

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGIA



TRABAJO DE TESIS DOCTORAL

**EFFECTO DEL FLUORURO DE SODIO AL 2% EN LA REMINERALIZACIÓN
DEL ESMALTE DESPUÉS DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL
CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 38%.**

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor, por:

ROBERTO MÉNDEZ MAYA

DIRECTORES DE TESIS:

DR. RAFAEL LLAMAS CADAVAL

DRA. AMPARO JIMÉNEZ PLANAS

Tampico Tamaulipas, Febrero, 2015

D. RAFAEL LLAMAS CADAVAL Y D^a. AMPARO JIMÉNEZ PLANAS, DOCTORES EN MEDICINA Y CIRUGÍA Y PROFESORES TITULARES DE UNIVERSIDAD, ADSCRITOS AL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA,

CERTIFICAN QUE: D. Roberto Méndez Maya ha realizado bajo nuestra dirección los trabajos de investigación del proyecto de Tesis Doctoral titulado:“EFECTO DEL FLUORURO DE SODIO AL 2% EN LA REMINERALIZACIÓN DEL ESMALTE DESPUÉS DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 38%”.

Sevilla, 7 deFebrerode 2015.

Dr. Rafael Llamas Cadaval

Dra. Amparo Jiménez Planas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis Directores de Tesis; Dr. Rafael Llamas Cadaval y Dra. Amparo Jiménez Planas, por su apoyo y orientación que me brindaron incondicionalmente para la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mis compañeros profesores Dr. Héctor Téllez Jiménez, Dra. Violeta Cecilia Tinoco Cabriales y Dr. Rogelio Oliver Parra por su ayuda para culminar la presente Tesis.

Al Dr. Luis Vidal Ponce Cabrera y Dra. Teresa Flores Reyes, por estar en todo momento apoyando con sus conocimientos y su grandiosa ayuda con el equipo de medición (LIBS) usado en el estudio.

Agradecimientos para el Ing. Jorge Humberto Luna Domínguez por su gran aportación en la asesoría estadística de este proyecto.

Gracias Dr. Jorge Humberto Luna Lara por brindarme la oportunidad de estar dentro del grupo de profesores de inicio en el Doctorado, por su apoyo incondicional y ser un ejemplo de esfuerzo y dedicación en su trabajo además de ser un gran motivador para alcanzar siempre los triunfos propuestos en la vida.

Desearía no dejar fuera de este apartado a todo profesor y/o persona que en algún momento apoyo en esta investigación.

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de continuar superándome profesionalmente y lograr un sueño más en mi vida.

A mis padres, papá Gero (finado) y mamá Pola por sus grandes sacrificios que hicieron en su vida apoyándome para continuar superándome.

A mi esposa Adriana por apoyarme en todo momento durante esta etapa, sacrificando muchas cosas personales para continuar adelante y que gracias a tu aliento se pudo terminar este proyecto.

A mi hijo Ricardo quien eres nuestra felicidad y motivación en la vida.

ÍNDICE

I.INTRODUCCIÓN.....	10
A) ESTRUCTURA DEL ESMALTE.....	13
1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ESMALTE.....	14
2. VARILLAS DEL ESMALTE.....	15
3. INTERRELACIONES DE LAS VARILLAS.....	16
4. ESTRÍAS DE RETZIUS.....	17
5. ESTRÍAS TRANSVERSALES.....	18
6. BANDAS DE HUNTER-SCHREGER.....	18
7. ESMALTE NUDOSO.....	19
8. PENACHOS Y LAMINILLAS DEL ESMALTE.....	19
9. LÍMITE AMELODENTINARIO.....	20
10. SUPERFICIE DEL ESMALTE.....	20
B) COMPLETO DENTINO-PULPAR.....	22
1. PULPA DENTAL.....	22
2. DENTINA.....	24
C) ALTERACIONES CROMÁTICAS EN LA ESTRUCTURA DENTAL.....	33
D) BLANQUEAMIENTO DENTAL.....	34
1. BLANQUEAMIENTO EN DIENTES VITALES.....	35
2. BLANQUEAMIENTO EN DIENTES NO VITALES.....	37
3. BIOLOGÍA DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL.....	38
4. MECANISMO DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL.....	40
5. CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DENTAL OCASIONADOS POR EL BLANQUEAMIENTO.....	43
E) DESMINERALIZACIÓN- REMINERALIZACIÓN DEL ESMALTE DENTAL.....	48
1. DESMINERALIZACIÓN.....	49

Página	
2. REMINERALIZACIÓN.....	49
F) EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	61
1. ESPECTROSCOPIA DE PLASMA INDUCIDO POR LÁSER.....	62
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	68
III. HIPÓTESIS.....	71
A) HIPÓTESIS DEL ESTUDIO.....	72
B) HIPÓTESIS NULA.....	72
IV. JUSTIFICACIÓN.....	73
V. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	76
A) OBJETIVO GENERAL.....	77
B) OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	77
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	79
A) DISEÑO DEL ESTUDIO.....	80
1. POBLACIÓN DEL ESTUDIO.....	80
B) MUESTRA.....	80
1. TIPO DE MUESTREO.....	80
2. TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	81
3. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	81
C) VARIABLES DEL ESTUDIO.....	83
1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	83
2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	84
D) LÍMITES DEL ESTUDIO.....	85
E) PROCEDIMIENTO.....	85
1. ETAPA 1. SECCIONADO DE LOS DIENTES.....	85
2. ETAPA 2. FABRICACIÓN DE ESPECÍMENES.....	92
3. ETAPA 3. APLICACIÓN DEL AGENTE BLANQUEADOR.....	99

F) PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	105
VII. RESULTADOS.....	107
A) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL ANTES DEL BLANQUEAMIENTO.....	111
B) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL INMEDIATAMENTE DESPUES DEL BLANQUEAMIENTO.....	112
C) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL 24 HORAS DESPUES DEL BLANQUEAMIENTO.....	114
D) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL 7 DÍAS DESPUES DEL BLANQUEAMIENTO.....	116
E) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL 14 DÍAS DESPUES DEL BLANQUEAMIENTO.....	117
F) ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS SEGÚN LOS DIFERENTES GRUPOS DE INVESTIGACIÓN.....	119
VIII. DISCUSIÓN.....	125
A) EFECTO DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO SOBRE EL ESMALTE.....	126
B) EVALUACIÓN DEL CONTENIDO MINERAL (LIBS).....	128
C) AGENTES BLANQUEADORES CON DESENSIBILIZANTES.....	130
IX. CONCLUSIONES.....	133
X. BIBLIOGRAFÍA.....	135

I. INTRODUCCIÓN

La evolución de la tecnología en el área odontológica ofrece innovadores métodos y técnicas para el mantenimiento integral y la salud de la estructura dental y el periodonto.⁽¹⁾ Nuestra sociedad se encuentra inmersa en un creciente proceso a la estética dental que demanda tratamientos odontológicos, que además de rehabilitar morfo-funcionalmente al diente le devuelvan su aspecto funcional.⁽²⁾ Las disciplinas odontológicas estéticas intentan satisfacer estos requisitos, entre las que destacan el blanqueamiento dental, por tratarse de un tratamiento que puede conseguir resultados satisfactorios tanto para el paciente, como para el dentista en un tiempo prudente y con seguridad.^(3,4) Gran proporción de pacientes que se atienden en la clínica dental necesitan atención dental para mejorar su sonrisa, por lo que varios tipos de tratamientos son utilizados con este propósito, como son: los ortodóncicos, conservadores, protésicos, etc. Desde luego, de los tratamientos que presenta un gran impacto y altas expectativas en años recientes es el blanqueamiento dental. ⁽⁴⁾

Uno de los posibles efectos al tejido dental que concierne a los tratamientos con agentes blanqueadores es particularmente al esmalte que es la primera estructura en estar en contacto con él.⁽⁵⁻⁷⁾ El blanqueamiento dental que a pesar de ser conservador y generalmente dar resultados satisfactorios, presenta una serie de riesgos dentro de los cuales los más comunes son: la sensibilidad dentaria postoperatoria y la longevidad de los resultados. Estos factores deben ser considerados al momento de realizar el blanqueamiento, de manera tal de informar y prevenir a los pacientes de los síntomas que se puedan presentar sobretodo en la fase inicial del tratamiento. Los materiales como el Peróxido de Hidrógeno en diferentes concentraciones, Perborato de

Sodio y Peróxido de Carbamida, son los agentes blanqueadores utilizados más comúnmente para este procedimiento. ⁽⁸⁾

Además de porosidades e irregularidades en el esmalte por efecto del Peróxido de Hidrógeno, Tezel y Cols. ⁽⁹⁾ indican que esto es causado por una desmineralización a consecuencia de pérdida de iones calcio sobre la estructura dental y como resultado de las concentraciones al 35% y 38% usadas de éste mismo agente. Los estudios revisados indican que el Peróxido contenido en los productos de blanqueamientos es seguro y efectivo cuando son usados bajo supervisión del dentista. La técnica en la práctica odontológica no debería ser utilizada por quienes no son profesionales dentales. Por seguridad al público no deberían venderse los productos de blanqueamiento sin estar bien ensayados experimentalmente. Por otro lado pacientes y odontólogos deberán considerar lo siguiente:

- Los productos varían en la formulación, concentración, dosis y el método de tratamiento.
- Para maximizar los beneficios y minimizar los riesgos, los pacientes deberían buscar una guía profesional, para determinar si el blanqueamiento es adecuado para su condición específica.
- Los efectos colaterales más comunes del blanqueamiento dental son la sensibilidad dental transitoria y la irritación en tejidos blandos durante o inmediatamente después del tratamiento.
- Los productos con Peróxido de Hidrógeno en altas concentraciones no deben utilizarse sin protección gingival.

- Para el tratamiento de blanqueamiento casero con guarda oclusal se prefiere el uso de Peróxido de Hidrógeno/Carbamida en bajas cantidades, lo cual es facilitado mediante el uso de cucharillas preformadas las cuales reducen la cantidad utilizada y la ingerida.
- La activación de los agentes blanqueadores mediante calor, luz o láser es controvertida y los dentistas deben continuar revisando la base de la evidencia en estos procedimientos ya que ellos podrían tener un efecto adverso en el tejido pulpar.
- Los efectos a largo plazo en altas concentraciones (más de 6% de Peróxido de Hidrógeno o su equivalente) de los agentes de blanqueamiento, no son comprendidos completamente en la pulpa dental, dentina, esmalte y tejidos blandos bucales, ya que ellos tienen el potencial de provocar daño y deberían ser utilizados con precaución y solamente por el cirujano dentista. ⁽¹⁰⁾

A) ESTRUCTURA DEL ESMALTE

El esmalte es el tejido más mineralizado que se conoce, consta de un 96% de mineral y un 4% de material orgánico y agua. El contenido inorgánico del esmalte es un fosfato cristalino conocido como hidroxiapatita, que también se encuentra en el hueso, cartílago calcificado, dentina y en el cemento. Varios iones, como el estroncio, el magnesio, el plomo y el flúor, si están presentes durante la formación del esmalte, pueden ser incorporados dentro de él, o absorbidos por los cristales de hidroxiapatita. Aunque casi todo el volumen del esmalte se encuentra ocupado por cristales de hidroxiapatita densamente

empaquetados, hay una red delicada de material orgánico que se ubica entre los cristales, el cual es de naturaleza proteica y contiene algo de material polisacárido. Las proteínas de alto peso molecular conocidas como enamelinas persisten en el esmalte maduro y se hallan estrechamente unidas a las superficies de los cristales de apatita, ocupando todo el espacio existente entre ellos. ⁽¹¹⁾

1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ESMALTE

Debido a su alto contenido mineral, el esmalte es bastante duro, lo que le permite soportar las fuerzas mecánicas aplicadas durante su funcionamiento, siendo esta dureza la que hace que el esmalte sea frágil y que se necesite una capa subyacente de dentina más elástica, para que permanezca su integridad.⁽¹¹⁾

El esmalte es transparente y cambia su color de amarillo claro a blanco grisáceo y su espesor, es variable desde un máximo de aproximadamente 2.5 mm en las cúspides y bordes incisales al grosor de una pluma a nivel del borde cervical; esta variación de espesor influye en el color del esmalte a medida que la dentina amarilla subyacente se empieza a ver a través de las regiones más delgadas.⁽¹¹⁾

Debido a su naturaleza cristalina la estructura del esmalte es extremadamente difícil de estudiar y como es retenido en cortes preparados por desgaste, se lo puede estudiar con el microscopio óptico por medio de la

luz transmitida y el microscopio electrónico de barrido, donde tales cortes muestran que la estructura básica del esmalte es un prisma, bastón o varilla.

(11)

2. VARILLAS DEL ESMALTE

El esmalte es una masa muy empaquetada de cristales de apatita, sus características estructurales son el resultado de un patrón altamente organizado de orientación cristalina, son de forma cilíndrica está compuesta por cristales que poseen sus ejes mayores paralelos a su eje longitudinal sin embargo, hay cristales más distantes del eje central, que se inclinan lateralmente en grado sumo a medida que se aproximan al límite de las varillas.⁽¹¹⁾

Los cristales siguen un patrón concluyente desde el eje central de la varilla, continuando con su inclinación lateral hasta que se ubican perpendicularmente respecto a la varilla en la región inter-varillar asociada donde la unidad básica del esmalte se describe mejor como una varilla de forma cilíndrica.⁽¹¹⁾

Las vainas de las varillas se forman a lo largo de la interface existente entre los grupos de cristales que presentan angulaciones marcadamente diferentes, estas vainas contienen más proteína del esmalte que otras regiones debido a la interface creada entre los cristales que se enfrentan en ángulos diferentes; las varillas tienen un ancho promedio de alrededor de $5\mu\text{m}$, pero hay variaciones en el espesor del esmalte, de modo que en los primeros $5\mu\text{m}$ del

esmalte próximos a la dentina, no hay estructura varillar. Cuando las varillas recién formadas tienen $3\mu\text{m}$ de ancho y están ampliamente separadas entre sí, estas aumentan gradualmente de ancho hasta llegar a $6\mu\text{m}$ a expensas de la sustancia inter-varillar a medida que atraviesa el esmalte y a nivel de la superficie adamantina su estructura es irregular e inexistente.⁽¹¹⁾

Cada ameloblasto es primariamente responsable de la formación de la varilla además, una porción de la región inter-varillar que rodea una varilla en particular, está formada por el mismo ameloblasto. Es claro que los procesos de Tomes son esenciales para la orientación de los cristales y por lo tanto para la formación de las varillas. El esmalte adyacente a la superficie de la dentina se forma antes de que exista el proceso de Tomes y por lo tanto carece de estructura varillar, dado que todos los cristales se alinean uniformemente, casi perpendiculares a la dentina. El esmalte carente de varillas o aprismático se ubica en los $30\mu\text{m}$ más externos del esmalte de todos los dientes primarios y en el tercio gingival del esmalte de los dientes permanentes.⁽¹¹⁾

3. INTERRELACIONES DE LAS VARILLAS

Las varillas tienden a mantenerse en hileras dispuestas circunferencialmente alrededor del eje mayor del diente donde las varillas de cada hilera corren en una dirección generalmente perpendicular a la superficie del diente, con una ligera inclinación hacia la cúspide a medida que se dirigen hacia la superficie externa. Cerca del extremo de las cúspides las hileras tienen un radio pequeño y las varillas en dirección más vertical. En el esmalte cervical,

las hileras de los varillas corren principalmente en dirección horizontal; sólo unas pequeñas hileras se inclinan apicalmente. La disposición de las hileras de los varillas posee importancia clínica, porque el esmalte se fractura entre hileras adyacentes.⁽¹¹⁾

Sobrepuesta a esta disposición de las hileras, se hallan otros dos patrones que complican la estructura del esmalte. Primero, cada varilla, a medida que corre hacia la superficie, tiene un transcurso ondulante doblándose a la derecha y a la izquierda en el plano transversal del diente (excepto en el esmalte cervical) y arriba y abajo en el plano vertical. Segundo, aunque las varillas en una hilera corren en direcciones similares, hay un cambio de dirección de alrededor de 2° entre hileras sucesivas. ⁽¹¹⁾

4. ESTRÍAS DE RETZIUS

Son líneas de crecimiento incremental y en un corte longitudinal se ven como series de bandas oscuras, que reflejan los sucesivos frentes en la formación del esmalte; en el corte transversal se ven como anillos concéntricos, los cuales son prominentes en la mayor parte de los dientes humanos permanentes, menos prominentes en el esmalte posnatal y raros en el esmalte prenatal. Perturbaciones sistémicas tales como fiebres, que afectan la amelogenénesis producen líneas incrementales acentuadas. Los patrones similares de líneas incrementales se encuentran en diferentes dientes del mismo individuo.⁽¹¹⁾

5. ESTRÍAS TRANSVERSALES

El esmalte humano se forma a una velocidad de aproximadamente $4\mu\text{m}$ por día y los cortes de desgaste del esmalte revelan lo que parecen ser bandas periódicas o estriaciones transversales que se verifican a intervalos de $4\mu\text{m}$; la microscopía electrónica de barrido revela constricciones alternadas y expansiones de las varillas en algunas regiones del esmalte, las que pueden explicar este aspecto bandeado en los cortes por desgaste.⁽¹¹⁾

Por otra parte, la aparición de estriaciones transversales podría resultar también de interrelaciones estructurales entre grupos de varillas más que de la modificación de una sola, por eso lo que puede parecer estriaciones transversales de varilla cortadas longitudinalmente, son muchas veces grupos de ellas cortadas oblicuamente.⁽¹¹⁾

6. BANDAS DE HUNTER-SCHREGER

Son un fenómeno óptico ocasionado únicamente por cambios en la dirección de las varillas, las cuales se ven más claramente en cortes longitudinales por desgaste observados con luz reflejada y se encuentran en los cuatro quintos internos del esmalte y aparecen como bandas alternadamente claras y oscuras que pueden revertirse mediante la alteración de la dirección de la iluminación incidente.⁽¹¹⁾

7. ESMALTE NUDOSO

A nivel de las cúspides y bordes incisales de los dientes, las varillas aparecen como entrelazándose en una disposición aparentemente compleja conocida como esmalte nudoso. Las varillas se disponen en anillos concéntricos alrededor del eje longitudinal del diente y dentro de cada anillo las varillas se disponen como ondulando hacia atrás y hacia adelante.⁽¹¹⁾

8. PENACHOS Y LAMINILLAS DEL ESMALTE

Pueden compararse con las fallas geológicas y se ven mejor en cortes transversales de esmalte, dichos penachos del esmalte o de Linderer, se proyectan en el esmalte por una corta distancia desde la unión amelo-dentinaria y son hipomineralizados y aparentan ser ramificados conteniendo mayores concentraciones de proteína del esmalte que el resto de éste. Las laminillas se extienden en profundidades variables desde la superficie del esmalte y corresponden a defectos lineales de orientación longitudinal llenos de proteínas del esmalte o de desechos orgánicos de la cavidad bucal.⁽¹¹⁾

Los penachos y laminillas se demuestran usualmente en los cortes por desgaste, y que pueden ser mostrados en cortes cuidadosamente desmineralizados del esmalte, debido a su mayor contenido de proteínas. La proteína de los penachos es una variedad de alto peso molecular, similar a la enamulina. Una diferente relación del esmalte varillar y de la zona inter-varillar crea los planos menos mineralizados y debilitados, mientras que la falla de

bloques de esmalte se produce para aliviar las tensiones internas producidas por cambios dimensionales a medida que madura el tejido, cuando hay una falla, ésta bloquea la salida normal de la proteína del esmalte ocasionando de esta manera, el mayor contenido orgánico de penachos y laminillas estos, no tienen importancia clínica y no parecen ser sitios de vulnerabilidad aumentada al ataque de las caries.⁽¹¹⁾

9. LÍMITE AMELODENTINARIO

La unión entre el esmalte y la dentina se establece a medida que estos dos tejidos duros se forman y se le ve como un perfil ondulante o festoneado en los cortes por desgaste, en el microscopio electrónico de barrido se muestra como una serie de surcos que aumentan la superficie y probablemente también la adhesión entre el esmalte y la dentina.⁽¹¹⁾

10. SUPERFICIE DEL ESMALTE

La superficie del esmalte se caracteriza por varias formaciones, una de éstas constituye las estrías de Retzius y se extienden a menudo desde el límite amelodentinario hasta la superficie externa del esmalte, donde las estrías encuentran la superficie y forman valles poco profundos conocidos como periquimatías, estos corren linealmente en un plano horizontal en la superficie coronaria. Además, las laminillas o fracturas del esmalte aparecen como líneas melladas en varias regiones de la superficie dentaria. El microscopio electrónico muestra que la estructura superficial del esmalte varía con la edad,

en los dientes aún no erupcionados, la superficie adamantina muestra una cutícula amorfa de unos 0.5 a 1.5 μ m de espesor e inmediatamente por debajo de la cutícula hay una capa de cristalitas pequeños, empaquetados, de unos 5 nanómetros de espesor, con material cuticular entre ellos; entremezclados y sobre esta capa de cristalitas hay grandes cristales aplanados distribuidos al azar. La capa de cristalitas finos penetra en la zona sub-superficial del esmalte, donde los cristalitas se hallan densamente empaquetados y su tamaño es del orden de los 50 nanómetros.⁽¹¹⁾

En los dientes erupcionados la capa sub-superficial forma la superficie adamantina, indicando que la cutícula primaria y la capa superficial de cristalitas pequeños se pierden rápidamente por abrasión, atrición y erosión, otros cambios que ocurren en el esmalte con la edad son cambios de color, cambios en la permeabilidad y cambios en la naturaleza de su capa superficial. El color de los dientes se hace más oscuro con la edad, si esto es causado por un cambio en la estructura del esmalte es un tema aún sujeto a discusión y mientras que éste oscurecimiento podría deberse al agregado en el esmalte de material orgánico proveniente del medio y también podría lograrse por una intensificación del color de la dentina, que se ve a través del esmalte translúcido y adelgazado. ⁽¹¹⁾

No hay duda de que el esmalte se hace menos permeable con la edad, el esmalte joven se comporta como una membrana semipermeable, permitiendo el lento pasaje de agua y sustancias de pequeño peso molecular a través de los poros que existen entre los cristales. Con la edad, los poros

disminuyen y los cristales adquieren más iones y aumentan de tamaño. Debido a que la mayor parte del agua se ubica en los poros, se cree que el contenido acuoso del esmalte también disminuye con la edad. La capa superficial del esmalte dicta la mayoría de los cambios que ocurren dentro de las profundidades del esmalte y con la edad, la composición de la capa superficial cambia a medida que se verifica el intercambio iónico con el medio bucal. Si el ion flúor se incorpora o es absorbido por el cristal de hidroxiapatita, el cristal se hace más resistente a la disolución efectuada por los ácidos, lo cual explica en parte, el papel del flúor en las caries y su prevención. Está bien establecido que la presencia del ion flúor aumenta las reacciones químicas que originan la precipitación del fosfato de calcio, puesto que hay un equilibrio entre los iones de calcio y los iones de fósforo en la fase en solución (saliva) y la fase sólida (esmalte) en la cavidad bucal. Cuando una región localizada de esmalte ha perdido mineral (tal como en la lesión de mancha blanca), puede remineralizarse si el agente destructor, la placa dental, se remueve y la reacción de remineralización estará muy aumentada por la presencia del flúor.⁽¹¹⁾

B) COMPLEJO DENTINO-PULPAR

1. PULPA DENTAL

La pulpa dentaria forma parte del complejo dentino-pulpar, que tiene su origen embriológico en la papila dental, el tejido pulpar y dentario conforman estructural, embriológica y funcionalmente una verdadera unidad biológica

conocida como complejo dentino-pulpar. La pulpa está formada por un 75% de agua y un 25% de materia orgánica, estando ésta última constituida por células y matriz extracelular representada por fibras y sustancia fundamental.⁽¹²⁾

a) Zonas topográficas de la pulpa

Por la disposición de sus componentes estructurales, existen en la pulpa cuatro regiones diferentes, desde el punto de vista histológico. Las zonas identificadas desde la pre-dentina (dentina sin mineralizar) hacia la pulpa son: 1. Zona dentinoblástica. 2. Zona sub-dentinoblástica u oligocelular de Weil. 3. Zona rica en células. 4. Zona central de la pulpa o tejido pulpar propiamente dicho.⁽¹²⁾

b) Actividades funcionales de la pulpa

- **Inductora:** se pone de manifiesto durante la amelogénesis, ya que es necesario el depósito de dentina para que se produzca la síntesis y el depósito del esmalte.
- **Formativa:** la capacidad dentinogénica se mantiene mientras dura su vitalidad, la elaboración de la dentina está a cargo de los dentinoblastos y, según el momento en que ésta se produce, surgen los distintos tipos de dentina: primaria, secundaria o adventicia y terciaria o reparativa. Esta última variedad se elabora en respuesta a distintos irritantes, como,

por ejemplo, biológicos (caries), físicos (calor, presión) o químicos (sustancias nocivas procedentes de algunos materiales dentales).

