánicos son moléculas que consisten en cualquiera de los sistemas conjugados, tales como compuestos aromáticos que tienen áreas ricas en electrones, o complejos metálicos bioinorgánicos, como quelantes. Cuando las especies reactivas de oxígeno se encuentran con las moléculas de mancha de color, que convierten las cadenas de este último en estructuras más simples o que alteren sus propiedades ópticas tales que la aparición de la mancha es disminuida. Estas reacciones también se producen con productos de más bajo peso molecular que la molécula original de la mancha. Estas dos propiedades harán que los productos sean más fáciles de eliminar en un ambiente acuoso. Aunque queda por determinar cómo el agente de aclaramiento interactúa con las moléculas de la mancha, se cree que la oxidación química está involucrada. Como tal, será importante para entender los papeles de pH, activadores químicos, temperatura, y la activación de la luz en diferentes longitudes de onda (26).

Sin embargo, la revisión de la literatura sugiere que el peróxido de hidrógeno interactúa significativamente con la materia orgánica, así como los componentes inorgánicos de esmalte y dentina.

1.5.8.5 Cambio de superficie y color

La percepción del color del diente se ve influida por muchos factores, incluyendo las condiciones de iluminación, el objeto observado, y el espectador. Dada la dinámica de estos tres componentes, registrar con precisión del color dental y seguimiento de los cambios de color es extremadamente difícil, especialmente cuando las propiedades ópticas complejas de tejidos mineralizados y los efectos combinados

de manchas intrínsecas, extrínseca y la pigmentación se tienen en cuenta. Características ópticas, tales como brillo, la opacidad, la translucidez, y también los fenómenos ópticos, tales como metamerismo, opalescencia y fluorescencia, se suman a la complejidad del proceso de la percepción del color. El cambio de translucidez del esmalte ha sido atribuido a alteraciones micromorfológicos del esmalte más superficial a través de la desproteinización, desmineralización, y oxidación (26).

1.5.8.6 Tipos de Aclaramiento Dental

- Aclaramiento dental externo: consiste en la aplicación del agente de aclaramiento en las caras externas de los dientes, comúnmente la vestibular. Se usa principalmente peróxido de carbamida y peróxido de hidrogeno en diferentes concentraciones (27).
- Aclaramiento dental interno: es un método que remueve la pigmentación de los dientes no vitales; consiste en insertar un agente de aclaramiento, mezcla de peróxido de sodio y agua (3% de peróxido de hidrogeno) dentro de la preparación cavitaria, donde permanece de 3 a 5 días (27).

1.5.8.7 Productos

La búsqueda del agente ideal para el aclaramiento de los dientes afectados se inició en la década de 1800. En ese momento, todos los agentes empleados para el aclaramiento dental se mezclaron en el consultorio odontológico y los oxidantes directos o indirectos actuaron no sólo en el cromógeno, sino también en la parte orgánica del diente. La variedad de agentes utilizados refleja la naturaleza diversa de la decoloración: se usó ácido oxálico para la eliminación de manchas de hierro

asociados con necrosis de la pulpa y hemorragia; cloro se indicó para las manchas de plata y cobre producidos en el proceso de restauración a base de amalgama; y cianuro de potasio podría ser utilizado para eliminar las manchas más resistentes que surgió de las restauraciones metálicas, aunque esto no se recomienda debido a su naturaleza altamente venenosa (26).

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es un líquido incoloro, es ligeramente más viscoso que el agua, y tiene una masa molar de 34.01 g / mol. Debido a su bajo peso molecular, que puede penetrar en la dentina, donde libera oxígeno y por lo tanto rompe los enlaces dobles de compuestos orgánicos e inorgánicos dentro de los túbulos de la dentina. En odontología, el peróxido de hidrógeno se utiliza en concentraciones que van de 5% a 40%. Actúa como un agente oxidante fuerte, en la producción de moléculas reactivas de oxígeno y de hidrógeno. El peróxido de hidrógeno es naturalmente producido, controlado, utilizado y destruido durante la función normal del cuerpo. De hecho, el cuerpo humano puede protegerse contra el estrés oxidativo mediante el aprovechamiento el ciclo redox del glutadión, catalasa, ascorbato, el superóxido dismutasa, la prostaglandina E1, glutadión peroxidasa, vitamina E, y peroxidasa de plasma (26). El peróxido de carbamida ($CH_6N_2O_3$) es un cristalino blanco sólido que libera oxígeno cuando entra en contacto con agua. Las concentraciones utilizadas para el aclaramiento varían de 10% a 35%. Un peróxido de carbamida al 10% se descompone en peróxido de hidrógeno al 3,35% y 6,65% urea. La urea se descompone en amoníaco y agua, que puede proporcionar algunos efectos positivos secundarios, ya que tiende a aumentar el pH de la solución. Además, la urea tiene propiedades proteolíticas que puedan afectar a la

eficiencia de los dientes aclarados. Productos de peróxido de carbamida contienen por lo general o bien una carbopol o una base de glicerina. La base de carbopol ralentiza por la liberación de peróxido de hidrógeno y por lo tanto será efectiva durante un período de tiempo más largo (26). El perborato de sodio (NaBO_3) es un compuesto químico blanco, inodoro, disponible soluble en agua. Se ha empleado como un oxidante y agente aclarante, especialmente en detergentes en polvo y otros detergentes desde 1907 aunque es estable una vez seco, en presencia de ácido, el aire caliente, o agua, se descompone para formar metaborato de sodio, que viene en diversas formas-monohidrato, trihidrato, y tetrahidrato que difieren en el contenido de oxígeno y por lo tanto tienen diferentes eficacias aclarantes. Una mezcla de perborato de sodio y agua destilada (2 g / 1 ml) tiene un efecto equivalente a la de peróxido de hidrógeno al 16,3% (26).

1.5.8.8 Técnicas

El tratamiento de aclaramiento fue clasificado por la Asociación Dental Americana en 4 categorías: aplicado profesionalmente (en el consultorio odontológico), prescrito o dispensado por el odontólogo (de uso doméstico por el paciente), los comprados por el consumidor sin prescripción (aplicado por los pacientes) y otra opción no dental (22). Dentro de las casas comerciales de los materiales de aclaramiento contienen concentraciones de peróxido de hidrogeno (PH) altas (típicamente 15% -38%), mientras que el contenido de pH en los productos de aclaramiento en casa por lo general varía de 3% a 10%. En general, la mayor parte en el consultorio y prescritos en casa son técnicas de aclaramiento que han demostrado ser eficaces, aunque los resultados pueden variar dependiendo de

factores tales como tipo de mancha, la edad del paciente, la concentración del agente activo y el tiempo de tratamiento y la frecuencia (22). Las cremas de dientes aclarantes generalmente contienen mayores cantidades de abrasivos y detergentes que las pastas de dientes estándar, para eliminar las manchas más difíciles. En el aclaramiento con cremas de dientes estas no contienen (hipoclorito de sodio), pero algunos contienen bajas concentraciones de peróxido de carbamida o el peróxido de hidrógeno que ayudan al color del diente más claro. Las cremas de dientes aclarantes normalmente pueden aclarar el color de los dientes en aproximadamente uno o dos tonos (28).

1.5.9 Remineralización

Se define la remineralización como el proceso mediante el cual el calcio y los iones de fosfato se suministran desde una fuente externa para promover la deposición de iones en cristal de los espacios del esmalte desmineralizado para producir ganancia neta de minerales (29). El calcio y el fosfato provienen principalmente de la saliva. La saliva no ejerce un efecto uniforme en la boca y sobre todo actúa como distintos efectos localizados. Un concepto más reciente para la remineralización se está aprovechando productos lácteos y sus derivados que parecen tener un efecto protector contra la desmineralización (30). El tratamiento con fluoruro ha sido fuertemente aconsejado para evitar tales efectos secundarios (31). Los iones de fluoruro en presencia de calcio y iones fosfato pueden ayudar a reemplazar los minerales perdidos de las lesiones de caries temprana con la remineralización, sin embargo, el fluoruro por sí solo no puede remineralizar (29).

