



Universidad Nacional Autónoma de México



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE  
DIENTES SOMETIDOS A DIFERENTES  
SISTEMAS DE BLANQUEAMIENTO,BAJO  
MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA**

TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL DIPLOMADO  
DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL QUE PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A :

**DIANA GALINDO CORTÉS**

TUTOR: MTRO. ARTURO FERNÁNDEZ PEDRERO  
ASESOR: DR. MARCO ANTONIO ÁLVAREZ PÉREZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**SEÑOR:** hoy te doy gracias primero a tí, mi creador, por el inmenso amor que me has tenido. Me has mostrado tu infinita bondad, regalándome a los seres que me han querido y cuidado, a los que dedico con amor, todo mi trabajo:

**A mis padres:**

Hermán y María de Jesús

Quiénes han estado siempre a mi lado, guiándome a lo largo de estos duros años de: esfuerzo, noches eternas, maquetas graciosas y exámenes.

Hemos pasado por muchas situaciones difíciles, que a veces no he comprendido, pero gracias a todo lo vivido hoy Dios me permite decir "Bendito eres Señor porque me has elegido para nacer en la unión de sus caminos".

¡Gracias Señor, por estos padres que desde pequeña me han transmitido la **Fe** en tí, porque gracias a esa formación, se que tu eres el único camino!

**A mi hermana:**

Brenda (Mi "kurka")

Con quien lo he compartido todo, aunque a veces ha sido difícil. Luchando cada quien por lograr nuestras metas, pero sin perdernos de vista la una de la otra. Disfrutando cada quien su vida, pero siempre juntas. Recuerda que siempre estaré junto a tí apoyándote. No lo dudes, siempre que me necesites allí estaré. ¡Cuentas conmigo kurka!

¡Gracias Señor por la **amiga** que has puesto a mi lado, quien me ha soportado en esas noches de platicas interminables llenas de sueños, alegrías y una que otra derrota!

**A mi novio:**

Octavio

Quien a lo largo de mi carrera se ha convertido en mi compañero de sueños y de ilusiones, me ha apoyado sin condiciones, llenando mi vida de los más bellos momentos. Me ha ayudado a convertir el stress de los días difíciles, en alegría y satisfacción cuando han sido superados.

¡Gracias Señor, porque has unido nuestros caminos y con eso me has permitido conocer el esplendor de la palabra **amor**;

### **A mis abuelitos:**

Hermán y Martha

Quiénes me han apoyado siempre, enseñándome el valor del esfuerzo y la constancia. Me han dado siempre, consejos sabios, que me han ayudado a dirigirme con rectitud y respeto hacia los demás. Gracias abuelito por tu confianza en mi trabajo y por la paciencia al realizarlo.

¡Gracias Señor porque me has regalado sus consejos!

### **A mi familia:**

Tíos y primos (“desde el más grande, hasta los más chiquitos”)

Quiénes con su ejemplo y ánimo constante me han impulsado a seguir este camino; mirando en ellos el amor que Dios nos ha tenido como familia, permitiéndonos estar siempre unidos.

¡Gracias Señor porque me has permitido nacer en esta familia!

### **A mis amigos:**

Nely, Diana, Araceli, Héctor, Aurora, Marcela, Samantha,  
Dayana, Beto

Con quienes he compartido estos años en las aulas, estudiando y divirtiéndonos al mismo tiempo; siendo cómplices de muchas aventuras, compartiendo nuestros sueños. Gracias amigos por su comprensión y consejos durante todos estos años!

¡Gracias Señor por el don de la amistad!

### **A mis maestros:**

Quiénes me han enseñado todo lo que profesionalmente me ha formado, mostrándome todo lo que implica ser un buen Odontólogo.

¡Gracias Señor porque a través de ellos me has guiado para buscar siempre el bien de los demás a través de esta bella profesión!

### **A mi Universidad:**

Donde he vivido muchas experiencias enriquecedoras, que me han permitido crecer en todos los aspectos.

¡Gracias Señor porque me has regalado el privilegio de estudiar en la Universidad Nacional Autónoma de México, la Máxima Casa de Estudios de este país!

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	6
II.	OBJETIVOS: GENERALES Y ESPECÍFICOS .....	12
III.	MARCO TEÓRICO.....	13
<b>Capítulo 1. Estructura dental</b>		
1.1.	Características generales de la estructura dental .....	14
1.2.	Esmalte: Composición (matriz orgánica e inorgánica)..	16
1.3.	Dentina: Composición (matriz orgánica e inorgánica)..	20
<b>Capítulo 2. Pigmentación dentaria</b>		
2.1.	El color de los dientes sanos .....	24
2.2.	Mecanismo de las pigmentaciones.....	26
2.3.	Clasificación de las pigmentaciones. ....	27
<b>Capítulo 3. Blanqueamiento dental</b>		
3.1.	Antecedentes .....	30
3.2.	Principio básico del blanqueamiento .....	35
3.3.	Mecanismo de acción del peróxido de hidrógeno .....	37
3.4.	Componentes de los geles de blanqueamiento.....	39
3.5.	Concentración de los geles de blanqueamiento .....	42
3.6.	Técnicas de blanqueamiento .....	43
3.7.	Propiedades del agente ideal .....	47
3.8.	Velocidad del cambio de color .....	47
3.9.	Diagnóstico y examen previo .....	48
3.10.	Efectos del blanqueamiento sobre la estructura dental.....	49
3.10.1.	Efectos sobre el esmalte .....	49
3.10.1.1.	Textura, dureza superficial y resistencia al desgaste .....	49
3.10.1.2.	Composición química .....	50
3.10.2.	Efectos sobre la dentina .....	51
<b>Capítulo 4. Microscopio de Fuerza Atómica</b>		
4.1.	Antecedentes .....	52
4.2.	Principio de operación y mecanismo .....	53
4.3.	Formas de operación .....	55
4.4.	Modos de representación de la imagen (Interacción punta – muestra).....	57
4.5.	Modalidad de Contacto (MFA – C).....	58
4.6.	Resolución Espacial .....	60
4.7.	Ventajas y desventajas .....	61
IV.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	64
V.	RESULTADOS .....	69
VI.	CONCLUSIONES .....	74
VII.	FUENTES DE INFORMACIÓN .....	76



# I. INTRODUCCIÓN





La Odontología Estética no es un concepto actual. Desde el principio de los tiempos, el ser humano ha buscado la belleza de una u otra forma para agradar a los demás; éste concepto resalta desde tiempos inmemoriales.

El concepto de estética es subjetivo y varía con la época, edad y cultura. Así, los cánones de belleza han ido variando a lo largo de la historia.

Una referencia de hace 4000 años menciona la costumbre japonesa, en la que las mujeres casadas o viudas teñían sus dientes de negro en un proceso denominado “ohaguro”, como símbolo de fidelidad conyugal y de renuncia a la belleza, cuyo resultado era una sonrisa marrón oscura o negra.

Los egipcios disponían de cosméticos antes del año 2000 A.C. Los dientes sanos y blancos han simbolizado: salud, limpieza y fortaleza.

Por los datos anteriormente mencionados, podemos saber que, el blanqueamiento dental en Occidente, es un problema antiguo y no exclusivo de la sociedad actual.

En la Odontología, la estética representa una preocupación constante, tanto por parte del profesional como del paciente.<sup>28</sup> En nuestra cultura occidental, en la que la apariencia es de suma importancia, los pacientes desean y necesitan una bella sonrisa; sea por razones sociales, psicológicas o profesionales.

Cualquier alteración en la apariencia estética puede provocar implicaciones psicológicas que varían desde una simple forma de disfrazar el problema, hasta la introversión total, anulando la desenvoltura del paciente.



La boca es un órgano de expresión emocional. Desde el comienzo de la vida, la boca en el recién nacido sirve como una puerta de comunicación entre el pequeño y el mundo en que vive. Con el crecimiento, la boca no solo será la vía que garantice la supervivencia biológica por medio de la alimentación, sino también la vía de supervivencia social, pues será la seguridad del intercambio hablado. Refleja, como un espejo, todas las manifestaciones de la mente. Representa la comunicación a través del lenguaje. Entregar la boca a alguien, como en el caso del odontólogo, es entregarle la pieza vital de nuestra comunicación.

La boca es también la vivienda de la sonrisa, esa, que el paciente tiene la esperanza que el odontólogo le devuelva. Incluso antes de entrar en contacto con las estructuras bucales afectadas, lo que el odontólogo encuentra es una persona que esta viviendo una situación particular de intensa importancia para el ejercicio de su existencia y para la cual necesita opciones que le ayuden.

De esta forma, la tendencia actual del paciente de solicitar con una mayor frecuencia la llamada "Odontología Estética" genera un mayor interés sobre el blanqueamiento, que es uno de los tratamientos estéticos más solicitados; considerándolo como el restablecimiento y homogenización del color de los dientes.

Durante muchos años, las coronas, prótesis fijas o incluso las prótesis totales removibles eran vistas como las únicas alternativas para restaurar dientes seriamente oscurecidos, implicando, como se sabe, la destrucción total o parcial de las estructuras sustituidas. También existen otros tipos de tratamiento hechos a base de materiales adhesivos como resinas fotoactivadas y carillas de porcelana, pero aún con estos, el desgaste de la estructura dental es inevitable.





Mientras la salud dental mejora con el avance simultáneo en la prevención y en el cuidado básico restaurativo, los pacientes ahora están pidiendo a sus odontólogos que les proporcionen tratamientos estéticos en lugar del tratamiento de la enfermedad. Esto ha llevado a que el blanqueamiento dental sea un tratamiento que frecuentemente se describe en revistas y espectáculos televisivos, conduciendo el interés del consumidor hacia esta, aparentemente, terapia benigna.<sup>47</sup>

Así, el blanqueamiento dental asume un importante papel en la odontología cosmética, posibilitando el restablecimiento del color y una buena estética, siendo un tratamiento de fácil acceso para los pacientes que implica una técnica relativamente simple.

El mayor inconveniente de las técnicas de blanqueamiento dental es el hecho de que no es posible prever el resultado final. Además de esto, no se puede garantizar que el blanqueamiento obtenido sea durable, es decir, no es posible prever su vida útil. Sin embargo, a pesar de estas incertidumbres, siempre es posible intentar el blanqueamiento dental en lugar de realizar procedimientos restauradores invasivos.<sup>1</sup>

No obstante, existen dudas sobre el mecanismo de acción de los agentes blanqueadores, así como la posibilidad de causar daños a la estructura del esmalte, a la pulpa y a los tejidos circunvecinos. Por esto, hay que tener mucho criterio en la selección del tratamiento, que como cualquier otro procedimiento, presenta riesgos y beneficios. También se debe tener en consideración que: más importante que dientes blancos o “hollywoodianos”, es la presencia de una dentición sana, sin alteraciones como caries y enfermedad periodontal.<sup>1</sup>



Otro aspecto importante a considerar es el creciente desarrollo publicitario de los productos de blanqueamiento que ofrecen este tipo de tratamiento sin restricciones, para cualquier tipo de paciente, sin considerar la realización de un diagnóstico previo y sin tomar en cuenta que siempre se requiere la supervisión del Odontólogo.

Por lo anteriormente mencionado, el éxito del blanqueamiento dental puede obtenerse más fácilmente si el profesional está realmente preparado en tres tópicos de fundamental importancia:

- Un buen diagnóstico de la alteración de color (Historia clínica detallada)
- El conocimiento extenso del mecanismo de acción de las sustancias blanqueadoras.
- Seguir una metodología eficiente y segura de trabajo.

Teniendo en cuenta la importancia de estos tres tópicos, es mi interés el presentar este trabajo de investigación documental y experimental, para promover entre la comunidad odontológica la idea de que siempre debemos preservar, primero, la salud y bienestar del paciente. Debemos tener en cuenta los riesgos verdaderos que éste representa para la salud bucodental de cada uno de nuestros pacientes, para no causar deterioros que en ocasiones son realmente innecesarios.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a quienes participaron directamente en la realización de este trabajo:



Agradezco infinitamente al Mtro. **Arturo Fernández Pedrero** quien, en una de sus interesantes conferencias, me inspiró para buscar siempre la excelencia, para poder ejercer esta bella profesión con calidad. Gracias, también, por su invaluable apoyo para la realización de esta investigación, por su entusiasmo, dándome su tiempo, siempre con una agradable sonrisa.

Gracias al **Dr. Marco Antonio Álvarez Pérez** por su apoyo y disposición para asesorar esta investigación, ayudándome pacientemente en la redacción de este trabajo, y en el manejo de las muestras bajo el MFA para la experimentación realizada.

Quiero agradecer al **C.D. Juan Carlos Flores Gutierrez**, quien a lo largo de estos años me ha mostrado su apoyo en todo momento, sin condiciones, dándome su confianza. Gracias por la paciencia y honestidad que implica toda verdadera amistad. Mi más sincero agradecimiento a los doctores que estuvieron presentes en el “Diplomado de Odontología Estética Restauradora”, al **Mstro. Victor Moreno Maldonado**, **C.D. Felipe Muciño Porras** y al **C.D. Juan Carlos Flores Gutierrez**; quienes con su ejemplo me han enseñado que lo más valioso de esta profesión no es el amasar una inmensa fortuna, sino el estar totalmente satisfecha con la labor realizada día con día, en cada paciente, en cada ser humano.

Agradezco profundamente a la **Universidad Nacional Autónoma de México** el privilegio de formarme en ella a través de la Facultad de Odontología. Las satisfacciones personales y profesionales más grandes que he tenido hasta ahora tienen su origen en la UNAM.

**\* Mil Gracias \***



# II. OBJETIVOS

**GENERALES Y ESPECÍFICOS**



Con base en la introducción anteriormente presentada se proponen los siguientes objetivos:

**Generales:**

1. Dar a conocer las características del blanqueamiento en general, así como los resultados que se han obtenido a lo largo de esta investigación documental y experimental.
2. Promover entre la comunidad odontológica el acercamiento al conocimiento de los riesgos y beneficios que representa la aplicación de los diversos sistemas de blanqueamiento.

**Específicos:**

1. Determinar la caracterización de la superficie de esmalte y dentina cuando los exponemos a diferentes tipos de blanqueamiento.
2. Utilizar el MFA como herramienta para conocer el cambio estructural de la superficie de dientes que han sido sometidos al peróxido de hidrógeno en diferentes concentraciones.



### III. MARCO TEÓRICO



## Capítulo 1. Estructura dental

### 1.1. Características generales de la estructura dental

Dentro de la cavidad oral, se encuentran los órganos dentales, encargados de diversas funciones: la masticación, la fonación y estética.

Cada diente puede dividirse en dos componentes anatómicos:

- La corona: es la parte de cada diente que sobresale de la encía y es visible.
- La raíz: es la parte inferior, que terminan en punta y que ocupan los huecos o alvéolos óseos del maxilar o de la mandíbula.<sup>56</sup>

El punto de transición entre la corona y la raíz se denomina cuello o región cervical.<sup>14,48</sup>

Todos nuestros dientes poseen la misma estructura histológica básica. Están formados por cuatro capas o tejidos (Fig. 1 y 2):

- Esmalte
- Dentina
- Pulpa
- Cemento

Para unirse al hueso alveolar cada diente está rodeado por una membrana periodóntica, y la encía (Fig. 2).<sup>14</sup>

La formación de cada una de las capas de los dientes, se da a través de células especializadas: ameloblastos (esmalte), odontoblastos (dentina), fibroblastos (pulpa) y cementoblastos (cemento).