- **Nutritiva:** la pulpa nutre a la dentina a través de las prolongaciones dentinoblásticas y de los metabolitos que, desde el sistema vascular pulpar se difunden a través del licor dentinario.
- **Sensitiva:** mediante los nervios sensitivos, responde, ante los diferentes estímulos o agresiones, con dolor dentinario o pulpar. En la sensibilidad de la pulpa y la dentina no interesa la naturaleza del agente estimulante ya que la respuesta es siempre de tipo dolorosa. El dolor dentinal es agudo y de corta duración, mientras que el dolor pulpar es sordo y pulsátil, persistiendo durante cierto tiempo.
- **Defensiva o reparadora:** tiene una notable capacidad reparadora, formando dentina ante las agresiones. Las dos líneas de defensa son:
1) formación de dentina peritubular con estrechamiento de los conductos, para impedir la penetración de microorganismos hacia la pulpa, ésta esclerosis dentinaria representa la primera defensa pulpar frente al avance de una caries y 2) formación de dentina terciaria, reparadora o de irritación, la cual es elaborada por los nuevos dentinoblastos que se originan de las células ectomesenquimáticas o célula madre de la pulpa.⁽¹²⁾

2. DENTINA

La dentina, también llamada sustancia ebúrnea o marfil, es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor

volumen de la pieza dentaria, cuyo espesor varía según el diente, por ejemplo en los incisivos inferiores es mínimo (de 1 a 1,5mm), mientras que en los caninos y molares es de 3mm aproximadamente, en cada diente en particular, el espesor es mayor en los bordes incisales o cuspídeos y menor en la raíz. En la estructura de la dentina podemos distinguir dos componentes básicos: la matriz mineralizada y los conductos o túbulos dentinarios que la atraviesan en todo su espesor y que alojan a los procesos dentinoblásticos, dichos procesos dentinoblásticos son largas prolongaciones citoplasmáticas de las células especializadas llamadas dentinoblastos, cuyos cuerpos se ubican en la región periférica de la pulpa, éstas células producen la matriz colágena de la dentina y también participan en el proceso de mineralización de la misma, siendo, por lo tanto, responsables de la formación y del mantenimiento de la dentina. Los cuerpos celulares de los dentinoblastos están separados de la dentina mineralizada por una zona de matriz orgánica no mineralizada denominada pre-dentina.⁽¹³⁾

De lo anteriormente expuesto se desprende que la dentina y la pulpa:

- Conforman una unidad estructural, dado que las prolongaciones de los dentinoblastos están incluidas en la dentina.
- Conforman una unidad funcional, ya que la pulpa mantiene la vitalidad de la dentina, y a su vez la dentina protege a la pulpa.
- Comparten un origen embrionario común, pues ambas derivan del ectomesénquima que forma la papila del germen dentario.

Por estas razones se considera a la dentina y a la pulpa en su conjunto como una sola estructura integrada, denominada complejo dentino-pulpar.⁽¹³⁾

a) Propiedades físicas

- **Color:** presenta un color blanco amarillento, pero puede variar de un individuo a otro y también a lo largo de la vida, como el esmalte es translúcido por su alto grado de mineralización, el color del diente lo aporta generalmente la dentina y esto puede depender de:
 - El grado de mineralización; los dientes primarios presentan un tono blanco azulado por el menor grado de mineralización.
 - La vitalidad pulpar; los dientes desvitalizados presentan un color grisáceo.
 - La edad; la dentina se vuelve progresivamente más amarillenta con la edad, a ello contribuye la esclerosis fisiológica de los túbulos o la esclerosis reactiva por depósito de los calcosferitos intratubulares en las personas de edad avanzada por lo tanto, la dentina es también menos translúcida y menos permeable que la dentina de un diente joven.
 - Los pigmentos; los cuales pueden tener un origen endógeno o exógeno; los endógenos provienen por ejemplo, de la degradación de la hemoglobina en los casos de hemorragias pulpares por traumatismos, pos-tratamientos, o bien de fracturas dentarias en cuyo caso, la corona del elemento experimenta un ennegrecimiento, el uso de medicamentos también ocasiona

tonos grisáceos, por otro lado los pigmentos exógenos pueden provenir de obturaciones metálicas.⁽¹³⁾

- **Translucidez:** la dentina es menos translúcida que el esmalte debido a su menor grado de mineralización, pero en las regiones apicales, donde el espesor de la dentina es mínimo, puede verse por transparencia del conducto radicular, la translucidez disminuye en el adulto y en la tercera edad.⁽¹³⁾
- **Dureza:** la dureza de la dentina está determinada por su grado de mineralización y es mucho menor que la del esmalte y algo mayor que la de hueso y el cemento, en dientes de personas jóvenes, la dureza de la dentina es similar a la de la amalgama de plata.⁽¹³⁾
- **Radioopacidad:** depende del contenido mineral y es menor que la del esmalte y algo superior a la del hueso y cemento, por su baja radioopacidad la dentina aparece en la radiografía sensiblemente más oscura que el esmalte.⁽¹³⁾
- **Elasticidad:** la elasticidad de la dentina tiene una gran importancia funcional, ya que permite compensar la rigidez del esmalte amortiguando los impactos sustancia orgánica y al agua que contiene. Los valores medios del módulo elástico de Young para la dentina permanente oscilan entre 18-25 Gpa.⁽¹³⁾

- **Permeabilidad:** la dentina tiene más permeabilidad que el esmalte debido a la presencia de los túbulos dentinarios, que permiten el paso a distintos elementos o solutos (colorantes, medicamentos, microorganismos, etc.), que la atraviesan con relativa facilidad, se han demostrado dos mecanismos de transporte a través de los túbulos: por difusión o por presión de los fluidos intersticiales de la pulpa, en éste último influye el diámetro y la longitud del túbulo. La permeabilidad intratubular aún no sea podido determinar con exactitud por la presencia de las múltiples ramificaciones laterales. El movimiento del fluido a través de los túbulos es tanto centrífugo (desde la pulpa) como centrípeto y dicho movimiento es el responsable del estímulo hidrodinámico en el que se sustenta la Teoría de Bramström para explicar el dolor dental.⁽¹³⁾

b) Composición química

La composición química de la dentina es aproximadamente la siguiente: 70% de materia inorgánica (principalmente, cristales de hidroxiapatita), 18% de materia orgánica (principalmente, fibras colágenas) y de 12% de agua.⁽¹³⁾

c) Matriz orgánica

La matriz orgánica está constituida por varios componentes, el colágeno, que se sintetiza en el dentinoblasto representa el 90% de la matriz. El colágeno tipo I y II representan el 98% del colágeno y los tipo III y V, el 1-2% y 1%

respectivamente, los colágenos tipo IV y VI se han descrito en muy pequeñas proporciones y en diferentes circunstancias mientras que el colágeno tipo III se segrega en casos de dentina opalescente y ocasionalmente está presente en la denominada dentina peritubular y el del tipo IV se encuentra en los momentos iniciales de la dentinogénesis, cuando existe una membrana basal que separa la dentina no mineralizada de los ameloblastos secretores, finalmente los de tipo V y VI se han descrito en distintas regiones de la predentina. En la matriz orgánica de la dentina se han detectado proteínas no colágenas que representan el 10% del total, Destacando entre ellas las proteínas fosforiladas de la matriz que se agrupan con la denominación de SIBLINGs (Small, Integrin-Binding Ligand, N-linked Glycoprotein) y que son glucoproteínas pequeñas relacionadas con integrina, figurando cuatro proteínas que se localizan preferentemente en la dentina, aunque también lo hacen en la matriz ósea estas son: 1) la fosfoforina dentinaria (DPP) que, tras el colágeno es el componente más abundante de la dentina, 2) la sialoproteína dentinaria (DSP) 3) la sialofosfoproteína dentinaria (DSPP) y 4) la proteína de la matriz dentinaria 1 (DMP1). Los proteoglicanos, formados por proteínas y glucosaminoglucanos (GAG), están presentes también en la matriz dentinaria, además de proteínas del suero, como la albúmina, fosfolípidos, metaloproteinasas e incluso amelogeninas y factores de crecimiento posiblemente inmovilizados durante la dentinogénesis en la matriz orgánica de la dentina.⁽¹³⁾

d) Matriz inorgánica

La matriz inorgánica está compuesta por cristales de hidroxiapatita, los cuales son similares, químicamente a los del esmalte, cemento y hueso, por su tamaño se diferencian de los grandes cristales del esmalte, ya que los cristales de dentina son pequeños y delgados, más parecidos a los que se encuentran en el tejido óseo. Las dimensiones de los cristales son de 36µm de longitud, 25µm de anchura y 10µm de altura, se orientan de forma paralela a las fibras de colágeno de la matriz dentinaria, disponiéndose entre las fibras 70-75 % y también, dentro de las mismas en un 25-30 %, ya que ocupan los espacios entre las moléculas de colágeno que la forman.⁽¹³⁾

En la fracción mineral, además de los cristales de hidroxiapatita hay cierta cantidad de fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos como flúor, cobre, zinc, hierro, magnesio, y existe calcio que se encuentra ligado a los componentes de la matriz orgánica que actuarían como reservorio para la formación de cristales de hidroxiapatita.⁽¹³⁾

e) Estructura histológica. Unidades estructurales básicas

Son dos las que conforman a la dentina; el túbulo dentinario y la matriz intertubular:⁽¹³⁾

- **Túbulos dentinarios:** los túbulos o conductillos dentinarios son estructuras cilíndricas delgadas que se extienden por todo el espesor de

la dentina desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria o cementodentinaria, su longitud promedio oscila entre 1,5 y 2mm y la pared del túbulo está formada por dentina peritubular o tubular y por una matriz mineralizada que ofrece una estructura y una composición química característica. Los túbulos alojan en su interior la prolongación dentinoblástica principal o proceso dentinoblástico y entre el proceso dentinoblástico y la pared del túbulo hay un espacio denominado espacio periprocesal, que está ocupado por el licor o fluido dentinal (que proviene de la pulpa dental), el proceso dentinoblástico y el fluido son los responsables de la vitalidad de la dentina. Los túbulos de la dentina siguen un trayecto doblemente curvo, en forma de "S" itálica, cuyas trayectorias se denominan curvaturas primarias y se originan como consecuencia del apiñamiento progresivo de los dentinoblastos durante la formación de la dentina. Como resultado de este apiñamiento hay muchos más túbulos dentinarios por unidad de superficie en las zonas de dentina próximas a la pulpa (existen, aproximadamente, 45.000 a 65.000 por mm²), mientras que en las regiones más extensas de la dentina, su número es de 15.000 a 20.000 por mm². En la dentina radicular, el número de túbulos es de 24.000 por mm² cerca del área pulpar y de casi 12.000 por mm² en la región de la periferia. ⁽¹³⁾

El diámetro de los túbulos en general también varía, siendo más anchos en la proximidad de la pulpa y alcanzando hasta 5µm de diámetro (promedio 3,5µm) y más estrechos en la zona periférica (diámetro promedio 1,7µm). Existen también "megatúbulos" en ciertas

áreas de la dentina, que incrementan localmente la permeabilidad, son túbulos gigantes de 5 a 50µm de diámetro en la dentina coronaria en la zona de los cuernos pulpares, en su recorrido, los túbulos dentinarios presentan pequeñas curvaturas secundarias de forma sinusoidal, normalmente regulares en todo el trayecto, que indican el trayecto en espiral que realizan los odontoblastos mientras migran hacia el centro del diente durante la dentinogénesis y cada vuelta en espiral tiene 12µm de longitud aproximadamente. Los túbulos dentinarios presentan ramificaciones colaterales o túbulos secundarios muy delgados 1µm de diámetro, los cuales presentan en su trayecto final ramificaciones terminales de diferentes tamaños con un promedio de $\pm 0,46\mu\text{m}$.⁽¹³⁾

Los túbulos están rodeados por un anillo a pared denominado dentina peritubular, tubular o matriz peritubular (mayor de 1µm), el cual está muy mineralizado y puede distinguirse claramente en el microscopio óptico en cortes por desgaste en los que los túbulos hayan sido seccionados de forma transversal.⁽¹³⁾

- **Matriz intertubular o dentina intertubular:** la matriz intertubular se distribuye entre las paredes de los túbulos dentinarios y su componente fundamental son las fibras de colágeno que constituyen una malla fibrilar, entre la cual y sobre la cual se depositan los cristales de hidroxiapatita que son semejantes a los existentes en la dentina peritubular.

f) Unidades estructurales secundarias

Se definen como aquellas estructuras que se originan a partir de las unidades estructurales básicas por variaciones en la mineralización o como resultado de la interrelación de las unidades básicas con el esmalte o cemento periféricos, dichas estructuras pueden observarse en cortes por desgaste y son las siguientes; líneas incrementales o de crecimiento, dentina interglobular o espacios de Czermack, zona granulosa de Tomes.⁽¹³⁾

g) Dentinogénesis

Es el conjunto de mecanismos por los cuales la papila dental elabora, por medio de sus células especializadas, los odontoblastos, una matriz orgánica que más tarde se calcifica para formar la dentina. En la dentinogénesis se pueden considerar tres etapas; elaboración de la matriz orgánica compuesta por una trama fibrilar y componente fundamental amorfo, maduración de la matriz y precipitación de sales minerales (calcificación o mineralización).⁽¹³⁾

C) ALTERACIONES CROMÁTICAS EN LA ESTRUCTURA DENTAL

Por lo general, las manchas pueden dividirse en extrínsecas (localizadas sobre la parte externa del diente) e intrínsecas (localizadas dentro del diente), además con el paso del tiempo, las manchas extrínsecas pueden convertirse

en intrínsecas, dichas manchas pueden ir, de adentro hacia fuera o de fuera hacia adentro y clínicamente el color es muy variable, además de que la tinción puede ser generalizada o bien específica de un diente o de parte del diente. ⁽¹⁴⁾ La causa de las pigmentaciones o decoloraciones dentarias pueden ser sistémicas o locales y a su vez se dividen en exógenas o extrínsecas y endógenas o intrínsecas. ⁽¹⁵⁾ Estas pigmentaciones pueden ser multifactoriales y afectan tanto a dientes vitales como a dientes no vitales. ⁽¹⁶⁾ Todas las sustancias que causan coloraciones anormales en los dientes se llaman cromogénicas, dentro de las causas exógenas tenemos agentes cromógenos primarios como el té, vino, nicotina, colorantes alimentarios etc. Existen agentes cromógenos secundarios que son sustancias no teñidas como el fluoruro de estaño que por reacciones químicas reductoras se convierten en cromógenas, solo una reacción inversa de oxidación puede revertirse el proceso y pueden cambiar de color. Dentro de las causas endógenas locales existen diversas causas como la degradación pulpar, medicamentos y los materiales de obturación. Las causas sistémicas pueden ser enfermedades congénitas (dentina opalescente hereditaria, deficiencia vitamínica, eritroblastosis fetal) terapia de antibióticos (tetraciclina) y fluorosis dental o decoloraciones causadas por la edad. ⁽¹⁷⁾

D) BLANQUEAMIENTO DENTAL

Las primeras técnicas de blanqueamiento fueron descritas en 1864 por Truman, quién describió una variedad de medicamentos como el hipoclorito de

sodio, el perborato de sodio y el Peróxido de Hidrógeno, los cuales han sido usados solos o en combinación y con o sin la activación por calor. ⁽¹⁸⁾

El blanqueamiento ambulatorio se introdujo desde 1961, colocando una mezcla de perborato de sodio en el paciente, con citas frecuentes al dentista.⁽¹⁹⁾ Después fue reemplazado por el uso de Peróxido de Hidrógeno al 30 o 35% para mejorar el efecto del blanqueamiento. ⁽²⁰⁾ Posteriormente se redujo la concentración del Peróxido de Hidrógeno utilizando Peróxido de Carbamida al 10%.⁽²¹⁾

1. BLANQUEAMIENTO EN DIENTES VITALES

Los pacientes que desean blanquear sus dientes pueden elegir sobre tres tipos básicos de tratamientos para blanquear sus dientes vitales:

- Blanqueamiento realizado por el dentista en el consultorio dental.
- Blanqueamiento ambulatorio realizado por el paciente en su casa pero con la supervisión y la elaboración de guardas prefabricados por un profesional respetando la anatomía gingival.
- Blanqueamiento que el paciente se realiza sin supervisión del dentista comprando productos de autoservicio en cualquier tienda.⁽²²⁾

a) Blanqueamiento en el consultorio dental:⁽²³⁾

En este tratamiento el agente blanqueador es a base de Peróxido de Hidrógeno al 35% y puede o no ser activado por luz, éste es un método más

eficaz porque el Peróxido de Hidrógeno se maneja en su más alta concentración y el dentista tiene el control del material evitando el daño de los tejidos pulpaes, así como de los periodontales a través del aislamiento del campo operatorio obteniendo resultados inmediatos.

b) Blanqueamiento ambulatorio con férula realizada por el dentista:

El agente blanqueador en este procedimiento es a base de Peróxido de Carbamida al 10%,⁽²⁴⁾ donde se le explica al paciente dependiendo de las indicaciones de cada fabricante, el uso y la aplicación del agente blanqueador, los resultados se observan generalmente a las tres semanas utilizándolo entre dos y seis horas diarias dependiendo de la casa comercial y es importante indicarle al paciente una técnica de cepillado adecuada para poder eliminar el agente blanqueador por completo de los dientes.⁽²⁵⁾

c) Blanqueamiento que el paciente realiza con productos de autoservicio:

En los últimos años los laboratorios han incorporado este tipo de agentes al mercado y existen muchas presentaciones debido a la gran demanda, los más nuevos son las tiras para blanqueamiento que contienen una capa fina de gel (0.1-0.2 mm) de Peróxido de Hidrógeno al 6.5% o del 14% y los barnices de Peróxido de Carbamida al 18% que usados indiscriminadamente puede causar hipersensibilidad a los cambios térmicos,

así como una irritación irreversible de la pulpa y al periodonto, siendo obligación de los dentistas informar y advertir a los pacientes de los posibles efectos nocivos. ⁽²⁶⁾

Raoufi y Cols.⁽²⁷⁾ concluyeron que las pastas dentales conteniendo hidroxiapatita o peróxido de calcio no producen ninguna reducción de la pigmentación dental comparado con un placebo de pasta dental con flúor.

2. BLANQUEAMIENTO EN DIENTES NO VITALES

Al estar presente una decoloración en un diente no vital significa que la pigmentación proviene de la cámara pulpar. La etiología de una decoloración en dientes no vitales es por la presencia de productos hemáticos o bacterianos dentro de los conductos (necrosis pulpar) y mala técnica al realizar un tratamiento de conductos como una mala apertura de la cavidad o una mala técnica durante el corte de la gutapercha, ⁽²⁸⁾ éste blanqueamiento es realizado por el odontólogo en el consultorio y consiste en eliminar de la cámara pulpar, a un diente previamente tratado con endodoncia, todos los agentes decolorantes y tejido necrótico existente.

Existen tres procedimientos para blanquear dientes no vitales:⁽²⁹⁾

a) Técnica ambulatoria:

Se utiliza una mezcla de Perborato de Sodio y Peróxido de Hidrógeno al 35% y se puede utilizar un algodón para darle consistencia a la mezcla, se lleva

a la cavidad de la cámara pulpar y se coloca una obturación en la superficie, el paciente debe regresar a la semana para evaluar el blanqueamiento obtenido, es un tratamiento mucho más prolongado. ⁽³⁰⁾

b) Técnica inmediata (termocatalítica):

Consiste en activar la mezcla de Perborato de Sodio con Peróxido de Hidrógeno al 35% y algodón a través de un instrumento caliente que se coloca sobre el algodón, un diente no vital soporta una temperatura de hasta 73°C, éste procedimiento se realiza tres veces como máximo, el blanqueamiento obtenido se observa en ese momento y es mucho más efectivo. ⁽³⁰⁾

c) Combinación de ambas técnicas:

Consiste en aplicarle al paciente en el consultorio dental la técnica termocatalítica y a su vez indicarle que se le realice la técnica ambulatoria. ⁽³⁰⁾

3. BIOLOGÍA DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL

El Peróxido de Carbamida al 10% es una sustancia difundida en la actualidad para el blanqueamiento de dientes vitales, la cual se caracteriza por disociarse en presencia de H₂O y tener como productos intermedios al Peróxido de Hidrógeno al 3% y urea al 7% y como productos finales al H₂O y O₂ (oxígeno).⁽³¹⁻³³⁾

El oxígeno es un elemento biradical cuya función es participar en la producción metabólica de energía a partir de la generación de ATP por la ruta de fosforilación oxidativa, especialmente en la cadena transportadora de electrones y participar en la producción de las especies reactivas de oxígeno responsables del daño a las membranas celulares, los aminoácidos y proteínas, los carbohidratos y los ácidos nucleicos.^(34, 35)

Entre las principales especies reactivas de oxígeno están los radicales hidroxilos, el superóxido y el Peróxido de Hidrógeno, otras rutas alternativas sugieren la formación de radicales libres a partir de la reacción de Fenton, la cual involucra la presencia de iones y subespecies metálicas y la reacción de Haber-Weiss que a su vez genera hidroxilo a partir de Peróxido de Hidrógeno y superóxido.⁽³⁶⁾

Éste mecanismo se da de forma natural en las reacciones de las células contra cuerpos extraños sin embargo, pese a su elevada efectividad para dañar estructuras biológicas, no afectan directamente las células asociadas a la respuesta inmune debido a mecanismos de control disponibles en la célula sana, que involucran la descomposición del Peróxido de Hidrógeno a oxígeno y agua por la acción de enzimas como la superóxido dismutasa, la catalasa, la glutamato peroxidasa y vitaminas como el tocoferol, los carotenos y el ácido ascórbico.^(34, 36)

Tales mecanismos de control podría ser los responsables de que pese a su demostrada citotoxicidad, el Peróxido de Hidrógeno a concentraciones

menores del 35% sea clasificado como una sustancia no irritante de la piel y en solución con concentraciones menores al 3% solo causan irritaciones transitorias en las mucosas en humanos.^(35, 36)

4. MECANISMO DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL

El blanqueamiento es un proceso de decoloración o blanqueamiento que puede ocurrir en una solución o sobre una superficie.⁽³⁷⁾ Los materiales que producen el color en una solución o sobre una superficie son típicamente o generalmente compuestos orgánicos que poseen cadenas extendidas o conjugadas de compuestos simples o dobles alternados y a veces incluyen heterátomos, carbonyl y anillos de fenil en el sistema conjugado los cuales se conocen algunas veces como cromóforos. El blanqueamiento y decoloración de un cromóforo puede ocurrir mediante la destrucción de uno o más de los compuestos dobles en la cadena conjugada, disolviendo la cadena o por medio de la oxidación de otros químicos en la cadena.⁽³⁷⁾ El Peróxido de Hidrógeno oxida una amplia variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos, y su mecanismo de acción en estas reacciones es variable y depende del sustrato, el medio ambiente y la catálisis. En general, el mecanismo de blanqueamiento por medio del Peróxido de Hidrógeno no es muy bien comprendido y puede formar un número de diferentes especies de oxígeno activo dependiendo de las condiciones de la reacción, incluyendo la temperatura, el pH, la luz y la presencia de metales transicionales.⁽³⁸⁾ Bajo condiciones alcalinas, el Peróxido de Hidrógeno para blanqueamiento generalmente procede a través del ion negativo peri hidroxilo (HO_2^-), otras condiciones pueden permitir la formación

de radicales libres, por ejemplo, mediante la disolución hemolítico de un compuesto O-H en Peróxido de Hidrógeno para formar HO + O OOH y 2OOH (radical hidroxilo), respectivamente. Bajo reacciones iniciadas foto químicamente usando luz o láser, la formación de radicales hidroxilo de Peróxido de Hidrógeno se incrementa, por lo tanto, los mecanismos por medio de los cuales los dientes son blanqueados por materiales oxidantes como el Peróxido de Hidrógeno y el Peróxido de Carbamida actualmente no son completamente comprendidos.⁽³⁹⁾

Considerando la literatura disponible, la evidencia apunta hacia la difusión inicial del Peróxido en y a través del esmalte para alcanzar la unión del cemento con la dentina y regiones de la dentina y efectivamente, experimentos in vitro han demostrado la penetración de bajos niveles de peróxido en las cámaras pulpares de dientes extraídos después de ser expuestos durante 15-30 minutos,^(39, 40) los niveles medidos de Peróxido en estos experimentos son considerablemente mucho menores que lo necesario para producir la inactivación de una enzima pulpar.⁽⁴¹⁾

Mientras el Peróxido se difunde en el diente, puede reaccionar con materiales orgánicos coloreados encontrados dentro de la estructura dental resultando en una reducción del color. Esto es particularmente evidente en la dentina como lo realizado por McCaslin y Cols.⁽⁴²⁾ quienes usando dientes humanos seccionados y montados sobre láminas de vidrio y siguiendo un blanqueamiento externo con Peróxido de Carbamida, demostraron cambios de coloración de la dentina. Efectivamente, el tratamiento de especímenes de

dentina con Peróxido de Carbamida al 10% y Peróxido de Hidrógeno al 5.3% y 6% han mostrado una reducción muy significativa en lo amarillento y un incremento en blanquecino. ^(43,44) Suleiman y Cols.⁽⁴⁵⁾ demostraron en dientes extraídos seccionados manchados externamente con cromóforos de té negro, que un blanqueamiento significativo ocurría dentro de la dentina, particularmente sobre la superficie bucal donde se aplicó Peróxido de Hidrógeno al 35%.