1.5.9.1 Marcas comerciales

- **MI Paste Plus (GC, Japón):** contiene caseína Fosfopéptido Fosfato de Calcio Amorfo con 900 ppm de fluoruro (CPP-ACPF) se utilizan como agente de remineralización. El adhesivo CPP parte del complejo CPP_ACP / ACPF se une fácilmente al esmalte y biofilm, proporcionando iones calcio y fosfato exactamente donde más se necesitan. Los iones del calcio y el fosfato salen del complejo CPP, entrará en prismas del esmalte, y aumentan la densidad de los cristales de hidroxiapatita (29,32).
- **MI Paste Plus (GC América, RECALDENT, Alsip, EE.UU.)** Por cada dos iones fluoruro, diez iones de calcio y seis iones fosfato están obligados a formar una unidad de fluorapatita $[Ca_{10} (PO_4)_6 F_2]$. Las mismas proporciones se han tenido en cuenta en la producción del CPP-ACPF. La caseína fosfopéptido de calcio amorfo fluoruro de fosfato (CPP-ACPF) que contiene calcio, fosfato, y iones fluoruro, Este producto ha sido demostrado ser clínicamente eficaz como agente remineralizante . Este Nanocomplejo es capaz de penetrar la película y la placa dental que a su vez proporciona una oportunidad para el calcio, fosfato, y iones fluoruro para precipitar sobre la superficie del diente. La maduración de estos iones disminuye el riesgo de desmineralización y aumenta la remineralización de la superficie del esmalte. Los resultados de los estudios anteriores han demostrado que la aplicación de este complejo en esmalte blanqueado o erosionado puede aumentar y disminuir la microdureza y rugosidad de la superficie (33).
- **Remin Pro (VOCO, Alemania)** Pasta remineralizante que en contraste con productos de CPP-ACP, contiene calcio, fosfato en forma de hidroxiapatita y

Además, fluoruro y xilitol también han sido incluido en este producto, los fabricantes, afirman que promueve remineralización rellenando áreas porosas, formando una película protectora en la superficie del diente y lo cual se impide la adhesión de bacterias placa (34). El resultado remineralizado es más resistente al ácido que el esmalte o la dentina original, especialmente si el fluoruro está presente para mejorar remineralización y para ser incorporado en las nuevas superficies de cristal (35). Heshmat y col. evaluaron y compararon los efectos de Remin Pro y Mi Paste plus CPP-ACPF en la rugosidad de la superficie del esmalte blanqueado y encontraron que estos dos materiales tenían a misma eficacia para la mejora de la rugosidad de la superficie (33).

1.5.10 Microdureza

Numerosos estudios han investigado el efecto de los agentes aclarantes externos sobre los tejidos dentales duros. Se demostró que los agentes aclarantes pueden tener una influencia negativa sobre la integridad de las estructuras orgánicas del esmalte, tales como proteínas y colágeno. Además, algunos estudios encontraron pérdida de minerales, la pérdida de fluoruro, aumento de la susceptibilidad a la erosión o caries, aumento de la rugosidad de la superficie, la reducción fuerza micro a la tracción de esmalte, la reducción de estabilidad de la fractura o una disminución de la resistencia a la abrasión de los tejidos dentales duros aclarados .(7) Pero, no hay estudios clínicos o informes de casos en la literatura que hayan documentado clínicamente o macroscópicamente daños visibles de aclaramiento o destrucción de tejidos clínicamente relevante. Los estudios que investigan tratamientos de

aclaramientos externos a menudo se aplican pruebas de microdureza para la evaluación de los defectos estructurales del esmalte. Existe una gran inconsistencia en los resultados de esos estudios. Esto podría ser debido a diferencias en el diseño del estudio, como el uso de sustrato dental (humanos vs bovina), prueba de microdureza (Knoop vs. dureza Vickers), las condiciones de almacenamiento entre los intervalos de aclaramiento (sin solución remineralizante vs saliva artificial frente a la saliva humana), las medidas aplicadas de fluorización (vs no aplicada) y la cuestión de si el estudio se llevó a cabo in vitro o in situ / in vivo. Además, en algunos estudios la microdureza se mide directamente después de los episodios de aclaramiento y en otros estudios después de un período de post-tratamiento, en el que las muestras habían sido almacenadas en soluciones remineralizantes. Además, la concentración y el tipo de formulación del agente de aclarado también pueden influir en el efecto sobre la estructura del esmalte (7). La microdureza y los cambios observados después de aclaramientos pueden depender de la composición del producto aplicado y su valor pH. Con el aumento de la acidez del producto de aclaramiento, la alteración de la estructura del esmalte es más probable que se observe (8). Los efectos adversos de peróxidos en la microdureza de los tejidos dentales duros han mostrado en conflicto de resultados. Rotstein y col. Recolectaron premolares humanos sometidos a soluciones de peróxido de hidrógeno 30%, 10% peróxido de carbamida, perborato de sodio, y tres agentes aclarantes comercialmente preparados, Los resultados mostraron que la mayoría del agente de aclarado causaron cambios en los niveles de calcio, fósforo, azufre, y potasio en los tejidos duros. Alteraciones en los componentes inorgánicos

de hidroxiapatita son el resultado de los cambios en la relación de calcio / fósforo que se encuentran dentro de los cristales de hidroxiapatita de los tejidos dentales duros. La disminución fue más significativa en el cemento y la dentina que en el esmalte (36). Esto debido a las diferencias entre el componente orgánico y la materia inorgánica del diente. Se concluyó que materiales de aclarado pueden afectar negativamente a los tejidos duros dentales (36).

1.5.11 Durómetro

Durómetro es una de varias medidas de la dureza de un material, dureza se puede definir como la resistencia de un material a la penetración permanente. La escala de dureza se define por Albert Ferdinand Shore, quien desarrolló un dispositivo de medición para medir la dureza en la década de 1920. El término dureza se utiliza a menudo para referirse a la medición, así como el propio instrumento. Durómetro se utiliza normalmente como una medida de la dureza en los polímeros, elastómeros y cauchos (37). Existen varias escalas de dureza, que se utiliza para materiales con diferentes propiedades. Las dos escalas más comunes, utilizando ligeramente diferentes sistemas de medición, son las escalas de la norma (ASTM D2240 tipo A y tipo D). La escala A es para los plásticos más blandos, mientras que la escala D es de las más difíciles. Sin embargo, los ASTM de ensayo D2240-00 llamadas estándar para un total de 12 escalas, dependiendo del uso previsto; los tipos A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S y R. Cada escala resulta en un valor entre 0 y 100, con los valores más altos indican un material más duro (37).

1.5.11.1 Método de medición

Durómetro, al igual que muchas otras pruebas de dureza, mide la profundidad de una muesca en el material creado por una fuerza dada en una prensa. Esta profundidad depende de la dureza del material, sus propiedades viscoelásticas, y la duración de la prueba. ASTM D2240 durómetros permite para una medición de la dureza inicial, o la dureza de indentación después de un período de tiempo dado. La prueba básica requiere aplicar la fuerza de una manera consistente, sin choque, y la medición de la dureza (la profundidad de la huella). Si se desea una dureza cronometrada, se aplica una fuerza por el tiempo requerido y luego se lee. El material a prueba deberá ser de un mínimo de 6,4 mm (0,25 pulgadas) de espesor. El coste final de la dureza depende de la profundidad del penetrador después de que ha sido aplicado durante 15 segundos en el material. Si el penetrador penetra 2,54 mm (0,100 pulgadas) o más en el material, el durómetro es 0 para esa escala. Si no penetra en absoluto, entonces el durómetro es 100 para esa escala. Es por esta razón por la que existen múltiples escalas. Durómetro es una cantidad adimensional, y no hay una relación simple entre el durómetro de un material en una escala, y su dureza en cualquier otra escala, o por cualquier otra prueba de dureza (37).

1.5.12 Microscopio Confocal

La representación de la anatomía funcional por la morfológica usualmente se limita a 2 dimensiones. El proceso de abstracción de proporciones y disposición espacial de los componentes de 3 a 2 dimensiones puede conducir fácilmente a las imágenes distorsionadas o relativamente oculta, y así la interpretación de las imágenes debe llevarse cuidadosamente preferible interpretar 3 dimensiones del objeto. Por lo

tanto, lo mejor es digitalizar el objeto (representar la superficie del objeto por muchos puntos discretos en el espacio) y manipulan los datos en 3 dimensiones en el espacio virtual con el software adecuado. Las tecnologías informáticas han abierto nuevas perspectivas en forma de un microscopio confocal de barrido láser, las facilitan la inspección de objetos pequeños difíciles de captar (38). El análisis morfológico 3 dimensional de los dientes se está volviendo populares debido a la tecnología disponible ahora en día y el uso de un microscopio confocal para este trabajo ha comenzado tanto en microrrelieve y macrorrelieve de las caras de la superficie del diente. La introducción del concepto de " seccionamiento óptico " de una biológica muestra en 1961 dirigido a utilizar 2-5 de la microscopía confocal de barrido láser (CLSM) en el biológica ciencias. En CLSM, un variado formar de blanco ligero microscopia, los agentes de contraste fluorescentes se aplican a visualizar el espécimen por estimulante ligero emisión por un bajo haz de láser de potencia (38). El CLSM es un microscopio óptico que incluye un láser la luz como fuente de luz y un sistema electrónico que ayuda en el procesamiento de la imagen. Ayuda a obtener de alta resolución y secciones de imagen ópticos extremadamente delgadas, la eliminación de la interferencia causada por la luz que llega desde los diferentes campos ópticos a través del espesor de la muestra, y la imagen en un solo plano de ahí el nombre confocal.