Fig.1. Estructura dental : bajo contraste de luz

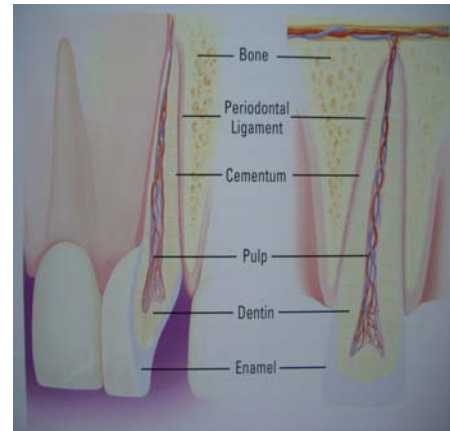


Fig. 2. Esquema de la estructura dental

La capa más superficial del diente es el esmalte, está formada en su mayor parte por material inorgánico, es decir, minerales y eso le confiere características muy particulares y sobre todo una dureza extrema. La siguiente capa es la dentina, ésta es la que da el volumen principal de los dientes, está menos mineralizada que el esmalte y por lo tanto forma una base elástica, en la corona está recubierta por una gruesa capa de esmalte. En la raíz no hay esmalte y la dentina está envuelta en una fina capa de cemento que, por medio de la membrana periodontal, une la raíz al hueso alveolar adyacente. El diente tiene una pequeña cavidad pulpar central, que constituye la capa más interna del diente, se continúa hacia abajo en cada raíz formando el canal radicular. La cavidad pulpar está ocupada por tejido conjuntivo laxo, que contiene en su mayoría células llamadas fibroblastos y posee una rica vascularización: una arteria, venas, vías linfáticas y nervios muy pequeños que penetran a través de un orificio o foramen apical en el extremo de cada raíz y que comunican a la pulpa con la membrana periodontal (Fig. 2).<sup>14</sup> La raíz se mantiene en su alvéolo por fibras de colágeno que forman la membrana periodontal, un extremo de cada fibra se sujeta al cemento y otro extremo está unido al hueso.





## 1.2. Esmalte: Composición (matriz orgánica e inorgánica)

A partir de las células ectodérmicas de la cavidad oral, se desarrollan los **ameloblastos** que comienzan a secretar matriz proteínica de esmalte, ésta se mineraliza con rapidez y forma esmalte.<sup>20</sup> Cuando el esmalte está ya completamente formado, los ameloblastos degeneran, y es por eso que ya no están presentes en los dientes maduros y por lo tanto no puede ser reemplazado mediante nueva síntesis.

Al mineralizarse el esmalte y estar totalmente desarrollado, está constituido casi por completo por sales de fosfato de calcio en forma de grandes cristales de hidroxiapatita, y solo el 1% corresponde a sustancia orgánica. Los cristales se organizan en la forma de bastoncillos o prismas, por lo tanto éstos son la unidad estructural del esmalte. Cada ameloblasto forma únicamente un prisma de esmalte, éste está hecho de miles de cristales de hidroxiapatita. Los prismas se extienden desde el límite entre el esmalte y la dentina hasta la superficie externa del diente. Están separados por una sustancia interprismática, con la misma composición de los prismas, pero se sabe que la diferencia entre estos dos está en la orientación de los cristales de hidroxiapatita. Durante la maduración del esmalte se dan diversos movimientos de iones, por lo tanto la hidroxiapatita al conjugarse con los iones de fluoruro se convierte en fluoroapatita. La hidroxiapatita es esencialmente insoluble en el pH neutral y alcalino. Sin embargo, se vuelve cada vez más soluble mientras que el pH va disminuyendo.<sup>41</sup>

La configuración tridimensional y las relaciones de los prismas del esmalte humano son todavía asunto de discusión.<sup>14</sup> Casi todos los



sostienen que los prismas compuestos por miles de cristales de hidroxiapatita tienen forma hexagonal, un poco aplanados (Fig. 3 y 4), miden alrededor de 4  $\mu\text{m}$  de ancho y de 5 a 8  $\mu\text{m}$  de longitud.<sup>58</sup> Aunque muchos opinan que cuando se examinan en un corte transversal, al microscopio, se ven con la forma de un ojo de cerradura; la parte dilatada o cabeza se orienta hacia la superficie y la cola lo hace hacia la profundidad en dirección a la raíz del diente (Fig. 3). Los cristales de hidroxiapatita están orientados primero paralelos al eje mayor (longitudinal de los primas) en la región de la cabeza, mientras que en la cola su orientación es más oblicua.<sup>48,14</sup> Otros autores opinan que cuando se ven en corte transversal tienen la forma de arcos ojivales. Las superficies convexas de todos los prismas miran hacia la dentina y al corte transversal se observan como escamas (Fig. 5).

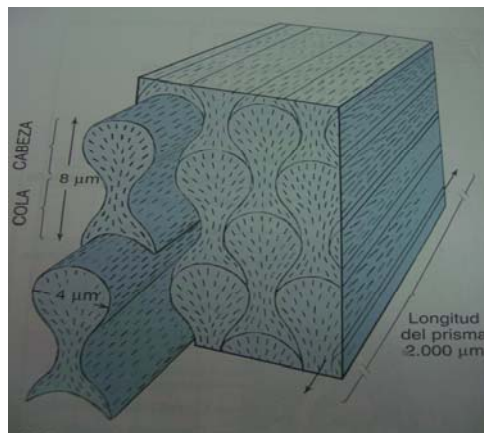


Fig. 3. Prismas en corte transversal: ojo de cerradura.<sup>48</sup>

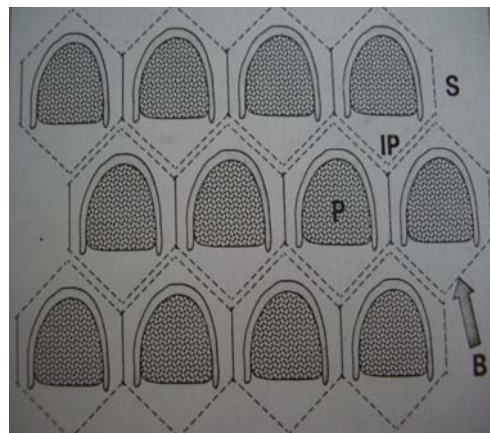


Fig. 4. Disposición de prismas en corte seccional: forma hexagonal: P (esmalte prismático), IP (esmalte interprismático).<sup>19</sup>

El curso exacto de los primas del esmalte es sumamente complicado, pero pafragmentación de los alimentos. Partiendo de la dentina, los prismas corren perpendicularmente a la superficie de ésta; en la zona



media del esmalte, se tuercen helicoidalmente y en la zona externa toman de nuevo una dirección perpendicular a la superficie (Fig. 6),<sup>14</sup> donde el esmalte es más grueso que en ningún otro sitio, es decir que en el vértice de la corona, los prismas son los más largos que hay y miden hasta 2000 um de longitud.<sup>48</sup>

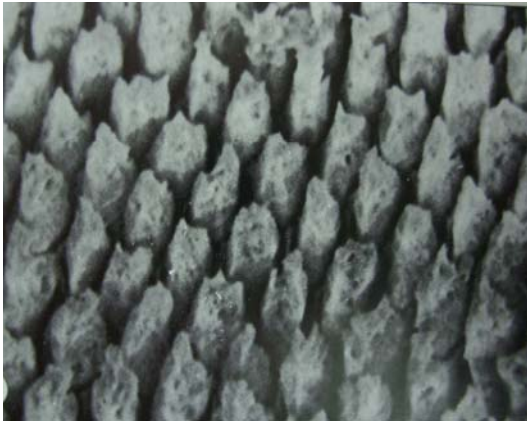


Fig. 5. Microfotografía electrónica de barrido: ordenamiento de prismas densamente empaquetados.<sup>55</sup>



Fig. 6. Microfotografía electrónica por centelleo: prismas entrecruzados, S(esmalte), D(dentina).<sup>33</sup>

La concentración de algunos de los componentes inorgánicos del esmalte varía con la distancia a la superficie del diente, éstos son: calcio, fósforo, carbonato, sodio, magnesio, cloro, flúor, hierro, cinc, plomo, estaño, cobre y estroncio.<sup>58</sup>

En un corte de esmalte axial longitudinal, se observan líneas que llevan un trayecto oblicuo hacia adentro, desde la superficie hacia la raíz, se les llama líneas de Retzius o líneas incrementales y son el resultado de la producción y mineralización rítmicas de la matriz del esmalte (Fig. 8).

Aunque casi todo el volumen del esmalte está ocupado por los cristales de hidroxiapatita densamente compactados, una fina red de material orgánico, las fluoroproteínas y proteínas atraviesan a los cristales.



En lo que se refiere a la parte orgánica, avances recientes en la biología molecular han permitido comprobar que la matriz del esmalte es muy heterogénea debido a que los ameloblastos producen dos clases de proteínas: las amelogeninas (constituyen el 90% del total de las proteínas) y las no amelogeninas (fluoroproteínas, ameloblastinas, tuftelinas, enamelinas); solo estas dos últimas están presentes en el esmalte maduro.<sup>19</sup>

Por lo tanto, el esmalte totalmente mineralizado se compone de:

- Material inorgánico: 96% cristales de hidroxiapatita y fluoroapatita.
- Material orgánico: 1% fluoroproteínas y proteínas.
- Agua: 3%.

Por estar compuesto en su mayor parte por material inorgánico, el esmalte es considerado como la sustancia más dura del organismo.

Aunque el esmalte de un diente que ha hecho erupción carece de células y prolongaciones celulares, esto no significa que es un tejido estático. Sobre el esmalte actúan sustancias de la saliva, que son indispensables para su mantenimiento. Las sustancias que se hayan en la saliva y que ejercen efectos sobre los dientes son:

- Enzimas digestivas
- Enzimas antibacterianas
- Anticuerpos
- Componentes orgánicos (minerales)

El esmalte maduro contiene muy poco material orgánico. A pesar de su dureza, el esmalte puede descalcificarse por la acción de las bacterias productoras de ácido que actúan sobre los alimentos atrapados sobre la superficie del esmalte.



### 1.3. Dentina: Composición (matriz orgánica e inorgánica)

La formación de dentina comienza cuando los **odontoblastos**, que son células que están presentes en los límites externos de la pulpa, comienzan a sintetizar y a secretar matriz de dentina.

La dentina se deposita inicialmente como una matriz compuesta por delgadas fibras de colágeno dispuestas linealmente, incluidas en sustancia fundamental de glucosaminoglucanos.<sup>56</sup> Esta matriz recién formada y aún no mineralizada se denomina **predentina**, y se distingue como una zona entre las capas de ameloblastos y odontoblastos (Fig. 7). El depósito de la dentina es rítmico y produce ciertas “líneas de crecimiento” en la dentina: las líneas de Von Ebner y las líneas de Owen (más gruesas), que marcan momentos evolutivos importantes (Fig. 8).<sup>14</sup>

El odontoblasto es una célula que tiene una prolongación citoplasmática que penetra perpendicularmente en la dentina, cada prolongación determina la formación de un conductillo en la matriz de la dentina: los túbulos de la dentina.<sup>25</sup>

Los túbulos dentinales y las prolongaciones odontoblásticas que contienen, son más anchos cerca de su origen en la frontera odontoblasto – predentina y se hacen progresivamente más estrechos hasta terminar en finas ramas cerca de la unión entre la dentina y el esmalte (Fig. 7). Cerca de la superficie interna de la dentina el diámetro del conducto es de 4 micras aproximadamente, pero en la zona más periférica disminuye el tamaño.<sup>56</sup>

La matriz orgánica de la dentina contiene: colágeno, proteínas no colágenas (proteoglicanos, fosfoproteínas y glicoproteínas), fosfolípidos y factores del crecimiento.

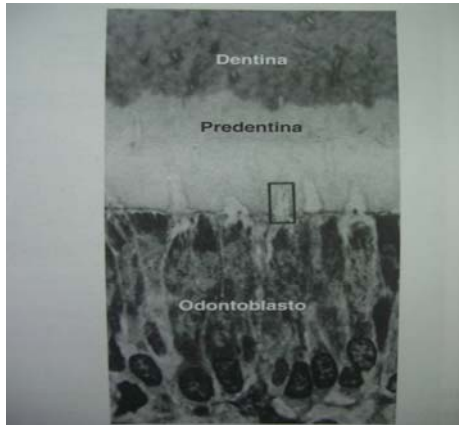


Fig. 7. Formación de predentina.<sup>14</sup>



Fig. 8. Zona de unión entre esmalte y dentina.<sup>56</sup>

El colágeno tipo I es la mayor proteína de la matriz de dentina. Aunque también se encuentran en menor cantidad las fibras de colágeno tipo III, V y VI.<sup>19</sup>

La calcificación de la dentina comienza por zonas globulares que crecen y se funden, aunque el proceso muchas veces es imperfecto, resultando zonas de matriz orgánica hipocalcificada que son las zonas interglobulares.<sup>25</sup>

El mineral en la dentina es un fosfato cálcico apatítico cuyos cristales son mucho más pequeños que en el esmalte. Este guarda estrecha relación con la hidroxiapatita pero no es el mismo, difieren en la cantidad de minerales que contienen y en la forma en la que se presentan. Los cristales están orientados al azar, excepto en la pared de los túbulos de la dentina, donde tienen una orientación paralela al eje largo de la prolongación odontoblástica.<sup>58,19</sup>

El contenido de magnesio de la dentina suele ser dos o tres veces más alto que en el esmalte o en el hueso. El contenido de carbonatos de la dentina es más alto que en el esmalte. El fluoruro tiene una concentración más alta en la superficie pulpar que en el exterior.



Aunado a esto, hay una razón por la cual la composición química del tejido de la dentina difiere de la hidroxiapatita pura: la presencia de una fase adicional no apatítica, como un fosfato o carbonato de calcio amorfo.<sup>58</sup>

La dentina ubicada alrededor de los túbulos o dentina peritubular posee mayor contenido de minerales. Dentro de los túbulos, las prolongaciones odontoblásticas y la pared de los túbulos están separadas por un espacio ocupado por líquido tisular y componentes orgánicos aislados, entre los que se encuentran fibras de colágeno, las cuales se encuentran paralelas al límite entre el esmalte y la dentina, y también en la dentina intertubular.

