



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLÓGIA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGIA RESTAURADORA
ÁREA DE OPERATORIA**

**“ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE DOS AGENTES
BLANQUEADORES DE DISTINTA CONCENTRACIÓN SOBRE LA
MICROMORFOLOGÍA DEL ESMALTE BOVINO”**

Natalia Loyola Araneda

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CIRUJANO-DENTISTA**

TUTOR PRINCIPAL

Prof. Dr. Javier Martin Casielles

TUTORES ASOCIADOS

Dr. Álvaro Cartagena González

Dra. Andrea Werner Lillo

**Adscrito a Proyecto PRI-ODO 13/002
Santiago – Chile
2013**

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Composición y estructura superficial del esmalte dental	4
2.2. Causas y Clasificación de las tinciones dentarias	5
2.3. Historia del blanqueamiento dental	7
2.4. Agentes blanqueadores y su mecanismo de acción.....	8
2.5. Tipos de Blanqueamiento	9
2.6. Catalizadores en blanqueamiento dental	11
2.7. Seguridad y efectos adversos	13
2.8. Estudio de Materiales dentales en Dientes Bovinos	21
4. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5. RESULTADOS.....	28
6. DISCUSIÓN.....	32
7. CONCLUSIONES.....	39
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo, como símbolo de la culminación de mi mayor logro hasta ahora, a quienes más quiero:

A mis padres, Yolanda Araneda y Ricardo Loyola;

A mis hermanos, Bárbara Loyola y Felipe Loyola;

A mis abuelitas, Yolanda Araneda y Celsa Palacios; y

A mi pareja, Daniel Bautista.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecer a mi familia, en especial a mis padres, sin los cuales mi formación no sería la misma y nada de esto habría sido posible.

Además debo agradecer a todas las familias que me acogieron durante estos años universitarios, facilitando la transición al llegar desde fuera a Santiago; a la Tita, a mis tíos, a mis amigos Inge, Leo, Pancho y sus familias. A mi buen amigo, compañero en “la ruta de los congresos”, Germán Contreras; a mis queridos amigos Shei, Fer, Marta y Pelu; a la familia de Daniel, y sobre todo a él, quien ha sido una hermosa compañía y me ha brindado invaluable ayuda en la redacción de este trabajo.

Un especial agradecimiento a mis profesores y a esta querida e histórica Universidad de Chile, que me ha entregado mucho más que lo académico; una historia de amor y desencanto, donde el balance final es siempre positivo.

RESUMEN

Introducción: Dada la creciente preocupación de los pacientes por la estética y el color de sus dientes, se han desarrollado diversos productos blanqueadores, los que, sin embargo, no se han acompañado de suficientes y rigurosos estudios sobre sus posibles efectos adversos. La alta concentración de los agentes blanqueadores ha sido el factor más citado como causante de alteraciones en el esmalte. El presente estudio aborda esta problemática comparando las alteraciones causadas en su superficie por dos agentes blanqueadores de distinta concentración.

Materiales y Métodos: El presente es un estudio comparativo *in vitro*. Se utilizaron incisivos bovinos debido a su similitud morfológica e histológica con los dientes humanos, seleccionándose 50 incisivos sanos de bovino, de entre 3 y 4 años de edad, los cuales fueron desinfectados y limpiados superficialmente, para luego cortar la raíz a nivel del límite amelocementario, previo al procedimiento experimental.

La cara vestibular de cada diente fue dividida en 2 zonas, una de las cuales fue tratada aleatoriamente con alguno de los agentes blanqueadores seleccionados para este trabajo, activados por Diodo Emisor de Luz (LED), según las instrucciones de los fabricantes: Peróxido de hidrógeno al 15% con nanopartículas de dióxido de titanio-nitrógeno (Grupo experimental 1) y Peróxido de hidrógeno al 35% (Grupo experimental 2); en tanto que la otra mitad se aisló con resina acrílica y no fue sometida a blanqueamiento (Grupo Control).

El análisis fue de tipo descriptivo cualitativo, mediante la observación de microfotografías obtenidas por medio de microscopía electrónica de barrido con aumentos de 5000 X y 10000 X.

Resultados: Se observaron leves alteraciones en la ultraestructura superficial del esmalte de las muestras tratadas con agentes blanqueadores, dadas por una profundización de las grietas superficiales presentes en los incisivos bovinos sanos, siendo más evidentes en el Grupo experimental 2.

Conclusión: El blanqueamiento con solución de Peróxido de hidrógeno al 15% provoca menor alteración de la superficie del esmalte dental bovino que la utilización de solución de Peróxido de Hidrógeno al 35%.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la percepción de bienestar de los pacientes se ha visto fuertemente influenciada por la estética, lo que explica el desarrollo y expansión de la industria cosmética (Junqueira et al., 2011, Miranda et al., 2005). Así, un gran porcentaje de los pacientes que acuden a las clínicas odontológicas lo hacen para solicitar tratamientos que mejoren el aspecto de su sonrisa, para lo cual existen diferentes tipos de tratamientos odontológicos (Posada et al., 2006). A pesar de que el color de los dientes es sólo uno de los aspectos involucrados en la armonía facial, representa el factor aislado más importante dado que es notado inmediatamente (Miranda et al., 2005). De esta forma, el color es actualmente considerado una de las preocupaciones estéticas más importantes para el paciente (Delfino et al., 2009) e inevitablemente, el requerimiento de dientes más blancos se ha convertido en una preocupación para la práctica odontológica (Junqueira et al., 2011, Miranda et al., 2005).

El blanqueamiento dental representa una opción conservadora para el tratamiento de tinciones o discoloraciones dentarias (Miranda et al., 2005). Las técnicas actuales de blanqueamiento están basadas en el uso de peróxido de hidrógeno como agente activo (Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2007, Ushigome et al., 2009). La discoloración de los tejidos dentales es revertida por una reacción de oxidación entre el agente blanqueador y el sustrato, normalmente una molécula orgánica (Carrasco- Guerisoli et al., 2009).

El blanqueamiento puede realizarse en dientes vitales y no vitales (Dahl and Pallesen, 2003). En ambos casos puede indicarse el blanqueamiento externo o extracoronario, mientras que los procedimientos de blanqueamiento interno o intracoronario sólo se indican en dientes previamente desvitalizados (Dahl and Pallesen, 2003).

Se han descrito una serie de métodos para el blanqueamiento de dientes vitales, siendo tres los principales: blanqueamiento doméstico supervisado por el dentista, blanqueamiento profesional realizado en la consulta y productos cosméticos de uso domiciliario que ofrece el mercado (*Over The Counter: OTC*)

(Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2007, Caballero et al., 2008). Por un lado, el blanqueamiento doméstico utiliza agentes blanqueadores de baja concentración aplicados habitualmente por períodos de 2 semanas (Delfino et al., 2009, Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2006, Joiner, 2007, Ushigome et al., 2009), tal como los productos *OTC*, de menor concentración aún (Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2007). Por otra parte, el blanqueamiento profesional en la consulta emplea agentes en concentraciones más altas por cortos períodos de tiempo (Dahl and Pallesen, 2003, Ushigome et al., 2009).

A pesar de que el peróxido de hidrógeno es muy eficaz para aclarar el color del diente, se ha expresado gran preocupación respecto a su uso, debido a las complicaciones posteriores a su aplicación como agente blanqueador. Éstas incluyen alteraciones en la morfología de la superficie del esmalte y la dentina (Junqueira et al., 2011, Dahl and Pallesen, 2003, Carrasco- Guerisoli et al., 2009, Pinto et al., 2004, Ushigome et al., 2009), disminución de la microdureza superficial del esmalte (Joiner, 2007, Carrasco- Guerisoli et al., 2009, Pinto et al., 2004), hipersensibilidad (Swift, 2007) y exorizálisis cervical (Suemori et al., 2008). Sin embargo, hay poca información y falta de consenso sobre los efectos adversos de los agentes blanqueadores en sus diversas concentraciones, formulaciones y regímenes de aplicación sobre la superficie del esmalte (Pinto et al., 2004). Hasta el momento, no existe acuerdo con respecto a las alteraciones morfológicas de la superficie del esmalte posteriores al blanqueamiento, sino más bien una aparente controversia (Junqueira et al., 2011, Dahl and Pallesen, 2003). Algunos autores no reportan efectos adversos (Delfino et al., 2009, Joiner, 2007, Caballero et al., 2008, Suemori et al., 2008), mientras otros refieren cambios significativos (Suemori et al., 2008, Ushigome et al., 2009, Junqueira et al., 2011, Joiner, 2007, Miranda et al., 2005, Dahl and Pallesen, 2003, Carrasco- Guerisoli et al., 2009, Pinto et al., 2004), reportando, entre otras, una relación directa entre la mayor concentración de peróxido de hidrógeno y peróxido de carbamida con una mayor alteración de la morfología superficial de los tejidos duros del diente (Pinto et al., 2004, Ushigome et al., 2009, Junqueira et al., 2011, Dahl and Pallesen, 2003).

Las controversias podrían deberse a los distintos protocolos experimentales *in vitro* e *in vivo* empleados para probar los agentes blanqueadores, a diferencias en los componentes y/o concentraciones de los productos (Junqueira et al., 2011, Joiner, 2007, Ushigome et al., 2009, Carrasco- Guerisoli et al., 2009), el pH de estos agentes (Joiner, 2007, Carrasco- Guerisoli et al., 2009), y el tiempo de aplicación (Caballero et al., 2008, Junqueira et al., 2011, Ushigome et al., 2009), entre otros.

Actualmente, se han desarrollado productos blanqueadores que emplean menores concentraciones de agentes oxidantes, como lo es uno que emplea peróxido de hidrógeno al 15% para su uso en consulta. Sin embargo, aunque son promocionados como agentes más seguros, no se conocen con exactitud los efectos que generan sobre la micromorfología superficial del esmalte (Suemori et al., 2008).

A la luz de estos antecedentes, el presente estudio se focalizó en la concentración del peróxido de hidrógeno en la solución blanqueadora, dado que ha sido el factor que con mayor frecuencia es mencionado en la literatura y al que se le confiere, asimismo, una mayor relevancia en cuanto a las alteraciones superficiales en esmalte producto del blanqueamiento dental (Ushigome et al., 2009, Pinto et al., 2004, Junqueira et al., 2011, Dahl and Pallesen, 2003). Esto mediante la comparación de dos soluciones blanqueadoras en base a peróxido de hidrógeno, una de baja y una de alta concentración, al 15% (Suemori et al., 2008) y al 35%; concentración de uso frecuente y con mayor cantidad de estudios. Asimismo, fue observada una variable escasamente estudiada: las alteraciones en la micromorfología superficial del esmalte, mediante microscopía electrónica de barrido. Fueron respondidas las interrogantes sobre si los agentes blanqueadores producen alteraciones sobre la microestructura del esmalte, y, de producirlas, si existen diferencias entre una concentración menor y mayor del peróxido de hidrógeno.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Composición y estructura superficial del esmalte dental

El diente es un órgano formado por un tejido conectivo laxo que le otorga la vitalidad, llamado pulpa, y tres tejidos duros o mineralizados, a saber, dentina, cemento radicular y esmalte. Este último corresponde a la sustancia más dura que posee el organismo humano y, específicamente, corresponde a una matriz extracelular altamente mineralizada carente de componentes celulares en su madurez, componiéndose de alrededor de 96% de material inorgánico, 1% de material orgánico y 3% de agua (Gartner and Hiatt, 1997, Geneser and de Iérmoli, 1994, Mooney and Barrancos, 2006).