1.5.12.1 Principio de la microscopia Confocal

El funcionamiento de MRBC puede ser conceptualizado por el siguiente principio: las regiones que se colocan fuera del foco plano de la imagen de un microscopio óptico normal se revelan en CLSM. La luz incidente sobre la muestra se hace pasar

a través de un pequeño orificio o ranura y por lo tanto, se centra en el plano de imagen de un objetivo de apertura numérica más alta, que a su vez hace que la luz reflejada por el punto, que se coloca en el plano focal del objetivo, volver de nuevo a él y por lo tanto, se reorientado y transmitida por un agujero de alfiler sin ninguna pérdida. Además, la luz dispersada o emitida por los puntos fuera del plano de la imagen aparece atenuada o totalmente obstruidas por la propiedad de contraste. Por lo tanto, una imagen bien definida de alto contraste de un punto en el plano focal es adquirida sin ser afectado por las regiones que quedan fuera de la atención. Las aberturas tanto de la iluminación y el retorno de la imagen tienen un foco común, por lo tanto, el nombre confocal Microscopio (38). Para informar a, la microscopía confocal se basa en una mayor relación entre la señal y el ruido de la imagen. En la imagen se muestra un diagrama esquemático de la vía óptica en un sistema de CLSM. El haz de luz pasa a través del agujero de alfiler 1 y entra en contacto con un espejo dicróico, que refleja totalmente la luz incidente en un ángulo de alrededor de 45°. Además, el haz de luz se enfoca entonces sobre la muestra utilizando el objetivo del microscopio **(Figura 3)** (38).

Figura 3. Funcionamiento del microscopio confocal

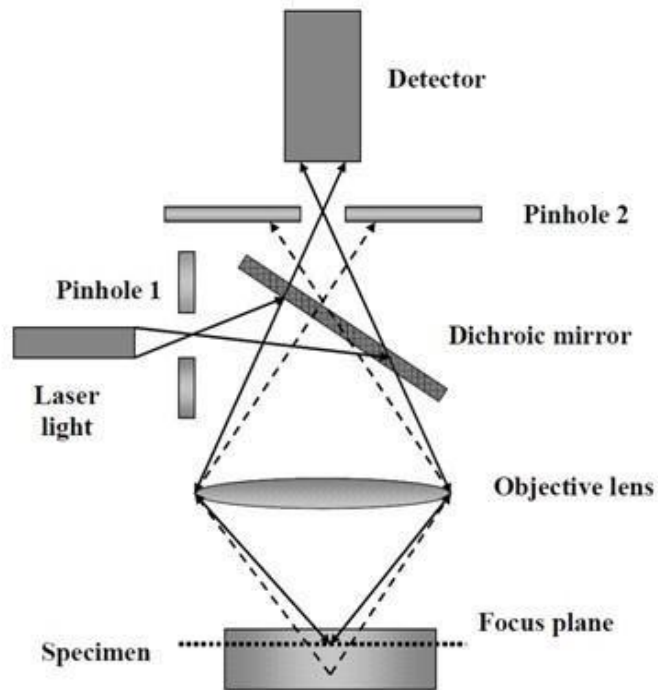


Figura tomada de artículo (38) Makkar S, Aggarwal N, Vasishth R, Aggarwal R, Kaur H. Role of Confocal Microscopy in Dentistry. Indian J Stomatol 2015; 6 (2):50-54

1.5.12.2 Ventajas de microscopia Confocal

- ✓ Una mayor resolución: resolución se hace mayor con las longitudes de onda más cortas y es mayor a medida que aumenta la apertura numérica del objetivo.
- ✓ Mayor contraste: el sobre que produce regiones exteriores que se erradique el plano de enfoque.

- ✓ Posibilidad de adquisición de cortes ópticos: la modificación de la abertura del agujero de alfiler y el plano focal, es posible adquirir rebanadas de diferentes planos.
- ✓ La reconstrucción en 3 dimensiones: con una imagen 3 -D del corte de los especímenes obtenidos en los diferentes planos focales, es objeto de estudio es alcanzable.
- ✓ Análisis de la imagen: la digitalización de la imagen es viable y, por lo tanto, el uso de técnicas de imagen como medidas morfométricas.
- ✓ La erradicación de la exigencia de la técnica muestra específica de muestras de tejidos duros es una clara ventaja del análisis Confocal (38).

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Determinar la microdureza y topografía del esmalte dental después de la técnica de aclaramiento con diferentes agentes y posterior a la aplicación sustancias remineralizantes.

1.6.2 Objetivos específicos

- ✓ Observar el nivel de indentación en la estructura del esmalte posterior al aclaramiento dental con dos sustancias aclaradoras a 35 y 40% de peróxido de hidrogeno utilizando el durómetro de Vickers.
- ✓ Identificar el nivel de indentación en la estructura del esmalte posterior al procedimiento de remineralización con dos sustancias remineralizantes (principio activo) utilizando el durómetro de Vickers.
- ✓ Comparar la indentación entre los peróxidos y los cambios que se presentaron pre y posremineralización utilizando el durómetro de Vickers.
- ✓ Determinar el diámetro y profundidad de la microporosidad de mayor tamaño presente en el esmalte posterior al aclaramiento y remineralización usando microscopia Confocal.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Experimental in vitro.

2.2 OBJETO DEL ESTUDIO

Aclaramiento dental con peróxido de hidrogeno al 35% y 40% y posterior aplicación de agente remineralizante que con lleve a la reparación de la estructura.

2.3 MATERIAL OBJETO DEL ESTUDIO

- Dientes premolares.
- Durómetro.
- Microscopio Confocal.

2.4 UNIDAD DE OBSERVACIÓN

- Microdureza: dureza Vickers. Durómetro Wilson (Buehler) Carga 500g x 15 segundos.
- Topografía: microscopio Confocal; análisis en 3D del cambio topográfico, unidad de medida en micras.

2.5 MUESTRA:

Muestra microdureza: total 15 dientes premolares (2 cortes por diente cara vestibular y palatina)

- ✓ 10 muestras control para microdureza (Grupo 1)
- ✓ 10 muestras para peróxido de hidrógeno al 35% (Grupo 2)
- ✓ 10 muestras para el peróxido de hidrógeno al 40% (Grupo 3)

Luego la muestra se subdivido en:

- 5 muestras para peróxido de hidrogeno al 35% y,
 - ✓ Remineralización con Fluoruro al 5% (MI paste) grupo A
- 5 muestras para peróxido de hidrogeno al 40% y,
 - ✓ Remineralización con Fluoruro al 5% (MI paste) grupo B
- 5 muestras para peróxido de hidrogeno al 35% y,
 - ✓ Remineralización con (Remin Pro) grupo C
- 5 muestras para peróxido de hidrogeno al 40% y,
 - ✓ Remineralización con (Remin Pro) grupo D

Muestra para topografía: 12 Dientes (2 cortes por diente)

- ✓ 8 muestras para grupo control (Grupo 1)

- ✓ 8 muestras para peróxido de hidrogeno al 35% (Grupo 2)
- ✓ 8 muestras para peróxido de hidrogeno al 40% (Grupo 3)

Luego la muestra se subdividirá en:

- 4 muestras para peróxido de hidrogeno al 35% y Remineralización con (MI Paste) grupo A
- 4 muestras para peróxido de hidrogeno al 40% y Remineralización con (MI Paste) grupo B
- 4 muestras para peróxido de hidrogeno al 35% y Remineralización con (Remin Pro) grupo C
- 4 muestras para peróxido de hidrogeno al 40% y Remineralización con (Remin Pro) grupo D

2.6 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Dientes premolares extraídos por indicación ortodóntica los cuales se conservaron en Cloramina T por un periodo máximo de 60 días.

2.6.1 Criterios de Inclusión

- Premolares sanos.
- Premolares extraídos por indicaciones ortodonticas.