Por lo tanto, la dentina totalmente mineralizada se compone de:

- Material inorgánico: (70 - 80%) constituido en sales de calcio en forma de cristales de apatita, cuyas características coinciden con las del tejido óseo.
- Material orgánico (20- 30%) formado por delgadas prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos, fibras de colágeno tipo I (alrededor del 93%), aunque también se encuentran en menor cantidad las fibras de colágeno tipo III, V y VI y glucosaminoglucanos.
- Agua 10%
- La presencia de nervios en la dentina, ha sido objeto de gran controversia. La dentina es sensible al calor, el frío, el tacto y sustancias dulces, para dar explicación a esta sensibilidad, en la actualidad ha sido posible demostrar mediante microscopía electrónica, inmunohistoquímica y microscopía óptica, la presencia de delgadas fibras nerviosas en el espacio periodontoblástico de los túbulos, en la predentina y en la parte de dentina mineralizada cercana a la pulpa.<sup>56,20</sup>



La dentina es un tejido avascular mineralizado más duro que el hueso pero de composición similar a este; es la fase mineralizada del complejo dentino – pulposo, y constituye el mayor volumen del diente; esta capa del diente sigue formándose lentamente durante toda la vida y por lo tanto, la cavidad de la pulpa se estrecha con la edad. <sup>14, 48</sup>





## Capítulo 2. Pigmentación dentaria

### 2.1. El color de los dientes sanos

Los dientes son policromáticos, es decir, pueden llegar a tener una infinita variedad de gama de colores,<sup>21</sup> pero básicamente el color de los dientes viene condicionado genéticamente, en general, constituye pues una característica innata a cada uno de nosotros como lo es el tono de nuestra piel. Por lo tanto, los dientes que no sean especialmente blancos no tienen por qué considerarse patológicos.

El color será la expresión global de las estructuras anatómicas que lo constituyen:

- Esmalte: grosor y cantidad.
- Dentina subyacente: color y calidad

El color de un diente suele definirse por el color de la dentina que se deja ver a través del esmalte que es translúcido y prácticamente carece de color. La dentina es naturalmente amarillenta y, cuando la luz atraviesa una superficie delgada y altamente mineralizada como el esmalte, se refleja en la estructura subyacente, transmitiendo su tonalidad a la corona del diente.

Por lo anterior, podemos decir que el color de los dientes sanos se determina sobre todo a partir de la dentina y se modifica por:

- La translucidez del esmalte, que varía con los diferentes grados de calcificación, cuanto mayor es la mineralización del diente, más translúcido se torna.
- El grosor del esmalte.<sup>21</sup>



Un diente con espesores gruesos de dentina tendrá más color que uno con espesores finos. Los caninos al tener espesores gruesos de dentina son los dientes más oscuros del sector anterior.

Un diente con espesores gruesos de esmalte ocultará más el color de la dentina que uno con espesores finos. Los pacientes mayores tienen espesores finos de esmalte debido a su desgaste y por ello un color más oscuro en los dientes.

Además hay que tener en cuenta que debido a la anatomía de los dientes el color varía entre las diferentes áreas: incisal, media y cervical; según el grosor, reflejo de los diferentes colores y translucidez del esmalte y la dentina (fig 9).

El tercio inferior o gingival de un diente tendrá un color más oscuro que el tercio superior o incisal que aparentará azulado/grisáceo debido a la translucidez del esmalte.

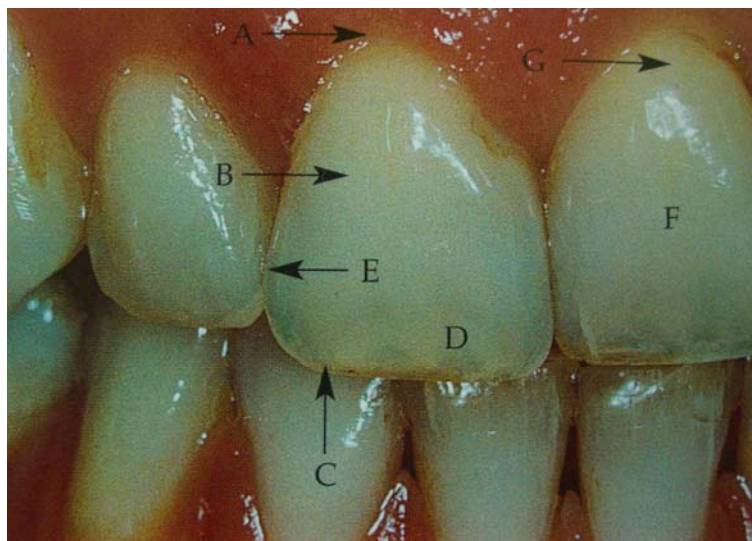


Fig. 9. Diferentes áreas de los dientes: diferentes tonos de color  
A)Cuello: union entre encia y diente. B y F) Area media.



## 2.2. Mecanismo de las pigmentaciones

Los tejidos dentarios duros son altamente permeables a los fluidos y la mayor salida de éstos en el esmalte ocurre en los espacios interprismáticos, cuyos componentes orgánicos facilitan la penetración de los fluidos orales. Por lo tanto, los pigmentos y los colorantes provenientes de lo que ingerimos son capaces de penetrar en los dientes a lo largo de los años.

Las pigmentaciones se deben a mecanismos muy variados; las que son intrínsecas se presentan porque la matriz dentaria, ya ha sido afectada por un agente de tinción, generalmente durante la formación de ésta.

La tinción extrínseca depositada depende de los materiales atraídos a la superficie dentaria.<sup>21</sup> Esta interacción se da por las múltiples fuerzas de atracción química, éstas permiten que el cromógeno (molécula colorante orgánica) se acerque a la superficie dentaria y mediante un mecanismo de intercambio iónico se determinará si la adhesión va a ocurrir; si ésta se da, los cromógenos penetrarán en el esmalte y generarán color a causa de la composición química (iones metálicos) que presentan.

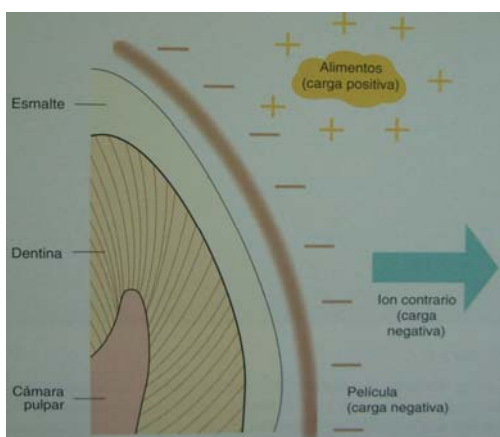


Fig.10. Unión de sustancias alimentarias mediante enlace iónico. <sup>21</sup>



### 2.3. Clasificación de las pigmentaciones

La pigmentación dentaria es un problema frecuente. Puede afectar a personas de distinta edad, y presentarse tanto en la dentición primaria como en la secundaria.

La etiología de la pigmentación dentaria es multifactorial, ya que la pigmentación puede deberse a factores de tinción y de dieta que se han acumulado durante muchos años (Fig.10). Debido a lo anterior, se observa que, distintas partes del diente pueden adoptar distintos tipos de manchas.

La mayoría de los investigadores dividen la pigmentación en extrínseca e intrínseca. Algunos autores describen la pigmentación extrínseca como la que tiene lugar cuando un agente mancha o daña la superficie del esmalte dental y la intrínseca como la que se produce cuando un agente colorante penetra en las estructuras dentarias.<sup>15</sup> Otros definen la tinción extrínseca como la que se puede eliminar con facilidad con una profilaxis profesional y la tinción intrínseca se define como la de naturaleza endógena que ha sido incorporada en la matriz dentaria y por lo tanto, no puede eliminarse mediante profilaxis.

#### *ETIOLOGÍA DE LA PIGMENTACIÓN DENTARIA*

##### **TINCIONES EXTRÍNSECAS**

- Placa bacteriana (bacterias cromogénicas, degradación proteínica superficial)
- Colutorios (clorhexidina)
- Bebidas (té, café, vino tinto, coca cola).
- Alimentos (todos los que contienen colorantes).
- Sustancias como: tabaco, puros, marihuana.
- Dietas



### TINCIONES INTRÍNSECAS

#### *Preeruptivas*

- Condiciones genéticas
  - Defectos en esmalte y dentina:
    - \* Amelogénesis y dentinogénesis imperfectas (Fig.11 y 12).
    - \* Hipoplasia del esmalte.



Fig. 11. Amelogénesis imperfecta. Cortesía Dr. Pedrero



Fig.12. Amelogénesis imperfecta severa

- Condiciones sistémicas
  - Enfermedades hematológicas
  - Enfermedades del hígado
- Medicamentos
  - Tetraciclina (Fig. 13, 14 y 15).
  - Otros antibióticos
  - Fluoruro



Fig. 13. Pigmentación por tetraciclina grado III.



Fig. 14. Pigmentación de tetraciclina grado IV.



Fig.15. Pigmentación por tetraciclina grado IV. Cortesía casos clínicos Dr. Pedrero

### *Posteruptivas*

- Alteraciones pulpares
  - Obliteraciones del conducto pulpar
  - Necrosis pulpar
  - Mala técnica de extirpación pulpar
  - Restos de materiales endodónticos
- Traumatismos (Fig. 16)
- Caries primaria y secundaria
- Materiales restauradores dentales
- Envejecimiento
- Tabaquismo
- Agentes químicos
- Algunos alimentos (por ingesta prolongada).
- Cambios funcionales y parafuncionales (erosión, atrición, abrasión).



Fig. 16. Pigmentación por traumatismo. Cortesía casos clínicos Dr. Pedrero.



## Capítulo 3. Blanqueamiento dental

### 3.1. Antecedentes

La primera respuesta profesional a la búsqueda incansable de unos dientes más blancos se remonta como mínimo a 2000 años antes. Los médicos romanos del siglo I aseguraban que el cepillado de los dientes con “orina” (en particular con orina portuguesa) blanqueaba los dientes.<sup>29</sup>

En el siglo XIV, el servicio dental de mayor demanda, además de las extracciones, era el blanqueo dental. Tras desgastar el esmalte con limas de grano grueso, los cirujanos- barberos aplicaban “aguafuerte” una solución de ácido nítrico para blanquear los dientes. Esta práctica se mantuvo hasta el siglo XVIII.

El problema de la pigmentación dentaria ha intrigado, durante los últimos 200 años, a los odontólogos quienes han ensayado numerosos agentes químicos y técnicas para eliminar los variados tipos de pigmentación. La mayoría de los primeros intentos, aunque eran muy innovadores en aquel tiempo, no tuvieron éxito y las técnicas de blanqueamiento se consideraron experimentales e impredecibles. La recidiva de la pigmentación constituía un problema.<sup>21</sup>

Los intentos de blanqueamiento dentario empezaron con mayor seriedad en el siglo XIX y han continuado hasta obtener técnicas eficaces de blanqueamiento. Los materiales que se utilizaban eran bastante cáusticos y peligrosos; por lo tanto era necesario usarlos con mucha precaución. Con el tiempo se han ido ensayando numerosos sistemas, algunos incluso para blanquear dientes no vitales.



El comienzo de la historia del blanqueamiento de dientes vitales fue relatado detalladamente por Zaragoza.<sup>60</sup> Este pequeño resumen se basó en la descripción de diversos autores.<sup>11,13,36,42</sup>

- 1799: MACINTOSH – Se inventa el cloruro de cal llamado “polvo de blanqueamiento”.
- 1868: LATIMER – utiliza ácido oxálico.
- 1877: CHAPPLE - primer relato publicado sobre el blanqueamiento de dientes usando ácido oxálico.
- 1879: TAFF - usó hipoclorito de sodio.
- 1879: ATKINSON – solución de Labarraque (solución de hidrocloruro de calcio y ácido acético).
- 1884: HARLAN - primer informe de uso de peróxido para el blanqueamiento, denominándolo dióxido de hidrógeno.
- 1895: Experimentos con corriente eléctrica para acelerar el proceso.
- 1911: ROSSENTAL – sugirió el uso de ondas ultravioletas
- 1916: WALTER KANE – ácido hidrociorhídrico al 18% para la “mancha marrón de Colorado” (fluorosis endémica).<sup>21,29</sup>
- 1918: ABBOT – introdujo el precursor de la combinación utilizada actualmente para blanquear los dientes: peróxido de hidrógeno y una reacción acelerada producida por aparatos que liberaban calor a los dientes.
- 1937: AMES – usó cinco partes de peróxido de hidrógeno al 100% + una parte de éter y calentamiento con instrumento, como tratamiento de manchas de fluorosis.<sup>21,29</sup>
- 1942: YOUNGER – usó cinco partes de peróxido de hidrógeno al 30%, con lámpara de luz.





- 1958: PEARSON – usó para dientes no vitales peróxido de hidrógeno al 35% en el interior del diente y también sugirió peróxido de hidrógeno al 25% y éter al 75%, ambos activados por una lámpara de luz y calor.
- 1961: SPASSER – **Técnica de blanqueamiento ambulatorio para dientes no vitales.** Se sella el perborato sódico con agua dentro de la cámara pulpar.
- 1965: STEWART – **Técnica termocatalítica para dientes no vitales.** Bolitas de algodón saturadas con superoxil que se insertan en la cámara pulpar y se calienta con un instrumento térmico.
- 1966: MC INNES – ácido hidroclorhídrico y peróxido de hidrógeno en combinación con abrasión con piedra pómez.
- 1967: NUTTING Y POE – establecieron un método estándar, sellaron una mezcla de peróxido de hidrógeno al 30% y perborato de sodio en la cámara pulpar por hasta una semana. <sup>45</sup>
- 1968: KLUSMIER – **Técnica de blanqueamiento domiciliario.** Comienza el concepto de blanqueamiento domiciliario con el hallazgo casual del peróxido de carbamida, usado en un posicionador ortodóntico hecho a la medida de cada paciente.
- 1970: COHEN Y PARKINS – primer blanqueamiento de manchas de tetraciclina (en la dentina) con peróxido de hidrógeno al 35% y un dispositivo manual controlado con calor.



- 1984: ZARAGOZA – introdujo el blanqueamiento de las arcadas superior e inferior simultáneamente con el 70% de peróxido de hidrógeno y calor.
- 1984: JORDAN – experimentó el acondicionamiento con ácido fosfórico al 37% previamente al blanqueamiento.
- 1987: FEINMAN – **Blanqueamiento en clínica** con peróxido de hidrógeno al 35% con lámpara de blanqueamiento de alta intensidad.
- 1989: HAYWOOD Y HEYMANN – describen el blanqueamiento vital nocturno usando peróxido de carbamida al 10% en una cucharilla.
- 1990: **Introducción de productos comerciales** (controversia de riesgos).
- 1991: Se investigan materiales de blanqueamiento, mientras la FDA solicita los estudios y datos sobre seguridad. Se prohíben durante seis meses.
- 1991: Después de investigar los productos se levanta la prohibición hacia estos materiales.
- 1991: GERBER Y GOLDSTEIN: **Blanqueamiento combinado:** blanqueamiento intenso en la clínica y domiciliario.
- 1991: HALL – recomienda que no se graben los dientes antes de aplicar procedimientos de blanqueamiento vital.
- 1992: HANOSH Y HANOSH - describen el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35% en gel, con activación dual (química y luz visible).



1994: AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Establece la seguridad y eficacia de los agentes de blanqueamiento dental con garantía y aprobación de la ADA.

1996: Food and Drug Administration (FDA) aprueba la tecnología láser, por lo tanto se comienza a utilizar el peróxido de hidrógeno al 35% en gel( productos químicos patentados); asociado al plasma de xenón, láser de argón y de dióxido de carbono.

Más recientemente, los odontólogos empezaron a combinar el blanqueamiento en la consulta con el tratamiento que sigue el paciente en su casa. Esta combinación es cada vez más popular, en particular a causa de la facilidad y el bajo costo del blanqueamiento vital nocturno.