Durante la formación dentaria existe una etapa de mineralización, dada por el depósito de sales de calcio y fosfato, siendo ampliamente mayoritaria la hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) y cuyos cristales se agregan y depositan conformando estructuras ordenadas y altamente empaquetadas y organizadas denominadas prismas del esmalte, que se disponen con su eje longitudinal desde la unión amelodentinaria hacia la superficie del diente con un espesor variable entre 3 y 6 μm (Geneser and de Iérmoli, 1994, Nanci, 2007, de Ferraris and Muñoz, 1999). Los prismas del esmalte se encuentran separados entre sí por el denominado esmalte interprismático, también formado por el depósito de cristales de hidroxiapatita pero que, a diferencia de los prismas, carecen de un ordenamiento o de un mayor grado de organización. Es decir, tanto los prismas como la sustancia interprismática que los separa están compuestos principalmente por cristales de hidroxiapatita (Geneser and de Iérmoli, 1994, Gartner and Hiatt, 1997, Mooney and Barrancos, 2006), los cuales son translúcidos, desde el punto de vista óptico (Mooney and Barrancos, 2006). Los grupos hidroxilo de estos cristales pueden ser reemplazados por iones flúor, formándose fluorapatita, cuya importancia radica en su menor solubilidad en comparación con la hidroxiapatita. La parte orgánica está compuesta por cantidades equivalentes de fluoroproteína y de proteínas (Geneser and de Iérmoli, 1994).

La aposición sucesiva de sustancia adamantina en el proceso de amelogénesis, el cual tiene la propiedad de ser rítmico, determina la existencia de zonas de

mayor y menor mineralización en la aposición mineral de los prismas. Son estas zonas de baja mineralización o de reposo en la amelogénesis las que determinan las denominadas estrías de Retzius., cuya expresión superficial corresponde a las líneas de imbricación y los periquematíes, determinando sollevamientos que recorren la mayor parte de la corona dentaria (de Ferraris and Muñoz, 1999, Nanci, 2007).

La estructura normal de la superficie del esmalte presenta variaciones según la edad o etapa de desarrollo del individuo, debiendo considerarse, además, el desgaste normal de las piezas dentarias (Mooney and Barrancos, 2006). Los dientes jóvenes se destacan por la presencia de periquematíes (Mooney and Barrancos, 2006). Al realizar la observación de la superficie del esmalte de dientes jóvenes mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) pueden ser observadas pequeñas fositas o huecos, correspondientes a los extremos abiertos de los prismas del esmalte, los cuales no se observan en dientes adultos debido a su desgaste y exposición a diversas fuerzas mecánicas (hábitos de cepillado, alimentos abrasivos, etc.); es decir, las crestas periquemáticas se desgastan y son reemplazadas por un patrón de rayas profundas y finas, observables tanto clínica como microscópicamente, pudiendo apreciarse, adicionalmente, la presencia frecuente de grietas, cuyo origen se atribuye a múltiples causas, pudiendo deberse a la fractura de la capa de esmalte producto de distintos tipos de agresión mecánica y térmica posterior a la erupción dentaria; esto se debe a la gran rigidez del esmalte y de la dentina (Mooney and Barrancos, 2006). En este ámbito, la observación mediante MEB ha permitido múltiples hallazgos, a saber: 1) que las grietas verticales son frecuentes, presentándose en más del 50% de los dientes observados; 2) las horizontales y oblicuas son escasas; 3) no hay diferencia significativa con respecto a prevalencia y ubicación de las grietas, y 4) que las grietas más notables, es decir, las distinguibles a simple vista, se encuentran en los incisivos centrales (Mooney and Barrancos, 2006).

2.2. Causas y Clasificación de las tinciones dentarias

El color dentario está determinado por su color intrínseco y las tinciones extrínsecas que puedan formarse en su superficie (Joiner, 2006), así como las tinciones intrínsecas que pueden ocurrir durante su formación o posterior a ésta.

El color intrínseco del diente está asociado a la dispersión de la luz y las propiedades de absorción, reflexión y refracción de la luz de esmalte y dentina, siendo más preponderantes las propiedades de esta última (Joiner, 2006).

TINCIONES EXTRÍNSECAS

El conjunto de elementos que producen color o tinciones se denominan cromógenos y son usualmente componentes orgánicos que poseen cadenas conjugadas extensas de enlaces simples y dobles alternados, y a menudo incluyen heteroátomos y anillos carbonilo y fenilo en el sistema conjugado (Joiner, 2006).

Las tinciones extrínsecas pueden ser divididas en directas e indirectas. Las primeras son causadas por la incorporación de sustancias de alto contenido cromático a la placa bacteriana o a la película mucoproteica adherida a la superficie dentaria, y son resultado del color básico del cromógeno (Mooney and Barrancos, 2006, Manuel et al., 2010). Estas sustancias son derivados de la dieta o sustancias habitualmente situadas en la boca, tales como taninos –abundantes en alimentos como el vino tinto- o la nicotina del tabaco. Las indirectas, por otra parte, son causadas por interacción química en la superficie del diente, usualmente con antisépticos catiónicos –como la clorhexidina- y sales de metales, los cuales son incoloros o poseen un color distinto al de la tinción producida en la superficie del diente (Joiner, 2006, Manuel et al., 2010).

TINCIONES INTRÍNSECAS

Por otra parte existen algunas condiciones y eventos que pueden generar tinciones intrínsecas de los dientes durante su formación o posterior a su erupción (Mooney and Barrancos, 2006, Goldberg et al., 2010, Manuel et al., 2010), pudiendo llegar a niveles inaceptables de alteración en el color normal que deben ser considerados como incapacitantes, puesto que constituyen una real necesidad de blanqueamiento, debido a las repercusiones psicológicas y sociales de estas alteraciones estéticas en la vida de los pacientes (Goldberg et al., 2010). Entre estos factores encontramos enfermedades genéticas como la dentinogénesis imperfecta, displasia dentinaria o algunas formas de amelogénesis imperfecta, enfermedades fetales o post-natales adquiridas,

ingestión crónica de fluoruros durante la infancia (Goldberg et al., 2010, Mooney and Barrancos, 2006, Manuel et al., 2010), tratamientos con tetraciclina (Manuel et al., 2010, Goldberg et al., 2010, Joiner, 2006), envejecimiento, traumatismo e iatrogenia; como es el caso de la remoción insuficiente de los restos orgánicos de la cámara pulpar durante un tratamiento endodóntico (Mooney and Barrancos, 2006, Manuel et al., 2010). El período crítico para la adquisición de estas tinciones o alteraciones adamantinas y/o dentinarias abarca desde el tercer trimestre de la vida intrauterina hasta los 8 años de edad (Mooney and Barrancos, 2006).

Existe una gran variedad de métodos para remover las tinciones dentarias, tales como limpieza y pulido profesional para remover manchas y tártaro, pastas dentales blanqueadoras, blanqueamiento intracoronario de dientes no vitales, blanqueamiento extracoronario de dientes vitales, microabrasión del esmalte con abrasivos y ácido y la realización de carillas y coronas (Joiner, 2006, Manuel et al., 2010).

2.3. Historia del blanqueamiento dental

El blanqueamiento fue descrito por primera vez en 1864, en dientes desvitalizados con discoloración. Para este procedimiento se utilizaron diversas soluciones como hipoclorito de sodio, perborato de sodio, peróxido de hidrógeno y sus combinaciones, comenzando a probarse además la activación mediante calor (Dahl and Pallesen, 2003, Mooney and Barrancos, 2006).

En 1961 fue desarrollada la técnica "*walking bleach*", consistente en el depósito de una solución de perborato de sodio y agua dentro de la cámara pulpar de dientes tratados endodónticamente, la cual era sellada, dejando actuar la solución entre las citas odontológicas (Dahl and Pallesen, 2003). Este método fue modificado posteriormente, reemplazando el agua por peróxido de hidrógeno al 30-35% para mejorar el efecto blanqueador (Dahl and Pallesen, 2003).

En los años 60', un ortodoncista observó el efecto blanqueador del peróxido de carbamida al 10%, tras la prescripción de una solución antiséptica que lo contenía. Este descubrimiento inició la era del blanqueamiento nocturno vigilado ("*night guard bleaching*") (Dahl and Pallesen, 2003).

2.4. Agentes blanqueadores y su mecanismo de acción

El blanqueamiento es un proceso de decoloración o aclaramiento que puede ocurrir en solución o sobre una superficie. Esta decoloración de los cromógenos puede suceder por la destrucción de uno o más de los dobles enlaces en las cadenas conjugadas, mediante la escisión de estas cadenas, o por la oxidación de otras fracciones químicas en la cadena conjugada (Joiner, 2006).

El blanqueamiento dentario en la actualidad está basado principalmente en la utilización de peróxido de hidrógeno como agente activo. Éste puede ser aplicado directamente o producido en una reacción química a partir de perborato de sodio o peróxido de carbamida (Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2006, Goldberg et al., 2010, Mooney and Barrancos, 2006).

El peróxido de hidrógeno actúa como un agente oxidante fuerte, a través de la formación de radicales libres, moléculas de oxígeno reactivo y aniones superóxido (O_2^-) (Goldberg et al., 2010, Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2006). Estas moléculas reactivas atacan las cadenas largas, moléculas cromógenas de coloración oscura y las dividen en unas más pequeñas, con menos color, y moléculas más difusibles para su liberación al exterior (Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2006, Mooney and Barrancos, 2006).

El peróxido de hidrógeno es capaz de oxidar una gran variedad de componentes orgánicos e inorgánicos (Joiner, 2006). Sin embargo, el mecanismo por el cual actúa este compuesto para producir el blanqueamiento aún no es totalmente comprendido y puede provenir de numerosas variedades de especies de oxígeno activo dependientes de las condiciones de reacción, tanto del sustrato como del medioambiente, incluyendo la temperatura, el pH, la luz y presencia de metales de transición (Joiner, 2006).

Bajo condiciones alcalinas, el blanqueamiento del peróxido de hidrógeno generalmente procede vía el anión perhidroxilo (HO_2^-). Otras condiciones pueden dar lugar a la formación de radicales libres, por ejemplo, mediante ruptura homolítica de cualquiera de los dos enlaces O-H o enlace O-O en peróxido de hidrógeno para producir los radicales $H^+ + ^\circ OOH$ y $2^\circ OH$ (radical hidroxilo), respectivamente. La utilización de luz o láser para iniciar fotoquímicamente las reacciones ha mostrado incrementar la formación de radicales hidroxilo desde

peróxido de hidrógeno (Joiner, 2006).

El peróxido de carbamida, tiene como productos el peróxido de hidrógeno y urea, la cual puede también descomponerse, formando dióxido de carbono y amoníaco (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010). Sin embargo, no está claro cuánto amoníaco se forma durante el procedimiento de blanqueamiento con peróxido de carbamida. Dado que el peróxido de hidrógeno requiere una activación de baja energía para formar los radicales libres, al estar en una solución básica, el procedimiento del blanqueamiento se ve facilitado por la presencia de amoníaco debido a su elevado pH (Dahl and Pallesen, 2003). Otra de las ventajas del peróxido de carbamida es su mayor estabilidad en estado líquido en comparación con el peróxido de hidrógeno (Mooney and Barrancos, 2006).

El resultado del blanqueamiento depende principalmente de la concentración del agente blanqueador, su capacidad para llegar a las moléculas cromógenas y la duración y número de veces que el agente esté en contacto con estas moléculas. En este sentido, se ha observado un mayor efecto del blanqueamiento dental en tratamientos más prolongados (Dahl and Pallesen, 2003).