- Premolares sin pigmentaciones o alguna anomalía de esmalte o dentina.

2.6.2 Criterios de Exclusión

- Dientes con restauraciones extensas.
- Dientes con caries.
- Dientes con tratamientos de conductos.
- Dientes con líneas de Fractura.
- Dientes que hayan tenido tratamiento previo de aclaramiento.
- Dientes con Hipoplasia o hipocalcificación.

2.7 PROCEDIMIENTO

Para la realización de este estudio, se hizo recolección de dientes premolares previo consentimiento informado a los pacientes que colaboraron con la donación de sus dientes premolares; estos se conservaron en un tiempo máximo de sesenta (60) días en cloramina T. Las coronas de los dientes fueron separadas de la raíz con un disco de diamante. Todos los procedimientos se hicieron por un solo operador calibrado elegido dentro del grupo de investigadores.

2.7.1 Análisis de Microdureza

Para el desarrollo de este componente del estudio se tomaron 15 dientes, los cuales fueron cortados desde la cara oclusal (corte sagital) en 2 fragmentos arrojando 30, 10 de los cortes se utilizaron para grupo control (G1), 10 para grupo con peróxido de hidrogeno al 35% Pola Office (SDI) (G2), 10 para grupo de peróxido de hidrogeno 40% Boost (Ultradent) (G3). Se hizo el análisis de microdureza utilizando el instrumento durómetro donde se aplicó carga 500g x 15 s, sobre los cortes seccionados del diente; en función del grado de profundidad o tamaño de la huella, se obtuvo la dureza. Se estableció la microdureza del esmalte en el grupo control; luego se aplicaron los agentes aclaradores al 35% y 40% G2 y G3 por el tiempo recomendado por cada casa fabricante y se evaluó la microdureza, posteriormente se realizó el proceso de remineralización tomando 5 muestras del G2 y 5 muestras del G3 subgrupos G2A y G3A para aplicarles remineralizante A compuesto por fosfato de calcio y fluoruro de sodio 0,2% W/W (900ppm); del mismo modo se hizo con las 5 muestras restantes de G2 y G3 para conformar los subgrupos G2B y G3B, utilizando remineralizante B compuesto por fluoruros e hidroxiapatita y el tiempo fue dos veces diarias por siete días durante cinco minutos; a continuación se realizó prueba de microdureza con estos agentes remineralizantes. La recolección de datos se hizo en Excel versión 2013.

2.7.2 Análisis de Topografía

Para el desarrollo de este componente del estudio se tomaron 12 dientes, los cuales fueron cortados desde la cara oclusal en sentido mesodistal, separando el diente en 2 fragmentos arrojando 20 muestras, 8 de los cortes se utilizaron para grupo control (G1), 8 para grupo con peróxido de hidrogeno al 35% Pola Office (SDI) (G2), 8 para grupo de peróxido de hidrogeno 40% Boost (Ultradent) (G3); posteriormente se hizo tinción con rodamina B para la aplicación en porcentaje de 0.1 mM durante una hora, se lavaron con agua destilada y se llevaron al sitio de conservación. Se hizo el análisis de topografía utilizando microscopia Confocal para determinar la presencia de cambio morfológicos y rugosidades en el esmalte a una magnificación de 10x sometiéndolos a un láser de Helio neón a 543 nm para conseguir la excitación del reactivo de tinción; posteriormente se realizó el proceso de remineralización tomando 4 muestras del G2 y 4 muestras del G3 subgrupos G2A y G3A para aplicarles remineralizante A; del mismo modo se hará con las 4 muestras restantes de G2 y G3 para conformar los subgrupos G2B y G3B con el remineralizante B, y el tiempo será dos veces diarias por siete días durante cinco minutos. Se realizará nuevamente el método de tinción antes explicada, a continuación, se hizo prueba de microscopia Confocal para identificar los cambios morfológicos posterior a la aplicación de estos agentes remineralizantes. Para el análisis de este componente se utilizó en software NIS ELEMENTS AR. ANALYSIS.

2.7.3 Tabla 1. Operacionalización de Variables

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL DE MEDICIÓN DE ESCALA	CATEGORÍA
Concentración de Peróxido	Independiente	Sustancia química acida H ₂ O ₂ , con presentación en gel , que libera oxígeno en la vía enzimática o la acción redox.	CUALITATIVA ORDINAL	35% 40%
Tiempo	Independiente	Indicado por la casa fabricante	CUANTITATIVA ORDINAL	MINUTOS
Tipo de Remineralizante	Independiente	Sustancias químicas que conforman el producto.	CUALITATIVA ORDINAL	MI PASTE Remin Pro
Microdureza	Dependiente	Capacidad que tiene un material de resistir la deformación elástica, plástica y destrucción en presencia de esfuerzos de contactos locales por otro cuerpo más fuerte.	CUANTITATIVA CONTINUA	Mega Pascales
Topografía	Dependiente	Morfología de la estructura dental, Características físicas de la superficie del esmalte Tamaño, rugosidad , disposición .	Cualitativa CONTINUA	Micras

2.8 ASPECTOS ÉTICOS

Todos los donantes fueron informados del procedimiento. Como parte de los criterios éticos establecidos por la Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC en el área de Investigación para todo uso científico de cada uno de los especímenes, a cada donante se le aplicó un formato de autorización para dicho procedimiento, esta autorización fue aceptada en términos de estado consciente y voluntario por parte del donante. El documento fue corroborado con las firmas correspondientes y documentos de identificación, ya sea por el donante o por las personas responsables, según su consideración.

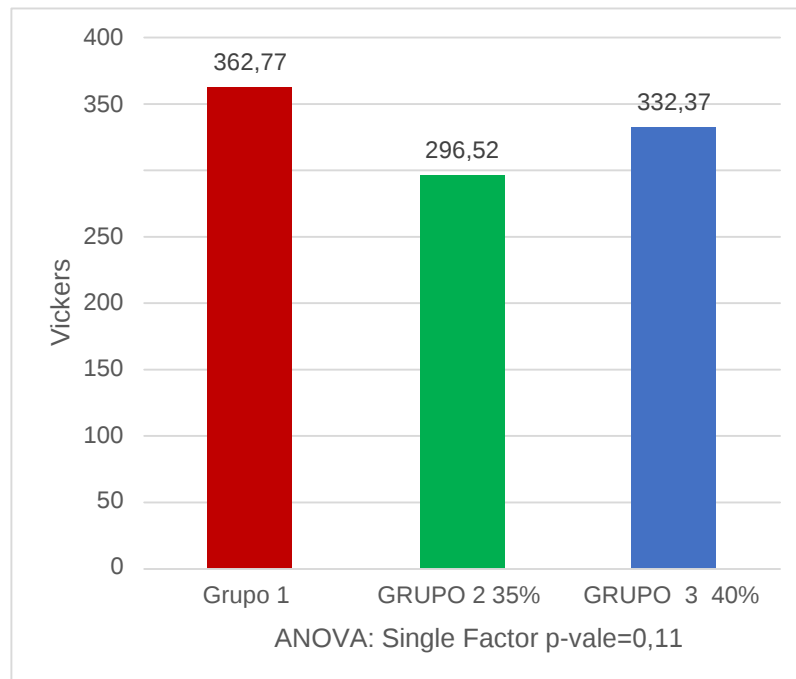
2.9 ESTADÍSTICA

Los métodos estadísticos que se manejaron según las especificaciones y requerimientos de la investigación fueron:

El análisis estadístico de resultados para microdureza del esmalte se realizó haciendo tabulaciones comparativas con el uso de: Shapiro Wilk, ANOVA, Grubbs p- y Leven'sTest; donde se realizaron múltiples comparaciones entre todos los grupos del estudio. Para el análisis estadístico de topografía del esmalte con el microscopio Confocal se utilizaron las mismas pruebas y además, Kruskal-Wallis Test.