### 3.2. Principio básico del blanqueamiento

El blanqueamiento es un proceso químico para blanquear cualquier tipo de materiales, que es usado ampliamente en la Odontología.<sup>21,53</sup> Los procesos comerciales de blanqueamiento más utilizados son el peróxido de hidrógeno, el peróxido de carbamida, el cloro, y el cloruro, en ese orden.<sup>21,57</sup>

A menudo se cree que el esmalte es impermeable pero en realidad debe considerarse una membrana semipermeable. Las soluciones de peróxido fluyen libremente a través del esmalte y la dentina a causa de la porosidad y permeabilidad de estas estructuras.<sup>21</sup> El libre movimiento también se debe al peso molecular relativamente bajo de la molécula de peróxido y a la naturaleza penetrante del oxígeno.

Aunque los procesos de blanqueamiento son complejos, la gran mayoría funciona por oxidación, que es el proceso químico por el cual los materiales orgánicos son eventualmente convertidos en dióxido de carbono y agua.

Cuando quemamos madera se produce un ejemplo de oxidación. Las diferencias entre la oxidación que ocurre con el blanqueamiento con la de quemar madera son: la velocidad de cada reacción y la cantidad de productos intermedios producidos. El quemado rápidamente transforma una sustancia en dióxido de carbono, agua y calor. En comparación, el blanqueamiento lentamente transforma una sustancia orgánica en intermedios químicos que son más claros en color que el original, es decir, durante la oxidación los tejidos se liberan de las moléculas que producen la tinción (colorantes orgánicos). Sin embargo, si se permite el desarrollo del proceso en el tiempo suficiente, ambos, el quemado y el blanqueamiento resultarán en la conversión de materiales orgánicos en dióxido de carbono y en agua (Fig. 17).<sup>21,22</sup>

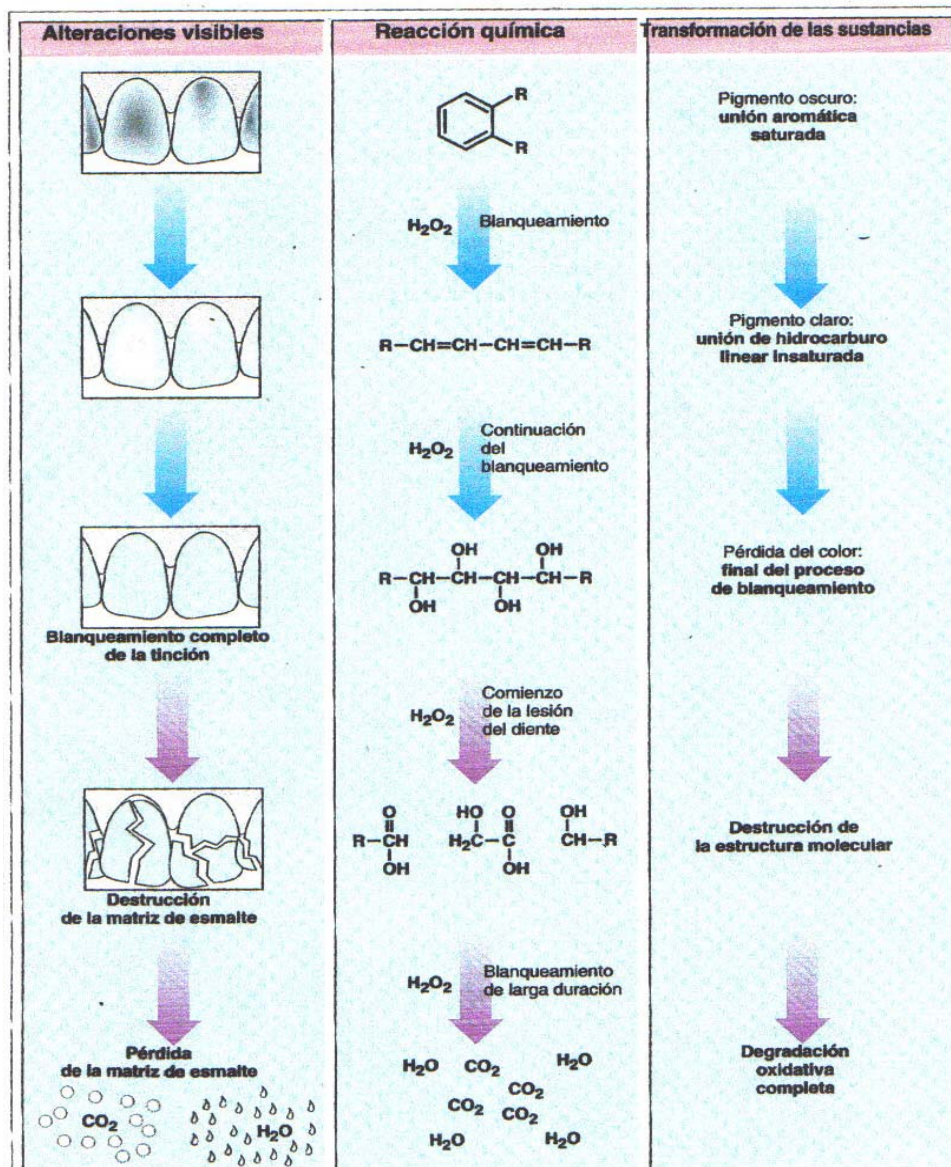


Fig. 17. Química del proceso de blanqueamiento. Tras una determinada duración del blanqueamiento, la superficie del esmalte se satura de sustancia blanqueadora. En este momento debe finalizar el proceso de blanqueamiento, ya que de lo contrario puede dañarse el esmalte.<sup>49</sup>



### 3.3. Mecanismo de acción del peróxido de hidrógeno

La reacción química que ejerce el peróxido de hidrógeno en el proceso de blanqueamiento, se conoce como una reacción de oxidoreducción. En una reacción de este tipo, el peróxido de hidrógeno actúa como un oxigenador y un oxidante, el cual tiene radicales libres con electrones impares, los cuales cede, produciéndose el agente de reducción (la sustancia que es blanqueada o cromóforo) acepta los electrones, rompe sus enlaces químicos y se oxida.<sup>21, 37</sup> Por lo tanto, los pigmentos amarillos (xantopterina) se oxidan convirtiéndose en pigmentos blancos (leucopterina) (Fig. 18).

El peróxido de hidrógeno se descompone en agua y oxígeno (solución acuosa), y en poco tiempo forma el radical libre HO<sub>2</sub> perhidroxilo, que es muy reactivo y tiene un gran poder oxidante, ya que se convierte en un agente extremadamente inestable que atacara a moléculas orgánicas para adquirir estabilidad,<sup>52</sup> por lo tanto éste es el encargado de la siguientes acciones:

- Rompe una gran cadena de macromoléculas en pequeñas cadenas de macromoléculas, las cuales son arrastradas a la superficie mediante difusión.
- Puede adherirse a la estructura inorgánica y a la matriz proteica.

Por lo tanto, el peróxido de hidrógeno es oxidorreductor, pero también se sabe que tiene la capacidad de desnaturalizar y degradar las proteínas convirtiéndolas en péptidos y aminoácidos solubles en agua, y al entrar el oxígeno en acción “burbujeante” ayuda a la remoción física de la mancha. Para que se pueda producir con éxito este mecanismo, el peróxido de hidrógeno debe permanecer el tiempo suficiente para actuar sobre el pigmento, reduciéndolo a una forma más simple, que llega a ser incoloro en la gran mayoría de las veces (Fig. 18).<sup>2</sup>

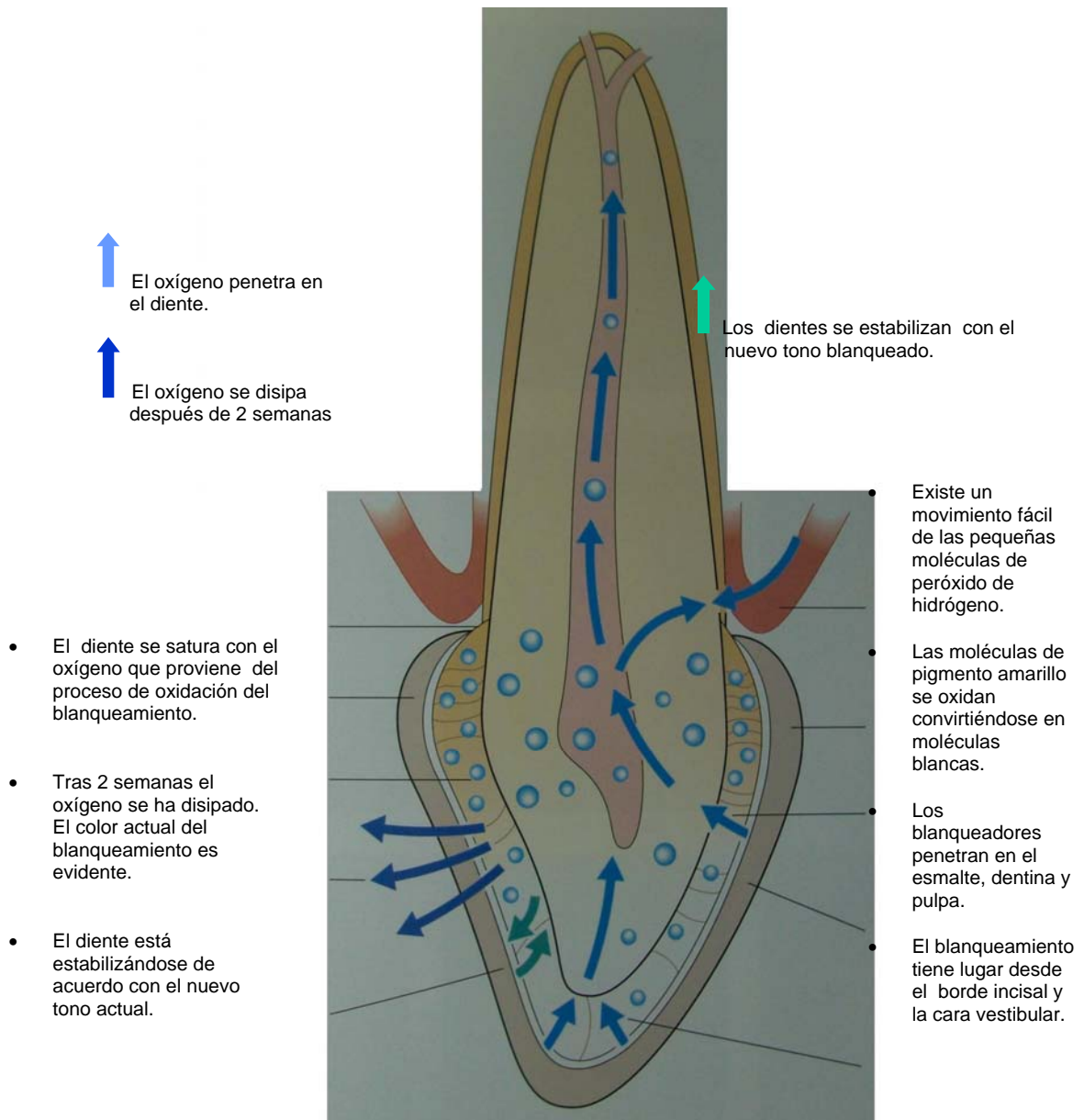


Fig. 18. Mecanismo de acción del peróxido de hidrógeno sobre la superficie dental.<sup>21</sup>



### 3.4. Componentes de los geles de blanqueamiento

Los agentes activos principales que contienen los geles de blanqueamiento son:

- Peróxido de hidrógeno
- Peróxido de carbamida
- Perborato sódico

- **PERÓXIDO DE HIDRÓGENO**

Este se presenta en forma de solución o gel, siendo aplicado en diferentes concentraciones, que pueden variar del 1.5% al 35%. La concentración al 35% ha sido usada cuando el blanqueador se utiliza en el consultorio. El peróxido de hidrógeno, no obstante, es el que presenta un menor plazo de validez.

- **PERBORATO SÓDICO**

Es un polvo que, para producir acción blanqueadora debe entrar en contacto con la humedad, descomponiéndose en peróxido de hidrógeno. También es muy utilizado en consultorio, asociado al peróxido de hidrógeno al 35% con el fin de disminuir la agresividad de éste.

- **PERÓXIDO DE CARBAMIDA**

Es un polvo que cuando se mezcla con agua destilada da origen a una pasta, transformándose en peróxido de hidrógeno al 35% y urea.<sup>21</sup>





Los geles de blanqueamiento también contienen otras sustancias adicionales como:

- Agentes aglutinantes
- Urea
- Vehículo
- Agente tensoactivo y dispersante de pigmentos
- Conservadores
- Aromatizantes y saborizantes
- AGENTES AGLUTINANTES

Uno de los agentes engrosantes que contienen los geles es el *carbopol*, que es un polímero que le confiere al gel varias ventajas: le da la capacidad de liberar el oxígeno lentamente lo que afecta la frecuencia de recambio de la solución durante el blanqueamiento; aumenta la adherencia del gel a la superficie dental; aumenta la viscosidad del material blanqueador, esto evita que la saliva estropee el peróxido de hidrógeno, con lo cual pueden lograrse resultados más eficaces.<sup>21</sup>

- UREA

La urea se produce de forma natural en el cuerpo, en las glándulas salivales y está presente en la saliva y el líquido crevicular.<sup>21</sup> La urea se descompone de forma espontánea o a través del metabolismo de las bacterias, en amoníaco y dióxido de carbono. La urea se utiliza en los geles de blanqueamiento para:

- Estabilizar el peróxido de hidrógeno.
- Elevar el pH de la solución
- Aumentar otras cualidades deseables como los efectos anticariogénicos, estimulación salival y propiedades que facilitan la cicatrización de heridas.<sup>21</sup>



- **VEHÍCULO**

*Glicerina.* Esta se encuentra en el peróxido de carbamida, que aumenta la viscosidad del producto y facilita su manipulación. No obstante, puede deshidratar el diente.

*Dentífrico.* También se ha usado como vehículo de los geles.

*Glycol.* Es una glicerina anhídrica.

- **SURFACTANTES Y DISPERSANTES DE PIGMENTOS**

El surfactante funciona como agente humidificador superficial que permite difundir el peróxido de hidrógeno a través del límite gel – diente.

El dispersante de pigmentos los mantiene en suspensión (como en los suavizantes comerciales de agua), los geles que contienen estas sustancias pueden ser más efectivos porque les dan la capacidad de ser más activos.

- **CONSERVADORES**

Todos los geles contienen un conservador, como puede ser la citroxaina, el ácido fosfórico, el ácido cítrico o el estaño sódico. Estos conservadores secuestran metales transicionales como hierro, cobre y magnesio, los cuales aceleran la descomposición del peróxido de hidrógeno. Tienen un pH ácido moderado.

- **AROMATIZANTES**

Estos se utilizan para aumentar la gama de selección del agente blanqueador y así mejorar la aceptabilidad del producto por parte del paciente.