2.5. Tipos de Blanqueamiento

BLANQUEAMIENTO INTRACORONARIO

Para las discoloraciones en dientes desvitalizados, el blanqueamiento intracoronario constituye una alternativa conservadora de tratamiento. Para ello se requiere un cuidadoso examen, dado que un requisito previo a su realización es la salud periodontal (Dahl and Pallesen, 2003), así como una apropiada obturación de los canales radiculares para prevenir el paso del agente blanqueador a los tejidos periapicales (Dahl and Pallesen, 2003, Mooney and Barrancos, 2006).

Para este método puede utilizarse peróxido de hidrógeno o perborato de sodio (Dahl and Pallesen, 2003, Mooney and Barrancos, 2006), entre los cuales no se ha encontrado diferencias significativas en los resultados clínicos obtenidos (Dahl and Pallesen, 2003). La reacción puede ser acelerada con la aplicación de calor mediante diversas fuentes (Dahl and Pallesen, 2003).

Como fue mencionado anteriormente, para la técnica “*the walking bleach*” se aplica la solución blanqueadora dentro de la cámara pulpar, la cual es posteriormente sellada, y la solución es recambiada en cada cita hasta obtener el resultado deseado (Mooney and Barrancos, 2006, Dahl and Pallesen, 2003). Si luego de 2 a 3 sesiones no se han alcanzado los resultados esperados, el tratamiento puede complementarse con procedimientos blanqueadores en la consulta (“*in office*”) (Dahl and Pallesen, 2003).

Por otra parte, existe la técnica de blanqueamiento intracoronario en la consulta, que utiliza mayores concentraciones de la solución blanqueadora que la técnica “*The walking bleach*” y se realiza por intervalos de alrededor de media hora (Mooney and Barrancos, 2006).

Para disminuir la cantidad de citas con el dentista se ha sugerido otro método en el cual la cámara pulpar es dejada abierta al medio oral, protegiéndose la entrada a los conductos con cemento de vidrio ionómero, y el paciente se aplica una solución blanqueadora de peróxido de carbamida al 10%, cubriendo la cara lingual con una férula de plástico. Pese a la autonomía que permite este método, las desventajas son más relevantes, como una mayor exposición dentinaria a nuevas tinciones y la posibilidad de ingestión de la solución por lavado insuficiente o incompleto (Dahl and Pallesen, 2003).

Según los reportes existentes, el blanqueamiento intracoronario ha mostrado alrededor de un 90% de éxito inmediato, y alrededor de un 10% de necesidad de retratamiento posterior a 3-5 años (Dahl and Pallesen, 2003).

Los estudios disponibles han mostrado que el efecto blanqueador de las soluciones es más potente o se consigue un resultado más veloz inicialmente con concentraciones mayores del peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida, sin embargo las concentraciones menores parecieran lograr los mismos resultados estéticos en tratamientos prolongados (Joiner, 2006).

BLANQUEAMIENTO EXTRACORONARIO

El blanqueamiento externo de los dientes –el único posible en dientes vitales– puede ser realizado en el hogar y en la consulta. Para su realización han sido estudiados y reconocidos cuatro enfoques distintos: 1) blanqueamiento

administrado por el dentista, consistente en el uso de altas concentraciones de peróxido de hidrógeno (entre 30% y 50%) o de carbamida (35%-40%), usualmente complementados con fuentes de calor o luz, luego de proteger los tejidos blandos (Joiner, 2006, Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010, Mooney and Barrancos, 2006); 2) blanqueamiento supervisado por el dentista, basado en la aplicación de peróxido de carbamida en altas concentraciones administrado mediante una cubeta en la consulta durante un período de 30 minutos a 2 horas (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010); 3) blanqueamiento proveído por el dentista, conocido como blanqueamiento en “el hogar” o “nocturno vigilado” (“*at-home*” o “*night-guard*”), el cual consiste en la aplicación de una solución de peróxido de carbamida en bajas concentraciones (entre 5% y 22%) en una cubeta individual, la cual es utilizada por el paciente en su casa, pero administrada por el dentista, el que controla los resultados y posibles efectos adversos (Mooney and Barrancos, 2006, Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2006, Goldberg et al., 2010), y 4) los productos de venta libre (“*Over The Counter: OTC*”), usualmente basados en peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida en variadas concentraciones y puestos en cubetas prefabricadas, o por las recientemente introducidas cintas de blanqueamiento, donde ambas deben ser ajustadas por el usuario (Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2006, Goldberg et al., 2010).

Al realizar un tratamiento de blanqueamiento en el hogar con peróxido de carbamida al 10% por un tiempo total de entre 2 y 6 semanas, se ha reportado la ocurrencia del primer cambio subjetivo en el color luego de 2 a 4 noches de tratamiento. En un seguimiento de 1,5 a 3 años, la mayoría de los pacientes no reportaron percibir una nueva discoloración de sus dientes ni la necesidad de repetir el tratamiento, e inclusive luego de 10 años, sobre el 40% reporta notar su color dentario estable. Al medir el color en escala VITA[®] se observa un aclaramiento de 8 unidades en los dientes tratados por 2 semanas, aunque se observa oscurecimiento en 2 unidades tras 6 meses luego del blanqueamiento. Sin embargo, los pacientes no refieren necesidad de repetir el procedimiento (Dahl and Pallesen, 2003).

2.6. Catalizadores en blanqueamiento dental

La velocidad de las reacciones químicas puede ser incrementada al aumentar la

temperatura, pudiendo duplicar la velocidad de una reacción al aumentar 10°C. Así, ya en 1918 fue reportado el uso de luz de alta intensidad para aumentar la temperatura del peróxido de hidrógeno y acelerar la velocidad del blanqueamiento químico de los dientes. Posteriormente, se han descrito otros métodos para lograr el aumento de temperatura del peróxido para acelerar el blanqueamiento dental (Joiner, 2006). Sin embargo, un alza excesiva de la temperatura al interior de la cámara pulpar, desde 5,5° C, puede causar un daño irreversible de la pulpa dental (Joiner, 2006, Pangrazio et al., 2010). En la actualidad, los investigadores se han enfocado en acelerar el blanqueamiento con peróxido mediante la iluminación simultánea de los dientes anteriores con diversas fuentes teniendo un rango de longitudes de onda y potencia espectral; por ejemplo, lámparas halógenas de polimerización, lámparas de arco de plasma, láser (Joiner, 2006, Mooney and Barrancos, 2006, Pangrazio et al., 2010) y Diodos Emisores de Luz (LED) (Joiner, 2006, Pangrazio et al., 2010). Sin embargo, algunas fuentes de luz han mostrado significativos aumentos en la temperatura pulpar durante el blanqueamiento usando modelos *in vitro* (Joiner, 2006).

Algunos productos que son usados en procedimientos de blanqueamiento activados por luz poseen componentes que pretenden ayudar a la transferencia de energía desde la luz al gel de peróxido y usualmente son materiales de color, por ejemplo, caroteno y sulfato de manganeso (Joiner, 2006). Aunque la eficacia de los sistemas de blanqueamiento dental en base a peróxido activados por luz ha sido demostrada en varios estudios de casos, los estudios *in vitro* y estudios clínicos son limitados y controversiales en la comparación con los controles, y, por otra parte, existen otros estudios que demuestran que no hay un efecto adicional proporcionado por ninguna de las tres fuentes de luz sobre el gel blanqueador solo, para tres productos comerciales en un diseño de “*split mouth*” (Joiner, 2006).

El fotocatalizador de dióxido de titanio-nitrógeno utilizado en la solución blanqueadora de baja concentración de peróxido de hidrógeno tiene el rol de promover y acelerar el blanqueamiento producido por la oxidación de cromógenos mediante la generación de radicales hidroxilo a través de su acción fotocatalítica, subsecuente a la irradiación con luz visible en el rango del violeta (380 - 450 nm) al azul (450 - 495 nm) (Suemori et al., 2008, Epling and

Lin, 2002). Asimismo, la utilización de dióxido de titanio-nitrógeno en soluciones blanqueadoras permite obtener un resultado clínicamente apropiado utilizando bajas concentraciones de peróxido de hidrógeno; soluciones consideradas seguras y fáciles de utilizar (Suemori et al., 2008).

2.7. Seguridad y efectos adversos

REABSORCIÓN RADICULAR CERVICAL

La reabsorción radicular cervical puede ocurrir posterior a la realización de blanqueamiento intracoronario de un diente, mas se ha presentado en porcentajes inferiores al 10% de los casos seguidos (Goldberg et al., 2010, Dahl and Pallesen, 2003). Aunque se desconoce el mecanismo de acción por el cual ocurre, la reabsorción radicular cervical pareciera ser promovida por la utilización de una alta concentración de peróxido de hidrógeno (Dahl and Pallesen, 2003) en combinación con la aplicación de calor (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010). Al respecto, los estudios *in vitro* han mostrado la penetración del peróxido de hidrógeno en alta concentración a través de la dentina, siendo mayor al utilizar activación con luz y mayor en dientes con defectos en el cemento (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010).

Cuando estas lesiones alcanzan un volumen importante pueden provocar la fractura de la corona, la cual usualmente deja un remanente radicular que no es apto para ser empleado en una rehabilitación protésica (Goldberg et al., 2010).

SENSIBILIDAD DENTAL

La sensibilidad dental es un efecto secundario común del blanqueamiento en dientes vitales, cuyo mecanismo de ocurrencia no ha sido aun completamente establecido (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010), aunque los estudios *in vitro* han mostrado la penetración del peróxido de hidrógeno a través del esmalte y la dentina, llegando a la cámara pulpar (Joiner, 2006, Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010). Sin embargo, en estudios *in vivo*, no se han encontrado alteraciones estructurales de la pulpa tras el blanqueamiento, aunque en otros se ha reportado la presencia de cambios inflamatorios en un tercio de los dientes observados tras 4 o 14 días de tratamiento, los cuales son

aparentemente reversibles, dado que no se han observado en la pulpa post blanqueamiento al dejar un tiempo de descanso de 14 días luego de la aplicación del agente (Dahl and Pallesen, 2003).

En la literatura se ha señalado la ocurrencia de hasta un 65% de casos de sensibilidad dental aumentada posterior a la terapia blanqueadora en el hogar con peróxido de carbamida en baja concentración, y hasta un 78% tras la terapia en la oficina con peróxido de hidrógeno en combinación con calor (Goldberg et al., 2010, Dahl and Pallesen, 2003).

La sensibilidad dental persiste normalmente por alrededor de 4 días luego del tratamiento blanqueador (Dahl and Pallesen, 2003), pero, en cualquier caso, ésta remite gradualmente, sin efectos adversos a largo plazo (Goldberg et al., 2010).

Este fenómeno de sensibilidad puede presentarse también en pacientes que no han sido sometidos a blanqueamiento, teniendo aparentemente mayor riesgo de sensibilidad post blanqueamiento, lo cual debe ser considerado previo a la realización de un tratamiento blanqueador (Dahl and Pallesen, 2003).

IRRITACIÓN DE LA MUCOSA ORAL

Las altas concentraciones de peróxido de hidrógeno (entre 30 y 35%) resultan cáusticas para las membranas mucosas, pudiendo causar quemaduras y blanqueamiento de la encía (Dahl and Pallesen, 2003), habiéndose reportado quemaduras temporales de los tejidos producto del contacto con el peróxido de hidrógeno (Goldberg et al., 2010). Sin embargo, los factores de riesgo para la irritación o quemadura de los tejidos blandos pueden ser controlados por el odontólogo tratante en los métodos de blanqueamiento en la consulta (Goldberg et al., 2010), a diferencia de lo que ocurre con el tratamiento blanqueador con cubetas, con el cual se ha reportado entre un 25 y 40% de pacientes con irritación gingival, por lo cual el diseño de estas cubetas debe prevenir la exposición gingival a la solución blanqueadora, cubriendo sólo el diente. En este sentido, las cintas blanqueadoras introducidas recientemente en el mercado pueden ser desfavorables, puesto que el gel blanqueador puede entrar en contacto con la encía (Dahl and Pallesen, 2003), siendo mayor la liberación de peróxido en la saliva, en comparación con las cubetillas individuales (Goldberg et al., 2010).

ALTERACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL ESMALTE

Aunque las alteraciones del esmalte posterior al blanqueamiento han sido abordadas en varios estudios (Dahl and Pallesen, 2003), los reportes sobre los efectos de los geles blanqueadores muestran disensos. Algunos investigadores reportan que no hay cambios o son menores, mientras otros muestran moderados y/o severas modificaciones de la superficie del esmalte. Estas diferencias son principalmente atribuibles a diferencias en los protocolos, los químicos empleados y sus concentraciones, y también pueden estar influenciadas por el método utilizado para visualizar estos efectos (Goldberg et al., 2010). En algunos casos, la credibilidad de los resultados está relacionada también con la independencia científica de los investigadores y aparentemente también está ligada a la calidad científica de la revista en que son publicados los reportes (Goldberg et al., 2010).

Se ha visto que el blanqueamiento intracoronario con peróxido de hidrógeno en alta concentración reduce la microdureza de la dentina y el esmalte, y debilita las propiedades mecánicas de la dentina (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010).

Durante la degradación de cromógenos orgánicos en el proceso de blanqueamiento se produce remoción de la matriz extracelular de forma no homogénea, estando asociada con la pérdida de algunos cristales de hidroxiapatita unidos a áreas de acumulación local de componentes de la matriz. En consecuencia, tras una reacción de blanqueamiento efectiva se forman pequeños cráteres en la superficie del esmalte (Mooney and Barrancos, 2006), sin embargo la saliva puede ayudar a restituir este tejido gracias a la precipitación de sales de calcio y fosfato (Goldberg et al., 2010). Un estudio *in vitro* observó la superficie del esmalte con microscopía electrónica tras someter muestras de esmalte a soluciones de peróxido de carbamida al 10% por 15 horas diarias, seguidas de 9 horas de exposición a saliva humana. En este estudio se observaron significativas alteraciones superficiales en la topografía del esmalte tras 4 semanas de blanqueamiento. Estos hallazgos fueron confirmados en otro estudio con peróxido de hidrógeno al 30% y peróxido de hidrógeno al 30% combinado con perborato de sodio, donde se encontraron

leves alteraciones morfológicas (Dahl and Pallesen, 2003). En otro estudio *in vivo*, dientes sometidos a blanqueamiento con peróxido de carbamida al 35% por 2 semanas perdieron la capa de esmalte aprismático y el daño no fue reparado sino luego de 90 días (Dahl and Pallesen, 2003).

Mediante análisis de espectroscopía infrarroja, se encontró que el tratamiento *in vitro* con peróxido de carbamida al 35% por 30 minutos durante 4 días cambiaba la composición inorgánica del esmalte, mientras que las concentraciones de 10% y 16% no lo hacían (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010). Por otra parte, un estudio evaluó las alteraciones morfológicas superficiales producidas por el blanqueamiento *in vivo* con peróxido de carbamida al 10% mediante la observación con MEB de impresiones realizadas a los dientes posterior al tratamiento blanqueador. Este estudio mostró mínimas alteraciones, lo cual puede deberse a una inadecuada reproducción del esmalte en las impresiones y modelos (Dahl and Pallesen, 2003).

Otra investigación reportó que las altas concentraciones de peróxido de carbamida fueron en detrimento de la integridad de la superficie del esmalte, pero el daño fue menor al producido por el grabado con ácido fosfórico (Goldberg et al., 2010, Dahl and Pallesen, 2003).

Una implicancia clínica de estos hallazgos puede ser que los dientes sean más susceptibles a la formación y retención de *biofilm*, debido al incremento en la rugosidad superficial (Dahl and Pallesen, 2003).

De la literatura publicada puede ser concluido que los tratamientos blanqueadores inducen cambios en la rugosidad superficial del esmalte (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010), pudiendo volverse más susceptibles a discoloraciones extrínsecas (Dahl and Pallesen, 2003) y aumentar la susceptibilidad a la formación de placa supra y subgingival; aumentando así la adhesión de *streptococcus mutans* y *streptococcus sobrinus* al esmalte. Esto último puede tener alguna implicancia en el futuro desarrollo de caries, sin embargo, hasta ahora no hay reportes del potencial desarrollo de caries posterior al blanqueamiento (Goldberg et al., 2010).

Debe considerarse que la desmineralización del esmalte es un efecto no

deseado producto de los agentes blanqueadores que está relacionado con sus concentraciones y el tiempo necesario para obtener los efectos deseados de blanqueamiento dental (Goldberg et al., 2010).

EFEECTO SOBRE LAS RESTAURACIONES

Los estudios de laboratorio han mostrado un aumento en la liberación de mercurio desde las amalgamas dentales expuestas a soluciones de peróxido de carbamida (Goldberg et al., 2010, Dahl and Pallesen, 2003). Esto ha sido probado *in vitro*, sin embargo *in vivo* la reacción es limitada por el *biofilm* dental (Goldberg et al., 2010). La cantidad de mercurio liberado varía según el tipo de amalgama y el tipo de agente blanqueador, presentando un rango de 4 a 30 veces mayor que los controles en soluciones salinas (Dahl and Pallesen, 2003). El mercurio puede ser liberado durante las 80 horas siguientes al blanqueamiento (Goldberg et al., 2010).

Mientras algunos autores indican que los tratamientos con peróxido de hidrógeno no afectan las restauraciones preexistentes con *composites*, coronas cerámicas o incrustaciones (Mooney and Barrancos, 2006), otros estudios más recientes indican que la filtración marginal de las restauraciones de resina compuesta aumenta luego del blanqueamiento con peróxido de carbamida al 10%, pero no en las restauraciones de amalgama (Goldberg et al., 2010). Asimismo, se ha observado la penetración del agente blanqueador a la cámara pulpar en los dientes obturados con cementos de vidrio ionómero modificado con resina, tal como una penetración pulpar del blanqueador en las restauraciones de resina compuesta, pero de menor magnitud (Goldberg et al., 2010), por lo cual se ha sugerido que el blanqueamiento puede aumentar la solubilidad y rugosidad del cemento de vidrio ionómero y otros cementos y resinas compuestas (Goldberg et al., 2010, Dahl and Pallesen, 2003).

Además, la fuerza de adhesión entre el esmalte y los materiales a base de resina se ha visto disminuida durante las primeras 24 horas posteriores al blanqueamiento. Esto se debe a que el peróxido de hidrógeno residual en el esmalte inhibe la polimerización de los materiales a base de resina. Sin embargo, luego de 24 horas no se ha observado diferencias en la fuerza de adhesión de la resina compuesta entre el esmalte blanqueado y el no

blanqueado (Dahl and Pallesen, 2003). Por esto mismo, algunos autores recomiendan que una vez realizado el tratamiento blanqueador se espere 72 horas como mínimo para indicar restauraciones adhesivas con el fin de permitir la eliminación completa del oxígeno que podría interferir en la correcta adhesión (Mooney and Barrancos, 2006).

GENOTOXICIDAD Y CARCINOGENICIDAD DE LOS AGENTES BLANQUEADORES

En la literatura es posible encontrar evidencia de que los derivados del peróxido de hidrógeno son capaces de atacar el ADN (Goldberg et al., 2010, Dahl and Pallesen, 2003), sin embargo existen escasos estudios en animales que reporten mutagenicidad *in vivo* (Goldberg et al., 2010), mientras otros reportan que ésta no se produce, lo cual se debería probablemente a su falta de acceso al ADN diana (Dahl and Pallesen, 2003). Por tanto, en base a los estudios disponibles, no existe certeza respecto a la posible mutagenicidad del peróxido de hidrógeno y/o sus derivados.

La ingestión de peróxido de hidrógeno ha mostrado un aumento dosis-dependiente de la incidencia de hiperplasia duodenal, así como un aumento no dosis-dependiente de carcinomas en el duodeno en modelos animales *in vivo* (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010). Asimismo, el peróxido de hidrógeno administrado en la piel de ratones ha mostrado un aumento en la generación de papilomas (Dahl and Pallesen, 2003), irritación e hiperplasias (Goldberg et al., 2010). En la cavidad oral, las aplicaciones repetidas de peróxido de hidrógeno al 30% producen hiperqueratosis, hiperplasia y displasia luego de 22 semanas, mas no se han detectado tumores (Goldberg et al., 2010).

No obstante todo lo anterior, debe ser enfatizado que hasta la actualidad no se han reportado casos de carcinogenicidad en humanos (Goldberg et al., 2010). Así, la Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer ha concluido que la evidencia experimental en animales es limitada y en humanos es inadecuada, por lo que ha clasificado al peróxido de hidrógeno en el grupo 3: No clasificable como carcinogénico en humanos (Dahl and Pallesen, 2003, Goldberg et al., 2010).

TOXICIDAD DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y EL PERÓXIDO DE CARBAMIDA

No se han reportado reacciones alérgicas frente al peróxido de carbamida o el peróxido de hidrógeno (Goldberg et al., 2010).

Los efectos agudos de la ingestión de peróxido de hidrógeno dependen de la cantidad y concentración de la solución ingerida, habiéndose observado reacciones mayores y más severas tras la ingestión accidental o intencional de soluciones de peróxido de hidrógeno sobre el 10% versus las menores. En este sentido, la ingestión de peróxido de hidrógeno al 35% ha producido envenenamiento fatal o próximo a resultado fatal.

Tras la ingestión de distintas concentraciones de peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida pueden presentarse diversas reacciones, tales como cianosis, convulsiones, falla respiratoria, infarto cerebral y/o cambios isquémicos en el corazón por embolismo (Dahl and Pallesen, 2003). Sin embargo los reportes se han hecho con la ingestión de 100 a 600 mL de la solución (Dahl and Pallesen, 2003), lo cual es mayor a lo dispensado en las jeringas de blanqueamiento, las cuales contienen 3,5 gramos, por lo cual su ingestión no debiese ocasionar envenenamiento mortal incluso en un niño de 2 años, aun cuando son esperables una serie de reacciones digestivas adversas, como vómito, irritación, náuseas, etc. (Dahl and Pallesen, 2003).

VALORACIÓN DE RIESGO DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL EXTRACORONARIO

La valoración del riesgo consta tradicionalmente de 4 etapas: identificación de peligro, relación de dosis-respuesta, valoración de la exposición y caracterización del riesgo (Dahl and Pallesen, 2003).

El componente fundamental en el blanqueamiento dental actualmente es el peróxido de hidrógeno, y el nivel en que no se observan efectos adversos (NOAEL: *No Observed Adverse Effects Level*) se ha estimado entre 26 y 56 mg/Kg/día (Dahl and Pallesen, 2003).

La recomendación de los fabricantes es utilizar 900 mg por aplicación para

blanquear un arco dental, mientras que en los experimentos clínicos se han utilizado 500 mg (Dahl and Pallesen, 2003).

Se ha visto que a lo menos el 25% del agente blanqueador administrado es ingerido durante 2 horas de blanqueamiento (Dahl and Pallesen, 2003).