3. RESULTADOS

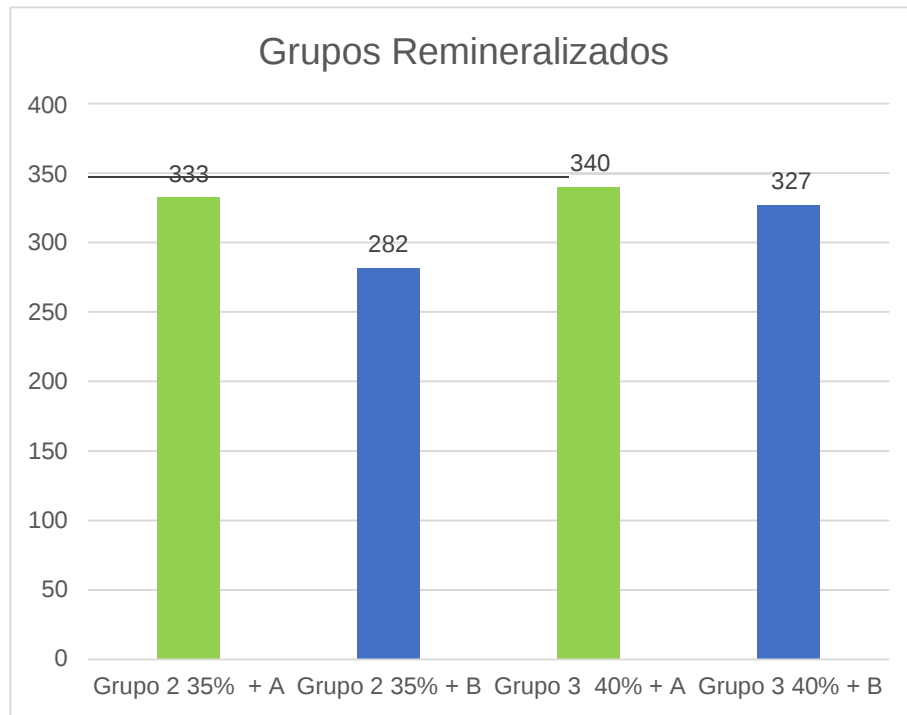
La microdureza del esmalte en el grupo control fue de 362,77; después de la aplicación de los agentes aclarantes a base de peróxido de hidrogeno al 35% y al 40% fue de 296,52 y 332,37 respectivamente, sin diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos (**Gráfica 1**).



Gráfica 1. Comparación del grupo control (G1) vs agentes aclarantes G2 al 35% y G3 al 40%.

La remineralización de las muestras para los grupos con peróxido de hidrogeno al 35% luego de ser remineralizados con CPP-ACPF (A) fue de 333 y las muestras con fluoruros, hidroxiapatita y xilitol (B) fue de 282; las muestras sometidas a peróxido de hidrogeno al 40% aplicando agente remineralizante CPP-ACP arrojó un

valor de 340, y las muestras con fluoruros, hidroxiapatita y xilitol mostraron un valor de 327, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p=0,15$). (**Grafica 2**), en la (**Tabla 2**) se encuentra el análisis estadístico de todos los grupos.



Gráfica 2. Comparación de grupos remineralizados al 35% y 40% con agentes remineralizantes A y B.

Tabla 2. Descripción estadística análisis de microdureza

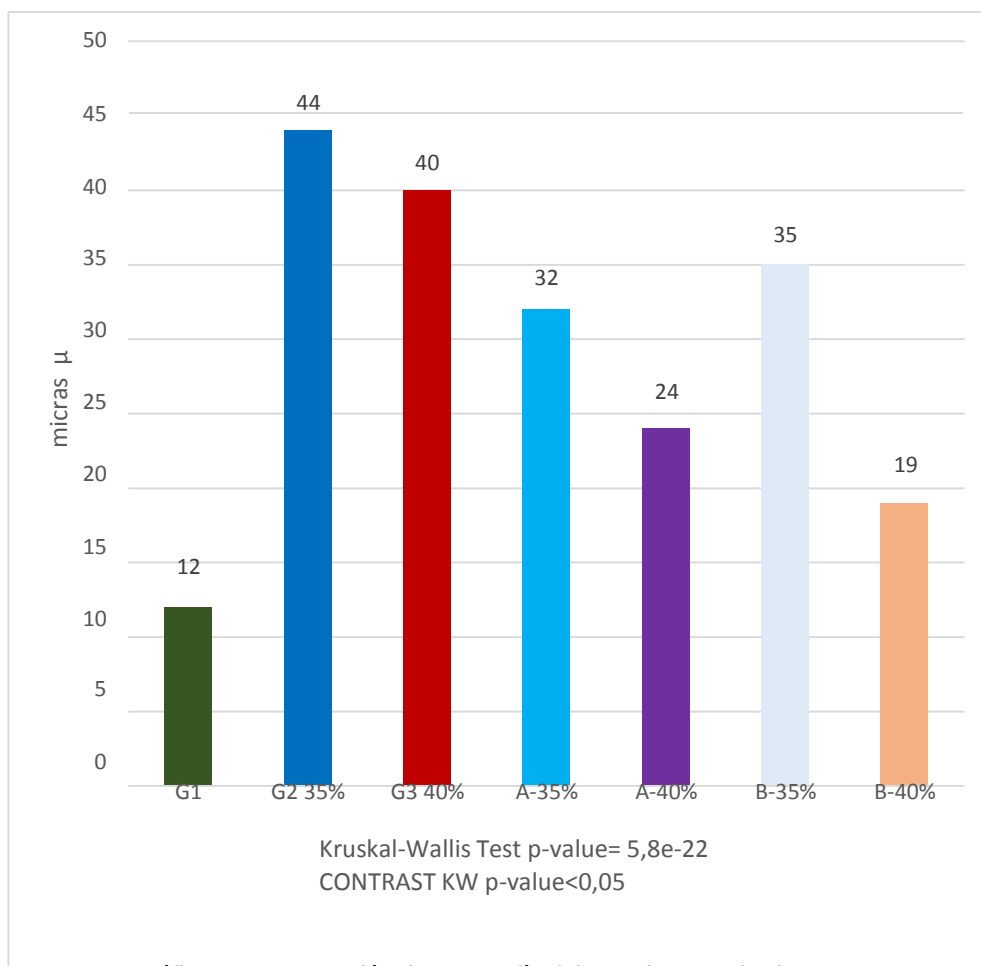
VARIABLES	n	Mean	Standard Error	Median	Shapiro-Wilk Test p-value	Grubbs p-value	Levene's Tests p-value	ANOVA: Single Factor p-value
Grupo 1 Control	10	362,770	31,056	345,550	0,333	p>0,05	3,80E-05	0,150
GRUPO 2 35%	10	296,520	12,219	309,600	0,081	p>0,05		
GRUPO 3 40%	10	332,370	16,822	318,650	0,480	p>0,05		
Grupo 2 35% + A	5	333	26,923	310,100	0,259	p>0,05		
Grupo 2 35% + B	5	282	10,005	279,150	0,632	p>0,05		
Grupo 3 40% + A	5	340	10,943	336,050	0,712	p>0,05		
Grupo 3 40% + B	5	327	4,620	326,350	0,921	p>0,05		

Por otro lado, los resultados del análisis de topografía del esmalte para el grupo control fue de 12 μ , sin embargo, el grupo de peróxido de hidrogeno al 35% obtuvo un resultado de 44 μ y luego de aplicar el remineralizante CPP-ACP (A) arrojó un valor de 32 μ respecto al grupo que contenía fluoruros, hidroxiapatita y xilitol (B) con valores de 35 μ .

Para el grupo tratado con peróxido de hidrogeno al 40% los resultados fueron de 40 μ y luego de aplicar la remineralización con CPP-ACP (A) mostró un valor de 24 μ y con contenía fluoruros, hidroxiapatita y xilitol fue de 19 μ .

Encontrando diferencia estadísticamente significativa entre los grupos tratados con peróxido de hidrogeno al 35% y 40% comparados con el grupo control (**Gráfica 3**).

Los grupos con peróxido de hidrogeno al 40% remineralizados no mostraron diferencia estadísticamente significativa comparándolos con el grupo control (**Gráfica 3**).