Para dientes manchados por tetraciclina, el color es derivado de foto-oxidación de moléculas de tetraciclina unidas dentro de las estructuras dentales,⁽⁴⁶⁾ en algunos casos es posible tratar estos dientes para proporcionar un aclaramiento dental significativo y duradero.⁽⁴⁷⁾ El mecanismo por medio del cual el Peróxido afecta las manchas de tetraciclina es considerado como una degradación química de las estructuras tipo quinonas no saturadas, encontradas en las tetraciclinas resultando en una disminución de moléculas coloreadas. ^(48,49) El blanqueamiento ocurre por la descomposición del Peróxido en radicales libres con la reacción subsecuente en donde las moléculas de grandes pigmentos se transforman en pequeñas y menos pigmentos moleculares,⁽⁵⁰⁾ sin embargo, al parecer es contrastante la poca información disponible en la literatura sobre la naturaleza y composición química de los materiales pigmentados en forma natural y encontrados dentro de los tejidos duros del diente y los efectos mecánicos que el Peróxido tiene sobre éstas estructuras, por lo que consideramos es un área que requiere más investigación, si los aspectos químicos-mecánicos del blanqueamiento dental desean ser resueltos en forma significativa.

5. CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DENTAL OCASIONADOS POR EL BLANQUEAMIENTO

Varios trabajos han reportado que generalmente el blanqueamiento no graba la superficie del esmalte o altera su superficie topográfica, ^(33, 51-54) quienes examinaron premolares extraídos expuestos a blanqueamiento con un gel de Peróxido de Carbamida al 10% por 245 horas lo cual no afectó la morfología de la superficie observada bajo microscopía electrónica de barrido. Similarmente Covington y Cols.⁽⁵¹⁾ examinaron la superficie de esmalte y dentina por microscopía electrónica y no encontraron cambios importantes en la composición de la superficie.

Suleiman y Cols.⁽⁵⁵⁾ estudiaron los efectos sobre el esmalte y dentina de altas concentraciones de Peróxido de Hidrógeno (PH) al 35% concluyendo que al usarlo para el procedimiento del blanqueamiento dental a una máxima exposición de 30 min esto no fue capaz de evidenciar el efecto de deterioro del esmalte y la dentina.

Unlu y Cols.⁽⁵⁰⁾ investigaron el efecto de la microdureza en el esmalte y dentina con Peróxido de Carbamida en diferentes concentraciones al 10 y 15%, concluyendo que no afectaron significativamente la dureza.

Rajesh y Cols. ⁽⁵⁶⁾ evaluaron la morfología y el cambio estructural del esmalte inducido por tres agentes de blanqueamiento en diferentes tiempos de intervalo esto fue a 15,30,60 minutos, 24 y 30 horas y usando el microscopio

electrónico de barrido a 2,000 y 10,000 magnificaciones, éste estudio no reveló ninguna indicación de cualquier cambio significativo o grabado en la morfología del esmalte cuando fue evaluado después de 6 semanas de tratamiento, mencionando que las alteraciones morfológicas en el blanqueamiento dental son dependientes tanto de la concentración y el tiempo.

Berga y Cols.⁽⁵⁷⁾ realizaron un análisis microscópico (MEB) a 100X de superficies dentales blanqueados con Peróxido de Carbamida al 10% Viva Style (Ivoclar, Vivadent) y Peróxido de Hidrógeno al 3.5% (FKD, Kin), los cuales son productos de baja concentración considerados para usarse en casa y no encontraron cambios morfológicos en el esmalte, el tiempo de aplicación de cada producto fue de 2 a 3 horas al día respectivamente durante 28-33 días.

Pleffken y Cols.⁽⁵⁸⁾ mencionan que la aplicación de láser de baja intensidad fue efectiva para activar un gel blanqueador sin ningún deterioro en el incremento de temperatura pulpar.

Cabrera y Cols.⁽⁵⁹⁾ midieron efectos en esmalte dental después del tratamiento con PH 25% y PC 16% como sistemas de aclaramiento y posterior a la aplicación de flúor en premolares, las cuales fueron analizadas en MEB a 2000X y 3000X y con el PH al 25% demostraron efectos significativos en el esmalte, e incluso demostraron que con la aplicación de flúor posterior al aclaramiento, las alteraciones no disminuyeron lo suficiente, considerando lo anterior, el clínico debe tener en cuenta las condiciones dentales de cada paciente, debido a que una alteración preexistente en la superficie del esmalte

podría dar como resultado que los daños generados después del aclaramiento sean considerables aunque se realice la aplicación del flúor.

Jendiroba y Cols.⁽⁶⁰⁾ estudiando el efecto de altas y bajas concentraciones de agentes blanqueadores sobre la microdureza y la rugosidad superficial en esmalte y dentina de bovinos, aplicaron Peróxido de Carbamida al 10%, Peróxido de Hidrógeno al 7.5% o 38% de Peróxido de Hidrógeno o la combinación de 18% de Peróxido de Hidrógeno y 22% de Peróxido de Carbamida por 3 semanas, los especímenes fueron sumergidos en saliva artificial entre los tratamientos de blanqueamiento, concluyendo que el Peróxido de Carbamida y de Hidrógeno con diferentes concentraciones son capaces de disminuir el mineral en la dentina radicular, en el esmalte no se desempeña como un agente dependiente cuando se consideran evaluaciones de microdureza y rugosidad superficial.

El Peróxido de Hidrógeno puede causar desnaturalización de las proteínas del cuerpo, Ramp y Cols.⁽⁶¹⁾ y Rotstein y Cols.⁽⁶²⁾ que encontraron en su estudio un incremento de material inorgánico resultado de la oxidación de proteínas causado por el agente de blanqueamiento particularmente el H₂O₂ al 30% y el Perborato de Sodio al 2% en Peróxido de Hidrógeno al 30%.

Polydorou y Cols.⁽⁶³⁾ compararon los efectos sobre la microdureza del esmalte utilizando tres diferentes sistemas de blanqueamiento con Peróxido de Hidrógeno en consultorio; (Opalescence Xtra Bosst al 38%, Easywhite Ready al 30% y Zoom2 al 25% encontrando un incremento en la microdureza (KHN)

después del blanqueamiento en cada uno de los tres grupos, lo cual no fue estadísticamente significativo.

Cavalli y Cols.⁽⁶⁴⁾ investigaron los efectos sobre el esmalte de terceros molares con agentes blanqueadores de Peróxido de Carbamida en altas concentraciones, dividieron los grupos en tres; control sin blanqueamiento, Peróxido de Carbamida al 35% (Opalescence Quick) y Peróxido de Carbamida al 37% (Whiteness Super), y encontraron que el esmalte en contacto con altas concentraciones de Peróxido de Carbamida provoca cambios morfológicos, causando un incremento en la rugosidad superficial y una apariencia como si el diente estuviera grabado, el proceso de blanqueamiento tiene poco efecto sobre algunas áreas con relación a otras áreas incrementando la porosidad y descalcificación; las alteraciones no fueron uniformes en las superficie, resumiendo que las altas concentraciones de Peróxido de Carbamida pueden promover alteraciones sobre el esmalte. La rugosidad superficial y la susceptibilidad del pigmento pueden verse afectados dependiendo del agente blanqueador.

McGuckin y Cols.⁽⁶⁵⁾ observaron las alteraciones de la morfología de la superficie del esmalte humano usando el rugosímetro y blanqueadores con Peróxido de Hidrógeno al 30%, Peróxido de Carbamida 10% y Peróxido de Carbamida al 10% y carbapol, un grupo control, encontrando rugosidades entre 0.6 y 0.9 μ m en los grupos experimentales y en el control de 1.6 μ m esta investigación se concentró en las alteraciones de la superficie del esmalte, pero es similar a las alteraciones fisiológicas y la estructura sub-superficial que

ocurre en el esmalte y la dentina. En el esmalte, este efecto presuntamente debería ser análogo para las alteraciones sub-superficiales creadas por el grabado de ácido fosfórico y relacionado al sistema de poros en el esmalte según Silverstone y Cols.⁽⁶⁶⁾

Souza y Cols.⁽⁶⁷⁾ evaluaron las alteraciones en el esmalte dental en bovinos después de exponerlos a Peróxido de Hidrógeno al 35% en excesivas aplicaciones 3 y 5 sesiones, posteriormente el esmalte fue analizado usando el MEB y espectroscopia con energía dispersa de Rayos X, encontrando que el exceso de blanqueamiento afectó la superficie del esmalte de bovinos, presentando una disminución del porcentaje de iones de calcio comparado con los no blanqueados, mientras que los porcentajes de fósforo y oxígeno fueron comparados tanto en el control como en el esmalte blanqueado independientemente del número de sesiones. Mencionando que las sesiones consecutivas de blanqueamiento con Peróxido de Hidrógeno al 35% pueden conducir a cambios morfológicos y específicos cuando son aplicados por cortos períodos de tiempo, y que los porcentajes de iones de calcio pueden disminuir cuando el agente blanqueador es usado por más de una sesión.

Wang y Cols.⁽⁶⁸⁾ demostraron que el blanqueamiento con Rapid White (NaClO_2) tiene severos efectos sobre el esmalte dental, ya que remueve el componente orgánico del esmalte superficial y en lo más profundo, hay formación de fracturas y erosionando el componente mineral sobre la superficie e impactando sobre la estructura atómica de apatita a una capa submicrónica, desprendiendo así el calcio y el oxígeno, lo cual conducirá a facilitar la salida

de minerales desde el esmalte, usaron espectroscopia con reflectancia infraroja, espectroscopia Raman, espectroscopia de absorción atómica, fluorescencia de Rayos X con reflexión total, estudiando en su composición química en % peso los siguientes elementos químicos; Ca, P, Na, K, Mg, Si, F, Cl y O.

E) DESMINERALIZACIÓN- REMINERALIZACIÓN DEL ESMALTE DENTAL

El proceso de desmineralización – remineralización es un ciclo continuo pero variable y se repite con la ingesta de alimentos específicamente los carbohidratos que al metabolizarse en la placa dental, forman ácidos que reaccionan en la superficie del esmalte. Cediendo iones de calcio y fosfato que alteran la estructura cristalina de la hidroxiapatita, pero tornándola más susceptible a ser remineralizada. Sino continúa la producción de ácidos después de 30 a 45 minutos, el pH subiría y los minerales que se encuentran en forma iónica, buscarán incorporarse a la estructura dentaria.⁽⁶⁹⁾

La irreversibilidad se da cuando la cantidad de cristales removidos, ocasiona el colapso de la matriz de proteína estructural. Por lo que se debe; a) disminuir el incremento proporcional del ácido producido por las bacterias acumuladas en la placa dentobacteriana, b) evitar que se pierda la permeabilidad del esmalte, procurando agentes químicos como el fluoruro, que facilitan la insolubilidad del esmalte, c) estimular los mecanismos por los

cuales, los minerales puedan precipitarse dentro de la lesión y puedan remineralizarse.⁽⁶⁹⁾

1. DESMINERALIZACIÓN

Se entiende por desmineralización al proceso de remoción de minerales del esmalte que se hallan en forma iónica, aunque también se puede definir como la disolución por medios ácidos que transformaron a las moléculas minerales sólidas, en iones minerales que sólo existen en solución. Debido a la actividad de desmineralización y remineralización que se presenta en la superficie dental y dependiendo de la magnitud y duración de cada uno de ellos el resultado es el equilibrio o desequilibrio que conduce a la salud o la enfermedad, lo cual quiere decir que el estado de salud dental de un individuo depende del grado de equilibrio entre la hidroxiapatita que forma parte del esmalte dental y los iones calcio y fosfato que se encuentran solubilizados en el fluido oral que rodea al diente.⁽⁶⁹⁾

2. REMINERALIZACIÓN

Es un fenómeno complejo que depende de cualidades relacionadas con la saliva y la presencia de flúor, por lo que existen variaciones individuales.^(70,71)

La remineralización es un proceso de precipitar calcio, fosfato y otros iones en la superficie o dentro del esmalte parcialmente desmineralizado, dichos iones pueden proceder de la disolución del tejido mineralizado, de una fuente externa

o de una combinación de ambos; proceso mediante el cual se depositan minerales en la estructura dentaria y la remineralización ocurre bajo un pH neutro, condición por la cual, los minerales presentes en los fluidos bucales se precipitan en los defectos del esmalte desmineralizado. Se ha considerado a la remineralización como una deposición de minerales después de una pérdida de ellos o de un ataque ácido.⁶⁹⁾

Justino y Cols.⁽⁷²⁾ mencionaron que los efectos adversos del blanqueamiento en dientes vitales con Peróxido de Carbamida no fueron observados cuando simulaban las condiciones orales y que la saliva parece tener un efecto de remineralización sobre el esmalte dental, usaron Peróxido de Carbamida al 10% con polímero de carboxipolimetileno (Carbapol), y estudiaron el Calcio con usando un espectrofotómetro de absorción atómica con una detección límite de Calcio de 0.05 microgramos, los resultados fueron expresados en microgramos Ca/ml gel. Concluyeron que el efecto de la remineralización de la saliva puede prevenir el efecto de la desmineralización provocado por el tratamiento de blanqueamiento en el humano.

La interacción dinámica in vivo del esmalte/saliva es un factor que generalmente no es incorporado dentro de los experimentos in vitro.⁽⁷³⁾ La saliva tiene una acción de limpieza, capacidad de amortiguador del pH (Buffer) y habilidad de remineralización, algunos electrolitos inorgánicos contenidos en la saliva (calcio, fósforo y fluoruros) son participantes importantes en el proceso de remineralización.⁽⁷⁴⁾

Sasaki y Cols. ⁽⁷⁵⁾ concluyeron que existen muchos cambios en la micromorfología superficial del esmalte al ser observados en el MEB a 1500X y que no hallaron cambios en su microdureza cuando los especímenes fueron expuestos a agentes blanqueadores con Peróxido de Carbamida al 10% y Peróxido de Hidrógeno al 7.5%, por 1 h/día y durante 21 días correspondiendo clínicamente al período de blanqueamiento de 3 semanas; todos los especímenes fueron sumergidos en 13.5 ml de saliva artificial (pH=7.0) en contenedores individuales a una temperatura de 37°C ± 1°C la saliva fue cambiada cada 2 días por un período de 14 para evaluar el período de postratamiento y una posible remineralización de la solución de saliva sobre la microdureza del tejido dental.

Rodrigues y Cols.⁽⁷⁶⁾ determinaron que los agentes blanqueadores de uso en la casa como son el Peróxido de Hidrógeno al 7.5% (PolaDay), PolaDay al 9.5%, Day Whiteal 7.5% yDay White al 9.5% y agentes de uso en el consultorio, marca Pola Office conteniendo 35% de Peróxido de Hidrógeno y Opalescence XtraBoost al 38%, causaron una disminución en el número de dureza Knoop (KHN), aunque estos valores fueron recuperados después del tratamiento, demostrando la importancia de la saliva en la recuperación del contenido mineral.

Para evaluar los efectos morfológicos en el esmalte Cadenaro y Cols.⁽⁷⁷⁾ aplicaron in-vivo dos agentes de blanqueamiento de Peróxido de Hidrógeno al 38% (Opalescence Xtra Boost) y Peróxido de Carbamida al 35% (Rembrandt Quik Start) y al analizar la rugosidad en réplicas de resina epóxica, encontraron

que no hay alteraciones en la rugosidad de superficie después de múltiples aplicaciones.

Xu y Cols.⁽⁷⁸⁾ investigaron la influencia del pH (3.0, 5.0, 7.0) de los agentes blanqueadores con diferentes soluciones; Peróxido de Hidrógeno al 30% y Ácido Clorhídrico sobre las propiedades de la superficie del esmalte encontraron alteraciones significantes con una aparente erosión en los grupos con un pH de 3.0, los cambios los analizaron con espectroscopia Raman y concluyeron que no son evidentes las alteraciones morfológicas o composición química de la superficie del esmalte donde las soluciones blanqueadoras presentaban un pH neutro o alcalino y que las soluciones blanqueadoras con bajo valor en su pH afectan con mayor significancia al esmalte.

En su estudio en dientes de bovino Cunha y Cols. ⁽⁷⁹⁾aplicaron pasta de fosfato de calcio amorfo antes y después de blanquear con Peróxido de Hidrógeno al 35% y Peróxido de Carbamida al 37% para investigar la eficacia del blanqueamiento y los posibles cambios en la rugosidad y dureza del esmalte, reportando que el uso de fosfato de calcio amorfo es capaz de prevenir cambios negativos en el esmalte y que podría ser aplicado antes y después del protocolo de blanqueamiento.

D'Amario y Cols. ⁽⁸⁰⁾analizaron la histomorfología del esmalte después de repetidas aplicaciones de Peróxido de Hidrógeno al 38% realizado por un profesional en especímenes de esmalte de incisivos humanos en sus superficies bucales, entre las aplicaciones del blanqueamiento y antes de la

evaluación con MEB a 200X, 500X, 1000X y 3000X, los especímenes fueron mantenidos en saliva artificial por 1 semana, en los resultados predominaron las depresiones cuando el procedimiento fue repetido tres o cuatro veces los autores recomendaron finalmente que aunque los resultados de este estudio fueron in vitro, el procedimiento de blanqueamiento no debe usarse indiscriminadamente.

Spalding y Cols.⁽⁸¹⁾ realizaron diferentes tratamientos a un grupo de premolares y molares, los cuales consistían en exponer la superficie vestibular de un grupo de dientes al Peróxido de Hidrógeno al 35% (Opalescence Xtra, Ultradent Products) activado durante 10 minutos con luz, posteriormente ésta luz fue retirada dejando actuar por 10 minutos más el agente sobre el diente, otro tratamiento consistió en el mismo procedimiento anteriormente mencionado, pero bajo la presencia de saliva natural obtenida inmediatamente después de evaluar el pH (pH entre 6.8 y 7.0); finalmente un tercer grupo, se trabajó bajo las mismas condiciones de los dos anteriores y se almacenaron en saliva por 24 horas a 37°C sin embargo, a éste grupo se le reforzó el tratamiento con Peróxido de Carbamida al 10% por 12 horas. Los resultados arrojados de éste estudio fueron los siguientes: el aspecto morfológico (MEB a 500 y 1000X) de la superficie del esmalte presentó mayor alteración al contacto con el Peróxido de Hidrógeno al 35% mostrando una tendencia a incrementar la densidad de picaduras de la superficie y dando un aspecto poroso al esmalte sin embargo, en los dientes que estuvieron expuestos a saliva natural se observaron precipitados en la superficie, probablemente debido al potencial de remineralización de la saliva.

Tschoppe y Cols.⁽⁸²⁾ estudiaron in-vitro el efecto del flúor sobre la remineralización del esmalte en bovinos, concluyendo que no hay ninguna influencia del fluoruro de sodio contenido dentro de los geles blanqueadores en la remineralización y que los valores del pH varían, así como los compuestos del fluoruro de los geles que pueden afectar los patrones de remineralización. Mencionan que las futuras investigaciones deberían centrarse en la influencia de la concentración de fluoruro en los agentes químicos para el aclaramiento dental.

Kielbassa y Cols.⁽⁸³⁾ investigaron los efectos de los dentífricos blanqueadores y regulares sobre la remineralización del esmalte en bovinos después de desmineralizarlos con ácido láctico (pH=5), concluyendo que a no ser que se demuestre la eficacia remineralizadora, los dentífricos blanqueadores deben recomendarse en pacientes propensos a la caries dental.

Borges y Cols.⁽⁸⁴⁾ analizando la influencia de la remineralización sobre la microdureza del esmalte blanqueado en incisivos bovinos, utilizaron un grupo control sin blanquear, mientras que el blanqueador utilizado fue el Peróxido de Hidrógeno al 35% y concluyeron que el gel ácido blanqueador reduce significativamente la microdureza del esmalte y que el uso de los geles remineralizantes después del blanqueamiento mejora la microdureza del esmalte blanqueado.

Borges y Cols.⁽⁸⁵⁾ usaron terceros molares humanos para estudiar la influencia del potencial de remineralización sobre la microdureza del esmalte blanqueado. Los tratamientos consistieron en el blanqueamiento con Peróxido de Hidrógeno al 35%, PH al 35% con Fluoruro de Calcio y Fluoruro de Sodio y sin blanqueamiento, concluyeron que el Peróxido de Hidrógeno reduce significativamente la micro dureza superficial y sub superficial del esmalte y que la adición de flúor y calcio en el agente blanqueador incrementa la dureza del esmalte aclarado.

Li y Cols.⁽⁸⁶⁾ evaluaron la regresión del color de dientes blanqueados y relacionaron el cambio de color y el volumen de minerales perdidos, utilizaron incisivos humanos, que fueron tratados con Peróxido de Carbamida al 38% y colocados en 4 diferentes ambientes; agua purificada, saliva artificial, un gel de remineralización comercial y un desecador, obteniendo resultados de una regresión del color con el incremento de minerales, la regresión de la luz esta correlacionada con cambio de la densidad del diente duro, concluyendo que en estos sistemas de blanqueamiento en el consultorio, la regresión del color es el resultado principalmente del regreso de la luz el cual está correlacionado con la presencia del proceso de remineralización del tejido dental.

Do Amaral y Cols.⁽⁸⁷⁾tratando de justificar la necesidad de clarificar in vivo los efectos del blanqueamiento en el esmalte realizaron un estudio para determinar las concentraciones de fósforo y calcio después de diferentes tratamientos de blanqueamiento y aplicaron 10 y 20% de Peróxido de Carbamida y 35 y 38% de Peróxido de Hidrógeno, en 80 pacientes,

posteriormente se recolectaron micro biopsias del esmalte en incisivos durante 7, 14 y 21 días y después del blanqueamiento a los 7 y 14 días, el análisis se realizó con un espectrofotómetro, concluyendo que el uso de geles blanqueadores no alteran las concentraciones de fósforo y calcio in vivo en la superficie del esmalte.

En la evaluación de los efectos sobre el esmalte humano después del blanqueamiento colocando Peróxido de Hidrógeno al 35% y fluoruro tópico 1.23% y Peróxido de Hidrógeno al 38% con fluoruro en su composición, Domínguez y Cols.⁽⁸⁸⁾ concretaron que con la aplicación tópica de flúor y usando el agente de blanqueamiento sin flúor se incrementan los valores de rugosidad y erosión en el esmalte, los resultados fueron obtenidos por tres metodologías; nanoindentación (dureza y modulo elástico), microscopia de fuerza atómica (rugosidad superficial) y microscopio electrónico de barrido (efecto en la superficie del esmalte).

Martin y Cols.⁽⁸⁹⁾ evaluando el efecto de las terapias con flúor sobre la rugosidad superficial del esmalte humano después del blanqueamiento, utilizaron Peróxido de Carbamida al 16% y Peróxido de Hidrógeno al 35%, además de aplicaciones de Fluoruro de Sodio al 0.05%, Fluoruro de Sodio al 0.2%, Fluoruro tópico al 2%, encontrando que ambos blanqueamientos incrementaron la rugosidad y que ambas terapias fueron efectivas al reducir la rugosidad superficial después del blanqueamiento.

Berger y Cols. ⁽⁹⁰⁾ evaluaron las alteraciones sobre la morfología superficial y la disminución mineral del esmalte humano con Peróxido de Hidrógeno al 35%, durante el blanqueamiento. Los agentes blanqueadores fueron irradiados con luz halógena o con láser diodo LED, los resultados revelan un decremento de los valores de dureza Knoop y cambios en la morfología del esmalte, también presentaron disminución del porcentaje por volumen del mineral de 40 micrómetros para la superficie del esmalte y desmineralización en áreas localizadas en la región subsuperficial del esmalte.

Baldion y Cols. ⁽⁹¹⁾ mencionan que existen cambios en la composición del esmalte después de la aplicación del Peróxido de Hidrógeno al 38%, los elementos como el calcio y fósforo disminuyen en peso mientras que el porcentaje de oxígeno aumentó posterior al blanqueamiento. Tras aplicar flúor, independientemente de su presentación, existe recuperación del porcentaje de calcio.

Ferreira y Cols. ⁽⁹²⁾ evaluaron la morfología superficial del esmalte blanqueado con 35% de Peróxido de Hidrógeno seguido de aplicaciones con flúor, como el fluoruro acidulado al 1.23% y el fluoruro neutro al 2%, los grupos que recibieron blanqueamiento fueron expuestos en tres ocasiones y después fueron pulidos repitiendo esto después de 7 y 14 días y durante los intervalos fueron almacenados en saliva artificial a 37°C, resultando en que el Peróxido de Hidrógeno al 35% afecta la superficie del esmalte, presentando poros, depresiones e irregularidades en la superficie y los cambios más importantes ocurrieron después de la aplicación del gel de fluoruro acidulado al 1.23%.