Al calcular el factor de seguridad (NOAEL/exposición) para diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno, utilizando los valores más bajos estimados, se obtienen valores entre 55 y 350 (Dahl and Pallesen, 2003), mientras que la media aceptada es de 100 (Goldberg et al., 2010, Dahl and Pallesen, 2003). Este factor de seguridad no se cumple en soluciones que contengan concentraciones mayores a 12,6% de peróxido de hidrógeno, blanqueando un solo arco dental. Al blanquear ambos arcos dentales, para mantener el factor de seguridad, el agente blanqueador no debiera exceder una concentración de 7,9% de peróxido de hidrógeno, correspondientes a 22% de peróxido de carbamida. En este mismo sentido, el blanqueamiento simultáneo de ambos arcos dentales no es recomendable (Dahl and Pallesen, 2003).

ASPECTOS LEGALES Y ÉTICOS DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL EXTRACORONARIO

En muchos países no se ha tomado una decisión sobre la clasificación de seguridad sanitaria de los agentes blanqueadores, ya sea como dispositivos médicos, como productos cosméticos, o ambos dependiendo de la concentración del compuesto (Goldberg et al., 2010).

En Estados Unidos, los agentes blanqueadores dentales han sido incluidos en el programa de aceptación de la Asociación Dental Americana (ADA). La evaluación está basada en estudios de laboratorio, estudios toxicológicos, y de datos clínicos, y el tipo de estudio requerido para estos productos es dependiente de la composición del producto. Así, según la ADA, los estudios de laboratorio son suficientes para evaluar productos cuyos componentes han sido evaluados respecto a su seguridad y eficacia (Dahl and Pallesen, 2003).

Los blanqueadores dentales son generalmente considerados en Europa como productos cosméticos, y de acuerdo a la regulación de los mismos el contenido o liberación máxima permitida de peróxido de hidrógeno en productos de

higiene oral es de 0,1%. Los productos blanqueadores pueden ser también considerados dispositivos médicos, siendo evaluados según la regulación de productos médicos, bajo la cual tienen el propósito de tratar, aliviar o compensar una enfermedad o discapacidad. Es decir, en Europa la utilización de un producto que contenga o libere peróxido de hidrógeno en una concentración mayor a 0,1% requiere un diagnóstico profesional apropiado de una enfermedad o discapacidad (Dahl and Pallesen, 2003).

Considerando todo lo anteriormente expuesto, se hace necesario conocer a cabalidad los efectos de las soluciones blanqueadoras sobre los tejidos dentarios, con el objeto de proveer al clínico información suficiente para que pueda indicar correctamente el uso de este tratamiento.

2.8. Estudio de Materiales dentales en Dientes Bovinos

La dentición bovina posee una fórmula parecida a la humana, siendo los incisivos los dientes más similares. Estos están presentes sólo en la arcada dentaria inferior, ya que en el sector anterior del maxilar poseen una zona desdentada de tejido blando llamada rodete dentario (Posada et al., 2006).

Macroscópicamente se aprecia gran similitud morfológica entre los dientes de ambas especies (Posada et al., 2006). Sin embargo, los incisivos bovinos presentan estrías superficiales en sentido longitudinal en su cara vestibular (Posada et al., 2006, Salas, 1993) y un mayor tamaño que los dientes humanos, con un promedio de altura cérvico-incisal de 21 mm, longitud mesio-distal de 14 mm en el tercio incisal, 12 mm en el tercio medio y 10 mm en el tercio cervical, y un grosor vestíbulo lingual de 8,5 mm (Posada et al., 2006).

Microscópicamente se ha encontrado gran similitud entre los dientes de bovinos y humanos en su estructura histológica, mediante microscopía óptica y electrónica, tanto en dentina como en esmalte, siendo de mayor diámetro los túbulos dentinarios de los dientes bovinos (Posada et al., 2006), y los prismas del esmalte de similar composición y disposición a los de dientes humanos (Salas, 1993, Zhou et al., 2012). Asimismo, la espectrografía de emisión ha mostrado gran similitud en la composición química de los dientes de ambas especies (Posada et al., 2006).

En concordancia con lo anterior, según estudios previos, los cambios estructurales en los dientes bovinos han mostrado ser comparables a los ocurridos en dientes humanos (Oshiro et al., 2007, Zhou et al., 2012, Medeiros, 2011, Souza- Gabriel et al., 2010).

Además, los dientes bovinos presentan algunas ventajas como la fácil manipulación debido a su mayor tamaño, su fácil obtención y menor incidencia de caries (Posada et al., 2006, Oshiro et al., 2007, Souza- Gabriel et al., 2010), así como también menor variación que los dientes humanos en su composición (Oshiro et al., 2007), por lo cual los dientes de bovino han sido recomendados como sustitutos de los dientes humanos para la realización de investigaciones sobre materiales dentales (Posada et al., 2006, Oshiro et al., 2007, Zhou et al., 2012, Medeiros, 2011, Salas, 1993, Souza- Gabriel et al., 2010).

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

El agente blanqueador en base a Peróxido de Hidrógeno al 15% con nanopartículas de Dióxido de Titanio-Nitrógeno genera menor alteración en la micromorfología superficial del esmalte de dientes de bovino que un blanqueador en base a Peróxido de Hidrógeno al 35%.

3.2. Objetivo general

Comparar los efectos generados sobre la micromorfología superficial del esmalte de dientes de bovino por dos Blanqueadores dentarios de diferente concentración activados por LED (Peróxido de Hidrógeno al 15% con Dióxido de Titanio-Nitrógeno y Peróxido de Hidrógeno al 35%).

3.3. Objetivos específicos

- Observar y describir, mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), la micromorfología superficial del esmalte dental bovino no tratado con ningún agente blanqueador;
- Observar y describir mediante MEB los efectos generados sobre la micromorfología superficial del esmalte dental bovino por el agente blanqueador de peróxido de hidrógeno al 15% con dióxido de titanio-nitrógeno activado por LED;
- Observar y describir mediante MEB los efectos generados sobre la micromorfología superficial del esmalte dental bovino por el agente blanqueador de peróxido de hidrógeno al 35% activado por LED;
- Comparar la micromorfología superficial del esmalte dental bovino no tratado con ningún agente blanqueador con la micromorfología superficial del esmalte dental bovino tratado con peróxido de hidrógeno al 15% con dióxido de titanio-nitrógeno activado por LED;
- Comparar la micromorfología superficial del esmalte dental bovino no tratado con ningún agente blanqueador con la micromorfología

superficial del esmalte dental bovino tratado con peróxido de Hidrógeno al 35% activado por LED, y

- Comparar los efectos generados por ambos agentes blanqueadores (Peróxido de Hidrógeno al 15% con dióxido de titanio-nitrógeno y Peróxido de hidrógeno al 35%) activados por LED sobre la micromorfología superficial del esmalte dental bovino.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de Estudio: Estudio Descriptivo Cualitativo, Comparativo e *In vitro*.

Muestra: Dientes incisivos sanos de bovino de entre 3 y 4 años de edad.

Preparación de la muestra: Obtención, limpieza y pulido de especímenes.

Se seleccionaron 50 incisivos sanos de bovino de entre 3 y 4 años de edad, los cuales inmediatamente después de ser extraídos fueron desinfectados en una solución de timol al 0,2% durante 24 horas. Se retiraron los restos de tejido periodontal con curetas. Posteriormente se conservaron en solución de Hank, que corresponde a una solución salina estándar que no altera las propiedades ni la superficie del esmalte dental (Gomes et al., 2009), a temperatura ambiente, hasta el momento de comenzar el procedimiento experimental.

Las piezas dentarias fueron seccionadas horizontalmente a nivel del Límite Amelo-Cementario (LAC) con fresas de alta velocidad e irrigación, para posteriormente vaciar y lavar los restos del contenido pulpar-cameral. Seguido de esto, se limpió la superficie de los dientes de restos orgánicos con ultrasonido (Cavitron™ Bobcat™ Pro, Dentsply, EUA) y luego con una copa de escobilla suave para contra-ángulo y una mezcla de agua con pasta profiláctica Proxyl RDA 7 (Ivoclar Vivadent, Luxemburgo), a 8000 rpm.

La cara vestibular de cada diente fue hemi-dividida verticalmente, mediante la realización de un surco longitudinal en la cara vestibular con piedra diamantada a alta velocidad y refrigeración, donde una mitad correspondía al Grupo Control (GC) y la otra aleatoriamente al Grupo experimental 1 (G1) o al Grupo experimental 2 (G2).

Procedimiento Experimental: Una mitad fue asignada aleatoriamente a uno de los grupos experimentales, G1 o G2, siendo tratada con su correspondiente agente blanqueador, activado por LED, según la tabla N°1. La otra mitad, correspondió a GC, por lo que se aisló con resina acrílica para no ser sometida a blanqueamiento.

G1	Peróxido de Hidrógeno al 15% con nanopartículas de dióxido de titanio- nitrógeno, activado por LED
G2	Peróxido de Hidrógeno al 35%, activado por LED
GC	No fue sometido a ningún agente blanqueador

Tabla N°1: Procedimiento experimental correspondiente a cada grupo.

Los ejemplares experimentales fueron sometidos a blanqueamiento según las instrucciones de los fabricantes, descritas en el Manual de Usuario adjunto en cada “Kit de Clareamientos para Consultorios”. Para G1 se utilizó Lase Peroxide Lite de DMC®, aplicándose la mezcla de las fases 1 y 2 en proporción de 3:1, sobre la mitad libre de la cara vestibular de las coronas dentarias, activando la solución blanqueadora mediante LED durante 5 ciclos de 1 minuto y medio, distanciados por recesos de 1 minuto y medio entre sí, posterior a lo cual la solución fue removida, se lavó la superficie dental con agua y se secó con aire comprimido. Para G2 se utilizó Lase Peroxide Sensy de DMC®, aplicándose la mezcla de las fases 1 y 2 en proporción de 3:1, sobre la mitad libre de la cara vestibular de las coronas dentarias, activando la solución con LED durante 3 ciclos de 1 minuto, distanciados por recesos de 1 minuto, y posteriormente se dejó actuar el producto sin activación con LED por 3 minutos más antes de ser removido, fue lavada la superficie con agua y secada con aire comprimido.

Obtención y observación de especímenes: Posterior al tratamiento con los agentes blanqueadores se cortó una muestra cuadrada de 2 x 2 mm, con discos diamantados y refrigeración, de la zona media de los especímenes experimentales y control, como se esquematiza en la Figura 1.

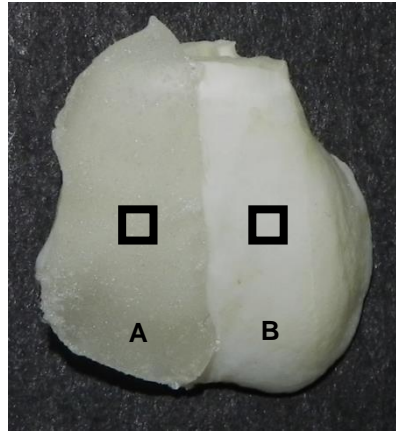


Figura N°1: Corona de incisivo bovino, con un surco longitudinal que la divide a la mitad. La mitad “A” ha sido aislada con resina acrílica y “B” ha sido blanqueada con peróxido de hidrógeno. Los recuadros dibujados muestran la forma y ubicación de los especímenes obtenidos para la observación con Microscopía Electrónica de Barrido.

Para la observación de los resultados se empleó la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) (ZEISS ®, DMS 940, S/N 7348, Alemania) y se obtuvieron microfotografías digitales (Canon® digital EOS Rebel XT). Estas imágenes fueron almacenadas en formato JPG/JFIF y procesadas digitalmente con el software Adobe Photoshop CS6.