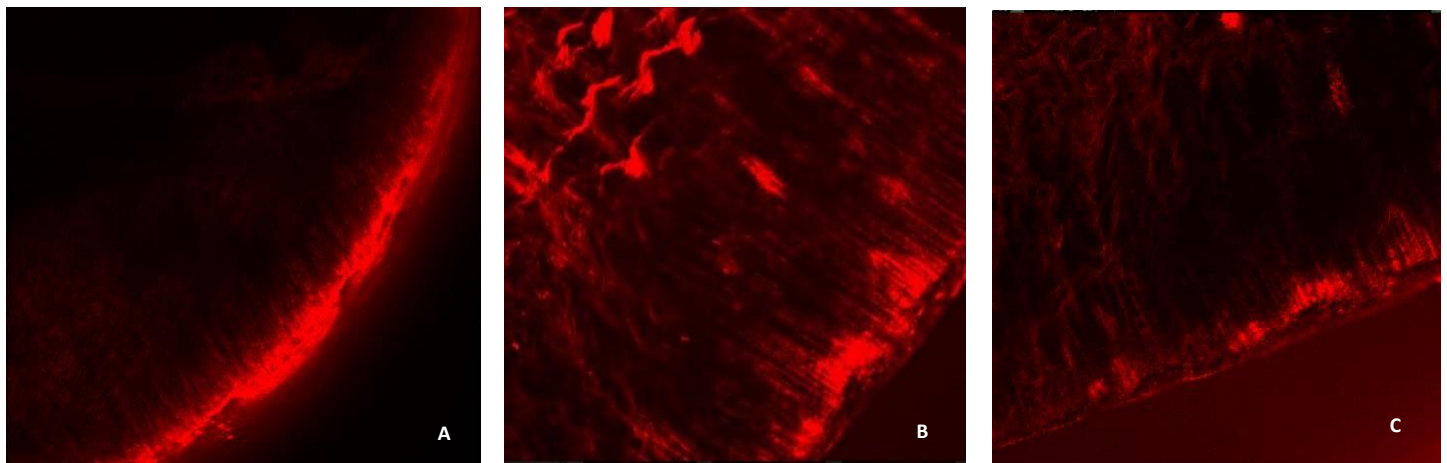
Gráfica 3. Comparación de topografía del esmalte en todos los grupos.

En la **Figura 4** se observa diferencia entre las superficies en sus diferentes etapas; esmalte intacto en la figura 4A, el cual no presenta microporosidades ni alteraciones en su superficie, sin embargo en la figura 4B del esmalte mostró microporosidades perceptibles, y en la figura 4C siendo está la remineralización de la imagen anterior se observa disminución de la cantidad de microporos y recuperación de la uniformidad en la superficie que fue tratada con peróxido de hidrogeno al 35%.

En la **Figura 5A** se observa como el peróxido de hidrogeno al 35%, muestra cambios topográficos a nivel de la superficie del esmalte y microporosidades de mayor dimensión en comparación a la **Figura 5B**, donde está muestra una mayor uniformidad o disposición de la superficie del esmalte.

En la **Figura 6** se puede observar la remineralización del esmalte posterior a la aplicación de peróxido de hidrogeno al 40% evidenciando una superficie con más microporosidades para la *Imagen 6A* en comparación a la *Imagen 6B*.

Figura 4. Comparación de grupo control y topografía después de la aplicación de peróxido de hidrogeno al 35% y posterior remineralización con CPP-ACP.



A: Grupo control, **B:** Peróxido de hidrogeno al 35%, **C:** Remineralización aclarante al 35% con CPP-ACP

Figura 5. Comparación de esmalte tratado con peróxido de hidrogeno al 35% (A) y 40% (B).

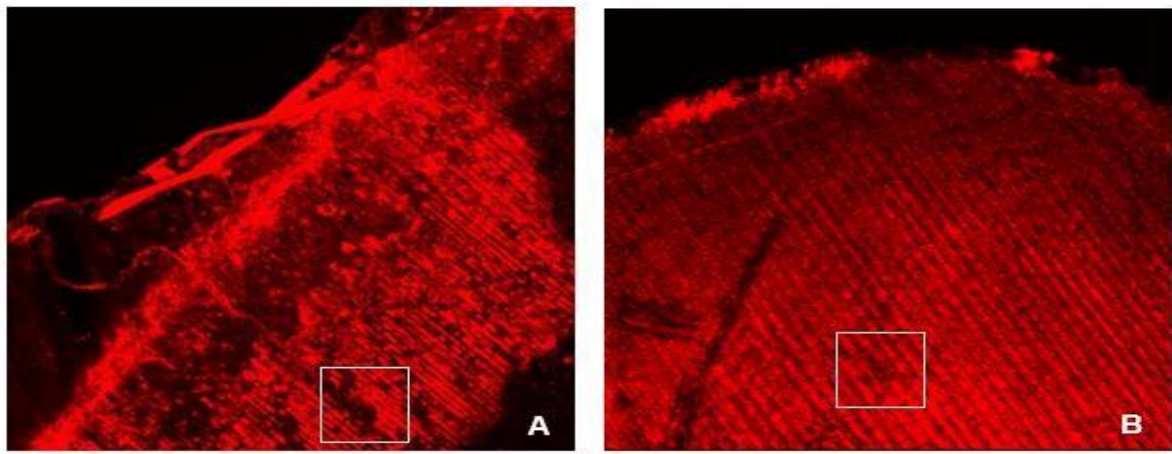
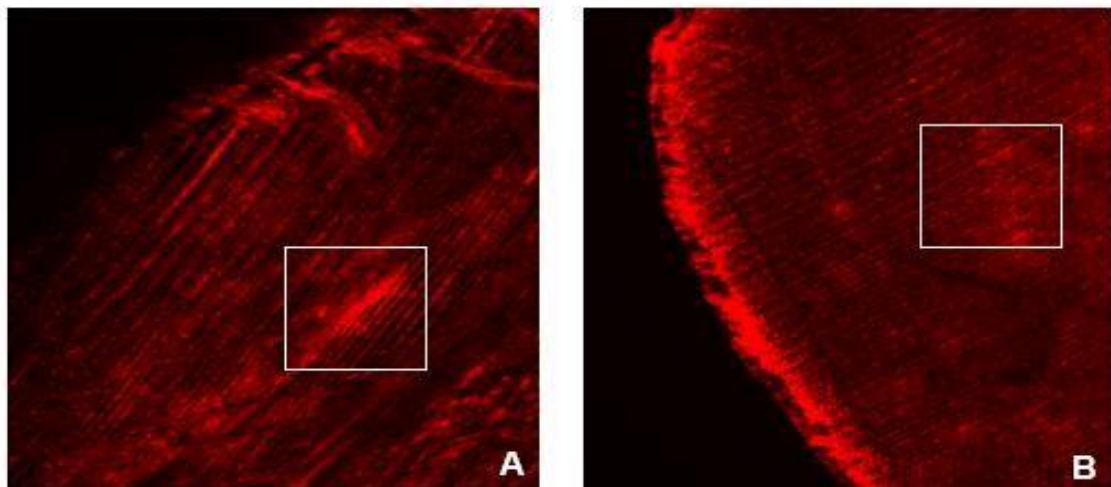


Figura 6. Comparación del esmalte tratado con peróxido de hidrogeno al 40% después de remineralización con (A) CPP-ACP y (B) fluoruros, hidroxiapatita y xilitol.



4. DISCUSIÓN

Numerosos estudios han investigado el efecto de los agentes de aclaramiento dental en las propiedades físicas de la superficie del esmalte. La desmineralización y la pérdida de calcio de la superficie del diente por lo general se producen en el tejido orgánico y cristales de Hidroxiapatita durante este tratamiento.

Los estudios han demostrado que los efectos de estos agentes dependen de su composición, concentración, tiempo de exposición, y la acidez, teniendo en cuenta esto, en el presente estudio se tomaron dos agentes aclarantes los cuales presentaron un pH neutro de esta manera se evitó alteración en los resultados; pero el peróxido de hidrogeno al 40% tiene contenido en fluoruros y nitrato de potasio donde se puede inferir por qué este grupo mostró una mejora al momento de evaluar la microdureza y la remineralización aunque no fue significativo si mostro menos perdida de las propiedades del esmalte (33). En esta investigación, se utilizó un agente aclarante que contiene 35% de peróxido de hidrógeno, y otro con una concentración de 40%, donde las dos sustancias disminuyeron la microdureza del esmalte, coincide con estudios anteriores (39)(2)(40).

Basados en los resultados de este estudio la microdureza con agente aclarante al 35% mostro una mayor perdida en comparación al peróxido al 40% después de haber hecho la aplicación según los protocolos de cada casa comercial (41).

Actualmente no hay estudios que reporten microdureza con agentes en concentraciones al 40% por lo cual se hace difícil comparar este grupo con

investigaciones pasadas; aunque en el presente estudio la microdureza fue mayor comparada con el grupo al 35% después de la desmineralización, por lo tanto hubo menor pérdida de esta propiedad del esmalte, lo cual hace interesante la investigación ya que podría brindar mejores resultados y afectar menos las propiedades del esmalte, como lo reporta Algahtani y col, en su revisión de literatura en 2014, que el daño a las propiedades físicas del esmalte es uno de los inconvenientes de los agentes aclarantes hoy en día (25).