Por otro lado, Cavalli y Cols.⁽⁹³⁾ mencionaron que la adición de Calcio y Flúor en un blanqueamiento aplicado en casa puede reducir la pérdida de minerales en el esmalte.

Zhi y Cols.⁽⁹⁴⁾ concluyeron que la aplicación tópica de iones de flúor de potasio, fluoruro de plata y nitrato de plata, pueden incrementar la densidad mineral de la desmineralización del esmalte y dentina durante la remineralización y que el efecto sinérgico de estos iones es relativamente pequeño.

Pedreira y Cols.⁽⁹⁵⁾ mencionaron que el tratamiento con Peróxido de Hidrógeno al 38% (Opalescence Boost PF.Ultradent) por 135 minutos lavados y limpiados en agua desionizada y con las aplicaciones con fluoruro de Sodio al 2% neutro y nano hidroxapatita en la pasta dental no altera la rugosidad superficial o el brillo del esmalte dental.

Chen y Cols.⁽⁹⁶⁾ obtuvieron como resultado que los agentes blanqueadores de Peróxido de Carbamida que contenían flúor presentaron una reducción relativa en la microdureza del esmalte que los tratados con agentes sin flúor. Esto se debe considerar para que el uso constante de Fluoruros y una adopción de buena higiene oral, posiblemente incrementen la microdureza del esmalte durante y después del blanqueamiento y que las características de la estructura dental se debe a la deposición de los cristales de fluoruro de calcio, manteniendo y adicionando el balance entre los fenómenos de desmineralización y remineralización, concluyeron que los agentes

blanqueadores con flúor producen baja desmineralización, pocos cambios morfológicos y microdureza. La adición de flúor no impide el efecto de blanqueamiento.

Lee y Cols.⁽⁹⁷⁾ estudiando la disminución del mineral en el esmalte de bovinos mediante el uso de una solución de Peróxido de Hidrógeno al 30%, encontraron que el contenido total de elementos minerales del esmalte sin blanquear (90.75 ± 1.58) fue ligeramente mayor que la del esmalte blanqueado (87.44 ± 0.77). El análisis de los elementos minerales de la superficie del esmalte fue capturado con un microanálisis de electrones semicuantitativo, se estandarizó en tres puntos sobre cada espécimen donde se seleccionaron los puntos de análisis donde se determinaron el Calcio, Fosforo, Fluoruro, Magnesio y Zinc, la hidroxiapatita y fluorapatita fueron usados como estándar para el análisis semicuantitativo.

Tezel y Cols.⁽⁹⁸⁾ de acuerdo a su estudio cuando evaluaron los niveles de valores de calcio concluyeron que el Peróxido de Hidrógeno al 35% (Rembrandt Lighting, Dental–Mat) y PH al 38% Opalescence Xtra Boost, (Ultradent), causan mayor disminución de calcio en el esmalte que el Peróxido de Carbamida al 10% (Opalescence, Ultradent).

Gladwell y Cols.⁽⁹⁹⁾ encontraron que la integración del flúor en el blanqueador puede tener un impacto de remineralización sin alterar las propiedades del blanqueamiento con Peróxido de Carbamida al 10% y que es posible que la adición de flúor a un gel blanqueador que recupera el contenido

mineral podría ayudar a reducir la tendencia de los dientes para volver a pigmentarse y oscurecerse con el tiempo. A mayor deposición mineral reduciría los espacios intercristalinos de esmalte, reduciendo así el potencial para la reintroducción de las proteínas que cambian las propiedades ópticas del esmalte.

Se ha reportado que el Peróxido de Hidrógeno en diferentes concentraciones causa disminución de los elementos químicos del esmalte dental principalmente el calcio. ⁽¹⁰⁰⁾ Existe la pérdida de elementos químicos⁽¹⁰¹⁾ como el K, P, Na, Mg y F, la disminución de Ca y K, además, que los niveles de Oxígeno se incrementan cuando el esmalte es expuesto a Peróxido de Carbamida en diferentes concentraciones (10,20 y 35%). La reducción del elemento Calcio puede atribuirse a la disolución de este elemento por agentes blanqueadores, el rol del Potasio no es suficientemente conocido, en este estudio los niveles de potasio disminuyeron en el esmalte y la dentina. Además, la relación con la disminución de los niveles de Mg no tuvo diferencias estadísticamente significativas, aunque la disminución del Mg puede ser porque es el primer elemento disuelto durante un proceso de desmineralización. Se incrementó el Flúor, que puede estar justificado por los recientes blanqueadores que contienen Fluoruros para prevenir la hipersensibilidad o desmineralización durante los tratamientos de blanqueamiento. Desde luego, existen resultados controvertidos sobre el tema porque no hay evidencias que soporten la influencia del fluoruro contenido en los geles blanqueadores sobre la remineralización.

Por último, en el estudio de Cakir y Cols. ⁽¹⁰¹⁾ tuvieron un incremento en el nivel de O con el uso de los tres agentes blanqueadores, todos los elementos fueron presentados en Peso% y puede ser un incremento relativo que puede estar influenciado por la disminución de otros elementos.

Cakir y Cols. ⁽¹⁰²⁾ en un estudio in vitro determinaron el cambio de minerales en esmalte y dentina evaluando las caras vestibulares de 30 dientes que fueron tratados con PH al 35 y 38 % activados con y sin luz, usaron el sistema de espectrometría (Energía de dispersión por Rayos X), estudiando el Calcio, Fosforo, Potasio, Sodio, Magnesio, Fluoruro y Oxígeno, para el grupo de PH con activación química disminuyó el nivel de F en el esmalte y F, Na, P, K, Ca en la dentina y en el grupo de PH con activación de luz se redujo el F y el K sobre el esmalte y los niveles F, Na, K, Ca sobre la dentina, concluyeron que el uso de agentes blanqueadores en consultorio y el modo de activación afectan la composición química de los tejidos dentales duros.

F) EQUIPOS DE MEDICIÓN

La medición del contenido mineral después de la aplicación de los diferentes agentes blanqueadores se ha investigado mediante el uso de diferentes equipos de medición entre ellos podemos mencionar a la tomografía microcomputarizada, ⁽¹⁰³⁾ el espectrofotómetro de absorción atómica ^(100,103-105) y la espectrometría de energía dispersa por medio de microscopio electrónico de barrido. ⁽¹⁰¹⁾

1.ESPECTROSCOPIA DE PLASMAS INDUCIDOS POR LÁSER (LIBS)

La espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS) es una técnica espectroscópica que se basa en la generación de plasmas por ablación láser que se inventa en 1964 con el uso de Neodimio: Granate, Aluminio, Itrio, (Nd: YAG). La química y la ingeniería de superficies han adquirido relevancia en la producción de las diversas manufacturas. Su importancia radica con algunos valores agregados que introducen la posibilidad de optimizar el desempeño del producto, reducir costos, conservar los recursos materiales, preservar y conservar el medio o crear productos completamente nuevos. Se entiende como superficie de un material a la región que comienza en la última capa de átomos del sólido que se encuentra en contacto con la fase adyacente (vapor, líquido u otro sólido) y se extiende hacia el interior del mismo hasta que alcanza las propiedades de volumen, el espesor de esta superficie puede alcanzar las decenas de micrones, dependiendo del problema a tratar. Para entender completamente el comportamiento del material implica conocer, entre otros aspectos, su composición elemental, su estructura, su forma, sus límites y eventuales interfaces, las capas o subsistemas que la componen, su dureza, su estado de limpieza y eventual presencia de contaminantes, así como su estabilidad termodinámica.⁽¹⁰⁶⁾

Existe una gran variedad de técnicas para estudiar las superficies restringidas a espesores menores a decenas de nanómetros, la mayoría usan haces de partículas (electrones, iones, fotones, átomos) como una sonda de

excitación a los átomos superficiales a estados que emitan una o más de una variedad de partículas secundarias, o excitación térmica, campos eléctricos intensos o fuerzas mecánicas (microscopio de fuerza atómica), todas son analíticas y espectroscópicas que poseen limitaciones para análisis de piezas únicas o para la implementación en líneas de investigación industrial, la mayoría requieren preparación de las muestras con dimensiones y estructuras particulares, atmósferas de vacío o controladas y no pueden ser aplicadas en todo tipo de material, además son caras, requieren condiciones de manipulación de laboratorio sofisticadas, poseen escasa resolución espacial, y no permiten detectar inhomogeneidades.⁽¹⁰⁶⁾

Las técnicas analíticas deben ser no destructivas y no requerir preparación previa de las muestras a investigar, las técnicas analíticas a resolver este problema se basan en la ablación láser. La ablación de superficies con láseres de pulsos cortos (nano y femtosegundos), abrió las posibilidades en la caracterización y modificación de propiedades de superficies de cualquier tipo de material. La demanda en la investigación está relacionada con la identificación de composición de superficies y sustratos, una técnica promisoría es el láser (LIBS) que consiste en enfocar sobre los especímenes radiación láser pulsada del orden de nanosegundos, con irradiación suficiente para producir ablación del material y generar plasma compuesto fundamentalmente por iones y átomos excitados los que se desexcitan emitiendo luz, a partir del análisis espectral de la luz emitida, es posible conocer la composición del material a estudiar. Esta técnica permite la caracterización cualitativa y cuantitativa de la composición elemental de

cualquier tipo de material sin necesidad de preparación previa, en condiciones remotas, en campo o en línea de producción, realizando el análisis de composición por capas a tiempo real. Cuando la luz emitida por un láser pulsado incide sobre la superficie de un material se producen diversos fenómenos, como reflexión, transmisión, dispersión y absorción. La energía absorbida por el material puede a su vez dar lugar a la emisión de luz (Fluorescencia, fosforescencia), calentar el material, fundirlo, producir vaporización, desencadenar reacciones químicas, generar plasma. La presencia y eficiencia de uno u otro fenómeno dependerá de las propiedades del material, de la irradiancia del láser que se define como la potencia por unidad de área, medida en W/cm^2 y de su longitud de onda en nanómetros. En general, existen láseres de pulsos largos cuya duración es del orden de los microsegundos o superiores y los láseres de pulsos cortos que son del orden de los nanosegundos y los láseres de pulsos ultracortos del orden de los picosegundos o femtosegundos. La manipulación de láseres que por su potencia pueden causar daños importantes de carácter permanente, principalmente en los ojos, una medida de seguridad imprescindible es el uso obligatorio de lentes de seguridad que bloqueen totalmente la longitud de onda a la que emite el láser.⁽¹⁰⁶⁾

Los aspectos que se deben considerar para realizar la identificación cualitativa de la composición del material son; a) Contar con una base de datos de las líneas de emisión de los elementos, una base muy completa es la del Instituto Nacional de Tecnología y Estandarización en Estados Unidos (NIST), b) Identificar múltiples líneas de emisión de un elemento, cuanto mayor sea el

número de emisión que se asigne a un mismo elemento, mayor será la certeza que se tenga sobre su identificación y c) El grado de ionización del elemento.⁽¹⁰⁶⁾

La espectroscopia de plasmas inducida por láser (LIBS) ha tenido aplicación limitada en Odontología confinándose a la discriminación de caries en cavidades dentarias y a la acumulación de trazas metálicas en el diente ⁽¹⁰⁷⁻¹⁰⁹⁾ y no existen reportes que utilicen este método como medio de identificación de los elementos químicos contenidos en el esmalte tratado con Peróxido de Hidrógeno al 38%.

Singh y Cols. ⁽¹¹⁰⁾mencionaron que los láseres se introdujeron en el campo de la odontología clínica con la esperanza de superar a algunos inconvenientes planteados por los métodos convencionales de procedimientos dentales. En algunas aplicaciones de la odontología las investigaciones han sido muy acertadas. Sin embargo, muchos estudios clínicos y extensos esfuerzos siguen haciéndose con el fin de obtener resultados satisfactorios.

Singh y Cols. ⁽¹¹¹⁾ usaron la técnica LIBS para cuantificar los principales elementos en muestras de dientes con y sin caries. Los elementos detectados fueron Ca, Mg, Cu, Zn, Sr, Ti, C, P, H, O, Na y K, ellos documentaron que en los dientes afectados por caries disminuyen el Ca y P, pero hay mayores cantidades de Mg, Cu, Zn, Sr, C, Na, K, H y O. También explican la presencia de los elementos metálicos presentes en la formación de caries dental. Por

último, los autores exploran la posibilidad del uso de LIBS por parte de los dentistas en la identificación de los dientes afectados por caries.

El metabolismo del Sr y Ba es similar al del Ca. Generalmente las proporciones de Sr/Ca y Ba/Ca son indicadores de la nutrición ⁽¹¹²⁻¹¹⁵⁾ especialmente en la dieta de origen animal y vegetal. Estas proporciones pueden diferenciar las regiones geométricas con diferentes contenidos de Sr, Ba, y Ca en el medio ambiente. La proporción de Sr/Ba en tejidos calcificados refleja la proporción Sr/Ba en el ambiente y algunas modificaciones en las proporciones pueden indicar la movilidad demográfica. ⁽¹¹⁶⁾

Marcondes y Cols. ⁽¹¹⁷⁾confirmaron el uso de láser Nd: YAG (LIBS) para analizar dentina humana con y sin caries, empleando el láser con una duración del pulso de 10 nanosegundos y 1064nanómetros en la ablación de los especímenes, para identificar los elementos atómicos ocuparon las siguientes líneas espectrales; para el Calcio (362.6,373.9,393.4,396.7 y 585.5nm), Mg (517.4 y 553.9nm), F (422.5 y 470.4nm), Na (444.6nm), Mn (383.1nm) y P (534.4nm). Encontraron la composición de los dientes extraídos, en la posibilidad de cuantificación absoluta, detectaron Ca, F, Mg, Na, y Sr entre otros. Concluyendo que aprovechando los cambios en la concentración de las relaciones entre los elementos de la matriz (Ca y P) y no de la matriz (Mg y Zn), representada por los cambios relativos en la línea las intensidades de espectros (LIBS), se puede lograr la discriminación de los diferentes tipos de tejidos.

Moncayo y Cols.⁽¹¹⁸⁾ en su experimento con LIBS, estudiaron veinte dientes de diferentes individuos, mostrando espectros típicos de dientes y huesos humanos. Las líneas de emisión de los principales elementos en sus longitudes de onda particulares (nanómetros), se basan en la identificación del espectro atómico de la base de datos del Instituto Nacional de Tecnología y Estandarización (NIST⁽¹¹⁹⁾: Cloro (247.85), Mg I (285.21; 518.36), Mg II (280.27), Ca I (422.67; 445.48; 551.30; 560.13), Ca II (393.37; 396.85), Sr I (407.77), Na I (588.99; 589.59), O I (777.42; 844.62) y N I (746.83; 821.63; 868.34). La línea de emisión más intensa que se observó en ambas muestras fue para el Ca II, debido a su alto contenido de Fosfato de Calcio y Hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).^(120, 121) Las cantidades relativas de estos elementos pueden variar entre distintos individuos e incluso dentro del mismo individuo.⁽¹²⁾ Concluyendo que a pesar de los diferentes elementos que se observan en los espectros (LIBS) y la matriz compleja de las muestras de huesos y dientes, la única selección del calcio, magnesio y estroncio permiten discriminar a las personas con alta precisión.

Dentro de los progresos recientes para las aplicaciones biomédicas de LIBS en la odontología y en donde se analizan elementos como Ca, Mg, P, Zn, Cr, Co y I, están relacionados con los temas de microfiltración entre la infraestructura y el cubrimiento de dentaduras parciales fijas con diferentes materiales y la microfiltración en Odontología.^(123, 124)

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque el color del diente es determinado genéticamente, a lo largo de la vida, los dientes tienden a oscurecerse debido a los cambios de la dentina debido a la edad y a la absorción de los pigmentos de los alimentos, bebidas, por tinciones patológicas. El blanqueamiento es uno de los métodos actualmente más utilizados para aclarar el color dental, sin embargo, las alteraciones causadas por el uso de agentes químicos como el Peróxido de Hidrógeno y Peróxido de Carbamida, parecen estar relacionadas con una desmineralización de la estructura dentaria. Diferentes estudios han evaluado éstos efectos encontrando, una gran pérdida de minerales como calcio y fósforo por un proceso de oxidación, ocasionado por el uso de éstas sustancias ácidas sobre la superficie del esmalte, teniendo como consecuencia un aumento en la rugosidad superficial y la disminución de las propiedades del mismo. Esto conduce a un aspecto clínico importante en donde el paciente manifiesta sensibilidad dental por un corto tiempo sin embargo, se ha reportado que esta misma sensibilidad es transitoria o temporal cuando ocurre una remineralización por precipitado de los minerales perdidos con el blanqueamiento dental, además de que clínicamente el uso de sustancias ácidas en la superficie del esmalte puede causar un aumento en la rugosidad superficial, que a su vez causa una acumulación de placa dentobacteriana la cual puede influir en volver a pigmentar los dientes tratados.

Por otro lado, la determinación de la estabilidad del color, la modificación de la estructura dental, la desmineralización y remineralización del esmalte, son parámetros importantes para evaluar nuevos agentes aclaradores,

considerando que éste método seguirá siendo de los más populares para satisfacción del paciente en busca de una sonrisa más estética.

Por lo anteriormente planteado, nosotros nos formulamos la siguiente pregunta de investigación:

¿La aplicación de Fluoruro de Sodio al 2% favorecerá la recuperación del contenido mineral del esmalte dental humano tratado con Peróxido de Hidrógeno al 38%?

III. HIPÓTESIS

A) HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

La recuperación del contenido mineral es significativa después de aplicar Fluoruro de Sodio al 2% en el esmalte dental humano expuesto al Peróxido de Hidrógeno al 38%.

B) HIPÓTESIS NULA

La recuperación del contenido mineral no es significativa después de aplicar Fluoruro de Sodio al 2% en el esmalte dental humano expuesto al Peróxido de Hidrógeno al 38%.

IV. JUSTIFICACIÓN

La Odontología Cosmética es muy importante en la práctica dental restauradora, la apariencia y el color de los dientes es prioridad para los pacientes que acuden al consultorio dental por lo que el aclaramiento dental ha llegado a ser un método frecuentemente realizado en nuestra práctica profesional, las investigaciones que reportan los efectos producidos por el Peróxido de Hidrógeno en diferentes concentraciones sobre el esmalte parecen resultar inconclusos por lo que existe información limitada relacionada con la desmineralización del esmalte y la posible remineralización con Fluoruro de Sodio al 2% después de su aplicación.

Existen reportes de la medición de contenido mineral con diferentes técnicas como las tomografías microcomputarizadas, el espectrofotómetro de absorción atómica, la energía dispersa por medio de microscopio electrónico de barrido, sin embargo, la espectroscopia de plasmas inducida por láser (LIBS) ha tenido aplicación limitada en Odontología confinándose a la discriminación de caries en cavidades dentarias y a la acumulación de trazas metálicas en el diente y no existen reportes que utilicen este método como medio de identificación de los elementos químicos contenidos en el esmalte tratado con Peróxido de Hidrógeno. La información que se obtenga en el presente estudio darán los alcances con esta técnica de (LIBS) en la Odontología después de los tratamientos con PH al 38%, obteniendo resultados en los posibles cambios que se presentan sobre el esmalte dental, provocado por el agente blanqueador así como en la posible recuperación del contenido mineral al aplicar Fluoruro de Sodio al 2%. Aportando conocimientos para los odontólogos, obteniendo una implicación clínica en los pacientes que

requiere un tratamiento de vanguardia como lo es el blanqueamiento dental.

V. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

A) OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del Fluoruro de Sodio al 2% en la recuperación de contenido mineral de esmalte dental humano después de exponerlo a Peróxido de Hidrógeno al 38%.

B) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medir el contenido mineral del esmalte dental humano por medio de espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS) antes inmediato de la aplicación del blanqueamiento con Peróxido de Hidrógeno (PH) al 38%, que contiene Nitrato de Potasio al 3%, Fluoruro de Sodio al 1.1% e Hidróxido de Potasio al 2.5% (Opalescence Boost, Ultradent).
2. Medir el contenido mineral del esmalte dental humano por medio de láser (LIBS) después del blanqueamiento con PH al 38% (Opalescence Boost, Ultradent), a las 24 horas, 7 y 14 días sin y con la aplicación de Fluoruro de Sodio al 2% durante 4 minutos cada 24 horas y almacenados en agua desionizada a 37 °C.
3. Analizar y comparar el contenido mineral del esmalte dental humano por medio de láser (LIBS) antes inmediato, a las 24 horas, 7 días y 14 días después de la aplicación del blanqueamiento con PH al 38% (Opalescence Boost, Ultradent), sin y con la aplicación de Fluoruro de

Sodio al 2% durante 4 minutos cada 24 horas almacenados en agua desionizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

A) DISEÑO DEL ESTUDIO

El presente estudio es in vitro, de tipo autocontrol, donde se analizó el contenido mineral del esmalte por medio espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS) antes, inmediato, 24 horas, 7 días y 14 días después del blanqueamiento dental con Peróxido de Hidrógeno al 38%, sin y con la aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%, almacenados en agua desionizada.

1. POBLACIÓN DEL ESTUDIO

Dientes extraídos durante el período de Agosto y Septiembre de 2014, en la clínica de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico-Madero, Tamaulipas, México.

B) MUESTRA

Premolares extraídos por razones ortodóncicas que cumplan con los criterios de inclusión.

1. TIPO DE MUESTREO

No probabilístico por conveniencia.

2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

El estudio constó de una muestra de 30 premolares que al seccionarlos se obtuvieron 60 especímenes (n=60), dividiéndolos en dos grupos; Grupo A (Control) y Grupo B (Experimental) cada uno de 30 especímenes.

- **GRUPO A (Control):** 30 especímenes de esmalte (lado izquierdo) tratados con Peróxido de Hidrógeno al 38 % (Opalescence Boost Ultradent), sin aplicación de Fluoruro de Sodio al 2% y almacenados en agua desionizada a 37°C.
- **GRUPO B (Experimental):** 30 especímenes de esmalte (lado derecho) tratados con Peróxido de Hidrógeno al 38% (Opalescence Boost, Ultradent), con aplicación de Fluoruro de Sodio al 2% (Fluofar, Laboratorios Eufar, Bogotá, Colombia) durante 4 minutos cada 24 horas y almacenados en agua desionizada a 37°C.

2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

a) Criterios de inclusión

- Dientes premolares humanos sanos, indicados para extracción por motivos ortodóncicos.

- Superiores e inferiores de pacientes con rango de edad entre 18 a 25 años.
- Premolares de pacientes de ambos sexos.
- Extraídos en un periodo no mayor de 3 meses al momento del experimento.
- Ausencia de historia de trauma dentario.
- Sin historia de sensibilidad dental previa.

b) Criterios de exclusión

- Premolares con restauraciones metálicas y/o con resina por vestibular.
- Que presenten malformaciones en la estructura del esmalte (congénita o adquirida).
- Con abrasiones, abfracciones, erosiones y fracturas de tejido adamantino.
- Dientes con tratamiento previo de aclaramiento dental.
- Dientes con tratamiento de conducto radicular.

c) Criterios de eliminación

- Especímenes que sufran deterioro durante la investigación.
- Extraviados durante el experimento.

C) VARIABLES DEL ESTUDIO

1. VARIABLES INDEPENDIENTES

a) Blanqueamiento dental

- **Definición Conceptual:** proceso para tratar los dientes y eliminar pigmentaciones de origen extrínseco o intrínseco con fines estéticos.
- **Definición Operacional:** aplicación o no de una sustancia química sobre la superficie dental siguiendo las instrucciones del fabricante.
- **Escala de Medición:**Nominal.
- **Categoría de Escala.**
 - Esmalte sin Blanqueamiento Dental.
 - Esmalte tratado con Peróxido de Hidrógeno al 38% (Opalescence Boost, Ultradent), conteniendo Nitrato de Potasio al 3%, Fluoruro de Sodio al 1.1% e Hidróxido de Potasio al 2.5%.

b) Soluciones promotoras de remineralización

- **Definición Conceptual:** sustancias utilizadas para inducir la remineralización del esmalte dental humano sometido a blanqueamiento dental.
- **Definición Operacional:** aplicación de diferentes soluciones en especímenes de esmalte dental que han sido tratados para su

blanqueamiento con Peróxido de Hidrógeno al 38% durante 24 horas, 7 días y 14 días.

- **Escala de Medición:**Nominal.
- **Categoría de Escala:**
 - Agua desionizada (pH 7.0 (Fermont, Productos Químicos Monterrey, México).
 - Fluoruro de Sodio al 2%. (pH 7.0) (Fluofar Laboratorios Eufar, Bogotá, Colombia).