### 3.5. Concentración de los geles de blanqueamiento

Con relación a las concentraciones de los geles blanqueadores, se puede encontrar en el mercado una gran variedad de éstas, pero al parecer, no hay diferencia en la efectividad obtenida por las diversas concentraciones, siempre y cuando se sigan las instrucciones del fabricante. Todas alcanzan el mismo grado de blanqueación, lo que se debe tener en cuenta es que se ha demostrado que los materiales más concentrados pueden blanquear los dientes con mayor rapidez. En un estudio in vitro utilizando una solución al 16% de materiales altamente viscosos (Nite White, Discus Dental), se logró realizar un cambio de dos tonalidades con mayor rapidez que la solución al 5 y 10%.<sup>32</sup>

El blanqueamiento con peróxido de hidrógeno requiere el menor tiempo y es el más comúnmente usado. La fuerza de éste se designa más frecuentemente por el volumen en vez de por el porcentaje de peróxido. De este modo aunque estén interrelacionadas proporcionalmente, el peróxido de hidrógeno al 27.5% se clasifica con un volumen de 100, el de 35% tiene un volumen de 130, y el de 50% tiene un volumen de 200; por lo tanto el “volumen” indica el volumen de oxígeno liberado por el volumen de peróxido de hidrógeno designado.<sup>21, 37</sup>



### 3.6. Técnicas de blanqueamiento

#### Blanqueamiento vital (Externo)

- Blanqueamiento en consulta
  - Técnica erosivo – abrasiva o microabrasión del esmalte
  - Técnica de activación química.
  - Técnica de activación por calor.
  - Técnica de fotoactivación (lámpara halógena, de plasma, de diodos y láser).
  - Técnica de gases hiperoxidantes con cubetas individuales.
- Blanqueamiento domiciliario
  - Técnica con férulas
  - Técnicas complementarias:
    - \* Tiras de plástico blanqueadoras
    - \* Colutorios blanqueadores
    - \* Chicles blanqueadores
- Blanqueamiento combinado (power bleaching)
  - Fase en consulta
  - Fase domiciliaria

#### Blanqueamiento no vital (interno)

- Blanqueamiento en consulta
  - Técnica de activación química
  - Técnica de activación por calor
  - Técnica de fotoactivación (halógena, plasma, diodos, y láser).
- Blanqueamiento combinado
  - \* Fase en consulta
  - \* Fase domiciliaria

#### Blanqueamiento mixto

- Blanqueamiento simultáneo de dientes vitales y no vitales.



A continuación mencionaré las técnicas más usadas actualmente:

- **Blanqueamiento interno**

Se realiza en dientes no vitales, con tratamiento endodóntico, por medio de este se deja el agente blanqueador en la cámara pulpar entre cita y cita y se observa el efecto blanqueador sobre el diente para determinar si se debe volver a colocar nuevo agente blanqueador por más tiempo.

- **Blanqueamiento externo**

Se realiza vía esmalte vestibular, está indicada para dientes vitales, en la técnica de blanqueamiento casero con guarda o molde individual, o en la técnica en consultorio, con aislamiento absoluto, en general con el uso de alguna fuente de luz halógena, arco de plasma o aparatos láser.

- **Blanqueamiento en consultorio**

Es de diferentes tipos y varían según el químico a utilizar y la concentración que se utilice de éste. primero se colocan barreras protectoras sobre los tejidos blandos, luego el agente blanqueador es aplicado a una alta concentración sobre la parte vestibular de los dientes, se deja actuar según los tiempos que indica el fabricante, se remueve y se vuelve a colocar más material sobre la superficie vestibular, esta acción se repite hasta llegar al tono deseado. Actualmente esta técnica es realizada junto con el uso de lámparas de láser, plasma, rayos UV, y tecnología LED. Aunque el uso seguro de éstas para mejorar el blanqueamiento sigue en discusión según los diversos autores, debido a que se ha comprobado que generan un aumento de calor que daña la pulpa dental.



- **Blanqueamiento domiciliario**

Se toman unos moldes de la boca del paciente y se confeccionan en laboratorio unas férulas (estructura plástica flexible) que se amoldan a la forma de los dientes. Una para los dientes superiores y otra para los dientes inferiores. Son transparentes y no molestan en absoluto. Se entregan al paciente las dos férulas y un kit de blanqueamiento que contiene jeringas con el producto blanqueador.

Cada noche y durante 30 días (el tiempo dependerá del producto y concentración del mismo), tras el cepillado de dientes se deposita una pequeña cantidad en la férula, a la altura de cada uno de los dientes a blanquear, y se pone en boca.

A la mañana siguiente se retiran las férulas de boca y se limpian con agua fría para eliminar los restos de producto ya inactivos (la actividad del producto en boca es de unas tres horas).

Transcurrida una semana el paciente acudirá a la consulta para evaluar el color obtenido. Lo ideal es hacer una revisión por semana hasta que se obtenga el resultado deseado.

- **Power bleaching (Blanqueamiento combinado)**

Es la combinación de la técnica de consultorio con la casera bajo supervisión del odontólogo, se realiza para optimizar el resultado si el profesional lo considera oportuno (en función de la profundidad de coloración, extensión, etc.). El tratamiento blanqueador se inicia de forma más agresiva, aplicándose un agente basado en peróxido de hidrógeno o carbamida en las concentraciones del 30 al 50%, bajo aislamiento



absoluto, realizando o no su calentamiento. En una sesión posterior se le da al paciente una guarda flexible individualizada junto con un gel de peróxido de carbamida al 10 o 15%, y se le instruye para que lo utilice por las noches, durante dos o tres semanas, según lo indique el fabricante.

- **Técnicas complementarias (en casa)**

Es el más simple, el que se puede seguir en la casa sobre la base de pastas dentales, colutorios bucales especialmente formulados para remover la película proteica a la que se adhieren las manchas.

Su ventaja es el bajo costo; sin embargo, no es muy eficaz, ya que no elimina las manchas más profundas. Otra desventaja es que actualmente se comercializan estos productos sin restricciones, lo que permite que cualquier paciente los utilice, sin un diagnóstico previo del odontólogo, lo que resulta en daños a la estructura dental.



### **3.7. Propiedades del agente ideal**

El agente ideal de blanqueamiento debe:

- Ser fácil de aplicar.
- No ser ácido (tener un pH neutro).
- Blanquear los dientes con éxito y eficacia.
- Tener estabilidad en contacto con los tejidos orales durante cortos periodos.
- Conseguir el resultado esperado utilizando la mínima cantidad del agente blanqueador.
- No irritar o deshidratar los tejidos orales
- Poder ser bien controlado por el odontólogo para personalizar el tratamiento según las necesidades del paciente.

### **3.8. Velocidad del cambio de color**

La velocidad en el cambio de color depende de:

- La frecuencia con la que se cambian las soluciones durante el tratamiento.
- La duración del tiempo mediante el cual el blanqueador esta en contacto con el diente.
- La viscosidad del material.
- La velocidad de liberación de oxígeno.
- El tono original y la condición del diente.
- La posición y profundidad de la pigmentación.<sup>23</sup>
- La velocidad de degradación del material.<sup>38</sup>





### 3.9. Diagnóstico y examen previo

Previo a la realización del blanqueamiento se debe realizar:

- Historia clínica completa: Determinar el factor que causó el cambio en el color del diente, ya que de este factor dependerán: el tipo de agente blanqueador elegido, el tiempo de exposición al material y el pronóstico que se le dará al paciente. No todas las manchas o pigmentaciones se eliminan con blanqueamiento, algunas son más profundas que otras y por lo tanto más difíciles de tratar.
- Examen dental minucioso: descartar la presencia de condiciones desfavorables como caries, fracturas de esmalte; resinas, amalgamas o incrustaciones mal adaptadas, cuellos de raíces expuestos; encías inflamadas, sensibilidad excesiva al frío y al calor, pérdida severa de esmalte.

Una vez que se ha determinado el diagnóstico y se ha realizado un buen examen clínico dental, si es que existen las condiciones desfavorables antes mencionadas, debemos primero solucionarlas para evitar daños a la estructura dental posteriores al blanqueamiento.

Posterior al examen clínico dental debemos realizar una fase higiénica: remover cálculo y placa bacteriana; después de ésta, ya se puede proceder a la realización del blanqueamiento.



## 3.10. Efectos del blanqueamiento sobre la estructura dental

### 3.10.1. Efectos sobre el esmalte

#### 3.10.1.1. Textura superficial, dureza superficial y resistencia al desgaste

El esmalte dental cuando es sometido a agentes blanqueadores con un pH entre 5.2 a 5.8 puede presentar descalcificación. El contacto diario de los agentes blanqueadores por largos periodos puede causar alteraciones estructurales en el esmalte, dentina y cemento<sup>4,26,31</sup> disminución de la microdureza del esmalte, y friabilidad de éste.

Cuando se utiliza un agente blanqueador con una mayor concentración en las técnicas de blanqueamiento externas e internas, en un aislamiento absoluto, las estructuras de los dientes pueden ser desmineralizadas y comprometidas de forma más intensa<sup>34,46</sup> principalmente en la utilización del peróxido de hidrógeno al 30% o el peróxido de carbamida al 35% más fuente de calor.

En un estudio con microscopía electrónica de barrido para detectar los cambios sobre la superficie del esmalte dental expuesta a peróxido de hidrógeno al 35%, se observó que el peróxido tuvo una tendencia a promover un aumento en la densidad de los poros del esmalte.<sup>54</sup>

Mediante microscopia electrónica se exploraron áreas focales de erosión superficial que fueron desarrolladas en dientes humanos expuestos a solución de peróxido de carbamida, pero no se detectaron cambios en la composición del esmalte. Sin embargo, un estudio que empleó la misma solución al 16 y 35% informó de cambios significativos



en el esmalte, incluso de la pérdida de la capa aprismática, la exposición y de mineralización de los prismas del esmalte y su desprendimiento.<sup>6</sup>

La dureza superficial del esmalte aparentemente no se altera por la acción del blanqueador.<sup>59</sup> Sin embargo, un estudio demostró mediante un ciclo de blanqueamiento / remineralización que el tratamiento de peróxido de carbamida al 10% disminuye significativamente la dureza del esmalte. La aplicación de fluoruro favoreció su remineralización.

La reducción de la dureza puede reflejar la pérdida de los minerales del esmalte, la cual también podría provocar reducción de la resistencia al desgaste.<sup>50</sup> Los investigadores también demostraron que hubo un cambio en la resistencia del esmalte a la fractura.<sup>40</sup>

### **3.10.1. 2. Composición química**

Según diversos autores existe una pérdida de componentes orgánicos en las superficies del esmalte tratado: carbono, hidrocarbóno reemplazados por oxígeno, calcio y fósforo.<sup>40</sup>

Algunos de los agentes blanqueadores poseen un pH relativamente reducido (5-6) y pueden provocar erosión en el esmalte. Un potencial efecto secundario sería que en el diente se produjera un blanqueamiento por abrasión.<sup>3</sup>



### 3.10.2. Efectos sobre la dentina

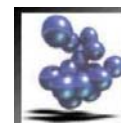
Ya hemos visto que el color dental es determinado principalmente por la dentina y puede modificarse mediante blanqueamientos. En un estudio in vitro para validar el cambio del color dentinario y evaluar si la dentina cambiaba de manera uniforme, mediante colocación directa de peróxido de carbamida al 10% sobre el esmalte, se observó que, efectivamente se producía un cambio de color uniforme en la dentina.<sup>39</sup>

En un estudio realizado en el que se observaron los efectos del radical hidroxilo y el peróxido de hidrógeno sobre la dentina, se obtuvo que, mientras más aumenta la concentración del peróxido de hidrógeno, también aumenta la cantidad de radicales hidroxilo, pero que la hidroxiapatita (matriz inorgánica) no estaba influenciada por el peróxido, mientras que los aminoácidos de las proteínas (matriz orgánica) eran degradados casi completamente por el hidroxilo desprendido del peróxido de hidrógeno.<sup>27</sup>

La adhesión dentinaria puede alterarse a consecuencia del blanqueamiento,<sup>10</sup> y eliminarse la capa de barrillo dentinario.<sup>24</sup>

La dentina cuando es sometida a un pH entre 6 a 6.8, puede presentar descalcificación y sensibilidad.

Cuando se realizan sesiones de mantenimiento por medio de nuevas aplicaciones de los agentes blanqueadores, en menor tiempo y a lo largo de los años, puede presentar en efecto adverso en las estructuras, causando disminución de la microdureza,<sup>34</sup> disminución de la resistencia del remanente dental,<sup>16</sup> efecto acumulativo en las estructuras mineralizadas<sup>4</sup> y en los tejidos blandos de los pacientes.<sup>17,35</sup> La utilización de los agentes blanqueadores entre tres a cuatro horas al día, en un máximo de tres a cuatro semanas,<sup>43</sup> proporciona tiempo libre en el resto del día para la remineralización de las estructuras dentales por el contacto con la saliva, minimizando algunos de los efectos clínicos antes mencionados.



## Capítulo 4. Microscopio de Fuerza Atómica

### 4.1. Antecedentes

Existen aproximadamente 24 tipos de microscopios de exploración de proximidad por sonda, dentro de éstos está el microscopio de fuerza atómica (AFM Atomic Force Microscope) o también llamado microscopio de fuerza de barrido (SFM Scanning Force Microscope) (Fig. 19 y 20). Se inventó en 1986 por Binnig, Quate y Gerber.

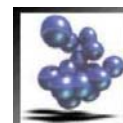
El nombre del microscopio se atribuye a que diversas fuerzas interatómicas interactúan para crear las imágenes tridimensionales, entre éstas se tienen a los enlaces de hidrógeno, las fuerzas electrostáticas, las de capilaridad y las de Van der Waals; aunque la fuerza más comúnmente asociada a este microscopio es la fuerza de Van der Waals.



Fig. 19. Imagen lateral del MFA utilizado.



Fig. 20. Imagen frontal del MFA



## 4.2. Principio de operación y mecanismo

Todos los microscopios de exploración de proximidad funcionan midiendo una propiedad local tales como: la altura, absorción óptica, o el magnetismo; con una sonda o punta colocada muy cerca de la muestra.

La operación del MFA es análoga a un tocadisco. Es decir, una punta fina del orden de micras y menor a 100 Å de diámetro se localiza a final de un muelle tipo resorte de unas 100 o 200 μm de longitud. Esta pieza es la que interactúa directamente con la superficie de la muestra, de tal manera que las fuerzas existentes entre los átomos de la punta y los átomos de la muestra interaccionan causando en el muelle una deflexión que se detecta por técnicas ópticas. Estas consisten en reflejar un láser de neón, en dirección angular al final del muelle (inicio de la punta), donde los cambios que sufre la punta al barrer la superficie de la muestra en el plano (XY) y en la posición vertical (Z) son monitoreadas y a su vez controladas por un piezoeléctrico XYZ – scanner.

Todos estos cambios o deflexiones son una medida de las fuerzas detectadas por el muelle en las tres coordenadas. Por lo cual, la reflexión del láser se captura y se convierte en una señal eléctrica por medio de un fotodetector sensible de posición (PSPD) y enviadas a una computadora para generar un mapa de la topografía de la muestra, creando así las imágenes tridimensionales (Fig. 21).