Los fabricantes de agentes remineralizantes con compuestos de fluoruros, hidroxiapatita y xilitol y CPP-ACP (Mi Paste) no han dado instrucciones precisas sobre el período de tiempo para el uso de estos agentes. Por lo tanto, con base a algunos estudios evaluamos la remineralización por un periodo de 7 días (31).

Esfahani y col en 2015 y Kamath y col en 2013, informaron que los remineralizantes indiferentemente de su principio activo, cuando son usados a largo plazo si tiene una capacidad recuperadora en la microdureza y en la superficie del esmalte dental (42) (31). Además, reportaron que en condiciones similares CPP- ACP (MI PASTE) muestra un aumento de remineralización con respecto a productos compuesto por fluoruros, hidroxiapatita y xilitol, lo cual concuerda con lo encontrado en esta investigación al analizar microdureza tanto con peróxidos del 35% y 40%, el CPP- ACP, evidencio mejoría en la microdureza del esmalte en comparación con el otro remineralizante (42).

Otros autores como Poggio y col y Bajaj y col en 2016 también reportaron mejores efectos remineralizantes por compuestos de CPP-ACP (43) (44).

Al evaluar la duración por la que se aplicó los agentes remineralizantes que en el presente estudio fue de 2 veces diarias por 7 días, Heshmat y col en 2016 reportaron que para encontrar efectos similares en CPP-ACP y remineralizantes compuestos por fluoruros, hidroxiapatita y xilitol el uso de estos debe estar prolongado por 15, pero este mismo autor sugiere estudios que evalúen efectos remineralizantes en un tiempo menor de aplicación (33); lo cual contradice lo propuesto por Esfahani y col en el 2015 donde recomienda estudios con uso prolongado de remineralizantes superiores a un mes, ya que informa que la microdureza por la deposición de estos materiales no solo mejora el proceso de desmineralización, sino que puede dar valores más altos que el esmalte intacto (42).

Por otro lado Chokshi y col en 2016 en un estudio donde evaluaron la capacidad remineralizante de lesiones cariosas artificiales por un periodo entre 20 y 30 días, evidenciaron alto potencial de aumento tanto para agentes de CPP-ACP como para agentes de fosfatos tri-cálcico, sin evidencia de diferencia significativas lo cual concuerda con los resultados en el presente estudio, ya que al evaluar agentes remineralizantes logran mejorar la superficie del esmalte, independiente cuál de los dos tipos de remineralizante fue usado (45).

Otro aspecto a tener en cuenta fue el medio de conservación de las muestras, ya que estas se mantuvieron en agua destilada y no en saliva artificial porque en esta hay componentes que favorecen el proceso de remineralización de la estructura dental como es reportado por diversos autores, pero la finalidad de este estudio se enfocó en la observación única del efecto que tiene el CPP-ACPF, fluoruros, calcio,

fosfatos, hidroxiapatita y xilitol sin la presencia de un medio (como es la saliva), que potencialice su efecto (41)(39)(33).

En el presente estudio se logra evidenciar el aumento en la absorción del reactivo al ser evaluados con el microscopio Confocal donde se muestra un mayor tamaño de grietas subclínicas tanto en las muestras tratadas con peróxidos al 35 y 40% lo cual es un indicativo del cambio topográfico del esmalte dental y de la penetración que tiene el agente aclarante a través de los prismas del esmalte y los túbulos dentinales haciendo así más fácil la difusión del mismo, con esto la acción puede ser más rápida y eficaz pero a su vez con un efecto negativo, y es un diente más permeable con una estructura que será más predisponente a la sensibilidad dental, un efecto adverso que clínicamente supone una queja y una falta de éxito en el tratamiento, concordando así con el estudio realizado por Chan y col en 2011, aunque él informa que la recuperación no es completamente satisfactoria aún con el uso de remineralizantes posterior al aclaramiento es de resaltar que este resultado se basa en la evidencia de cambios morfológicos más no de la microdureza del esmalte (46).

La instrumentación óptica de medición de superficie de alta resolución y las técnicas de análisis de superficie optimizadas como el uso de la microscopia Confocal pueden caracterizar eficazmente la desmineralización del esmalte, en el caso del presente estudio al ser sometidos a agentes aclarantes y evidenciar cambios al momento del uso de agentes remineralizantes (47). Son necesarios más estudios sobre el análisis de la superficie del esmalte dental posterior al aclaramiento y una

remineralización usando el microscopio Confocal para aumentar la evidencia científica sobre lo asertivo que resulta este instrumento en este tipo de investigaciones (46).

Se evidencio en este estudio diferencia en los aclaramientos; aunque ambos si desmineralizan la superficie aumentando la porosidad del esmalte, en los resultados se puede apreciar que el peróxido al 40% junto con cualquiera de los remineralizantes sea CPP-ACP o hidroxiapatita con xilitol, tuvo una diferencia positiva en los resultados obtenidos por los grupos con un aclarante al 35% lo cual lleva a pensar si esto es causado por el tipo de concentración del material aclarante o por los componentes que cada casa comercial agreguen a los productos para hacerlos menos agresivos en la superficie del esmalte. Además, que se recomienda el uso de los remineralizantes por periodos más prolongados (42).

La función de estos remineralizantes va encaminada a la recuperación de la estructura del esmalte posterior al aclaramiento dental, se pueden evidenciar los cambios topográficos en el esmalte y como este se hace más permeable, observando al momento de usar los agentes remineralizantes sea A o B se logran unir a la superficie del diente creando un selle o disminuyendo la porosidad presente en esta como se observa en la imagen 6. Este mecanismo de acción es importante para que ocurra una unión entre las partículas de estos productos y la estructura inorgánica del diente reduciendo la sensibilidad (33) (42).

Aunque en la literatura se pueden encontrar numeroso estudios que hablen sobre la microdureza del esmalte antes y después del aclaramiento y su remineralización,

actualmente hay poca información sobre estudios de topografía y su análisis con microscopía Confocal lo que dificulto o limito el desarrollo de esta investigación; Además la evidencia científica aún no aportan protocolos claros y estrictos acerca de los usos de productos remineralizantes

5. CONCLUSIONES

- La microdureza no tuvo diferencias estadísticamente significativas en los diferentes grupos con peróxido de hidrogeno y los grupos remineralizados.
- El peróxido de hidrogeno al 35% produjo mayor pérdida de la microdureza del esmalte comparado con el grupo al 40%.
- CPP-ACP (MI Paste) demostró tener mejores resultados en cuanto al aumento de la microdureza posterior al aclaramiento dental al 35 y 40% superando al remineralizante con fluoruros, hidroxiapatita y xilitol (Remin Pro).
- El grupo control en el análisis topográfico comparado con los grupos tratados con peróxido de hidrogeno al 35% y 45% si mostró una diferencia estadísticamente significativa.
- Respecto a los cambios topográficos, las muestras con peróxido de hidrogeno al 40% independientemente del remineralizante utilizado, mostraron una mejor recuperación del tejido que las muestras tratadas con peróxido de hidrogeno al 35%.
- A pesar de que la topografía mostró cambios estadísticamente significativos, la microdureza no marcó diferencias estadísticas; lo que indicaría que el uso de agentes aclarantes no genera cambios en esta propiedad del esmalte.

6. RECOMENDACIONES

Se deben realizar estudios acerca de la topografía del esmalte con microscopía Confocal ya que no hay suficiente literatura ni protocolos establecidos.

Se sugiere realizar otro estudio con peróxido de hidrógeno con las mismas concentraciones 35% a 40% evaluando el resultado con respecto a cambios clínicos.

7. Bibliografía

1. Féliz L, Hernandez L, Abreu N. Dental bleaching techniques; Hydrogen - carbamide peroxides and light sources for activation, an Update. Mini Review Article. *Open Dent J* 2014; 8: 264-268.
2. Davari AR, Kazemi AR, Ataei E, Vatanpour M, Abdollahi H. Effects of bleaching and remineralising agents on the surface hardness of enamel. *J Dent Shiraz Univ Med Scien* 2012; 13(4): 156-163.
3. Heshmat H, Ganjkar, M, Jaberi S, Fard M. The effect of Remin Pro and MI Paste plus on bleached enamel surface roughness. *J Dent (Tehran)* 2014; 11: 131-136.
4. Minoux M. Serfaty R. Vital tooth bleaching: Biologic adverse effects—A review. *Quintessence Int* 2008; 39(8): 645–659.
5. Zantner C, Schwarzbach N. Neumann, K, Kielbassa A. Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures. *Dent Mater* 2007; 23: 243–250.
6. Goldberg M, Kulkarni A, Young M, Boskey A. Dentin: Structure, composition and mineralization: The role of dentin ECM in dentin formation and mineralization. *Front Biosci (Elite Ed)* 2011; 3: 711–735.
7. Borges A, Yui K, D'Avila T, Takahashi C, Torres C, Borges A. Influence of Remineralizing gels on bleached enamel microhardness in different time intervals. *Oper Dent* 2010; 35(2): 180-186.