2. VARIABLE DEPENDIENTE

a) Contenido mineral

- **Definición Conceptual:** cantidad de elementos químicos presentes sobre un organismo o unidad.
- **Definición Operacional:** medición de minerales sobre los especímenes de esmalte sometidos o no a blanqueamiento dental con Peróxido de Hidrógeno 38% y tratados sin y con Fluoruro de Sodio al 2% medidos con espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS), en diferentes tiempos, antes, inmediato, 24 horas, 7 días y 14 días.
- **Escala de Medición:** Numérica.
- **Categoría de Escala:**
 - Intensidad Relativa (Unidad relativa)

D) LÍMITES DEL ESTUDIO

Dentro de las limitantes del estudio podemos mencionar, que es un modelo in vitro, en donde se pierde el control de tener una similitud de pH, cambios térmicos, temperatura y saliva natural sin embargo, se tratara de simular lo más cercano posible a las condiciones presentes en la cavidad oral.

E) PROCEDIMIENTO

1. ETAPA 1. SECCIONADO DE DIENTES

Se seleccionaron treinta premolares intactos en su superficie vestibular y libres de caries, fracturas o restauraciones, extraídos por razones ortodóncicas en un período no mayor de 3 meses al momento del estudio, los cuales se almacenaron en recipientes de plástico con agua desionizada (Fermont, Productos Químicos Monterrey, México) **(Fig.1)** a 37°C en una cámara ambientadora (Shel-Lab, Modelo 1500E), **(Fig.2)** cambiándola cada 2 días para conservarlos siempre húmedos durante la investigación.



Fig. 1. Especímenes almacenados en agua desionizada.



Fig. 2. Especímenes almacenados en cámara ambientadora.

Una vez incluidos los treinta premolares, se procedió al retiro de cualquier resto orgánico con un escariador BioSonic US100R, **(Fig.3)**, para posteriormente ser nuevamente colocados en el recipiente de plástico con agua desionizada a 37°C en la cámara ambientadora.



Fig. 3. Limpieza de los especímenes usando un escariador.

Se cortaron reglas milimétricas (Baco) en fragmentos de 7cm con la ayuda de un micromotor (Marathon III, Tpc Advancetech) y un mandril con disco de carburo (KeyStone), **(Fig.4)**. Estas reglas sirvieron para montar los especímenes en acrílico transparente.

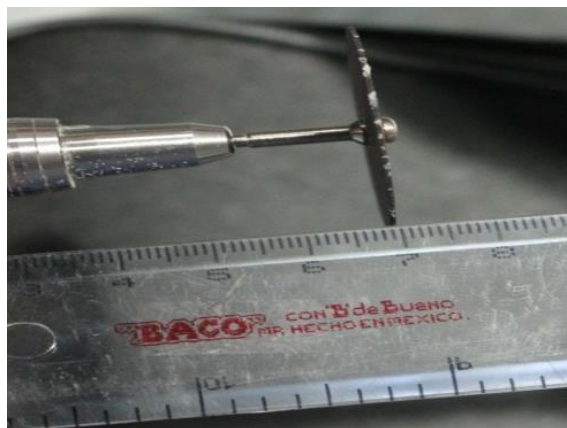


Fig. 4. Corte de fragmentos de reglas milimétricas donde se montaron los especímenes.

Posteriormente los dientes fueron marcados para su corte en sentido longitudinal con un lápiz de cera (sds Belle) y se enumeraron del 1 al 30 con un marcador permanente (Sharpie) para lograr un control al momento del corte **(Fig. 5)**.



Fig. 5. Marcaje de los dientes antes de su corte longitudinal.

Los dientes se colocaron en el centro en las reglas fijándolos con plastilina. Se realizó una mezcla de polímero transparente y monómero (Nic-Tone, Manufacturera Dental Continental, Jalisco, México) que fue situada sobre la raíz de cada diente usando una espátula para cemento dental. **(Fig. 6)** Inmediatamente después se colocaron en un recipiente de plástico con agua desionizada para evitar que la reacción exotérmica del acrílico dañara la muestra.



Fig. 6. Fijación de los dientes con resina acrílica.

Se realizaron surcos guías al extremo de las reglas milimétricas, **(Fig. 7)** con la finalidad de colocarlos sobre la base sujetadora de la máquina

recortadora de precisión lineal (Buehler, IsoMet 5000), **(Fig. 8)** dando así firmeza al momento del corte.



Fig. 7. Surcos guías en la regla milimétrica.



Fig. 8. Recortadora de precisión lineal.

El disco con el cual se realizaron los cortes es de 10.2cm x 0.3mm (Diamond Wafering Blade, Buehler), **(Fig. 9)** los dientes fueron seccionados en sentido bucolingual o bucopalatino con abundante irrigación hasta 4mm después de la corona clínica. **(Fig. 10)**

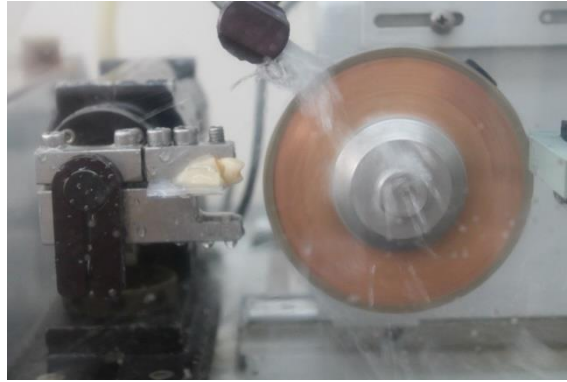


Fig. 9. Corte del espécimen con disco de diamante Buehler.



Fig. 10. Corte hasta 4mm después de la corona clínica.

Con un disco de diamante se retiró el acrílico que se usó para fijar los dientes a las reglas milimétricas y posteriormente se seccionaron 2/3 partes de la raíz con un disco de diamante montado sobre un mandril (Keystone) y micromotor (Marathon III, Tpc Advancetech), **(Fig. 11)** obteniéndose de ésta manera las fracciones de los dientes. **(Fig. 12)**



Fig. 11. Retiro de 2/3 partes de la raíz del espécimen.



Fig. 12. Fracciones obtenidas del premolar después del corte.

Cada fracción de todos los premolares se marcó de acuerdo al número proporcionado en un inicio obteniendo el total de 60 especímenes, la fracción derecha de cada diente se usó como grupo experimental del estudio, mientras que la fracción izquierda sirvió de grupo control, de ésta manera las mediciones se realizaron sobre el mismo tejido dentario (**Fig. 13**) y las mitades de los premolares nuevamente se almacenaron en recipientes con agua desionizada a 37°C en la cámara ambientadora.



Fig. 13. Especímenes divididos en mitades.

2. ETAPA 2. FABRICACIÓN DE ESPECÍMENES

Se situaron los especímenes con la ayuda de plastilina dentro de aros de acero inoxidable de 22 mm de diámetro x 12 mm de altura **(Fig. 14A)**, a los que previamente se les aplicó internamente cera desmoldante (CP500, Poliéster) **(Fig. 14B)**, con la finalidad de recuperar fácilmente los especímenes.

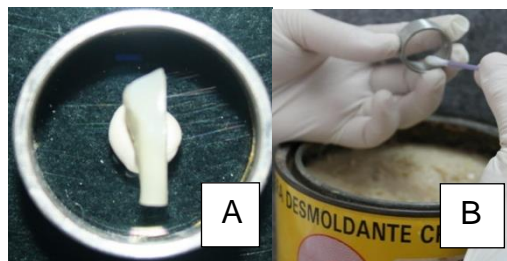


Fig. 14 A y B. Colocación de los especímenes en el interior de los aros de acero.

Después, con la ayuda de un paralelómetro (Ney Dental International), **(Fig. 15)** se ubicaron y estandarizaron a una misma altura todos los especímenes considerando la parte más plana de la cara vestibular, usando una roseta del instrumental del paralelómetro, **(Fig.16)** luego, se sembraron en

los aros metálicos agregando acrílico autopolimerizable (Nic-Tone, MDC. Jalisco, México), con la técnica de polvo-líquido hasta el llenado del aro en su parte más superior, **(Fig. 17)** con un color diferente para la identificación de los Grupos, en color verde para el Grupo A **(Fig. 18)** y para el Grupo B con color rosa **(Fig.19)** antes de la reacción exotérmica del acrílico se llevaron en un recipiente con agua desionizada para prevenir una deshidratación de los especímenes **(Fig. 20)** y luego se removieron de los aros después de la polimerización del acrílico. **(Fig. 21)**



Fig. 15. Paralelómetro de Ney.

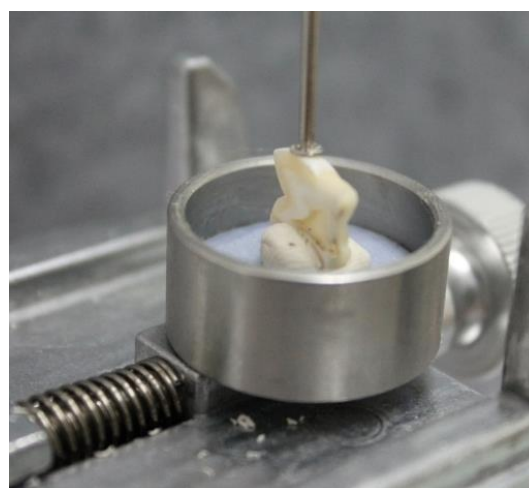


Fig. 16. Estandarización de la altura de los especímenes con la ayuda de una roseta en el paralelómetro.



Fig. 17. Sembrado de especímenes con técnica de polvo-líquido.



Fig. 18. Colocación en agua desionizada durante la reacción térmica del acrílico.



Fig. 19. Especímenes representativos del Grupo A.

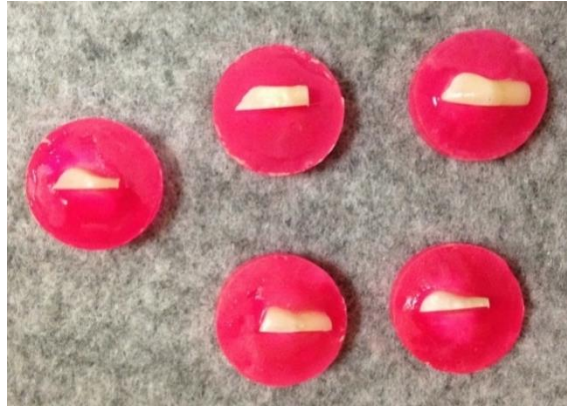


Fig. 20. Especímenes representativos del Grupo B.



Fig. 21. Obtención de los especímenes después del retiro de los aros metálicos.

Se eliminaron los excedentes de acrílico con un fresón de carburo de tungsteno (Edental) y se calibraron con la ayuda de un vernier digital (**Fig. 22**) que tiene un margen de error de $\pm 0.02\text{mm}$. Finalmente las muestras fueron colocadas en diferentes recipientes con agua desionizada a 37°C según su respectivo grupo.



Fig. 22. Especímenes calibrados usando el vernier digital.

Los especímenes de ambos grupos fueron llevados a limpieza usando el ultrasonido (BioSonic UC50D, Whaladent) (**Fig. 23**) durante 15 minutos, para proceder a la medición inicial del contenido mineral del esmalte por medio de espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS) (**Fig. 24**) antes de la aplicación del agente blanqueador obteniendo así el registro basal.



Fig. 23. Especímenes en Ultrasonido (BioSonic).

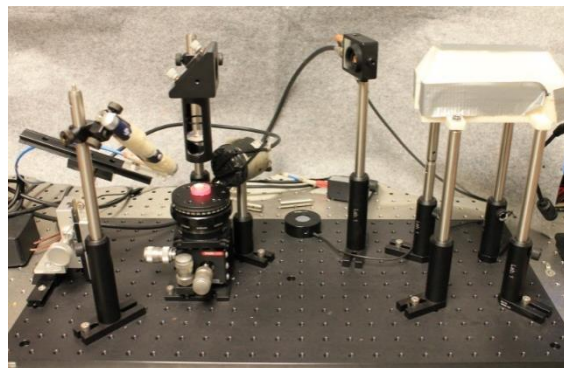


Fig. 24. Especímenes en la medición inicial con espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS).

Para la medición de los contenidos minerales del esmalte por medio de espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS), se consideraron los espectros de los elementos químicos reportados por Moncayo y Cols. ⁽¹¹⁸⁾(Fig. 25), basados en la identificación del espectro atómico de la base de datos del Instituto Nacional de Tecnología y Estandarización (NIST)(Tabla 1). ⁽¹¹⁹⁾

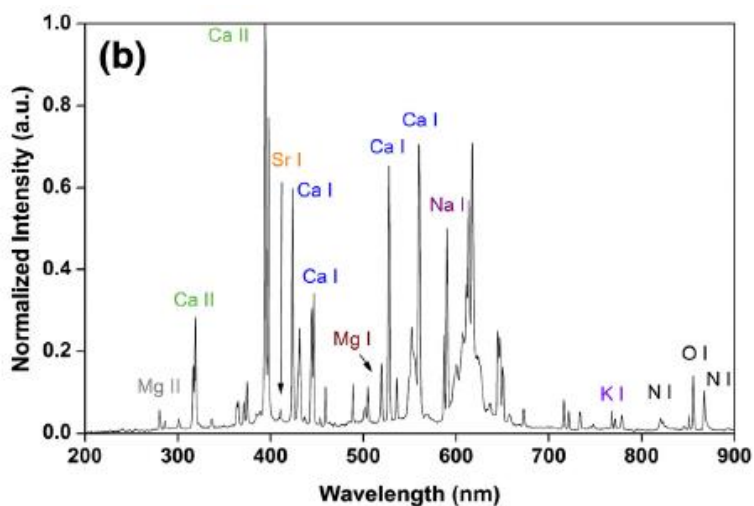


Fig. 25. Representación de los elementos químicos reportados por Moncayo *et al* en 2014.

TABLA 1. IDENTIFICACION DEL ESPECTRO ATOMICO DE LA BASE DE DATOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA Y ESTANDARIZACION (NIST).

Identificación de elementos		Longitud de Onda
Elemento	Calcio II (Ca)	393.37, 396.85
Elemento	Calcio I (Ca)	422.67, 445.48, 551.30, 560.13)
Elemento	Sodio I (Na)	588.99, 589.59
Elemento	Magnesio I (Mg)	285.21, 518.36
Elemento	Carbono (C)	373.42
Elemento	Estroncio (Sr)	407.77
Elemento	Cloro I (Cl)	247.85
Elemento	Oxigeno (O)	777.42, 844.62
Elemento	Nitrógeno (N)	746.83, 821.63, 868.34

Se consideró durante las mediciones que siempre existiera la misma distancia entre los especímenes y los componentes del LIBS, (Fig. 26, 27, 28) estandarizando los disparos de láser a la estructura dental y respetándola en todas las mediciones posteriores durante el experimento.

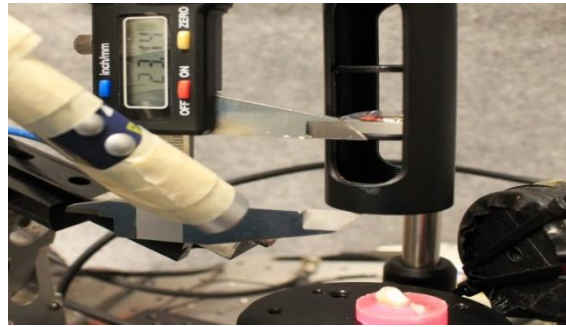


Fig. 26. Medición de 23.14mm de la base de la lupa a parte inferior del cilindro.

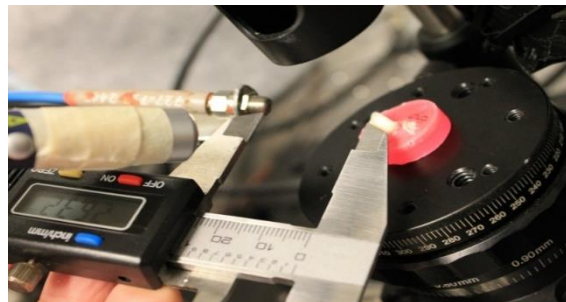


Fig. 27. Medición de 26.32mm del espécimen a la punta de la fibra óptica.

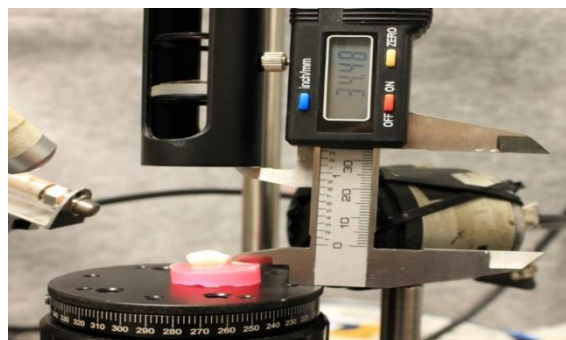


Fig. 28. Medición de la parte inferior del vástago de la lupa a la superficie vestibular del espécimen de 34.48mm.

En todos los especímenes del esmalte se realizó una medición inicial con espectroscopia de plasmas inducida por láser (LIBS) previa a la aplicación del agente blanqueador.

3. ETAPA 3: APLICACIÓN DEL AGENTE BLANQUEADOR

La manipulación y aplicación de Peróxido de Hidrógeno al 38% la realizó un solo operador, iniciando con la mezcla del producto, conectando la jeringa (color blanco) que contiene el activador con la jeringa (color rojo) que contiene la base blanqueadora, presionando el émbolo de 15 a 20 veces en cada dirección hasta obtener una mezcla homogénea, dejando el producto dentro de la jeringa roja como lo indica el fabricante. **(Fig. 29)**



Fig. 29. Mezcla del agente blanqueador.

Con la ayuda de una punta dispensadora desechable se aplicó el producto con un grosor de 0.5 a 1mm aproximadamente sobre la superficie vestibular del esmalte. **(Fig. 30)**

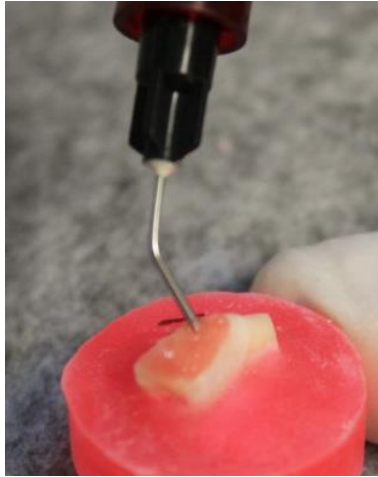


Fig. 30. Aplicación del agente blanqueador.

Cada 5 minutos, el gel se agitó con movimientos circulares en la superficie vestibular con un micro-aplicador desechable liberando las burbujas de aire y renovando el contacto del gel con los especímenes, dejándose actuar por 15 minutos. **(Fig. 31)**



Fig. 31. Movimientos circulares del gel cada 5 minutos.

Después de completado el primer período, el gel fue eliminado con la ayuda de algodón y agua desionizada. **(Fig. 32)**



Fig. 32. Limpieza del espécimen con un rollo de algodón y agua.

Nuevamente se realizó la aplicación del Peróxido de Hidrógeno al 38% por 15 minutos más y agitándolo cada 5 minutos de ésta manera se completó el procedimiento de blanqueamiento durante 30 minutos, por ultimo fueron lavados con agua desionizada (**Fig. 33**) de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, después fueron llevados nuevamente al láser (LIBS) para la medición inmediata del contenido mineral, (**Fig. 34**) siempre verificando las distancias entre las superficies vestibulares y las partes del LIBS que se consideraron en la medición previa al blanqueamiento descrito anteriormente.

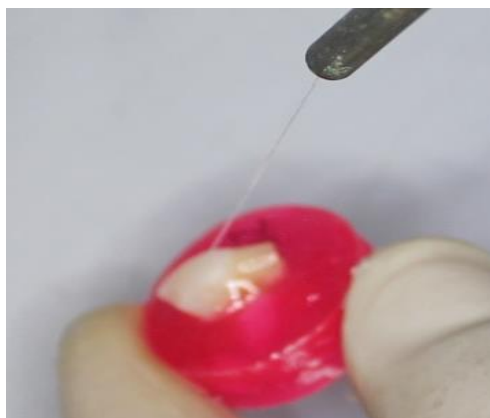


Fig. 33. Lavado con agua después del blanqueamiento.

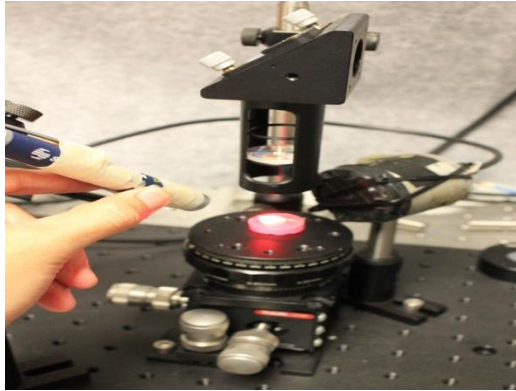


Fig. 34. Medición inmediata a la aplicación del Peróxido de Hidrógeno al 38%.

Los especímenes fueron distribuidos a sus respectivos grupos, Grupo A; (lado izquierdo) sin el tratamiento de la aplicación de Fluoruro de Sodio al 2% (**Fig. 35**) y Grupo B; (lado derecho) con aplicación de Fluoruro de Sodio al 2% (Fluofar Laboratorios Eufar, Bogotá Colombia) (**Fig. 36**) almacenados en agua desionizada a 37°C, después del blanqueamiento el Grupo B, se sometió a la aplicación tópica del Fluoruro de Sodio al 2% (Fluofar), usando un micro aplicador por 4 minutos, cada 24 horas durante el experimento, también manipulado por el mismo operador. (**Fig. 37**)



Fig. 35. Especímenes del Grupo A en agua desionizada.



Fig. 36. Especímenes del Grupo B en agua desionizada.



Fig. 37. Aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%.

Después de cada aplicación con Fluoruro de Sodio al 2% se lavaron con abundante agua desionizada (**Fig. 38**) y fueron colocados nuevamente en un recipiente de plástico con agua desionizada cambiándola cada dos días durante el estudio, a ambos grupos se les hizo una medición del contenido mineral a las 24 horas, a los 7 días y 14 días (**Fig. 39**) en el LIBS.



Fig. 38. Lavado de los especímenes después de la aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%.

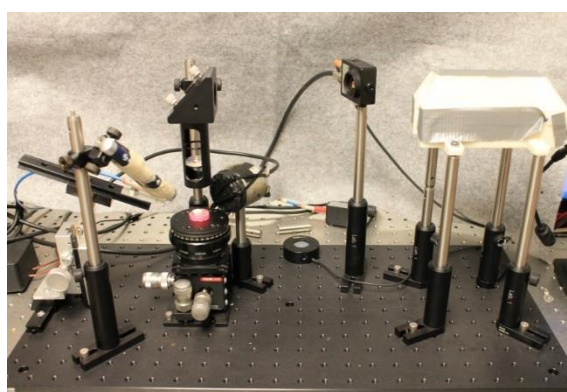


Fig. 39. Mediciones de todos los especímenes a las 24 horas, 7 días y 14 días pos blanqueamiento.

Los datos obtenidos fueron recopilados, archivados, **(Fig. 40)** y comparados entre los grupos estudiados en el plan de análisis estadístico del estudio.

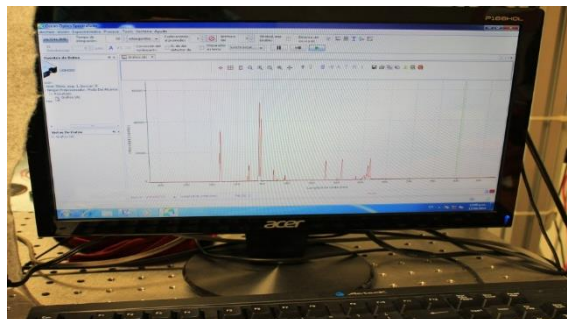


Fig. 40. Datos almacenados de los espectros del contenido mineral.

F) PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se inició obteniendo los estadísticos descriptivos (media, mediana, desviación estándar, valor mínimo y máximo e intervalo de confianza para la media al 95%), para cada elemento en los diferentes períodos y aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%.

Posteriormente se comprobó la distribución normal de los datos, el supuesto de esfericidad y la igualdad de varianzas (prueba Kolmogorov-Smirnov, Prueba de Mauchly y la prueba de Levene). Al cumplir estos supuestos y tener un factor intersujetos y otro intrasujetos se optó por la prueba de Anova de dos factores con medidas repetidas en uno. Además, para los efectos simples se realizaron Anova de una vía y comparaciones por pares independientes y relacionados con el ajuste de Bonferroni. En la situación

donde no se cumplieron los supuestos se optaron por las pruebas no paramétricas Friedman, Wilcoxon y U de Mann Withney.

Todas las pruebas estadísticas se han manejado a un valor alfa de .05 en el paquete estadístico IBM SPSS STATISTICS 21.