5. RESULTADOS

Primeramente, se observaron las coronas de los incisivos bovinos a nivel macroscópico para apreciar visualmente su macroestructura en estado de normalidad. En esta observación se aprecia que las coronas de incisivos sanos de bovino presentan estriaciones longitudinales en la cara vestibular. Éstas son de dos tipos: unas con textura lisa en la superficie, alternadas con otras de superficie rugosa (Figura 2).

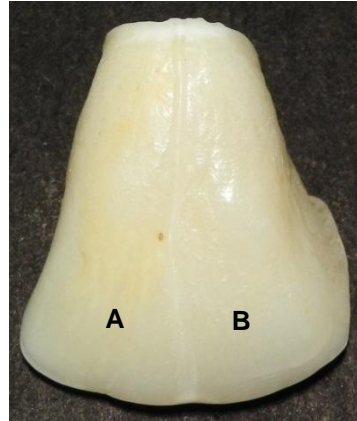


Figura N°2: Observación macroscópica de Corona de Incisivo bovino sano, sometida a limpieza superficial. Ha sido dividida superficialmente a la mitad mediante un surco con fresa de alta velocidad. La mitad "B" ha sido sometida a blanqueamiento con peróxido de hidrógeno, mientras que la mitad "A" no ha sido sometida a blanqueamiento. Se aprecian estriaciones y alternancia de zonas lisas y rugosas.

Posteriormente se procedió a realizar la observación de la ultraestructura superficial del esmalte bovino normal mediante MEB del GC. Al observar estos especímenes se aprecia, con bajos aumentos, la presencia de grietas y defectos superficiales, por lo que se seleccionaron para observación las zonas ubicadas entre los mencionados defectos. Esto se esquematiza en la imagen de una muestra del grupo control con aumento de 20 X (Figura 3).

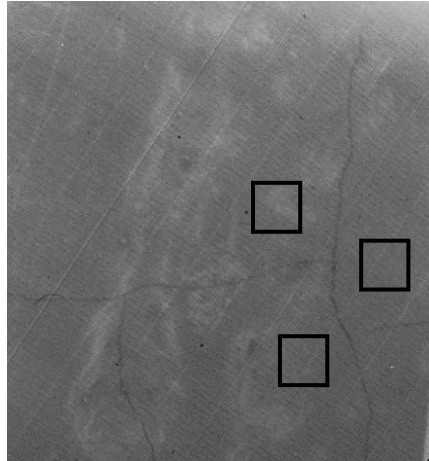


Figura N°3: Observación mediante MEB de muestra de GC, con aumento de 20X. Se observan grietas en su superficie. Los recuadros esquematizan las zonas entre las grietas, escogidas para la observación de la ultraestructura superficial con mayores aumentos.

Al observar las muestras con MEB de mayor aumento, las grietas se encuentran con menor frecuencia, sin embargo se aprecia mayor cantidad de rayas y defectos superficiales, por lo que se observó con mayor aumento las zonas ubicadas entre estos defectos, tal como se esquematiza en la imagen de una muestra del grupo control con aumento de 2000 X (Figura 4).

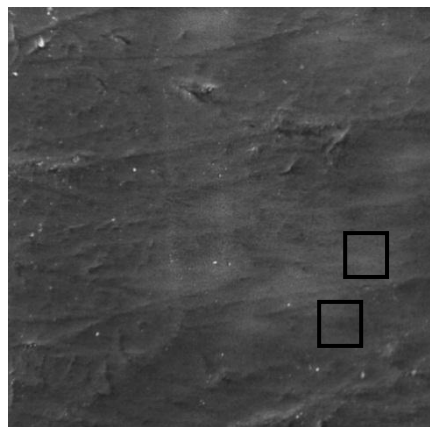


Figura 4. Observación mediante MEB de muestra de GC, con aumento de 2000 X. Se observan rayas en su superficie. Los recuadros esquematizan las zonas entre estas rayas, escogidas para la observación de la ultraestructura superficial con mayores aumentos.

A continuación se presentan las imágenes representativas de la observación realizada mediante MEB de las muestras de GC, G1 y G2, con aumentos de 5000 X y 10000 X (Figura 5).

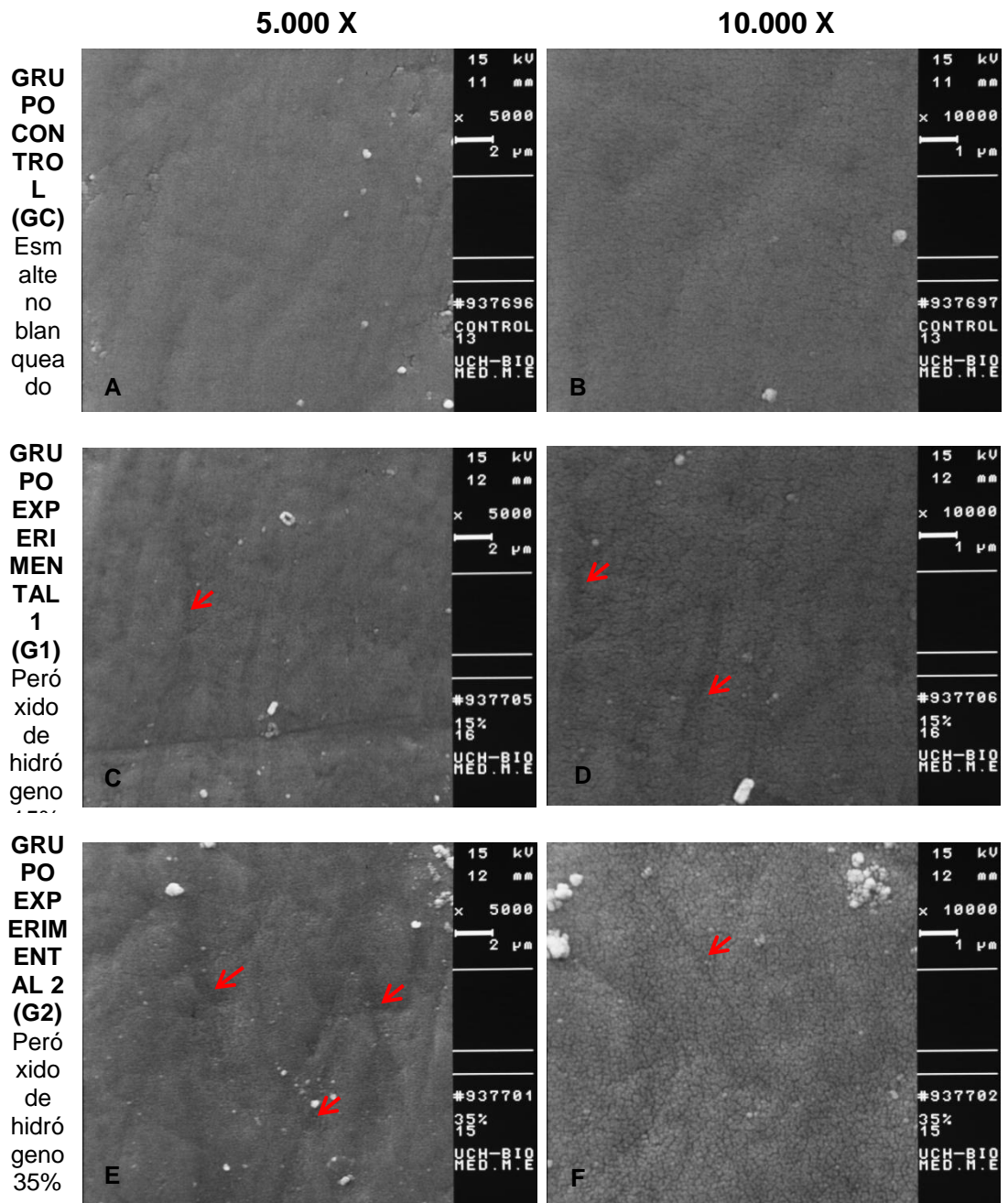


Figura N°5: Observación mediante MEB de espécimen de GC con aumentos de 5000 X (A) y 10000 X (B), espécimen de G1 con aumentos de 5000 X (C) y 10000 X (D) y de G2 con aumentos de 5000 X (E) y 10000 X (F).

Esmalte no blanqueado (GC)

Al observar las muestras del Grupo Control con un aumento de 5000 X (Fig. 5 A) se observan ligeras depresiones longitudinales con una superficie sin mayores accidentes, de aspecto regular y liso: no se aprecia rugosidad superficial.

Con un aumento de 10000 X (Fig.5 B) se aprecia menor cantidad de depresiones longitudinales, cuya superficie presenta rugosidad leve, dada por grietas distribuidas en toda la superficie, las cuales describen una serie de polígonos irregulares unidos entre sí.

Esmalte blanqueado con Peróxido de Hidrógeno al 15% (G1)

La observación del Grupo Experimental tratado con Peróxido de Hidrógeno al 15% con aumento de 5000 X (Fig. 5C) muestra ligeras depresiones longitudinales y transversales, con una leve rugosidad de la superficie, respecto al grupo control (Fig. 5A).

Al observar la misma muestra con un aumento mayor (10000 X) (Fig. 5D), se observan depresiones longitudinales, en menor cantidad, evidenciándose una rugosidad moderada, dada por una profundidad mayor de las grietas de la superficie respecto al GC (Fig. 5B), con una distribución uniforme. Estas alteraciones fueron más acentuadas en las zonas de depresión de las estriaciones normales del esmalte (Fig. 5C y D, indicadas con flechas).

Esmalte blanqueado con Peróxido de Hidrógeno al 35% (G2)

La observación de la superficie del esmalte con aumento de 5000 X (Fig. 5E) muestra depresiones irregulares lineales en distintas direcciones, con una rugosidad superficial levemente mayor que la visualizada con el mismo aumento en G1 (Fig. 5C), dada por una mayor profundidad de las grietas de la superficie.

Al observar con aumento de 10000 X (Fig. 5F) se observa menor cantidad de depresiones lineales, con una rugosidad superficial mayor a la observada a 5000 X, dada por grietas de profundidad más marcada en la superficie del esmalte respecto al GC (Fig. 5B), cuya distribución es uniforme. Estas alteraciones fueron más acentuadas en las zonas de depresión de las estriaciones normales del esmalte (Fig. 5E y F, indicadas con flechas).

6. DISCUSIÓN

Este estudio se realizó *in vitro*, según las recomendaciones de la Asociación Dental Americana para productos con un componente para el cual la seguridad y eficacia ya han sido evaluadas y, según las cuales, los estudios de laboratorio son suficientes (Dahl and Pallesen, 2003).

Para realizar este estudio se utilizaron dientes de bovino, dado que se ha descrito que tienen características morfológicas e histológicas similares a los dientes humanos, por lo cual han sido recomendados para ser utilizados como sustitutos de estos en investigaciones sobre materiales dentales (Posada et al., 2006, Oshiro et al., 2007, Zhou et al., 2012, Medeiros, 2011, Salas, 1993). Los primeros presentan, además, algunas ventajas como la fácil manipulación debido a su tamaño, su fácil obtención y menor incidencia de caries (Posada et al., 2006, Oshiro et al., 2007), además de presentar menor variación que los dientes humanos en su composición (Oshiro et al., 2007) y ser comparables sus cambios estructurales a los ocurridos en dientes humanos, según estudios previos (Oshiro et al., 2007, Zhou et al., 2012, Medeiros, 2011).