8. Chen H, Chang C, Liu J, Chuang S, Yang J. Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties; *J Dent* 2008;36:718-725.
9. Magalhães J, Marimoto Â, Torres C, Pagani C, Teixeira S, Barcellos D. Microhardness change of enamel due to bleaching with in-office bleaching gels of different acidity. *Acta Odontol Scand* 2012; 70(2):122-126.
10. De Arruda A. Santos P, Sundfeld R, Berger S, Briso A. Effect of hydrogen peroxide at 35% on the morphology of enamel and interference in the de-mineralization process: an in situ study. *Oper Dent* 2012; 37(5): 518-525.
11. Priya S, Higuchi A, Fanas S, Ling M, Neela V, Sunil P, Kumar S. Odontogenic epithelial stem cells: hidden sources. *Laboratory Investigation* 2015; 00: 1-9.
12. Brook A. Jernvall J. Smith R. Hughes T. Townsend G. The dentition: the outcomes of morphogenesis leading to variations of tooth number, size and shape. *Aust Dent J* 2014; 59 :(1): 131–142.
13. Vaysse F. Bah A. Kemoun P. Cousty S. Dental developmental biology. *Archives de Pédiatrie* 2015; 22(5):149–150.
14. Arsecularatne J. Hoffman M. An in vitro study of the microstructure, composition and nanoindentation mechanical properties of remineralizing human dental enamel. *J. Phys* 2014; 47(13):1-12.
15. Yahyazadehfar M. Zhang D. Arola D. On the importance of aging to the crack growth resistance of human enamel. *Acta Biomaterialia* 2016; 32: 264–274.
16. Zheng L, Ehardt, L, McAlpin B, About I. Kim D, Papagerakis S, Papagerakis P. The tick tock of odontogenesis. *Exp. Cell. Res* 2014; 325(2):83 – 89.

17. Elfallah H. Bertassoni L. Charadram N. Rathsam C. Swain M. Effect of tooth bleaching agents on protein content and mechanical properties of dental enamel. *Acta Biomaterialia* 2015; 20: 120–128.
18. Huang G. Dental pulp and dentin tissue engineering and regeneration – advancement and challenge. *Frontiers in bioscience (Elite edition)* 2011; 3: 788 - 800.
19. Kinney S. Marshall S, Marshall G. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med* 2003;14(1):13-29
20. Demarco F, Conde M, Cavalcanti M, Casagrande I, Sakai V, Jenör T. Dental pulp tissue engineering. *Braz Dent J* 2011; 22 (1): 3-14.
21. Macpherson B, Tieman J. Oral histology a digital laboratory and atlas. edición (2) 2006.
22. Leal A. Paula A. Ramalho A. Esteves M. Ferreira M. Carrilho E. Roughness and microhardness of composites after different bleaching techniques. *J Appl Biomater Funct Mater* 2015; 13(4): 381 - e388.
23. Dhillon J. Narula N. Kansal N. Kaur A. Tooth Whitening - A Review. *Indian J Dent Sci* 2011; 13(5):96-101.
24. Li Y. Greenwall I. Safety issues of tooth whitening using peroxide-based materials. *Br Dent J* 2013; 215 (1): 29-34.
25. Alqahtani M. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dent J* 2014; 26(2): 33–46.

26. Kwon S, Wertz P. Review of the mechanism of tooth whitening. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27: 240 – 257.
27. Azrak B, Callaway A, Kurth P, Willershausen B. Influence of bleaching agents on surface roughness of sound or eroded dental enamel specimens. *J Esthet Restor Dent* 2010; 22(6):391-9.
28. Carey C. Tooth Whitening: What We Now Know. *J Evid Based Dent Pract* 2014; 14(1): 70–76.
29. Cochrane N, Cai F, Huq N, Burrow M, Reynolds E. New approaches to enhance demineralization of tooth enamel. *J Dent Res* 2010; 89(11):1187-1197.
30. Jayarajan J, Janardhanam P, Jayakumar P; Deepika. Efficacy of CPP-ACP and CPPACPF on enamel remineralization - an in vitro study using scanning electron microscope dent. *Indian J Dent Res* 2011; 22(1):77-82.
31. Kamath U. Sheth H. Mullur D. Soubhagy M. The effect of Remin Pro on bleached enamel hardness: An *in-vitro* study. *Indian J Dent Res* 2013; 24(6):690-693.
32. Pulido M, Wefel J, Hernandez M, Denehy G, Guzman S, Chalmers J, Qian F. The inhibitory effect of MI paste, fluoride and a combination of both on the progression of artificial caries-like lesions in enamel. *Oper Dent* 2008; 33(5):550-555.
33. Heshmat H , Ganjkar M , Miri Y , Javad M. The effect of two remineralizing agents and natural saliva on bleached enamel hardness. *Dent Res J* 2016. 13(1):52-57.

34. Khoroushi M, Shirban F, Doustfateme S, Kaveh S. Effect of three nanobiomaterials on the surface roughness of bleached enamel. *Contemp Clin Dent* 2015;6:466-470
35. Reynolds E. Calcium phosphate-based remineralization systems: Scientific evidence?. *Aust Dent J* 2008; 53 (3):268-73.
36. Mondelli R, Gabriel T, Rizzante F, Magalhães A, Bombonatti J, Ishikiriama S. Do different bleaching protocols affect the enamel microhardness? *Eur J Dent* 2015; 9(1): 25-29.
37. Kent Warner. DuroMatters basic durometer testing information. 2011
38. Makkar S, Aggarwal N, Vasishtv R, Aggarwal R, Kaur H. Role of Confocal Microscopy in Dentistry. *Indian J Stomatol* 2015; 6 (2):50-54.
39. Borges A, Guimarães A, Bresciani E, Ramos C, Borges A L, Rocha G. Effect of incorporation of remineralizing agents into bleaching gels on the microhardness of bovine enamel in situ. *J Contemp Dent Prac* 2014; 15 (2): 195-201.
40. Magalhães J, Marimoto Â, Torres C, Pagani C, Teixeira S, Barcellos D. Microhardness change of enamel due to bleaching with in-office bleaching gels of different acidity. *Acta Odontol Scand* 2012; 70(2):122-126.
41. Da Costa Soares M, Araújo NC, Borges BC, Sales W S, Sobral AP. Impact of remineralizing agents on enamel microhardness recovery after in-office tooth bleaching therapies. . Impact of remineralizing agents on enamel microhardness recovery after in-office tooth bleaching therapies *Acta Odontol Scand* 2013; 71 (2):343–348

42. Esfahani K, Mazaheri S, Pishavar L. Effects of Treatment with Various Remineralizing Agents on the Microhardness of Demineralized Enamel Surface. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospect* 2015; 9(4):239-245
43. Poggio C, Grasso N, Ceci M, Beltrami R, Colombo M, Chiesa M. Ultrastructural Evaluation of Enamel Surface Morphology After Tooth Bleaching Followed by the Application of Protective Pastes. *SCANNING* 2016; 38: 221–226.
44. Bajaj M, Poornima P, Praveen S, Nagaveni N, Roopa K, Neena I, Bharath K. Comparison of CPP-ACP, Tri-Calcium Phosphate and Hydroxyapatite on Remineralization of Artificial Caries Like Lesions on Primary Enamel -An in vitro Study. *J Clin Pediatr Dent* 2016; 40 (5): 404-409.
45. Chokshi K, Chokshi A, Konde S, Shetty S, Chandra K, Jana S, Thakur S. An in vitro Comparative Evaluation of Three Remineralizing Agents using Confocal Microscopy. *J Clin Diagn Res* 2016; 10(6): 39-42
46. Chan D, Browning W, Kwok-Hung Chung A, Kwon S. Confocal microscopy investigation of enamel subsurface structure following bleaching. *Cosmetic Dentistry* 2011; 22-25
47. Austin R, Giusca C, Macaulay G, Moazzez R, Bartlett D. Confocal laser scanning microscopy and area-scale analysis used to quantify enamel surface textural changes from citric acid demineralization and salivary remineralization in vitro. *Dent Mater* 2016; 32(2): 278-284.