VII. RESULTADOS

Para el análisis de los elementos químicos descritos en la **Tabla 2**, los identificamos en el presente estudio con el equipo de medición LIBS, en donde las longitudes de onda tuvieron mucha similitud con las identificadas por la base de datos de espectros atómicos del Instituto Nacional de Tecnología y Estandarización (NIST) de los Estados Unidos de Norteamérica (**Tabla 1**) lo cual nos muestra la eficacia del equipo de medición (LIBS) usado en el presente experimento, recordando que no todos los LIBS, establecen la misma línea espectral y que probablemente se deba a la diversidad de espectrómetros utilizados.

TABLA 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Identificación de elementos		Longitud de onda
Elemento	Calcio (Ca)	392.72nm
Elemento	Sodio (Na)	589.05nm
Elemento	Magnesio (Mg)	518.39nm
Molécula	Fluoruro de Calcio (CaF)	605.24nm
Elemento	Carbono (C)	373.42nm

A continuación se exponen los resultados de la Intensidad Relativa de los elementos químicos del **Grupo A (control)** y **Grupo B (experimental)** por medio de la técnica de caracterización LIBS antes del blanqueamiento e inmediatamente, a las 24 horas, a los 7 días y a los 14 días después del blanqueamiento sin y con Fluoruro de Sodio al 2% (**Tabla 3** y **Tabla 4**).

TABLA 3. INTENSIDAD RELATIVA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS DEL GRUPO A EN LOS DISTINTOS PERÍODOS DE EVALUACIÓN

GRUPO A				
Calcio	Sodio	Magnesio	CaF	Carbono
Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Antes del Blanqueamiento				
55651.27 \pm 12725.86	18755.82 \pm 14037.3	10380.44 \pm 13773.6	24490.27 \pm 15184.05	28313.82 \pm 19717.45
Inmediatamente después del blanqueamiento				
39971.61 \pm 13279.19	4774.47 \pm 3999.96	573.41 \pm 1278.03	5154.44 \pm 5430.55	11682.68 \pm 6914.75
24 horas después del Blanqueamiento sin Fluoruro de Sodio al 2 %				
48260.79 \pm 14357.32	2119.44 \pm 2291.98	306.1 \pm 671.49	2952.76 \pm 3401.87	13025.08 \pm 6648.62
7 días después del Blanqueamiento sin Fluoruro de Sodio al 2 %				
43520.49 \pm 14549.25	2461.93 \pm 3485.42	384.71 \pm 1614.04	4027.67 \pm 5303.08	11504.05 \pm 7942.23
14 días después del Blanqueamiento sin Fluoruro de Sodio al 2 %				
33528.49 \pm 13310.01	4242.88 \pm 4005.82	392.23 \pm 191.82	6538.31 \pm 6472.91	8975.94 \pm 6836.38
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

TABLA 4. INTENSIDAD RELATIVA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS DEL GRUPO B EN LOS DISTINTOS PERÍODOS DE EVALUACIÓN

GRUPO B				
Calcio	Sodio	Magnesio	CaF	Carbono
Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Antes del Blanqueamiento				
51606.17 \pm 14710.13	16231.52 \pm 12006.02	6939.62 \pm 7659.23	21554.33 \pm 15395.03	22448.34 \pm 19382.66
Inmediatamente después del blanqueamiento				
42272.46 \pm 12059.22	5754.31 \pm 3395.21	549.26 \pm 774.85	5871.25 \pm 3693.85	12387.34 \pm 7108.18
24 horas después del Blanqueamiento con Fluoruro de Sodio al 2%				
46600.78 \pm 16474.86	4624.11 \pm 3553.68	1607.93 \pm 2826.67	4744.67 \pm 4349.36	16542.68 \pm 13894.55
7 días después del Blanqueamiento con Fluoruro de Sodio al 2%				
45457.99 \pm 13445.57	1660.33 \pm 1653.93	445.61 \pm 808.25	2462.79 \pm 2703.28	14747.81 \pm 10732.27
14 días después del Blanqueamiento con Fluoruro de Sodio al 2%				
39798.68 \pm 10962.59	3361.63 \pm 3141.83	724.26 \pm 1395.87	5693.59 \pm 5690.31	9958 \pm 5154.92
.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0008

A) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL ANTES DEL BLANQUEAMIENTO

Usando el software Spectra se encontró el espectro de los especímenes de acuerdo a su longitud de onda antes del blanqueamiento donde se muestra la intensidad relativa de los especímenes del esmalte dental (**Fig.41**).

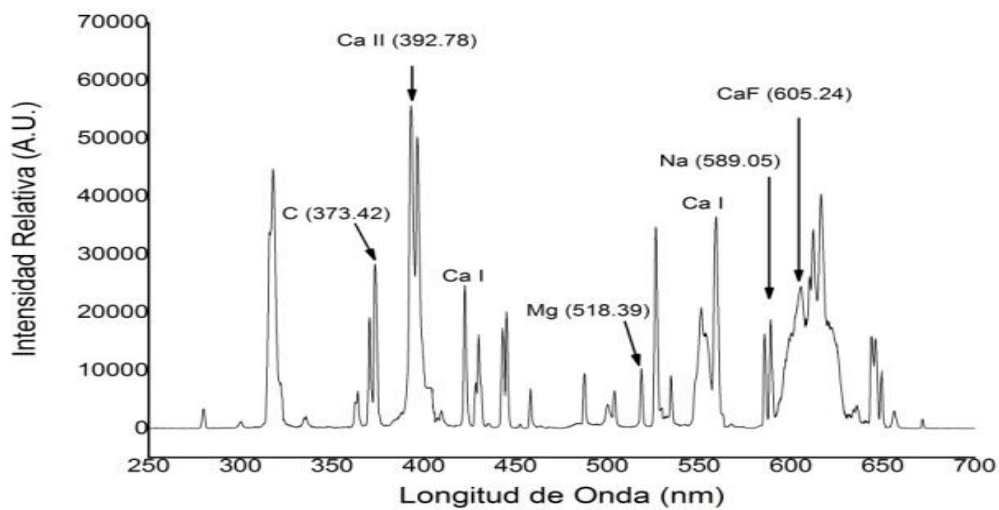


Fig. 41. Espectro (LIBS) de especímenes del esmalte antes del blanqueamiento.

En donde encontramos los valores más altos para el Calcio mientras que los más bajos fueron para el Magnesio.

B) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL INMEDIATAMENTE DESPUÉS DEL BLANQUEAMIENTO

En la **Fig.42** se representa el Espectro de los especímenes inmediatamente después del blanqueamiento con Peróxido de Hidrógeno al 38%.

Los resultados de la intensidad relativa de los elementos químicos identificados se reportan en la **Tabla 3 y 4**.

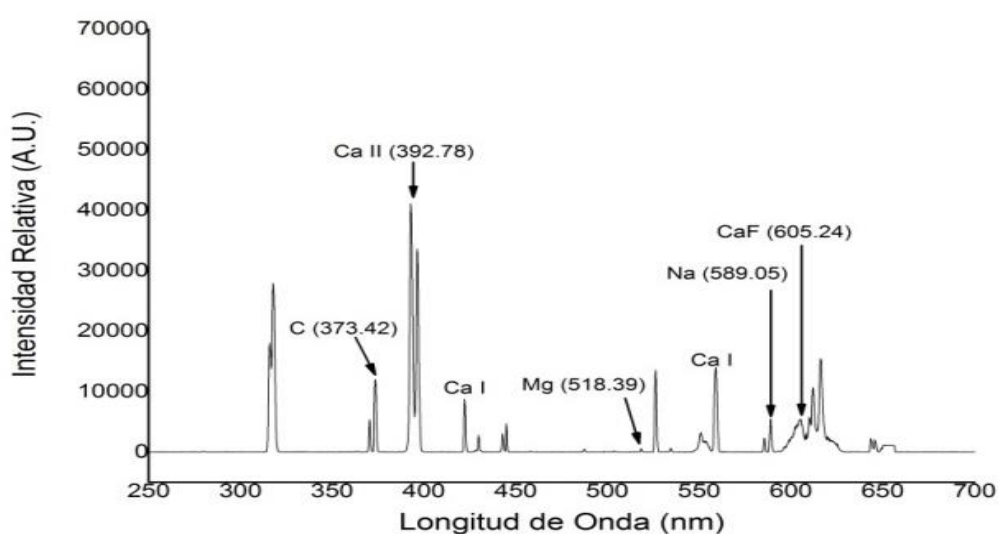


Fig. 42. Espectro (LIBS) de especímenes del esmalte inmediatamente después del blanqueamiento.

Reportamos que tanto el **grupo A** como el **grupo B** existe una desmineralización con diferencia estadísticamente significativa en el contenido mineral, disminuyendo inmediatamente después del blanqueamiento con Peróxido de Hidrogeno al 38% el porcentaje de Calcio un 20.3%, el Sodio (69.9%), el Magnesio (93.5%), el Carbono (52.6%) y el Fluoruro de Calcio (76%)(**Fig. 43**). Los valores p y se muestran en la **Tabla 5**, existiendo una diferencia estadísticamente significativa.

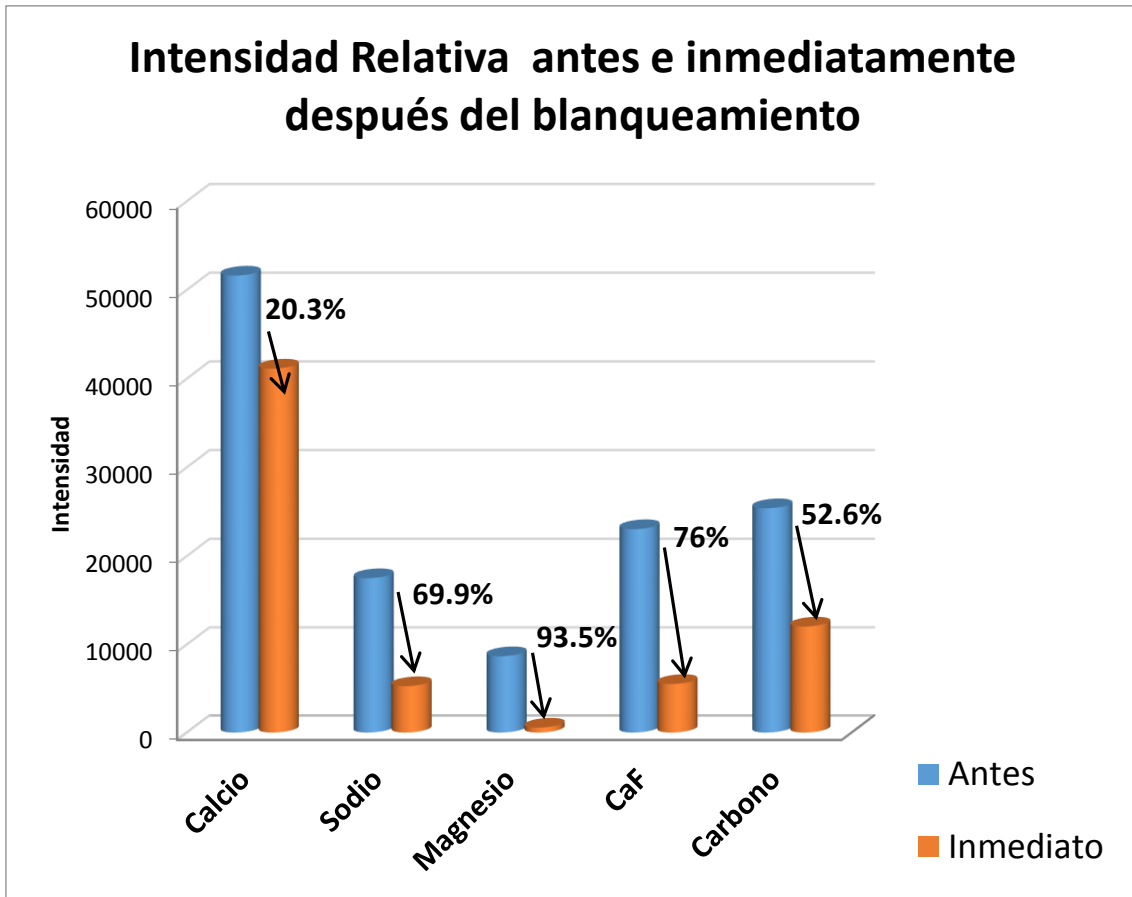


Fig. 43. Comparación de la Intensidad Relativa en los especímenes antes e inmediatamente después del blanqueamiento.

TABLA 5. VALORES DE DESMINERALIZACIÓN ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVOS ANTES E INMEDIATO AL BLANQUEAMIENTO

	Calcio	Sodio	Magnesio	CaF	Carbono
Valor p	<.00001	<.00001	<.00001	<.00001	<.00001

C) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL 24 HORAS DESPUÉS DEL BLANQUEAMIENTO

En la **Fig. 44** se recoge el espectro de los especímenes del **Grupo A** sin aplicación de Fluoruro de Sodio 2%, 24 horas después del blanqueamiento, cuyos resultados de la intensidad relativa de los elementos químicos identificados se reportan en la **Tabla 3**.

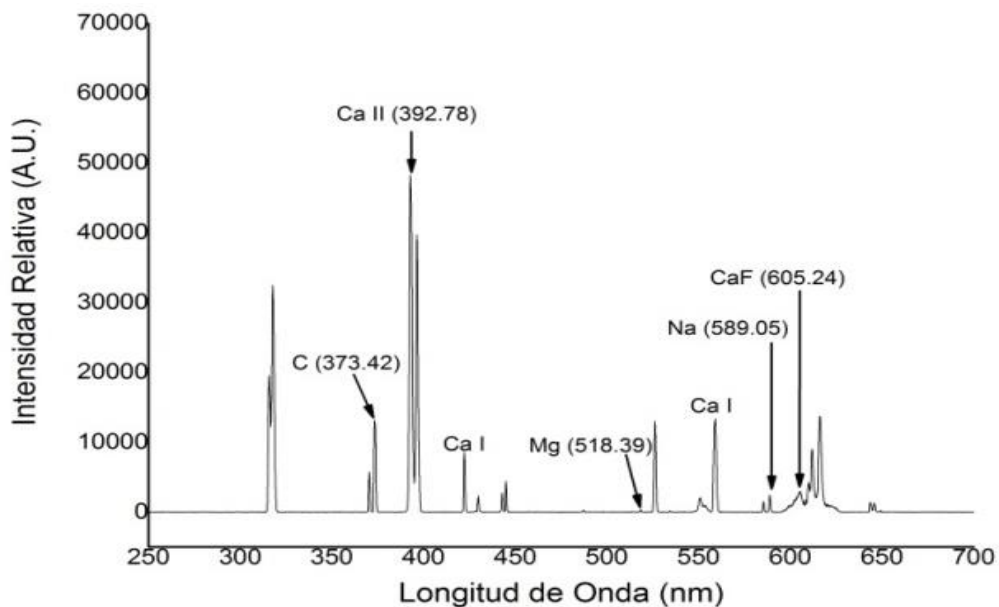


Fig.44. Espectro (LIBS) del esmalte dental 24 horas después del blanqueamiento sin aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%.

Los elementos Sodio, Magnesio y Fluoruro de Calcio disminuyeron porcentualmente de inmediato a 24 horas 55.6%, 46.6% y 42.7% respectivamente. El elemento Sodio tuvo un cambio estadísticamente al disminuir de Inmediato a 24 horas (valor $p = .007$). Mientras que el Calcio y el Carbono aumentaron sin presentar diferencias estadísticamente significativas.

En la **Fig. 45** se presenta el espectro de los especímenes del **Grupo B** con aplicación de Fluoruro de Sodio 2%, 24 horas después del blanqueamiento, cuyos resultados de la intensidad relativa de los elementos químicos identificados se reportan en la **Tabla 4**.

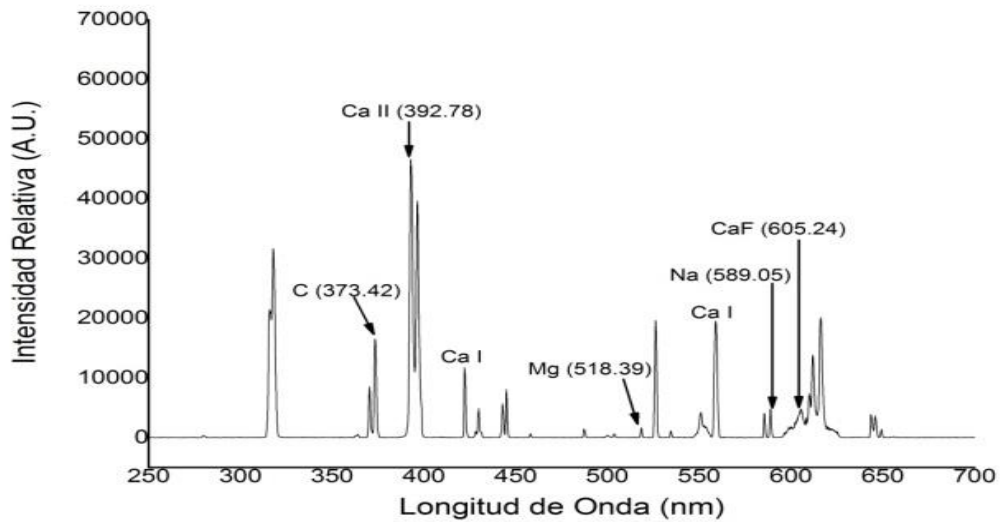


Fig. 45. Espectro (LIBS) del esmalte dental 24 horas después del blanqueamiento con aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%.

Al aplicar Fluoruro de Sodio al 2% a los especímenes, observamos una recuperación de los elementos Calcio, Magnesio y Carbono disminuyendo el Sodio y Fluoruro de Calcio.

D) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL 7 DÍAS DESPUÉS DEL BLANQUEAMIENTO

En la **Fig. 46** se muestra el espectro de especímenes del **Grupo A** sin aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%, 7 días después del blanqueamiento, cuyos elementos químicos identificados se reportan en la **Tabla 3**.

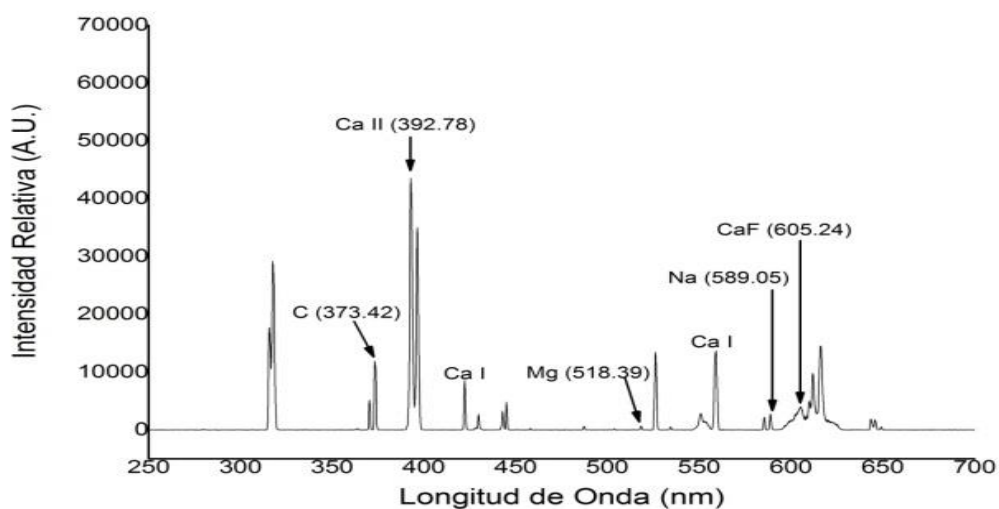


Fig. 46. Espectro (LIBS) del esmalte dental 7 días después del blanqueamiento sin aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%.

La intensidad relativa de los elementos químicos mantuvo una estabilidad en relación a la intensidad reportada a las 24 horas después del blanqueamiento. En donde existió un aumento de Sodio a un 16.2%, el Magnesio con un 25% y Fluoruro de Calcio 36.4% probablemente por las sustancias químicas de Nitrato de Potasio al 3% y Fluoruro de Sodio al 1.1% e Hidróxido de Potasio al 2.5% que se encuentran en el gel del blanqueador, con respecto al Calcio disminuyó 9.8%, así como también el Carbono a un 11.6%.

En la **Fig. 47** se presenta el espectro de los especímenes del **Grupo B** con aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%, 7 días después del blanqueamiento, cuyos resultados de la intensidad relativa de los elementos químicos se identifican en la **Tabla 4**.

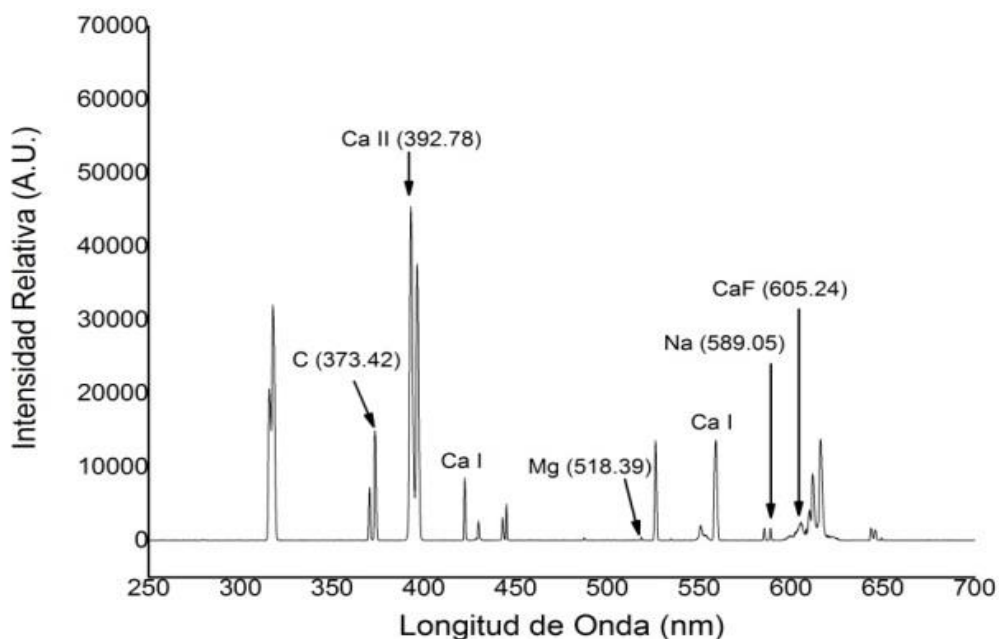


Fig. 47. Espectro (LIBS) del esmalte dental 7 días después del blanqueamiento con aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%.

La intensidad relativa continúa con una disminución de todos los elementos químicos estudiados durante la investigación.

E) MEDICIÓN DEL CONTENIDO MINERAL 14 DÍAS DESPUÉS DEL BLANQUEAMIENTO

En la **Fig. 48** se reporta el espectro de especímenes del **Grupo A** sin aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%, 14 días después del blanqueamiento los resultados de la intensidad relativa de los elementos químicos identificados se reportan en la **Tabla 3**.

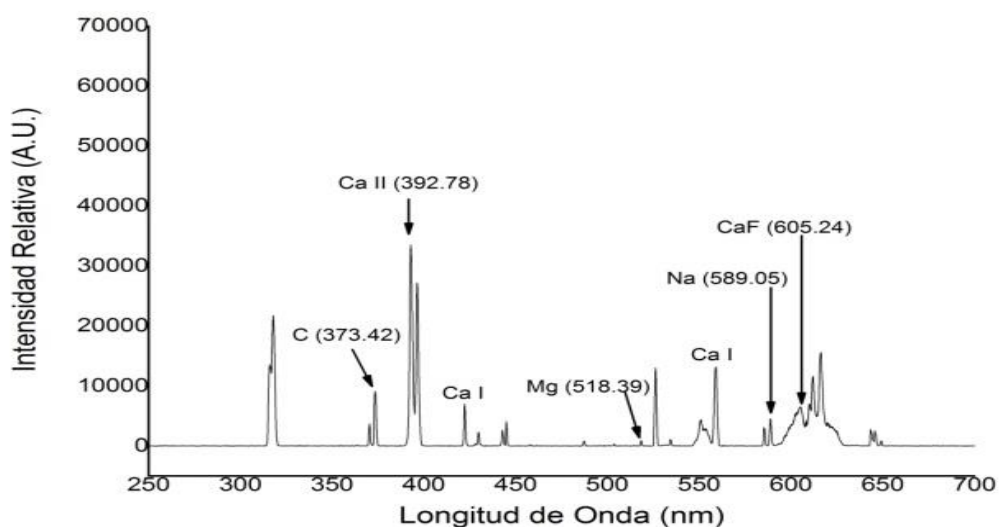


Fig. 48. Espectro (LIBS) del esmalte dental 14 días después del blanqueamiento dental sin la aplicación de fluoruro de sodio al 2%.

La intensidad relativa de los elementos químicos mantuvo una estabilidad en relación a la intensidad reportada a las 24 horas después del blanqueamiento. En relación al Sodio tuvo su intensidad relativa que se aproximó a la reportada inmediatamente del blanqueamiento, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas.