El blanqueamiento oficial es visto como una alternativa apropiada para el blanqueamiento en el hogar en casos de discoloraciones más severas, discoloración dentaria unitaria, o en los que se busquen resultados más inmediatos, ya que utiliza regímenes de altas concentraciones de peróxido de hidrógeno, 30-35% (Joiner, 2007, Joiner, 2006, Pinto et al., 2004, Buchalla and Attin, 2007, Efeoglu et al., 2007, Minoux and Serfaty, 2008). El peróxido de hidrógeno al 35% es una solución de concentración habitual de uso clínico y ha sido analizado en diversos estudios (Miranda et al., 2005, Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2007, Carrasco- Guerisoli et al., 2009, Joiner, 2006, Pinto et al., 2004, Buchalla and Attin, 2007, Efeoglu et al., 2007, Minoux and Serfaty, 2008, Marson et al., 2008); sin embargo, se ha visto que el peróxido de hidrógeno puede causar alteraciones en los tejidos duros del diente y tejidos blandos que lo rodean (Junqueira et al., 2011, Suemori et al., 2008, Dahl and Pallesen, 2003, Joiner, 2007, Swift, 2007, Carrasco- Guerisoli et al., 2009, Pinto et al., 2004, Ushigome et al., 2009), siendo reportada con mayor frecuencia como causante de estos efectos la alta concentración del peróxido (Junqueira et al., 2011, Suemori et al., 2008, Dahl and Pallesen, 2003, Pinto et al., 2004,

Ushigome et al., 2009). Por lo anterior, se ha propuesto el uso de nuevos agentes blanqueadores de menor concentración.

Se ha observado que el peróxido de hidrógeno en baja concentración puede tener una apropiada efectividad clínica, logrando similares efectos cosméticos a los conseguidos con la utilización de soluciones de alta concentración, al presentarse en combinación con nanopartículas de dióxido de titanio-nitrógeno como fotocatalizador (Suemori et al., 2008). Este antecedente promovió el presente estudio, que evaluó las alteraciones que causa el peróxido de hidrógeno al 35% -una concentración muy frecuentemente utilizada y ampliamente estudiada- y una baja concentración de peróxido de hidrógeno (15%) con nanopartículas de dióxido de titanio-nitrógeno -que se presenta como una alternativa más segura según sus fabricantes, pero que carece de suficientes estudios que lo avalen.

Aunque existen estudios sobre la ultraestructura del esmalte dental bovino mediante su observación con MEB, ésta se ha hecho principalmente en cortes transversales (Ushigome et al., 2009) y rasgos de fractura (Salas, 1993), mas no en la superficie del mismo, por lo que no hay información suficiente respecto a sus características superficiales. Asimismo, en aquellos estudios en los que se ha observado su superficie, la estructura normal de ésta no ha sido descrita, sino que sólo se ha tomado su observación como referencia para determinar la presencia de cambios con los tratamientos en estudio, además de hacer esta observación con un menor aumento al utilizado en este trabajo (Oshiro et al., 2007, Zhou et al., 2012, Souza- Gabriel et al., 2010). Por lo tanto, el presente estudio constituye un importante aporte en la descripción de la ultraestructura de la superficie del esmalte dental bovino.

Dentro de las alternativas metodológicas disponibles para la realización de este estudio, la observación mediante MEB aparece como la más apropiada para la consecución de los objetivos planteados, siendo un método rápido y conveniente para analizar cualitativamente la morfología superficial de los especímenes de esmalte y dentina luego del blanqueamiento (Joiner, 2007), dado que permite la observación y caracterización morfológica superficial de elementos inorgánicos y orgánicos, requiriendo una sencilla preparación de las muestras y ofreciendo una alta resolución y profundidad de campo, lo que

permite observar imágenes de apariencia tridimensional (Grágeda and Montesinos, 2007).

Durante la observación de las muestras mediante MEB se apreciaron defectos superficiales, como grietas con los menores aumentos y líneas superficiales con los mayores, las cuáles se observan con más aumento como ligeras depresiones lineales en distintas direcciones. Estos defectos podrían deberse a artefacto de la técnica, tanto de MEB como de limpieza de las muestras con pasta profiláctica previo al procedimiento experimental, sumado a las irregularidades propias de estas piezas dentarias. Sin embargo, es posible sortear estos obstáculos gracias a los aumentos utilizados (de 5000 X y 10000 X), que permiten observar la superficie dentaria entre los defectos mencionados. Razón por la cual no interferirían con la observación pretendida en el presente estudio.

En la literatura científica disponible no existe consenso en cuanto a la ocurrencia de efectos adversos de los agentes blanqueadores sobre la estructura dentaria, habiendo estudios que reportan cambios significativos (Junqueira et al., 2011, Miranda et al., 2005, Joiner, 2007, Dahl and Pallesen, 2003, Swift, 2007, Carrasco- Guerisoli et al., 2009, Pinto et al., 2004, Suemori et al., 2008) y otros que no (Delfino et al., 2009, Joiner, 2007, Caballero et al., 2008, Suemori et al., 2008). En particular, son pocos los estudios cualitativos disponibles sobre micromorfología, por lo que el presente supone un importante aporte en la comprensión del blanqueamiento y sus efectos adversos.

Tal como ha sido reportado en otro estudio observacional descriptivo previo (Junqueira et al., 2011), el presente trabajo de investigación demostró que existe la posibilidad de que se produzcan cambios subclínicos en la morfología superficial del esmalte producto del blanqueamiento dental. En este estudio se aprecian cambios en la observación con aumentos de 5000 X, que se tornan más evidentes a 10000 X, mientras que los mismos no son evidentes en la observación con menores aumentos, ni en la simple observación clínica. Esto puede explicar las diferencias con los estudios disponibles, ya que no sólo no existe uniformidad o estandarización de protocolos (Caballero et al., 2008), sino que la observación se ha hecho mediante distintas metodologías y diferentes poderes de resolución (Carrasco- Guerisoli et al., 2009, Caballero et al., 2008,

Pinto et al., 2004, Junqueira et al., 2011, Miranda et al., 2005), siendo escasos los que emplean aumentos del orden de 10000 X. Esta falta de uniformidad en los protocolos experimentales puede tener una gran trascendencia, ya que en algunos estudios se realiza abrasión y pulido de la superficie del esmalte con discos abrasivos o con máquinas de pulido previo al tratamiento con agentes blanqueadores (Junqueira et al., 2011, Pinto et al., 2004), lo que puede provocar la exposición de una capa de esmalte subsuperficial con distinta susceptibilidad a la desmineralización por remoción de esmalte aprismático. Por otra parte, otros estudios utilizaron inmersión de los especímenes (Ushigome et al., 2009), aun cuando el protocolo clínico de aplicación de agentes blanqueadores corresponde a una aplicación superficial de éstos sobre el esmalte dental. También cobra relevancia respecto al protocolo de los estudios, que algunos someten los especímenes a excesivos tiempos de blanqueamiento (Miranda et al., 2005, Pinto et al., 2004).

No sólo son pocos los estudios que describen los efectos del blanqueamiento sobre la superficie del esmalte, sino que además son escasos los que utilizan un protocolo de aplicación clínica con un agente de baja concentración; la mayoría utilizan protocolos o agentes de aplicación domiciliaria (Caballero et al., 2008, Pinto et al., 2004, Junqueira et al., 2011) o de uso profesional de alta concentración (Miranda et al., 2005, Pinto et al., 2004). El presente estudio evalúa los efectos del peróxido de hidrógeno de uso profesional en la clínica, tanto de alta como de baja concentración (Suemori et al., 2008). En este sentido, se observaron cambios en la micromorfología superficial del esmalte bovino con ambos agentes blanqueadores de uso profesional, siendo menor la alteración con el nuevo producto probado: un peróxido de hidrógeno de menor concentración, al 15%, acelerado con nanopartículas de dióxido de titanio-nitrógeno.

El fotocatalizador de dióxido de titanio-nitrógeno utilizado en la solución blanqueadora de baja concentración permite obtener un resultado clínicamente apropiado con esta concentración al acelerar el blanqueamiento producido por el peróxido de hidrógeno (Suemori et al., 2008).

Por otra parte, se ha mencionado en algunos estudios que el pH de las soluciones blanqueadoras utilizadas puede tener un rol importante en la

desmineralización, disolución o alteración de la ultraestructura de la superficie del esmalte dentario (Caballero et al., 2008) o la dentina (Carrasco- Guerisoli et al., 2009), fundamentalmente mediante erosión ácida (Joiner, 2007). En este sentido, cabe destacar que ambas soluciones utilizadas en el presente estudio están por sobre el pH crítico de disolución del esmalte (pH 5,5), teniendo la solución de peróxido de hidrógeno al 15% un pH de $8 \pm 0,5$ y de $7 \pm 0,5$ la solución al 35%.

Un factor a tener en consideración al momento de hacer inferencias y extrapolar resultados en base al presente estudio es la utilización de dientes bovinos para la realización del mismo. Si bien la literatura avala su uso en el estudio de productos dentales dada su similitud morfológica e histológica con los dientes humanos (Posada et al., 2006, Oshiro et al., 2007, Zhou et al., 2012, Salas, 1993), existen algunas diferencias tales como la presencia de estriaciones en la cara vestibular y el mayor grado de empaquetamiento de los prismas del esmalte en comparación con el esmalte humano (Salas, 1993), así como una levemente mayor rugosidad superficial, microdureza y densidad del esmalte bovino (Souza- Gabriel et al., 2010). En este mismo sentido, pudiesen existir otras diferencias aún desconocidas e inexploradas producto de diversos factores tanto locales como sistémicos, y que pudiesen determinar una distinta susceptibilidad a la desmineralización en comparación con los dientes humanos, entre otras. Por ende, sólo puede esperarse que los efectos de los dos agentes blanqueadores analizados, observados sobre esmalte bovino, sean similares a los que pudieren presentarse sobre esmalte humano, es decir que la aplicación de peróxido de hidrógeno al 35% produzca mayor alteración de la superficie del esmalte humano que la utilización del peróxido al 15%.

A diferencia de lo que se describe en la literatura (Joiner, 2007), estas leves alteraciones no pueden considerarse menores a las producidas por la profilaxis dental, puesto que los especímenes experimentales, que fueron sometidos a blanqueamiento, presentaron una rugosidad mayor que la observada en los especímenes de control, los cuales habían recibido profilaxis dental.

Una implicancia clínica de estos hallazgos podría ser que los dientes se tornen más susceptibles a la incorporación de cromógenos exógenos por el aumento en la rugosidad superficial producto del blanqueamiento dental, como ha sido

mencionado ya en una revisión (Dahl and Pallesen, 2003). Bajo esta mirada, y a la luz de los resultados, sería esperable una menor susceptibilidad del esmalte dental a nuevas discoloraciones extrínsecas luego del blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 15% que con peróxido de hidrógeno al 35%.

En la revisión de la literatura se ha visto que algunos estudios han mostrado un aumento en la adhesión bacteriana y formación de placa supra y subgingival subsecuente al aumento de la rugosidad de la superficie dental producto del blanqueamiento, pudiendo entonces aumentar la susceptibilidad a las lesiones cariosas (Goldberg et al., 2010). En este sentido, dada la similitud de rugosidad superficial observada entre el esmalte no tratado y el esmalte blanqueado con peróxido de hidrógeno al 15%, el blanqueamiento con esta solución no supondría una mayor susceptibilidad a las lesiones de caries por aumento de la adhesión bacteriana. Por otra parte, es esperable un aumento en la formación de *biofilm* en el esmalte tratado con peróxido de hidrógeno al 35%, en el cual se observó aumento de la rugosidad superficial, pudiendo aumentar el riesgo de caries.