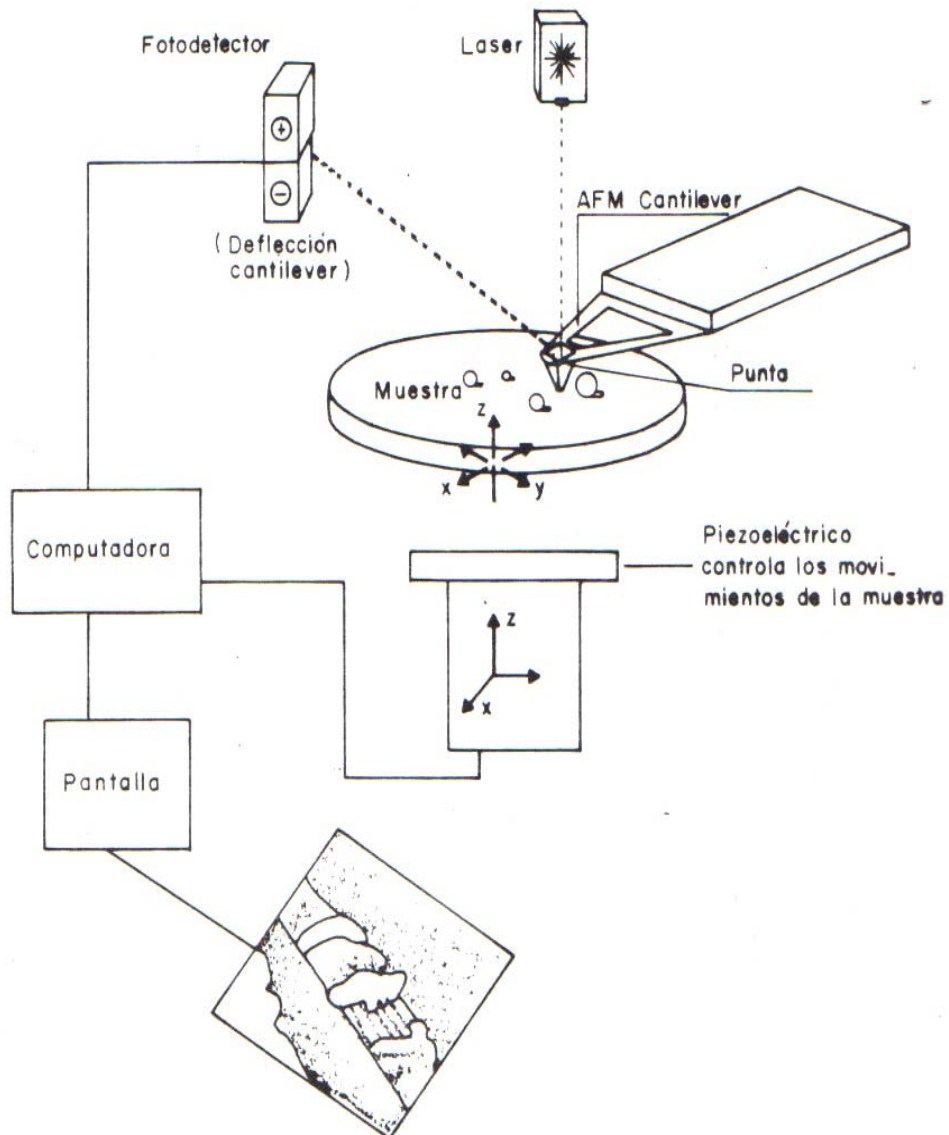
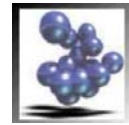
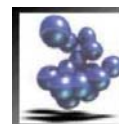


Fig. 21. Esquema del principio de operación del microscopio de fuerza atómica (MFA). El cantilever es traducido como muelle en la sección de antecedentes.



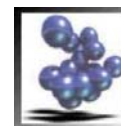
### 4.3. Formas de operación

Usando un sistema apropiado de retroalimentación, la deflexión del muelle puede mantenerse constante o quedar libre como respuesta a las fuerzas sensitivas. El radio de la vía extendida entre el muelle y el detector produce una amplificación mecánica y como resultado el sistema puede detectar movimientos verticales en sub- angstroms en la punta.

Una técnica nueva consiste en utilizar muelles de un material piezoresistivo, así que este puede detectar su deflexión eléctrica, esto es debido a que la piezoresistividad da una ventaja para detectar la alineación del rayo láser con el muelle y el PSPD. Una vez que la deflexión del muelle es detectada se pueden generar datos topográficos en varias vías:

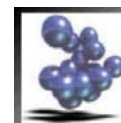
1. *Deflexión constante*: también llamada de *fuerza constante*, donde la retroalimentación cambia la altura de la muestra (manteniendo constante la deflexión) por ajustar el voltaje aplicado para la porción Z del scanner XYZ-piezoeléctrico. La suma de los cambios corresponde a Z, para la altura topológica de la muestra en cada punto de rastreo (XY). Al mantener la deflexión constante, el total de fuerzas aplicadas a la muestra es constante y la velocidad de barrido esta limitada por el tiempo de respuesta del circuito de retroalimentación. El total de fuerzas lo controla el usuario.





2. *Deflexión variable*: también llamada de *altura constante*, aquí la retroalimentación es abierta, de tal forma que el muelle se mueve bajo una deflexión proporcional para el cambio de la interacción punta – muestra. La superficie de la imagen se construye a partir de la deflexión, esto es llamado de altura constante, porque el componente Z del piezoeléctrico no cambia apreciablemente. Este proceso es usualmente inapropiado para muestras con superficies corrugadas como células, debido a que la fuerza fluctúa y entonces la deflexión del muelle es enorme, resultando en la liberación de la interacción punta – muestra.

3. *Modo de error*: esta vía remedia las imperfecciones en la altura minimizando la señal necesaria para la retroalimentación cuando se opera en el modo de deflexión constante. La señal de error amplifica el contorno de la información en el plano Z. En este modo la retroalimentación reúne la información de alta frecuencia normalmente no adquirida en el modo de deflexión constante. Esta información de alta frecuencia provee detalles de los cambios del contorno en la muestra. La mayor ventaja de esta vía es, que las imágenes se obtienen sin ejercer una fuerza sobre la muestra.



#### 4.4. Modos de representación de la imagen (Interacción punta– muestra)

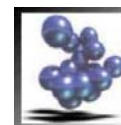
El AFM opera midiendo fuerzas atractivas o repulsivas entre una punta y la muestra.<sup>5</sup>

La forma en la cual se obtiene el contraste de la imagen se puede lograr de muchas maneras. Las principales clases de interacción son:

**a) Modalidad de *no contacto*:** la punta se encuentra oscilando a una distancia finita (grande o a unos nanómetros) de la superficie de la muestra. La ventaja más grande que se tiene es que no perturba a la muestra. Sin embargo los errores por humedad hacen de esta modalidad muy pobre en resolución y por tal motivo es raramente utilizada por los biólogos.

**b) Modalidad de *contacto intermitente o tapping*:** en la cual la punta oscila a una alta frecuencia para barrer la superficie de la muestra. La oscilación amplifica los cambios en la superficie y esta señal es utilizada para crear las imágenes. La desventaja es que la fuerza vertical puede ser muy grande, incrementando la posibilidad de dañar a la muestra y además cualquier ruido en el intervalo de la frecuencia puede alterar la lectura e introducir errores.

**c) Modalidad de *contacto*:** es ésta, la punta puede ser llevada lo suficientemente cerca de la superficie de la muestra para que esté en contacto directo con ella. A continuación abordaré con todo detalle esta variedad del microscopio, ya que es la más utilizada en las ciencias biológicas, y por ser la modalidad que se empleó para esta investigación.



### 4.5. Modalidad de Contacto (MFA – C)

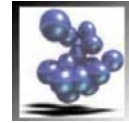
Esta modalidad también se conoce como repulsiva. Para examinar este escenario en más detalle, hay que empezar con la curva de fuerza de Van der Waals (Fig. 22).

En el lado derecho de la curva, los átomos están separados por una distancia larga y conforme los átomos son gradualmente llevados a estar juntos, se atraen débilmente unos a otros. Esta atracción se incrementa hasta que los electrones empiezan a repelerse electrostáticamente, y esta repulsión progresiva disminuye la fuerza atractiva así como la separación inter- atómica, que continua decreciendo hasta que la fuerza llega a cero. Esto sucede cuando la distancia entre los átomos alcanza el nivel de angstroms, cerca de la longitud del enlace químico. Cuando el total de las fuerzas de Van der Waals se vuelve positiva (repulsiva), los átomos están en contacto y es de aquí de donde el MFA-C recibe su nombre (Fig. 22).

Además de la fuerza repulsiva de Van der Waals descrita arriba, otras dos fuerzas están generalmente presentes durante la operación del microscopio en la variedad de contacto: la fuerza de capilaridad, ejercida por pequeñas capas de agua frecuentemente presentes en un ambiente experimental, y la fuerza ejercida sobre el muelle mismo.

La fuerza de capilaridad se incrementa cuando la humedad se encuentra alrededor de la punta, que sostiene está en contacto con la superficie. La magnitud de la fuerza de capilaridad depende de la separación que existe entre la punta y la muestra.

La fuerza ejercida por el muelle es parecida o igual a la de un movimiento compresor.



La fuerza total que la punta ejerce sobre la muestra es la suma de la fuerza de capilaridad más la fuerza del muelle, y debe ser balanceada por la fuerza repulsiva de Van der Waals. La magnitud de la fuerza total ejercida sobre la muestra varía de  $10^{-8}$  N hasta el más típico rango de operación de  $10^{-7}$  a  $10^{-6}$  N.

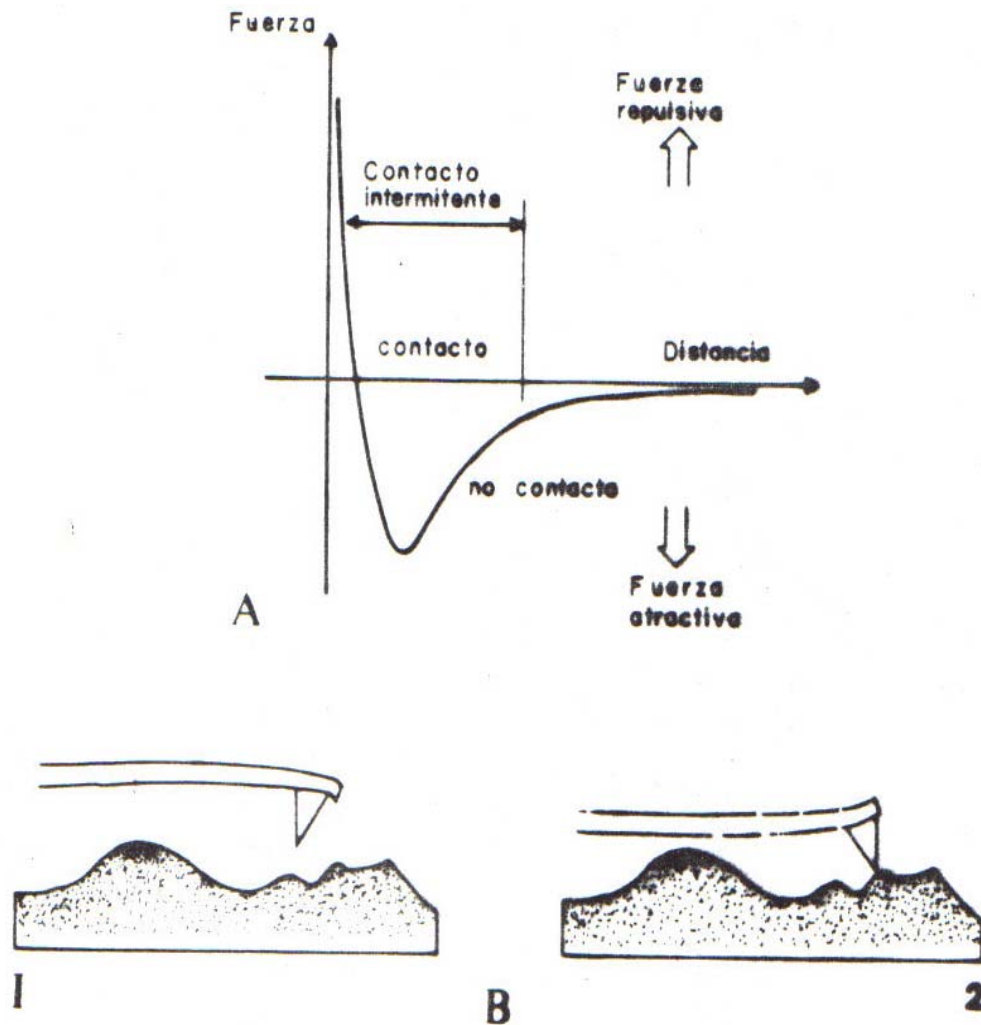
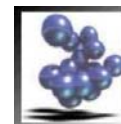


Fig. 22. (A) Gráfico que muestra la relación de la fuerza de Van der Waals contra la separación punta-muestra Durante un barrido con el MFA. (B) Comparación de los dos tipos de operación del MFA con base a la gráfica anterior. 1) Corresponde al modo de no contacto y 2) Corresponde al modo de contacto.



## 4.6. Resolución Espacial

El límite de la resolución espacial para el MFA no está bien definido en lo que respecta a las ciencias biológicas.<sup>5</sup>

Con el MFA, las imágenes se forman por reconstrucción del contorno de las fuerzas ejercidas entre la muestra y la punta. Al seleccionar un área pequeña de barrido y una condición apropiada de trabajo, se pueden distinguir dos estructuras adyacentes que son menores de 1 nm.

La señal de un MFA es suficientemente grande para no requerir de una señal promedio y del análisis de imágenes que es a menudo necesaria para un microscopio electrónico y algunas otras técnicas.

En el MFA la resolución puede dividirse en dos categorías:

### 1. Resolución instrumental

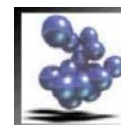
La resolución lateral es  $\sim 0.1$  nm y se determina por la limitación del hardware. La resolución vertical es de 0.01 nm y por tanto puede introducir pequeñas perturbaciones sobre la superficie de la muestra.

### 2. Resolución en muestras biológicas

Para muestras biológicas la resolución que se tiene es relativamente pobre, pero más alta que la microscopía de luz y que el microscopio electrónico de barrido. Además, la resolución depende de las características de la punta y del ambiente de operación.

En una muestra biológica donde la densidad de partículas, como las proteínas de membrana, es alta y su movilidad limitada, se puede alcanzar una resolución de hasta  $\sim 0.1 - 0.2$  nm.

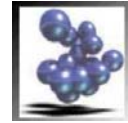
La resolución de imágenes moleculares de proteínas de membranas de diversas células, como los glóbulos rojos, se están obteniendo recientemente gracias a esta técnica.



## 4.7. Ventajas y desventajas

### Ventajas

- A diferencia de los microscopios tradicionales, los sistemas con sonda exploradora no usan lentes, de modo que el tamaño de la sonda en lugar de llevar a cabo la difracción generalmente limita su resolución.
- A diferencia del microscopio electrónico de barrido (SEM), el cual proporciona una proyección bidimensional de una muestra, el AFM proporciona un verdadero perfil de la superficie tridimensional.
- Las muestras vistas por el AFM no requieren de tratamientos especiales como: revestimientos de metal / carbón que irreversiblemente cambiarían o dañarían la muestra.
- Mientras que el microscopio electrónico necesita un medio ambiente de vacío caro para una operación apropiada, la mayoría de los modos del AFM pueden funcionar perfectamente bien en un ambiente al aire libre o aún en un medio líquido. (Esto hace posible estudiar las macromoléculas biológicas y aún los microorganismos vivientes).