En la **Fig. 49** observamos el espectro de especímenes del **Grupo B** con aplicación de Fluoruro de Sodio al 2% 14 días después del blanqueamiento cuyos resultados de la intensidad relativa de los elementos químicos identificados se reportan en la **Tabla 4**.

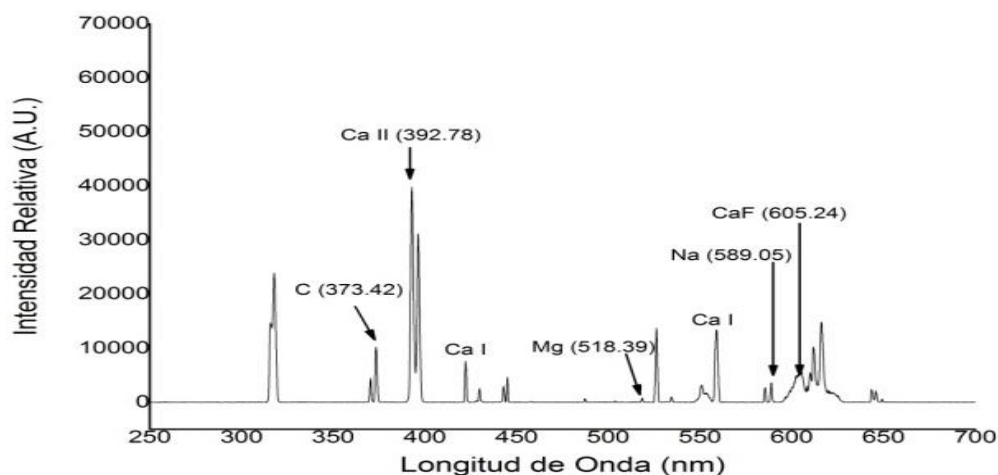


Fig.49. Espectro (LIBS) del esmalte dental 14 días después del blanqueamiento dental con la aplicación de Fluoruro de Sodio al 2%.

La intensidad relativa de los elementos químicos mantuvieron una estabilidad en relación a la intensidad reportada a las 24 horas después del blanqueamiento con una disminución porcentual sin existir diferencias significativas del Calcio a 14.6%, del Sodio 27.3%, del Carbono 39.9% y el Magnesio bajo un 54.95% con diferencia significativa. Por otro lado el Fluoruro de Calcio aumento su porcentaje en un 19.9% sin diferencia estadísticamente significativa.

F) ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS SEGÚN LOS DIFERENTES GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Se realizó el análisis comparativo de los diferentes elementos según los de grupos de investigación.

1. Antes del blanqueamiento

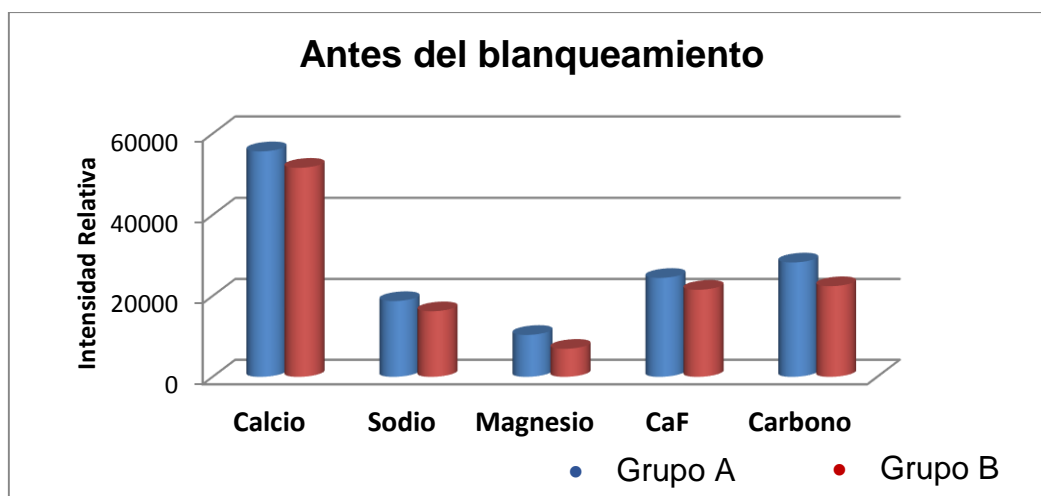


Fig. 50. Intensidad relativa de ambos grupos antes del blanqueamiento.

En la **Fig. 50** no se reportaron diferencia estadísticamente significativas en la intensidad relativa de los elementos entre el **grupo A y B** antes del blanqueamiento.

2. Inmediatamente después del blanqueamiento

Para la intensidad relativa inmediatamente después del blanqueamiento se muestra en la **Fig. 51**.

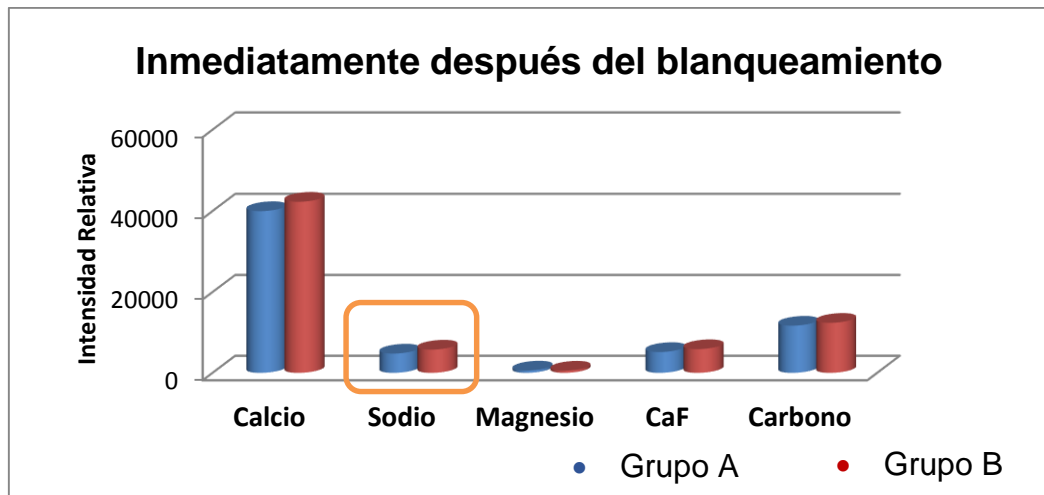


Fig. 51. Intensidad Relativa de ambos grupos inmediatamente después del blanqueamiento.

En el **Fig. 51** se reportó una diferencia estadísticamente significativa con un valor $p = 0.04$ en la intensidad relativa del elemento Sodio entre el **grupo A y B** inmediatamente después al blanqueamiento.

3. 24 horas después del blanqueamiento

Los resultados de la Intensidad relativa a las 24 horas después del blanqueamiento se reportan en la **Fig. 52**.

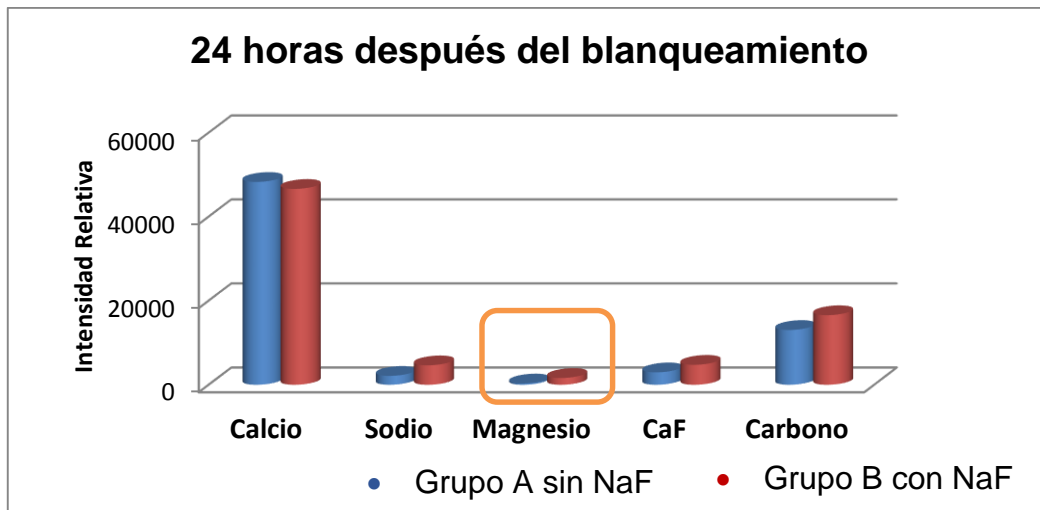


Fig. 52. Intensidad relativa de ambos grupos 24 horas después del blanqueamiento.

En la **Fig. 52** se reportó una diferencia estadísticamente significativa con un valor $p = 0.006$ en la intensidad relativa del elemento Magnesio entre el **grupo A y B** en el período 24 horas después del blanqueamiento.

4. 7 días después del blanqueamiento

Los resultados comparativos 7 días después del blanqueamiento se reportan en la **Fig. 53**.

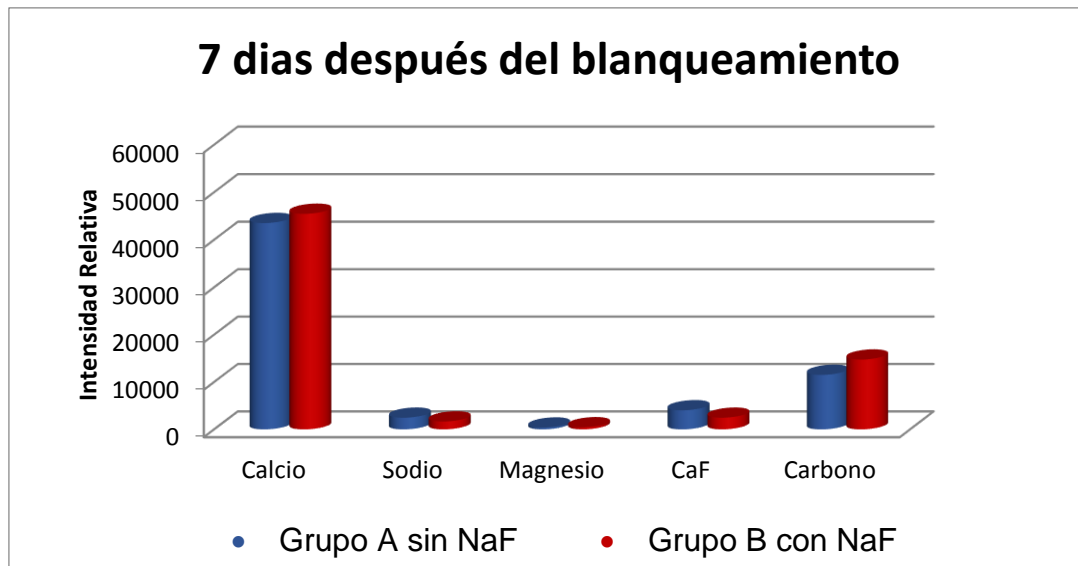


Fig.53. Intensidad Relativa de ambos grupos 7 días después del blanqueamiento.

En la **Fig. 53** no se reportaron diferencias estadísticamente significativas en la intensidad relativa entre el **grupo A** y **B**.

5. 14 días después del blanqueamiento

Por último se muestra la **Fig. 54** con los resultados a los 14 días después del blanqueamiento.

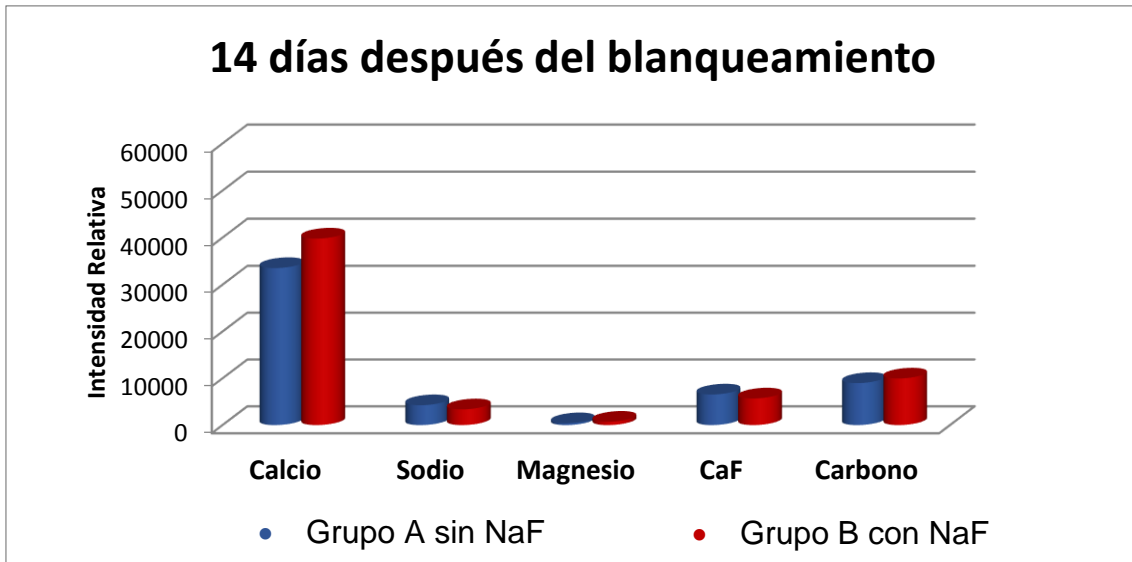


Fig.54. Intensidad Relativa de ambos grupos 14 días después del blanqueamiento.

En el **Fig. 54** no se reportaron diferencias estadísticamente significativas en la intensidad relativa entre los grupos del experimento.

VIII. DISCUSIÓN

Cada año, millones de personas, compran soluciones químicas ineficaces en su intento de encontrar una sonrisa con dientes más blancos sin conocer cuáles son las causas de las manchas y tinciones que cambian el color, además de los tratamientos posibles existentes para lograr el cambio buscado. El Odontólogo debe estar capacitado para diagnosticar y tratar las diferentes tinciones⁽¹⁴⁾ y para ello existe un aumento constante de agentes y procedimientos de blanqueamiento, que pueden contener o no agentes promotores para la remineralización del esmalte. Los tratamientos con flúor son efectivos para contrarrestar la desmineralización del esmalte dental, por lo que se han realizado esfuerzos para aumentar la eficacia del fluoruro en particular, mediante la adición de sales de calcio ⁽⁷⁹⁾. Esto ha generado un campo creciente de investigación y es uno de los motivos por lo que se consideró necesario evaluar en el presente estudio el efecto del Fluoruro de Sodio al 2%, buscando resultados que brinden alternativas para lograr la recuperación del contenido mineral después del blanqueamiento dental.

A) EFECTO DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO SOBRE EL ESMALTE.

En nuestro estudio se aplicó Peróxido de Hidrógeno al 38 % al esmalte dental humano, ya que los efectos que conciernen a los tratamientos con agentes blanqueadores se dan particularmente en el esmalte por ser la primera estructura en estar en contacto con ésta sustancia. ⁽⁵⁻⁷⁾ Hay autores que han

reseñado cambios variables en la superficie del esmalte después de la aplicación de agentes blanqueadores. ^(51, 55-57, 77)

De acuerdo a resultados in vitro, el blanqueamiento no debe usarse indiscriminadamente porque afecta la superficie del esmalte disminuyendo el porcentaje de Calcio, ^(67,68,80,97,98) aunque hay autores que demuestran lo contrario respecto a las alteraciones en la concentración de Ca y P, después del uso de estos agentes. ⁽⁸⁷⁾ Los blanqueadores que emplean altas concentraciones de Peróxido de Hidrógeno pueden producir toxicidad bucal después de un mal manejo, ⁽³⁵⁾ ya que un pH bajo del agente blanqueador influye en los componentes estructurales de la superficie del esmalte, ⁽⁷⁸⁾ produciéndose alteraciones como cambios en la rugosidad superficial, ^(64-66,79,81,88,89) que incluso han sido comparados con el efecto que produce el grabado ácido ⁽⁶⁵⁾ utilizado en la Odontología adhesiva. Otro de estos efectos es la disminución de la microdureza, ^(50, 76, 84, 85,96) no reconocido por otros autores, ^(50,63) que puede provocar cuando acontece, sensibilidad dentinaria; ⁽⁵⁷⁾ aunque hay autores que no han encontrado estos efectos ⁽⁵⁰⁾ o del grabado ácido sobre la superficie del esmalte ^(33,51,54). En nuestro trabajo se aplicó el gel blanqueador con pH neutro de forma controlada en dos tiempos de 15 minutos siguiendo las indicaciones del fabricante, reportando que la desmineralización se da inmediatamente después del blanqueamiento y prevalece en períodos de 24h, 7 días y 14 días, habiendo descartado la posibilidad de que el pH sea un factor determinante en la desmineralización, puesto que se usó un agente blanqueador con un pH neutro.

Por otro lado, no se debe olvidar que, también la saliva tiene un efecto remineralizante después de la aplicación de los agentes blanqueadores,^(72,74-76,81,86) y que además también influye en la composición del diente la cual está en relación con la nutrición⁽¹¹²⁻¹¹⁵⁾ y la movilidad demográfica⁽¹¹⁶⁾.

B) EVALUACIÓN DEL CONTENIDO MINERAL (LIBS)

La medición del contenido mineral después de la aplicación de los diferentes agentes blanqueadores se ha investigado mediante el uso de diferentes equipos, entre los que podemos mencionar a la tomografía microcomputarizada,⁽¹⁰³⁾ el espectrofotómetro de absorción atómica^(100,104, 105) y la espectrofotometría de energía dispersa por medio de microscopio electrónico de barrido,⁽¹⁰¹⁾ desde 1964 se ha usado en Odontología la espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS), que es una técnica que se basa en la generación de plasmas por ablación láser de Neodimio: Granate-Aluminio-Itrio, (Nd: YAG). La demanda en la investigación está relacionada con la identificación de composición de superficies y sustratos.⁽¹⁰⁶⁾

La espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS) ha tenido una aplicación limitada en Odontología confinándose a la discriminación de caries y a la acumulación de trazas metálicas en el diente,⁽¹⁰⁷⁻¹⁰⁹⁾ no existiendo estudios que usen éste método como medio de identificación de los elementos químicos

contenidos en el esmalte tratado con Peróxido de Hidrógeno al 38%, por tal motivo, nos hemos interesado ampliamente en éste campo de la investigación, en donde usando el LIBS pudimos encontrar al Calcio, Sodio, Magnesio, Carbono y Fluoruro de Calcio en el esmalte dental antes y después de la aplicación del Peróxido de Hidrógeno al 38%, demostrando que es una excelente alternativa como equipo de medición, teniendo bajo costo, es de fácil manejo y no se dañan las muestras sometidas al análisis tal como lo han confirmado Alvira y Cols.⁽¹⁰⁶⁾

Es conocido que los láseres se introdujeron en el campo de la Odontología clínica⁽¹¹⁰⁾ con la esperanza de superar a algunos inconvenientes planteados por los métodos convencionales de procedimientos dentales, ampliándose así la posibilidad del uso de LIBS por parte de los dentistas en la identificación de los dientes afectados por caries, considerando esto muy atractivo para ampliar la investigación con estudios clínicos controlados después de la aplicación de los agentes blanqueadores.

Moncayo y Cols.⁽¹¹⁸⁾ en su experimento con LIBS, se basaron en la identificación del espectro atómico en la base de datos del Instituto Nacional de Tecnología y Estandarización (NIST).⁽¹¹⁹⁾ La línea de emisión más intensa fue para el Ca II, debido al alto contenido en el diente de Fosfato de Calcio e Hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).^(120, 121) Las cantidades relativas de los elementos pueden variar entre distintos individuos e incluso dentro del mismo individuo,⁽¹²¹⁾ las líneas espectrales que encontramos en el presente estudio tanto del (Ca 392.78nm) como del Mg (518.39nm) son muy semejantes

y cercanas al NIST, confirmando la eficacia del LIBS usado en este experimento.

C) AGENTES BLANQUEADORES CON DESENSIBILIZANTES

En el presente estudio se usó Peróxido de Hidrógeno al 38% que contiene adicionalmente Nitrato de Potasio al 3%, Fluoruro de Sodio al 1.1% e Hidróxido de Potasio al 2.5% los cuales habitualmente se promocionan como agentes desensibilizantes, que refuerzan la composición del esmalte y son preventivos de la caries y con nuestra metodología empleada en esta investigación no encontramos efecto alguno de remineralización. En nuestro estudio obtuvimos resultados que coincidieron con Tschoppe y Cols. ⁽⁸²⁾ donde hubo una pérdida de minerales en diferentes períodos de tiempo y la diferencia entre nuestros trabajos fue que ellos lo realizaron en bovinos y usaron Peróxido de Carbamida al 10% con Fluoruro de Sodio, mientras que Domínguez y Cols. ⁽⁸⁸⁾ y Ferreira y Cols. ⁽⁹²⁾ encontraron incrementos de erosión y rugosidad, pero no hubo remineralización, Gladwell y Cols. ⁽⁹⁹⁾ quienes usando Peróxido de Carbamida al 10% mencionaron que es posible que la adición de flúor a un gel blanqueador pueda recuperar el contenido mineral y más que una mayor deposición de mineral reduce los espacios inter-cristalinos del esmalte, reduciendo así el potencial para la reintroducción de las proteínas que

cambian las propiedades ópticas del esmalte. Es por ello, que sugerimos que las futuras investigaciones deberían centrarse en la influencia de la concentración de fluoruro en los agentes químicos para el blanqueamiento dental.

Además, otros estudios han reportado que cuando usan el flúor dentro del agente blanqueador encuentran efectos leves, ⁽⁵⁹⁾incrementándose la microdureza, ^(84,85)reduciéndola rugosidad y la pérdida de minerales. ⁽⁹³⁾

Pedreira y Cols. ⁽⁹⁵⁾mencionan que cuando se realizan aplicaciones de Fluoruro de Sodio al 2% neutro y nano hidroxapatita con la pasta dental, no se altera la rugosidad superficial o el brillo del esmalte dental después de la aplicación de Peróxido de Hidrógeno al 38%. Chen y Cols. ⁽⁹⁶⁾ reportaron que se debe considerar el uso constante de fluoruros así como la adopción de una buena higiene bucal, para lograr un incremento de la microdureza del esmalte durante y después del blanqueamiento y que las características de la estructura dental se debe a la deposición de los cristales de fluoruro de calcio, manteniendo y adicionando el balance entre los fenómenos de desmineralización y remineralización, lo que fue considerado fuertemente en esta investigación al aplicar el Fluoruro de Sodio al 2% después del blanqueamiento dental (24 horas, 7 días y 14 días), sin embargo, no encontramos algún efecto remineralizante.

Se ha reportado en el presente estudio que el Peróxido de Hidrógeno provoca una disminución de Calcio coincidiendo con varios autores. ^{(8, 97, 98, 100,}

¹⁰¹⁾ Por el contrario, Do Amaral y Cols. ⁽⁸⁷⁾ demostraron que el uso de geles blanqueadores no alteran las concentraciones de Fósforo y Calcio en la superficie del esmalte al realizar su estudio, el cual a diferencia del nuestro fue in-vivo.

En la pérdida de elementos químicos, ⁽¹⁰¹⁾ la reducción del elemento Calcio puede atribuirse a la disolución de este elemento por los agentes blanqueadores y la disminución del Mg puede ser porque es el primer elemento disuelto durante un proceso de desmineralización⁽¹⁰¹⁾, hecho que también se obtuvo en nuestro estudio, inmediato a la aplicación del Peróxido de Hidrógeno al 38%.

IX. CONCLUSIONES

1. Después de la aplicación de Peróxido de Hidrógeno al 38%, con un pH neutro, se produce una disminución estadísticamente significativa del contenido mineral de Calcio, Sodio, Magnesio, Carbono y Fluoruro Cálcico, inmediatamente, a las 24 horas, a los 7 y 14 días.
2. La desmineralización que se produce tras la aplicación de Peróxido de Hidrógeno al 38% con un pH neutro, demuestra que no es por la acción de un pH ácido.
3. No hay diferencia en el contenido mineral del Calcio, Sodio, Magnesio, Carbono y Fluoruro de Calcio, tras la aplicación de Peróxido de Hidrógeno al 38%, sin y con la aplicación tópica de Fluoruro de Sodio al 2%,
4. No existe una remineralización del esmalte dental al aplicar Fluoruro de Sodio al 2% después del blanqueamiento con Peróxido de Hidrógeno al 38% que contiene adicionalmente Nitrato de Potasio al 3%, Fluoruro de Sodio al 1.1% e Hidróxido de Potasio al 2.5% (sustancias desensibilizantes).
5. La espectroscopia de plasmas inducido por láser (LIBS) es un método eficaz y no destructivo para medir el contenido mineral del esmalte del diente humano antes y después de aplicar un tratamiento de blanqueamiento con Peróxido de Hidrógeno al 38%.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. **CARPENA G, BONISSONI L, BARATIERI LN, VIERA LC, MONTEIRO S.** Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *J Esthetic Restor Dent* 2002; 14: 24-30.
2. **MORLEY J.**The role of cosmetic dentistry in restoring a youth full appearance *J Am Dent Assoc* 1999; 130:1166-72.
3. **GOLDSTEIN RE.** In-office bleaching: where we came from, where we are today. *J Am Dent Assoc* 1997; 128: 11-5.
4. **LAMBERT DL.**Motivación estética y blanqueamiento dental vital. *Signature Inter* 2000; 5: 5-10.
5. **ERNST CP, MARROQUÍN BB, WILLERSHAUSEN-ZONNCHEN B.** Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel. *Quintessence Int.* 1996; 27:53-6.
6. **MURCHISON DF, CHARLTON DG, MOORE BK.** Carbamide peroxide bleaching: effects on enamel surface hardness and bonding *Oper Dent* 1992; 17:181-5.
7. **LOZADA O, GARCÍA C, ALFONSO I.** Riesgos y beneficios del blanqueamiento dental. *Acta Odontol Venez* 2000; 38: 14-7.
8. **ROTSTEIN I, DANKNER E, GOLDMAN A, HELING I, STABHOLZ A, ZALKIND M.**Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod* 1996; 22: 23-7.
9. **TEZEL H, ERTAS OS, OZATA F, DALGAR H, KORKUT ZO.** Effect of bleaching agents on calcium loss from the enamel surface *Quintessence Inter* 2007; 38: 339-47.
10. **FDI WORLD DENTAL FEDERATION.**FDI policy statement on dental bleaching materials *Inter Dent J* 2013; 63: 2-3.