Según lo observado en un estudio previo sobre grabado ácido en dientes sometidos a blanqueamiento, (Medeiros, 2011), el esmalte dental blanqueado con peróxido de hidrógeno en alta concentración, luego de 72 horas post blanqueamiento, tiene un comportamiento similar al esmalte no blanqueado respecto a la descalcificación producida sobre éste por el ácido fosfórico utilizado para el grabado. Por otra parte, en la revisión de la literatura se ha observado que el peróxido de hidrógeno residual al blanqueamiento en el esmalte inhibe la polimerización de los materiales a base de resina, disminuyendo la fuerza de adhesión entre éstos y el esmalte dental durante las primeras 24 horas inmediatas al blanqueamiento, aunque pasado ese tiempo no muestra diferencias en la resistencia de estos materiales adheridos al esmalte entre los dientes blanqueados y no blanqueados (Dahl and Pallesen, 2003, Minoux and Serfaty, 2008). Sin embargo, la mayoría de los autores recomienda esperar un plazo de una semana antes de realizar procedimientos restauradores, mientras que otros señalan necesario esperar dos semanas (Medeiros, 2011, Minoux and Serfaty, 2008) y polimerizar por mayor tiempo para obtener un resultado óptimo (Medeiros, 2011). En consecuencia, es esperable que las soluciones utilizadas en el presente estudio no produzcan

alteraciones en la adhesión de materiales restauradores luego de 24 horas, siendo de cualquier modo recomendable esperar una semana antes de realizar una restauración adhesiva, debido a la falta de certeza al respecto. No obstante lo anterior, se recomiendan estudios posteriores que permitan dilucidar esta interrogante.

En otros estudios no se han observado cambios en la composición química de la superficie del esmalte tratado con peróxido de hidrógeno en alta concentración o peróxido de carbamida al 10% (Joiner, 2007), por lo que no es esperable una mayor susceptibilidad a abrasiones o erosiones por este concepto. Asimismo, se ha determinado que la aplicación de peróxido de carbamida -en concentración de 10%, 16% y 22%- no aumenta la susceptibilidad a erosiones ácidas (Pretty et al., 2005). Por otra parte, ha sido reportado que el blanqueador a base de peróxido de hidrógeno al 35% en comparación a concentraciones menores y peróxido de carbamida, es el único que presenta valores de rugosidad superficial significativamente más altos (Pinto et al., 2004). En concordancia con ello, en el presente estudio se observó mayor aumento de la rugosidad superficial del esmalte en los especímenes blanqueados con peróxido de hidrógeno al 35%, mientras que el peróxido de hidrógeno al 15% activado con dióxido de titanio-nitrógeno mostró una apariencia similar a la del esmalte no blanqueado. Por lo tanto, de aumentar la susceptibilidad a erosiones en el esmalte dental tras el blanqueamiento, es esperable una menor susceptibilidad a erosiones en el esmalte al utilizar este blanqueador de menor concentración, en comparación con un agente de mayor concentración, puesto que el primero presenta como resultado una alteración muy leve del esmalte, aumentando en menor medida la rugosidad y superficie de contacto para la acción de agentes químicos erosivos.

7. CONCLUSIONES

- El blanqueamiento con peróxido de hidrógeno en concentraciones de 15% y 35% produce alteraciones subclínicas en la superficie del esmalte dental bovino, mediante un aumento de su rugosidad, dado por un incremento de la profundidad de las grietas presentes en la superficie del esmalte normal sano;
- El agente blanqueador en base a Peróxido de Hidrógeno al 15% con nanopartículas de dióxido de titanio-nitrógeno produce menor alteración en la micromorfología superficial del esmalte de incisivos de bovino que el agente blanqueador en base a Peróxido de Hidrógeno al 35%;
- La superficie del esmalte de incisivos sanos de bovino, a nivel macroscópico, se presenta uniforme y lisa, con estriaciones longitudinales; y, a nivel microscópico, presenta leve rugosidad dada por una distribución uniforme de grietas poco marcadas, las cuales describen polígonos irregulares unidos entre sí; y
- Las zonas de depresión de las estriaciones del esmalte bovino sano son más susceptibles a los efectos deletéreos de los agentes blanqueadores.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUCHALLA, W. & ATTIN, T. 2007. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser—a systematic review. *Dental Materials*, 23, 586-596.
- CABALLERO, A. B., NAVARRO, L. F. & LORENZO, J. A. 2008. Evaluación in vivo de los efectos del peróxido de carbamida al 10% y del peróxido de hidrógeno al 3, 5% sobre la superficie del esmalte. *Odontología Clínica*, 1, 6-9.
- CARRASCO-GUERISOLI, L. D., SCHIAVONI, R. J. D. S., BARROSO, J. M., GUERISOLI, D. M. Z., PÉCORÁ, J. D. & FRÖNER, I. C. 2009. Effect of different bleaching systems on the ultrastructure of bovine dentin. *Dental Traumatology*, 25, 176-180.
- DAHL, J. & PALLESEN, U. 2003. Tooth bleaching—a critical review of the biological aspects. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 14, 292-304.
- DE FERRARIS, M. E. G. & MUÑOZ, A. C. 1999. *Histología y embriología bucodental:[bases estructurales de la patología, el diagnóstico, la terapéutica y la prevención odontológica]*.
- DELFINO, C. S., CHINELATTI, M. A., CARRASCO-GUERISOLI, L. D., BATISTA, A. R., FRÖNER, I. C. & PALMA-DIBB, R. G. 2009. Effectiveness of home bleaching agents in discolored teeth and influence on enamel microhardness. *Journal of Applied Oral Science*, 17, 284-288.
- EFEUGLU, N., WOOD, D. J. & EFEUGLU, C. 2007. Thirty-five percent carbamide peroxide application causes *in vitro* demineralization of enamel. *Dental Materials*, 23, 900-904.
- EPLING, G. A. & LIN, C. 2002. Photoassisted bleaching of dyes utilizing TiO₂ and visible light. *Chemosphere*, 46, 561-570.
- GARTNER, L. P. & HIATT, J. L. 1997. *Histología: texto y atlas*, McGraw-Hill Interamericana.
- GENESER, F. & DE IÉRMOLI, K. M. 1994. *Histología*, Panamericana.
- GOLDBERG, M., GROOTVELD, M. & LYNCH, E. 2010. Undesirable and adverse effects of tooth-whitening products: a review. *Clinical oral investigations*, 14, 1-10.
- GOMES, M. C. B., WESTPHALEN, V. P. D., WESTPHALEN, F. H., SILVA

- NETO, U., FARINIUK, L. F. & CARNEIRO, E. 2009. Study of storage media for avulsed teeth. *Brazilian Journal of Dental Traumatology*, 1, 69-76.
- GRÁGEDA, M. & MONTESINOS, S. 2007. Aplicaciones de Microscopia Electrónica de Barrido (SEM) y análisis de fractura de una aleación de Cu. *Revista Ciencia Abierta*, 28, 1-10.
- JOINER, A. 2006. The bleaching of teeth: a review of the literature. *Journal of dentistry*, 34, 412-419.
- JOINER, A. 2007. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. *Journal of dentistry*, 35, 889-896.
- JUNQUEIRA, R. B., DE CARVALHO, R. F., DA GAMA ANTUNES, A. N., FORTES, S. S.-M., RODRIGUES, G., DE OLIVEIRA, R. S.-M. F., SALVIO, L. A., JUNQUEIRA, R., CARVALHO, R. & ANTUNES, A. 2011. In vitro Analysis of Morphology of Human Enamel Submitted to Excessive Use of External Bleaching Agents. *Int. J. Morphol*, 29, 118-122.
- MANUEL, S., ABHISHEK, P. & KUNDABALA, M. 2010. Etiology of tooth discoloration-a review. *Etiology of tooth discoloration-a review*, 18, 56-63.
- MARSON, F., SENSI, L., VIEIRA, L. & ARAÚJO, E. 2008. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Operative Dentistry*, 33, 15-22.
- MEDEIROS, C. L. S. G. D. 2011. Efecto del peróxido de hidrógeno y carbamida sobre la capacidad descalcificante del ácido fosfórico sobre el esmalte.
- MINOUX, M. & SERFATY, R. 2008. Vital tooth bleaching: biologic adverse effects-a review. *Quintessence international (Berlin, Germany: 1985)*, 39, 645-659.
- MIRANDA, C. B., PAGANI, C., BENETTI, A. R. & MATUDA, F. D. S. 2005. Evaluation of the bleached human enamel by scanning electron microscopy. *Journal of Applied Oral Science*, 13, 204-211.
- MOONEY, J. B. & BARRANCOS, P. J. 2006. *Operatoria Dental*, Ed. Médica Panamericana.
- NANCI, A. 2007. *Ten Cate's oral histology: development, structure, and function*, Elsevier Health Sciences.
- OSHIRO, M., YAMAGUCHI, K., TAKAMIZAWA, T., INAGE, H., WATANABE, T., IROKAWA, A., ANDO, S. & MIYAZAKI, M. 2007. Effect of CPP-ACP

- paste on tooth mineralization: an FE-SEM study. *Journal of oral science*, 49, 115-120.
- PANGRAZIO, E. K., SAMPAIO, P. C. P., FRANCO, E. B. & MONDELLI, R. F. L. 2010. Aumento de la temperatura intracámara pulpar durante el blanqueamiento con sistemas activados por luz. Revisión de la literatura. *Acta Odontológica Venezolana*, 48.
- PINTO, C. F., OLIVEIRA, R. D., CAVALLI, V. & GIANNINI, M. 2004. Peroxide bleaching agent effects on enamel surface microhardness, roughness and morphology. *Brazilian Oral Research*, 18, 306-311.
- POSADA, M. C., SÁNCHEZ, C. F., GALLEGO, G. J., VARGAS, A. P., RESTREPO, L. F. & LÓPEZ, J. D. 2006. " Dientes de bovino como sustituto de dientes humanos para su uso en la odontología". Revisión de literatura. *CES Odontología*, 19, 63-68.
- PRETTY, I., EDGAR, W. & HIGHAM, S. 2005. The effect of bleaching on enamel susceptibility to acid erosion and demineralisation. *British dental journal*, 198, 285-290.
- SALAS, M. 1993. *Comparación entre la morfología del esmalte de bovino y la del esmalte humano sano y con caries. Trabajo de investigación para optar al título de cirujano dentista.*, Universidad de Chile.
- SOUZA-GABRIEL, A., COLUCCI, V., TURSSI, C., SERRA, M. & CORONA, S. 2010. Microhardness and SEM after CO2 laser irradiation or fluoride treatment in human and bovine enamel. *Microscopy Research and Technique*, 73, 1030-1035.
- SUEMORI, T., KATO, J., NAKAZAWA, T., AKASHI, G. & HIRAI, Y. 2008. A new non-vital tooth bleaching method using titanium dioxide and 3.5% hydrogen peroxide with a 405-nm diode laser or a halogen lamp. *Laser Physics Letters*, 5, 454-459.
- SWIFT, E. J. 2007. EFFECTS OF BLEACHING ON TOOTH STRUCTURE AND RESTORATIONS, PART I: EFFECTS ON ENAMEL. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19, 367-372.
- USHIGOME, T., TAKEMOTO, S., HATTORI, M., YOSHINARI, M., KAWADA, E. & ODA, Y. 2009. Influence of peroxide treatment on bovine enamel surface—Cross-sectional analysis—. *Dental materials journal*, 28, 315-323.
- ZHOU, S. L., ZHOU, J., WATANABE, S., WATANABE, K., WEN, L. Y. & XUAN,

K. 2012. In vitro study of the effects of fluoride-releasing dental materials on remineralization in an enamel erosion model. *Journal of dentistry*, 40, 255-263.