### Desventajas

- El AFM presenta un tamaño de imagen limitado. El microscopio electrónico de barrido (SEM) puede exhibir una imagen con un área con una profundidad de campo en el orden de las micras, mientras que las imágenes que se exhiben con el AFM están en el orden de nanómetros.
- Cuando se maneja alta resolución, la calidad de la imagen está limitada por el radio de la curvatura de la punta, y la elección incorrecta de ésta, para la resolución requerida puede llevar a representar artefactos.
- El AFM no puede explorar imágenes tan rápido como un SEM, requiriendo varios minutos para una exploración típica, mientras que un SEM es capaz de explorar en tiempo casi real, aunque con una calidad relativamente baja. Aunque se están haciendo avances en cuanto a la velocidad, desarrollando lo que se conoce como video AFM, con el que se obtienen imágenes con una calidad razonable a un ritmo de video más rápido que el promedio de SEM.



# IV. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL





- **Población de estudio:** 10 dientes extraídos, premolares permanentes sanos.
  
- **Tipos de variable:**
  - Independiente:
    1. Exposición a diferentes tipos de blanqueamiento.
    2. Tiempos de exposición al blanqueamiento.
    3. Concentración de los diferentes geles de blanqueamiento.
  - Dependiente:
    1. Caracterización de la superficie del esmalte y de la dentina de los dientes de acuerdo al tipo de blanqueamiento utilizado.
  
- **Material**
  - 10 premolares extraídos, cortados sagitalmente y desgastados hasta lograr obtener un espesor de 1 mm.
  - Portamuestras
  - Microscopio de Fuerza Atómica del Laboratorio de Biología Molecular de la División de Estudios Superiores e Investigación de la Facultad de Odontología (UNAM).
  - Kit de blanqueamiento Opalescence Extra Boost (Ultradent).  
Peróxido de hidrógeno al 38%.
  - Kit de blanqueamiento Pola Office (SDI).  
Peróxido de hidrógeno al 35%.
  - Kit de blanqueamiento Zoom. Peróxido de hidrógeno al 16%.



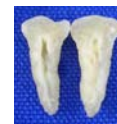
- **Método**

1. Se cortaron los premolares sagitalmente, haciendo pequeños cortes con fresa de carburo para dañar lo menos posible la estructura dental, y así poder obtener dos fracciones iguales.



2. Una vez que se obtuvieron estas dos fracciones, una se desgastó del lado del esmalte para poder tener la dentina expuesta intacta. Mientras que la otra fracción se desgastó del lado de la dentina para poder obtener el esmalte expuesto intacto.





3. Ya desgastadas todas las fracciones hasta alcanzar 1mm, se procedió a aplicar los diferentes sistemas de blanqueamiento sobre todos los dientes, dando una numeración ordenada para marcar las muestras y así identificarlas posteriormente, de la siguiente forma:

- \* 3 fracciones de esmalte expuesto con blanqueamiento Zoom. Estas se marcaron con el número 1 E.

- \* 3 fracciones de dentina expuesta con blanqueamiento Zoom. Estas se marcaron con el número 1 D.

- \* 3 fracciones de esmalte expuesto con blanqueamiento Extra boost. Estas se marcaron con el número 2E.

- \* 3 fracciones de dentina expuesta con blanqueamiento Extra boost. Se marcaron con el número 2D.

- \* 3 fracciones de esmalte expuesto con blanqueamiento Pola office. Se marcaron con el número 3E.

- \* 3 fracciones de dentina expuesta con blanqueamiento Pola office. Se marcaron con el número 3D.

- \* 1 Fracción de esmalte sin blanqueamiento = esmalte control.

- \* 1 Fracción de dentina sin blanqueamiento = dentina control.



Zoom: 1E, 1D



Opalescence Extra Boss: 2E, 2D

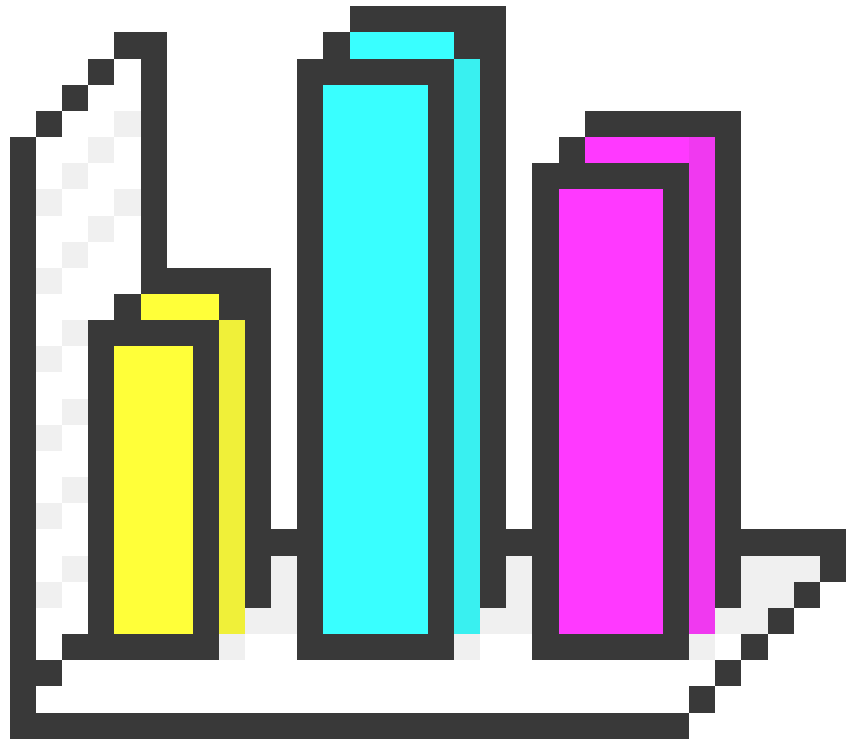


Pola office: 3E, 3D

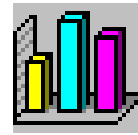


La aplicación de los diferentes sistemas de blanqueamiento fue realizada siguiendo las instrucciones de cada fabricante, para poder acercarnos más a la realidad en la cavidad oral. Sin hacer variaciones. En el caso del blanqueamiento Zoom se utilizó la lámpara que el fabricante recomienda con el uso de su producto.

4. Posteriormente a esta aplicación, se llevaron las muestras al laboratorio para ser observadas bajo el Microscopio de Fuerza Atómica modalidad de contacto (Scanning Probe Microscope JSPM 4210) para poder obtener las imágenes que nos mostrarán el efecto de los diferentes sistemas, sobre el esmalte y la dentina.

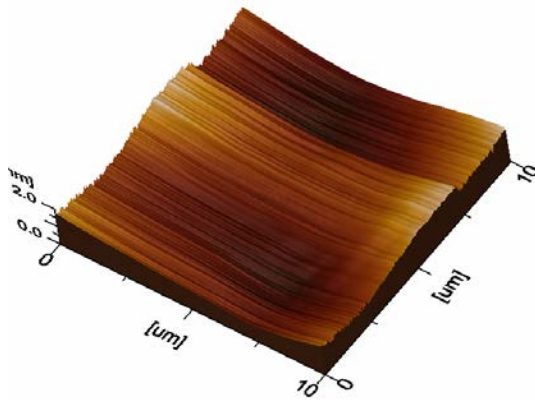


# V. RESULTADOS

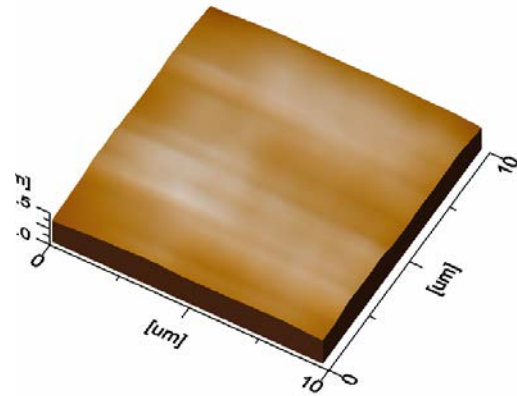


## RUGOSIDAD DE ESMALTE

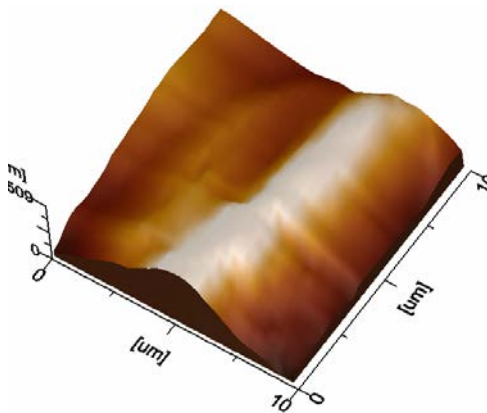
**ESMALTE CONTROL**



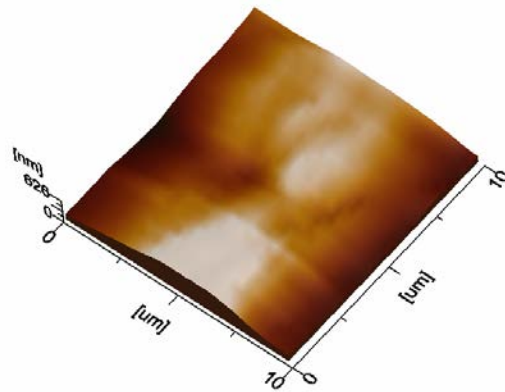
**ESMALTE 1. Zoom**

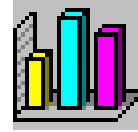


**ESMALTE 2. Extra boost**



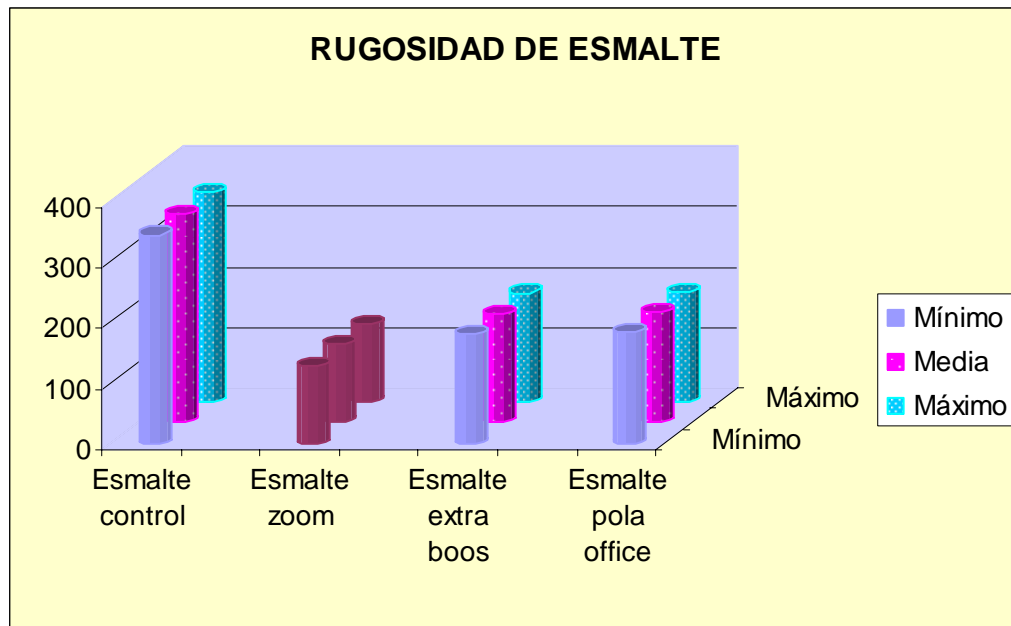
**ESMALTE 3. Pola Office**

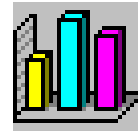




## RUGOSIDAD DE ESMALTE

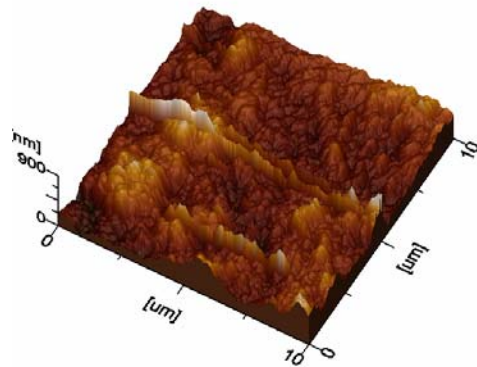
TIPO DE MUESTRA	Mínimo nm.	Media nm.	Máximo nm.
Esmalte control	344.98	346	347.02
Esmalte 1. zoom	129.25	130	130.75
Esmalte 2. Extra boos	180.95	181	181.05
Esmalte 3. Pola office	183.99	184	184.01