11. **TEN CATE AR.** Histología Oral, Desarrollo, estructura y función. 2ª Ed. Buenos Aires; Médica Panamericana; 1986:252-73.
12. **GÓMEZ DE FERRARIS ME, CAMPOS MA.** Complejo dentino-pulpar I: Pulpa dental. En: Gómez de Ferraris ME, Campos MA. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. México: Médica Panamericana; 2009: 231-53.
13. **GÓMEZ DE FERRARIS ME, CAMPOS MA.** Complejo dentino-pulpar II: dentina. En: Gómez de Ferraris ME, Campos MA. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental, México, Médica Panamericana; 2009: 255-90.
14. **HAYWOOD V, CAUGHMAN W, GOLDSTEIN R.** Manchas y Tinciones. En: Haywood Van B. Odontología Estética Vol. II. Barcelona; Arts Médica 2002:493- 519.
15. **MADISON S, WALTON R.** Cervical root desorption following bleaching of endodontic ally treated teeth J Endo 1990; 16: 570-4.
16. **GOLDSTEIN CE, GOLDSTEIN RE, FEINMAN RA, GARBER DA.** Blanqueamiento de dientes vitales. Estado de la cuestión. Quintessence Int. 1990;3: 347-55.
17. **NATHOO SA.** The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration J Am Dent Assoc 1997; 128: 6-10.
18. **HOWELL RA.** Bleaching discolored root-filled teeth Br Dent J 1980;148:159-62.
19. **SPASSER H.** A simple bleaching technique using sodium perborate J Nys Dent 1961; 27:332-4.
20. **NUTTING E, POE G.** A new combination for bleaching teeth J So Calif Dent Assoc. 1963; 31: 289-91.

21. **HAYWOOD, V.** Overview and status of mouth guard bleaching J Esthetic Dent1991; 3: 157-61.
22. **GERLACH R, ZHOU X.** Professional vital bleaching using a thin and concentrated peroxide gel on whitening strips: an integrated clinical summary JCont.Dent Pract.2001; 2: 1-15.
23. **HAYWOOD VB, BAYA T.** El blanquear natural del diente. En: Cumbre JB, Robbins JW, Schwartz RS. (Eds.) Fundamentales de la odontología operativa: Un Acercamiento Contemporáneo. Quintessence 2001; 12:401-26.
24. **HAYWOOD VB, HEYMANN H.** Vital bleaching with nightguard. Quintes Int.1989; 20: 173-6.
25. **ALMAS K, AL-HARBI M.** Efecto del uso del blanqueamiento en casa con peróxido de carbamida al 10% en la salud gingival. J Contempt Dent Pract.2003; 4:32-41.
26. **KIM E.** The increment of the popularity of the dental bleaching J DimensDentHygiene2005; 3:30-1.
27. **RAOUFI S, BIRKHED D.** Effect of whitening toothpastes on tooth satining using two different colour-measuring devices- a 12- week clinical trial. J Dent Int2010; 60: 419-23.
28. **ABBOTT P.** Aesthetic considerations in endodontics: internal bleaching Pract Periodontol Aesthet Dent1997; 9: 833-42.
29. **ARI H, UNGOR M.** In vitro comparison of different types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discoloured teeth. Inter Endo J 2002; 35: 433-6.

- 30. WALTON R, ROTSTEIN I.** Bleaching discoloured teeth: internal and external. In: Principles and practice of Endodontic. Walton RE. 2a ed. Philadelphia: WB Saunders, 1996: 385-400.
- 31. MOKHLIS G, MATIS B, COCHRAN M, ECKERT G.** A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use J Am Dent Assoc 2000; 131: 1269-77.
- 32. GOLDSTEIN RE, COHEN, BURNS.** Blanqueamiento de dientes vitales y no vitales, endodoncia, los caminos de la pulpa, 5ª edición, México: Panamericana 1993:805-22.
- 33. HAYWOOD VB.** Nightguard vital bleaching: how safe is it? Quintessence Int.1991; 22: 515-23.
- 34. LI Y.** Toxicological considerations of tooth bleaching using peroxide-containing agents. J Am Dent Assoc.1997; 128: 31-6.
- 35. MARSHALL M, CANCRO L, FISCHMAN S.** Hydrogen peroxide: a review of its use in dentistry J Periodontol 1995;66:: 786-96.
- 36. FLOYD R.** The effect of peroxides and free radical on body tissues J Am Dent Assoc.1997; 128: 37-44.
- 37. Encyclopedia of chemical technology.**4thEd New York: John Wiley and Sons;1992: 290-1.
- 38. Encyclopedia of chemical technology.**4thEd New York: John Wiley and Sons; 1992: 13-5.
- 39. HANNING C, ZECH R, HENZE E, DORR-TOLUI R, ATTIN T.** Determination of peroxides in saliva-kinetics of peroxide release into saliva during home-bleaching whit White strips and Vivastyle. Archiv Oral Biol 2003; 48: 559-66.

- 40. SLEZAK B, SANTARPIA P, XU T, MONSUL-BARNES V, HEU RT, STRANICK M.** Safety profile of a new liquid whitening gel *Compend Contin Educ Dent* 2002;23:4-11.
- 41. JOINTER A, THAKKER G.** In vitro evaluation of a novel 6% hydrogen peroxide tooth whitening product *J Dent* 2004; 32: 19-25.
- 42. MCCASLIN A,HAYWOOD V, POTTER B, DICKINSON G, RUSELL C.** Assessing dentin color changes from nightguard vital bleaching *J Am Dent Assoc*1999; 130:1485-90.
- 43. JOINTER A, THAKKER G, COOPER Y.** Evaluation of a 6% hydrogen peroxide tooth whitening gel on enamel and dentine microhardness in vitro. *J Dent* 2004; 32: 27-34.
- 44. WHITE D, KOZAR K, ZOLADZ J, DUSCHNER H, GOTZ H.** Effects of tooth-whitening gel so enamel and dentin ultrastructure a confocal laser scanning microscopy pilot study *Compendium of continuing education in dentistry Jamesburg. NJ* 2000;21: 529-34.
- 45. SULEIMAN M, ADDY M. MACDONALD E, REES JS.** The bleaching depth of a 35% hydrogen peroxide based in-office product: a study in vitro. *J Dent* 2005; 33: 33-40.
- 46. MELLO H.**The mechanism of tetracycline staining in primary and permanent teeth *J Dent Child* 1967; 34: 478-87.
- 47. LEONARD R, HAYWOOD V, CAPLAN D, TART N.** Nightguard vital bleaching of tetracycline-stained teeth: 90 months post treatment. *J Esthetic Restor Dent* 2003; 15: 142-53.

- 48. FEINMAN R, MADRAY G, YARBOROUGH D.** Chemical, optical, and physiologic mechanisms of bleaching products: a review *Pract Period Aesth Dent* 1991; 3: 32-6.
- 49. DAVIES A, MCKELLAR J, PHILLIPS G, REID A.** Photochemical oxidation of tetracycline in aqueous solution *J Chem Soc Perkin Transactions* 1991; 2: 369-75.
- 50. UNLU N, COBANKARAM F, ALTINOZ C, OZER F.** Effect of home bleaching agents on the microhardness of human enamel and dentin. *J Oral Rehab* 2004; 31: 57-61.
- 51. COVINGTON J, FRIEND G, LAMOREAUX W.** Carbamide peroxide tooth bleaching effect on enamel composition and topography *J Dent Res* 1990; 69:175-79.
- 52. KOZARK K, DUSCHNER H, GOTZ H, WHITE D, ZOLADZ J.** Effects of peroxide gels on enamel and dentin in vitro *J Dent Res* 2001; 80: 209-14.
- 53. HAYWOOD V, HOUCK V, HEYMANN H.** Night guard vital bleaching: effects of varying pH solutions on enamel surface texture and colour change *Quintess Inter* 1991; 22: 775-82.
- 54. NATHOO S, CHMIELEWSKI M, KIRKUP R.** Effects of Colgate platinum professional tooth whitening system on micro hardness of enamel, dentin and composite resins *Comp Continued Educat Dent* 1994; 17:627-30.
- 55. SULEIMAN M, ADDY M, MACDONALD E, RESS J.** A safety study in vitro for the effects of an in-office bleaching system on the integrity of enamel and dentine. *J Dent* 2004; 32: 581-90.

- 56. RAJESH A, RANGANATH L, KUMAR K, RAO B.** Surface morphological changes in human enamel following bleaching: an in vitro scanning electron microscopic study J Contemp Dent Pract 2012; 13: 405-15.
- 57. BERGA A, FORNER L, AMENGUAL J.**In- vivo evaluation of the effects of 10% carbamide peroxide and 3.5% hydrogen peroxide on the enamel surface. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2007; 12: 404-7.
- 58. PLEFFKEN P, BORGES A, GONCALVES S, ROCHA G.**The effectiveness of low-intensity red laser for activating a bleaching gel and its effect in temperature of the bleaching gel and the dental pulp.J Esthetic Restor Dent2012; 24: 126-34.
- 59. CABRERA A, DAVID M, PACHECO L, SUÁREZ A, GARZÓN H.** Efectos del peróxido de hidrógeno activado con luz ultravioleta y el peróxido de carbamida en aclaramiento dental.Rev Estomat 2008; 16:18-24.
- 60. JENDIROBA J, GONCALVES A, PEDROSO C, CAMPOS M.** Bleaching agents with varying concentrations of carbamide and/or hydrogen peroxides: Effect on dental micro hardness and roughness. J Esthetic Restor Dent 2008; 20: 395-404.
- 61. RAMP W, ARNOLD R, RUSSELL, YANCEY JM.** Hydrogen peroxide inhibits glucose metabolism and collagen synthesis in bone J Periodontol 1987: 58: 340-4.
- 62. ROTSTEIN I, LEHR Z, GEDALIA I.** Effect of bleaching agents on inorganic components of human dentin and cementum J Endod1992; 18: 290-3.
- 63. POLYDOROU O, HELLWIG E, HAHN P.** The efficacy of three different in-office bleaching systems and their effect on enamel micro hardness. Oper Dent 2008;33: 579-86.

- 64. CAVALLI V, ARRAIS C, GIANNINI M, AMBROSANO G.** High-concentrated carbamide peroxide bleaching agents effects on enamel Surface. J Oral Rehab 2004; 31: 155-9.
- 65. MCGUCKIN R, BABIN J, MEYER B.** Alterations in human enamel surface morphology following vital bleaching J Prosth Dent 1992;68: 754-60.
- 66. SILVERSTONE L, SAXTON C, DOGON I, FEJERSKOV O.** Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscope Caries Rest1975; 9: 373-87.
- 67. SOUZA R, LOMBARDO G, PEREIRAS M, ZAMBONI S, VALERA M, ARAUJO M, OZCAN M.**Analysis of tooth enamel after excessive bleaching: a study using scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray spectroscopy. J Prost Inter 2010; 23: 29-32.
- 68. WANG X, MIHAILOVA B, KLOCKE A, FITTSCHEN U, HEIDRICH S, HILL M, STOSCH R, GUTTLER B, BROEKAERT J, BISMAYER U.** Side effects of a non-peroxide-based home bleaching agent on dental enamel. J Biomed Mater Res 2009; 88; 195-204.
- 69. MONTERDE M, DELGADO J, MARTÍNEZ M, GUZMÁN C, ESPEJEL M.** Desmineralización-remineralización del esmalte dental. Rev ADM 2002; 59: 220-2.
- 70. EDGAR W, HIGHAM S, MANNING R.** Saliva stimulation and caries prevention AdvDentRest1994; 8:239-45.
- 71. TEN CATE J.**In situ models physic chemical aspects. Adv Dent Res.1994; 8: 125-33.

- 72. JUSTINO L, TAMES D, DEMARCO F.** In situ and in vitro effects of bleaching with carbamide peroxide on human enamel. *Oper Dent* 2004; 29:219-25.
- 73. CIMILLI H, PAMEIJER C.** Effect of carbamide peroxide bleaching agents on the physical properties and chemical composition of enamel. *J Am Dent* 2001; 14: 63-6.
- 74. THYLSTRUP A, FEJERSKOV O.** *Tratado de Cariología.* Río de Janeiro Cultura Médica; 1988: 388.
- 75. SASAKI R, ARCANJO A, FLÓRIO F, BASTING R.** Micromorphology and micro hardness of enamel after treatment with home-use bleaching agents containing 10% carbamide peroxide and 7.5% hydrogen peroxide. *J Apply Oral Sci* 2009;17: 611-6.
- 76. RODRIGUES D, TETSUO R, BOTELHO F, FLÓRIO M, TARKANY R.** Effect of home-use and in-office bleaching agents containing hydrogen peroxide associated with amorphous calcium phosphate on enamel micro hardness and surface roughness. *J Esthet Restor Dent* 2011; 23: 158-68.
- 77. CADENARO M, BRESCHI L, NUCCI C, ANTONIOLLI F, VISINTINI E, PRATI C, MATIS B, DI LENARDA R.** Effect of two in-office whitening agents on the enamel surface in vivo: A morphological and non-contact profilometric study. *Oper Dent* 2008; 33: 127-34.
- 78. XU B, LI Q, WANG Y.** Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel surface properties. *Oper Dent* 2011; 36: 554-62.
- 79. CUNHA A, MEIRA A, DUTRA BORGES B, DE OLIVEIRA J, ALVES-JUNIOR C, MACHADO C, DOS SANTOS A.** Efficacy of in-office bleaching techniques combined with the application of a casein phosphopeptide-

amorphous calcium phosphate paste at different moments and its influence on enamel surface properties. *Microscopic Res Tech* 2012; 75: 1019-25.

80. D'AMARIO M. Histomorphologic alterations of human enamel after repeated applications of a bleaching agent. *Inter J Inmunopathol Pharmacol* 2012; 25: 1021-7.

81. SPALDING M, TAVEIRA L, DE ASSIS G. Scanning electron microscopy study of dental enamel surface exposed to 35%hydrogen peroxide: Alone, with saliva, and with 10% carbamide peroxide. *J EstheticRestore Dent* 2003; 15: 154-65.

82. TSCHOPPE P, NEUMANN K, MUELLER J, KIELBASSA A. Effect of fluoridated bleaching gel on the remineralization of predemineralized bovine enamel in vitro. *J Dent* 2009; 37: 156-62.

83. KIELBASSA A, TSCHOPPE P, HELLWIG E, WRBAS K. Effect of regular and whitening dentifrice on remineralization of bovine enamel in vitro. *Quintess Inter* 2009;40:103-12.

84. BORGES AB, YUI K, D'AVILA T, TAKAHASHI C, TORRES C, BORGES AL. Influence of remineralizing gel so bleached enamel microhardness in different time intervals. *Oper Dent* 2010; 35: 180-6.

85. BORGES AB, SAMEZIMA L, FONSECA L, YUI K, BORGES AL, TORRES C. Influence of potentially remineralizing agents on bleached enamel micro hardness. *Oper Dent* 2009; 34: 593-7.

86. LI Q, XU BT, LI R, YU H, WANG Y. Quantitative evaluation of colour regression and mineral content change of bleached teeth. *J Dent* 2010; 38: 253-60.

- 87. DO AMARAL F, SASAKIR, DA SILVA T, FRANCA F, FLORIO F, BASTING R.** The effects of home-use and in-office bleaching treatments on calcium and phosphorus concentrations in tooth enamel: an in vivo study. *J Am Dent Assoc* 2012; 143: 580-6.
- 88. DOMINGUEZ J, BITTENCOURTB, MICHEL M, SABINO N, GOMES J, GOMES O.** Ultrastructural evaluation of enamel after dental bleaching associated with fluoride. *Micros Res Tech* 2012; 75: 1093-8.
- 89. MARTIN J, DE ALMEIDA J, RIBEIRO R, SOARES P, VLADJA T, NUNES R.** Effect of fluoride therapies on the surface roughness of human enamel exposed to bleaching agents. *Quintess Inter* 2010; 41: 71-8.
- 90. BERGER S.** Changes in surface morphology and mineralization level of human enamel following in-office bleaching with 35% hydrogen peroxide and light irradiation. *Gen Dent* 2010; 58: 74-9.
- 91. BALDION P, ARCOS L, MORA M.** Efecto de los fluoruros en la composición química del esmalte dental posblanqueamiento. *Univ Odontol* 2011; 30: 41-9.
- 92. FERREIRA S, NOGUEIRA J, NEVESO, CARNEIRO C, YOUSSEF M, PITA M.** The effect of fluoride therapies on the morphology of bleaching human dental enamel. *Microscopic. Res Tech* 2011; 74: 512-6.
- 93. CAVALLI V, RODRIGUES L, PAES-LEME A, SOARES L, MARTIN A, BERGER S, GIANNINI M.** Effects of the addition of fluoride and calcium to low-concentrated carbamide peroxide agents on the enamel surface and subsurface. *Photomed Laser Surge* 2011; 29: 319-25.

- 94. ZHI Q, LO E, KWOK A.**An in vitro study of silver and fluoride ions on remineralization of demineralized enamel and dentine. *J AustralianDent* 2013; 58: 50-6.
- 95. PEDREIRA A, BROSSI S, DE SÁTEIXEIRA F, BARBOSA A,GARONE N.** Effects of fluoride or nanohydroxiapatite on roughness and gloss of bleached teeth. *Micros Research Tech* 2011; 74: 1069-75.
- 96. CHEN H, CHANG C, LIU J, CHUANG S, YANG J.** Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties *J Dent* 2008; 36: 718-25.
- 97. LEE K, KIM H, KIM K, KWON Y.** Mineral loss from bovine enamel by a 30% hydrogen peroxide solution. *J Oral Rehab* 2006; 33: 229-33.
- 98. TEZEL H, SOGUT O, OZATA F, DALGAR H, ONUR Z.** Effect of bleaching agents on calcium loss from the enamel surface *Quintess Int.* 2007;38: 339-47.
- 99. GLADWELL J, SIMMONS D, WRIGHT J.** Remineralization potential of a fluoridated carbamide peroxide whitening gel. *J Esthet Restor Dent* 2006; 18: 206-13.
- 100. BERGER S, CAVALLI V, MARTIN A, SILVA L, ZEZZEI M, BRANCALION M.** Effects of combined use of light irradiation and 35% Hydrogen Peroxide for dental bleaching on human enamel mineral content. *Photomedicine and laser surgery* 2010; 28:533-8.
- 101. CAKIR F, KORKMAZ Y, FIRAT E, OZTAS S, GURGAN S.** Chemical analysis of enamel and dentin following the application of three different at-home bleaching systems. *Oper Dent* 2011; 36:529-36.

- 102. CAKIR F, OZTAS S, FIRAT E, GURGAN S.** Effect of office bleaching systems on chemical compositions of enamel and dentin: an in vitro study. *Clinic Dent Research*2012; 36; 35-41.
- 103. EFEOGLU N, WOOD D, EFEOGLU C.** Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. *J Dent* 2005; 33:561-7.
- 104. GOO D, KWON T, NAM S, KIM H, KIM K, KIM Y.** The efficiency of 10% carbamide peroxide gel on dental enamel. *Dent Mat J* 2004; 23:522-7.
- 105. EIMAR H, SICILIANO R, ABDALLAH M, NADER S, AMIN W, MARTINEZ P.** Hydrogen peroxide whitens teeth by oxidizing the organic structure *J Dent.*2012; 40: 25-33.
- 106. ALVIRA F, BILMES G.** Espectroscopia de plasmas inducidos por láser (LIBS) aplicada a la caracterización de piezas únicas y productos de interés industrial. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires Argentina: 2010
- 107. SAMEK O, LISKA M, KAISER J, BEDDOWS D, TELLE H, KUKHLEVSKY S.** Clinical application of laser-induced breakdown spectroscopy to the analysis of teeth and dental materials. *J Clinic Laser Med&Surge*2000; 18: 281-9.
- 108. SAMEK O, BEDDOWS D, TELLE H, MORRIS G, LISKA M, KAISER J.** Quantitative analysis of trace metal accumulation in teeth using laser-induced breakdown spectroscopy. *Appl Physic Mat Sci &Process*1999; 69: 179-82.
- 109. SAMEK O, BEDDOWS D, TELLE H, KAISER J, LISKA M, CACERES J.** Quantitative laser-induced breakdown spectroscopy analysis of calcified

tissue samples *Spectrochimica Acta Part B-Atomic Spectroscopy* 2001; 56: 865-75.

110. SINGH V, KUMAR V, SHARMA J. Importance of laser-induced breakdown spectroscopy for hard tissues (bone, teeth) and other calcified tissue materials. *Lasers Med Sci* 2014 (En prensa).

111. SINGH V, RAI A. Potential of laser-induced breakdown spectroscopy for the rapid identification of carious teeth. *Lasers Med Sci.* 2011; 220: 21-36.

112. BURTON J, PRICE T. The ratio of barium to strontium as a paleodietary indicator of consumption of marine resources *J Arch Sci* 1990;17: 547-57.

113. SPONHEIMER M, DERUITER D, LEE-THORP J, SPATH A. Sr/Ca and early hominin diets revisited: new data from modern and fossil tooth enamel. *J Hum Evol* 2005; 48:147-56.

114. BURTON J. Trace elements in bone as paleodietary indicators. In ORNA VM (eds.) *Archeological chemistry: organic, inorganic and biochemical analysis.* American Chemical Society Press 1996: 327-32.

115. EZZO J. Putting the "chemistry" back into archaeological bone chemistry analysis: modeling potential palaeodietary indicators *J Anthropology Archaeology* 1994; 13: 1-34.

116. BURTON J, PRICE T, CAHUE L, WRIGHL L. The use of barium and strontium abundances in human skeletal tissues to determine their geographic origins. *Inter J Osteoarchaeol* 2003; 13: 88-95.

117. MARCONDES T, PEREIRA H, DESIO D, PROCÓPIO L, MUNIN E, TADEU M. Analysis of carious and noncarious human dentin by laser-induced breakdown spectroscopy. En: VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Americano de Pós-Graduação.

- 118. MONCAYO S, MANZOOR S, UGIDOS T, NAVARRO F, CACERES J.** Discrimination of human bodies from bones and teeth remains by laser induced breakdown spectroscopy and neural networks. *Spectrochimica Acta Part B* 2014; 101: 21-5.
- 119. NIST.** Atomic spectroscopy information. <http://www.nist.gov/atomicspectroscopy.cfm> (Cited Febr.5 2014).
- 120. TURUNEN M, PRANTNER V, JURVELIN J, KROGER H, ISAKSSON H.** Composition and microarchitecture of human trabecular bone change with age and differ between anatomical locations. *Bone* 54; 2013:118-25.
- 121. HIGGINS D, AUSTIN J.** Teeth as a source of DNA for forensic identification of human remains; a review. *Sci Jus* 2013; 53: 433-41.
- 122. CASTRO W, HOOGEWERFF J, LATKOCZY C, ALMIRALL J.** Application of laser ablation (LA-ICP-SF-MS) for the elemental analysis of bone and teeth samples for discrimination purposes, *Forensic Sci Int* 1995; 2010: 17-27.
- 123. SINESCU C, NEGRUTIU M, DRAGANESCU G, TODEA C, DODENCIU D, FLORITA Z, POP D.** Microleakage in dentistry: new methods for investigating the gaps in biomaterials. *Proc SPIE* 2008; 6843: 68430P.
- 124. NEGRUTIU M, SINESCU C, DRAGANESCU G, TODEA C, DODENCIU D, ROMINU R.** Microspectral analysis with laser in microleakage evaluation between infrastructure and veneer materials in fixed partial dentures. *Proc SPIE* 2008; 6843:68430Q.