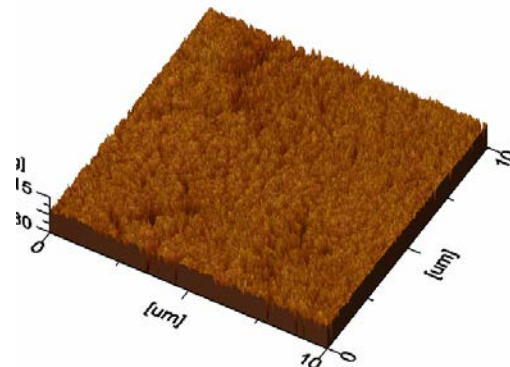


## RUGOSIDAD DE DENTINA

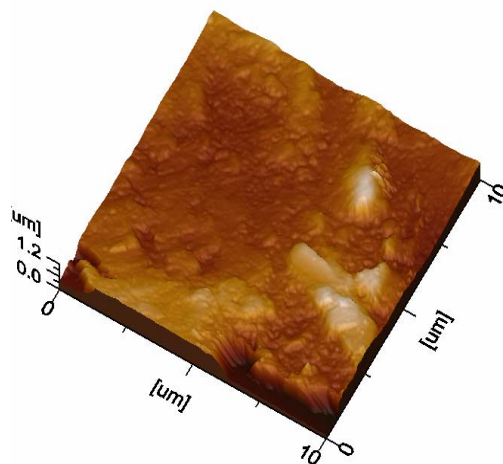
DENTINA CONTROL



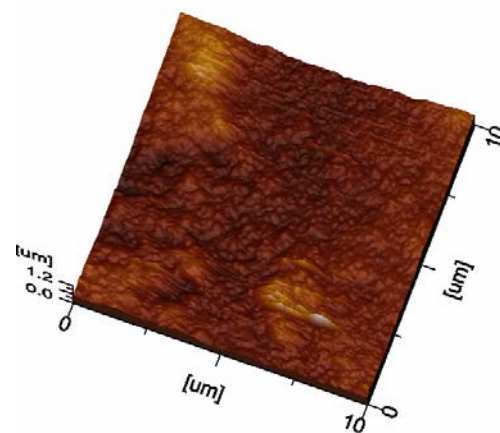
DENTINA 1. Zoom



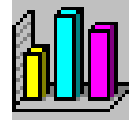
DENTINA 2. Extra boost



DENTINA 3. Pola Office

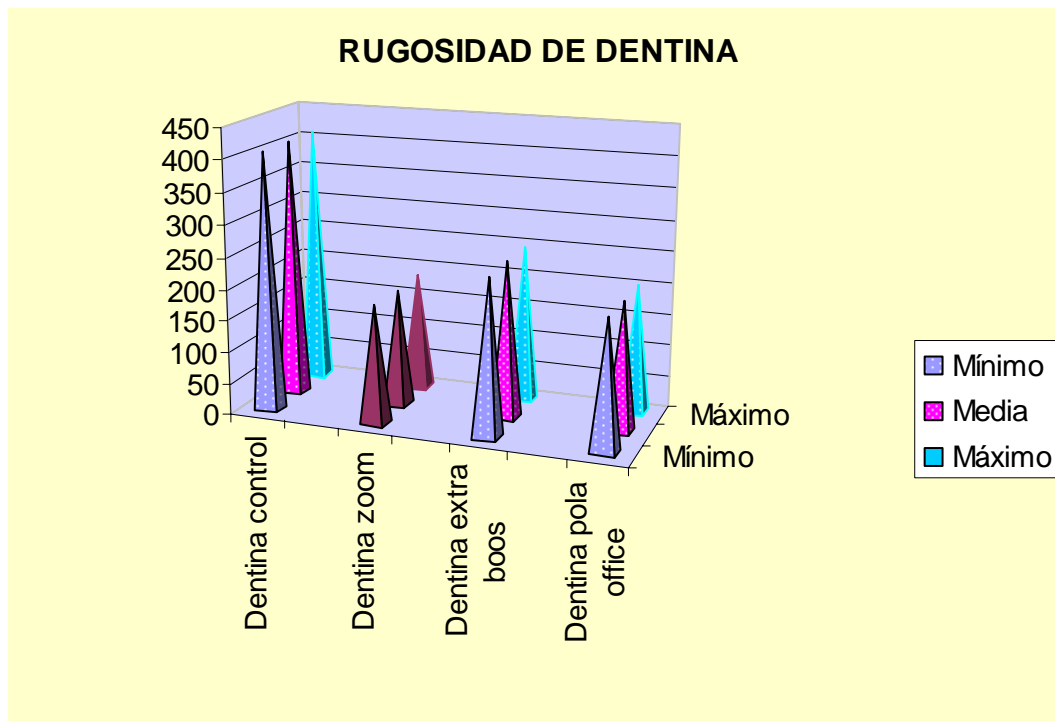






## RUGOSIDAD DE DENTINA

TIPO DE MUESTRA	Mínimo	Media	Máximo
Dentina control	406.95	408	409.05
Dentina zoom	185.99	186	186.01
Dentina extra boos	247.82	249	250.18
Dentina pola office	203.89	205	206.11



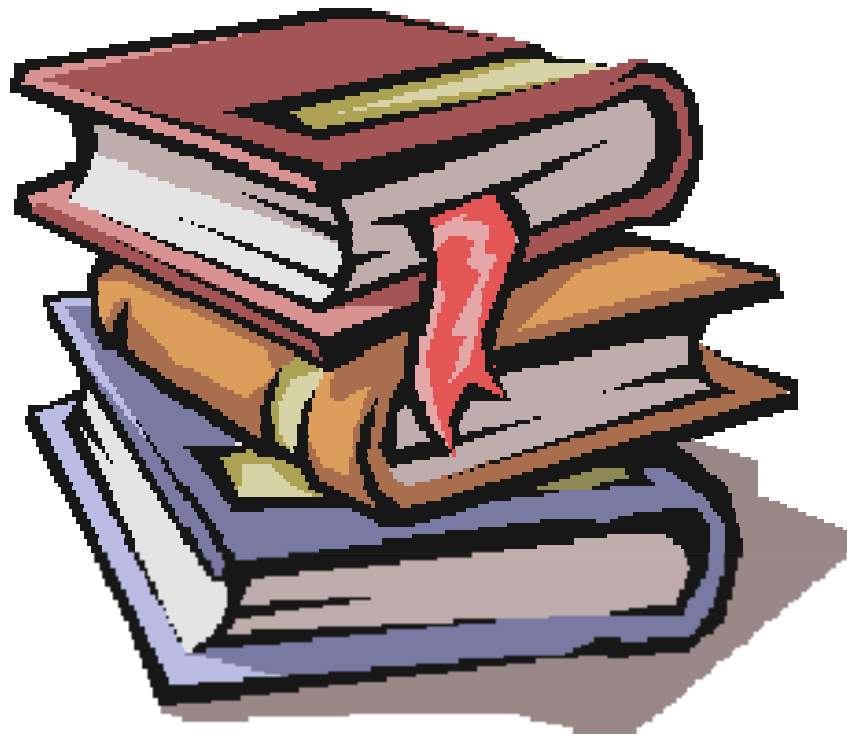


## VI. CONCLUSIONES



Concluimos, en base a los resultados obtenidos en esta investigación:

1. En cuanto a rugosidad de esmalte, no encontramos diferencias significativas entre el sistema Extra Boost y el sistema Pola Office, el sistema Zoom si presentó cambios significativos en comparación con los dos anteriores.
2. La rugosidad de dentina que presentó mayores cambios se obtuvo con el sistema Zoom.
3. El Microscopio de Fuerza Atómica resultó ser una excelente herramienta para la caracterización de las superficies en este estudio, permitiéndonos medir los cambios en la rugosidad de las superficies posterior al tratamiento con los diferentes sistemas de blanqueamiento.
4. Como Odontólogos responsables, es indispensable tomar en consideración todos los puntos que giran alrededor del blanqueamiento dental, para poder emplear el mejor criterio de selección para la realización de este tipo de tratamiento, que como cualquier otro procedimiento genera riesgos y beneficios.



## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN



1. Alves C.R.J. y Nogueira G.E.A. *Estética Dental*. Nueva Generación. Artes Médicas. 2003. Sao Paulo, Brasil. 427 p.
2. Baratieri L.N. et al. *Clareamento Dental*. Quintessence. 1993. Sao Paulo, Brasil. 176 p.
3. Bartlett D.W., Walmsley A.D., et al. Analysis of two home bleaching products. *J. Dent. Res.* 70: 726 pp. [Abstract No. 452]. (1991).
4. Ben-Amar A., Liberman R., et al. Effect of mouthguard bleaching on enamel surface. *Am. J. Dent.* V8. N1. 2-32 . (Feb 1995).
5. Binnig G., Quate C.F. & Gerber C. Scanning Force Microscopy. *Phys. Rev. Lett.* 56:930-933. (1986).
6. Bitter N.C. A scanning electron microscopy study of the long term effect of bleaching agents on the enamel surface in vivo. *Gen. Dent.* 46:84-88. (1995).
7. Bustamante C., Erie D. & Keller D. Biochemical and structural applications of scanning force microscopy. *Curr. Opin. Struct. Biol.* 4:750-760. (1994).
8. Bustamante C. & Keller D. Scanning force microscopy under aqueous solutions. *Curr. Opin. Struct. Biol.* 7:709-716. (1997).
9. Dahl J.E. Pallesen U. Tooth bleaching – a critical review of the biological aspects. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.* 14(4): 292 – 304. 2003.
10. Della Bona A., Baghi N. et al. In Vitro bond strength testing of bleached dentine. *J.Dent. Res.* 71:659. [Abstract 1154]. (1992).
11. Dietz E.R. The role of the dental assistant in educating patients about passive tooth whitening. *The dental assistant.* V59. N3. 10-11 pp. May/June 1990.
12. Engel A. Biological applications of scanning probe microscopes. *Annu. Rev. Biophys. Chem.* 20:79-108. (1991).
13. Fasanaro T.S. Bleaching teeth: history, chemicals and methods used for common tooth discolorations. *J. of Esthet Dent.* V4. N3. 71-78 pp. May/June 1992.
14. Fawcett D.W. *Tratado de histología*. 11ª ed. Interamericana Mc Graw-Hill. Madrid, España. 1994. 1026 p.
15. Feinman R, Madray G, Yarborough D. Chemical, optical and physiologic mechanisms of bleaching products: a review. *Pract. Periodont Aesthetic Dent.* 3(2): 32- 37. 1991.
16. Francischone C.E., et al. Clinical study of dental bleaching: follow up 3 to 16 years. *J. dent. Res.* V 69. N 4. 929p. [Abstract 78]. April. 1990.



17. Floyd R.A. The effect of peroxides and free radicals on body tissues. J. Amer. Dent. Ass. V 128. N 4. 37-40 pp. Special Supplement. April 1997.
18. Frazier K.B. An update on tooth- whitening procedures. Adv.Dent. V1. 6-9 pp. Supplement. 1999.
19. Garant P.R. Oral Cells and Tissues. Quintessence Publishing. Canada 2003. 430 p.
20. Geneser F. Histología sobre bases biomoleculares. 5ª. ed. Médica Panamericana. España. 2000. 813 p.
21. Grenwall L., et al. Técnicas de blanqueamiento en odontología restauradora. Guía ilustrada. Ars Médica. Barcelona, España. 2002. 270 p.
22. Goldstein R.E., Garber D.A. Complete dental bleaching. Quintessence Books, Chicago. 1995.
23. Howard W.R. Patient – applied tooth whiteners. J. Am. Dent. Assoc. 132 (2):57-60. 1992.
24. Hunsaker K.J., Christensen G.J. & Christensen R.P. Tooth bleaching chemicals – influence on teeth and restorations. J.Dent.Res. 60:303. [Abstract 1558]. 1990.
25. Junqueira L.C. y Carneiro J. Histología Básica. 5ª. ed. Masson. Barcelona, España. 2000. 489 p.
26. Kalili I. et al. In Vitro toothbrush abrasion and bond strength of bleaching enamel. J. Dent. Res. V 70. 546 p. 1991.
27. Kawamoto K., Tsujimoto Y. Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. J. Endod. 30(1): 45- 50. Japan. 2004.
28. Kendell R.L. Hydrochloric acid removal of brow fluorosis stains: clinical and scanning electron micrographic observations. Quintessence International. V 20. N 11. 837- 883 pp. Nov. 1989.
29. Kenneth W. A., y Barry G.D. Odontología estética. Una aproximación clínica a las técnicas y los materiales. 2ª. ed. Elsevier Science Imprint. España. 606 p. 2002.
30. Lal R. & S. A. John. Biological applications of atomic force microscopy. Am.J. Physiol. 266 (Cell Physiol. 35): C1- C21. (1994).
31. Ledoux W. R., et al. Structural effects of bleaching on tetracycline stained vital rat teeth. J. Prosthet. Dent. V 67. 1523 -1528 . (1988).
32. Leonard R.H., Sharma A. & Haywood V.B. Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: an in vitro study. Quintessence International. 29: 503- 507. (1998).
33. Leeson T.S., et al. Texto y atlas de histología. Interamericana Mc Graw- Hill. México. 1990. 741 p.



34. Lewinstein I., Hirschfeld Z., et al. Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin. *J. Endod.* V 20. N 2. 61-63 . Feb. 1994.
35. Li Y. Toxicological considerations of tooth bleaching using peroxide – containing agents. *J. Am. Dent. Ass.* V 128. N 4. 31-36. Special supplement. April 1997.
36. Lin L.C., Pitts D.L., Burgess L.W. An investigation into the feasibility of photobleaching tetracycline stained teeth. *J. of Endod.* V 14. N 6. 293- 299. June 1998.
37. Marshall M.V., Cancro L.P., Fischman S.L. Hydrogen peroxide a review of its use in dentistry. *J. Periodontology.* 66 (9): 786 - 796. 1995.
38. Matis B.A., Gaiao U., et al. In vivo degradation of bleaching gel used in whitening teeth. *J. Am. Dent. Assoc.* 130: 227–235. (1999).
39. Mc Caslin A.J., Haywood V.B. et al. Assessing dentin colour changes from nightguard vital bleaching. *J. Am. Dent. Assoc.* 130: 1485 – 1490. Oct. 1999.
40. Mc Cracken M.S., Haywood V.B., et al. Demineralisation effects of 10 percent carbamide peroxide. *J. Dent.* 24: 395-398. 1996.
41. Ming S Tung, Ph.D., Frederick C. & Eichmiller D.D.S. Amorphous Calcium Phosphates for tooth mineralization. V 25. N 9. [Suppl 1]. 9-13. Sep. 2004.
42. Mjor T.A. y Fejerskov O. Embriología e histología oral humana. Panamericana. Sao Paulo, Brasil. 50 – 129 pp. 1990.
43. Mondelli R.F.L. Clareamento dental. *Rev. Dent. Rest.* V1. N4.163-215. 1998.
44. Moraes R.R., Marimon J.L.M., et al. Carbamide peroxide bleaching agents: effects on surface roughness of enamel, composite and porcelain. *Clin. Oral Invest.* 10: 23-28. 2006.
45. Nutting E.B., Poe G.S. Chemical bleaching of discolored endodontically treated teeth. *Dent. Clin. North. Am.* 655 – 662. 1967.
46. Pinheiro Junior E.C., Fidel R.A.S., et al. In vitro action of various carbamide peroxide gel bleaching agents on the microhardness of human enamel. *Dent. J. Brasil.* V 7. N 2. 75-79. Feb. 1996.
47. Pretty I.A., Ellwood R.P., et al. Vital tooth bleaching in dental practice: 1 Professional bleaching. *Dent Update.* University of Manchester. 33(5): 288 – 300. 2006.
48. Ross M.H., Kaye G.I. y Pawlina W. Histología. Texto y atlas a color con biología celular y molecular. 4ª. ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 864 p. 2005.



49. Schmidseeder J. Atlas de odontología estética. Masson. Barcelona, Espana. 298 p. 1999.
50. Seghi R.R., Denry I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. J. Dent. Res. 71: 1340 – 1344. 1992.
51. Shao Z., Yang J. & Somlyo A.P. Biological atomic force microscopy: from microns to nanometers and beyond. Annu. Rev. Cell Dev. Biol. 11: 241- 265. (1995).
52. Sherer W., Boylan R., Bhatt S. Vital bleaching agents and oral antiseptic: effect on anaerobic bacteria. J. of Esthet. Dent. V4. N3. 84-85. May/ June 1992.
53. Sheridan J.J., Armbruster P. Bleaching teeth during supervised retention. J. Clin. Orthod. 33 (6): 339 – 344. 1999.
54. Spalding M., Taveira L.A., De Assis G.F. Scanning electron microscopy study of dental enamel surface exposed to 35% hydrogen peroxide: alone, with saliva, and with 10% carbamide peroxide. J. Esthet. Restor. Dent. 15(3): 154 – 164. Brazil. 2003.
55. Stevens A. y Lowe J. Histología Humana. Harcourt Brace. Barcelona, España. 408 p. 1998.
56. Stevens A. y Steven J. Texto y atlas de histología. Mosby- Doyma. Madrid, España. 378 p. 1993.
57. Trotman R.E. Industry- an NHS perspective. J.Med.Eng. Technol. 11(5): 220 – 223. 1987.
58. Williams R.A.D. y Elliot J.C. Bioquímica dental básica y aplicada. 2ª. ed. Manual Moderno. México. 514 p. 1990.
59. Zalkind M., Arwaz J.R., et al. Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: a scanning electron microscope study. Endodont. Dent. Traumatol. 12(2): 82-84. 1996.
60. Zaragoza V.M.T. Bleaching of vital teeth: technique. Estomodeo. N 9. 7- 30. 1984.