



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

**DESMINERALIZACIÓN DEL ESMALTE Y DENTINA
FRENTE A PRODUCTOS BLANQUEADORES DE
VENTA LIBRE**

**Demineralization of enamel and dentin against over the
counter dental bleaching products**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
ODONTOLOGÍA RESTAURADORA Y ESTÉTICA

ALUMNA:

DANIELA ESTEFANIA ARIAS PACHECO

ASESORA:

DRA. LIDIA YILENG TAY CHU JON

CO-ASESORA:

MG. LEYLA ANTOINETTE DELGADO COTRINA

LIMA – PERÚ

2020

JURADO

Presidente: Mg. Janett Mas Lopez
Vocal: Mg. Natalia Henostroza Quintans
Secretario: Mg. Andres Kenichi Noborikawa Kohatsu

Fecha de sustentación: 11 de setiembre del 2020

Calificación: Aprobado con mención honorable

ASESORES DE TESIS

ASESORA:

Dra. Lidia Yileng Tay Chu Jon

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

CO-ASESORA:

Mg. Leyla Antoinette Delgado Cotrina

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

AGRADECIMIENTOS

Al Mg. José Castañeda Vía, por las revisiones y sugerencias.

DECLARACIONES Y CONFLICTO DE INTERÉS

La autora declara no tener conflictos de interés.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	4
III. Materiales y métodos.....	5
IV. Resultados.....	12
V. Discusión.....	14
VI. Conclusiones.....	21
VII. Referencias bibliográficas.....	22
VIII. Tablas y figuras.....	27

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la desmineralización del esmalte y dentina expuesto a productos blanqueadores de venta libre. **Materiales y métodos:** Estudio experimental *in vitro* aleatorizado. Se emplearon especímenes de esmalte y dentina de premolares humanos sanos. Estos fueron divididos según el tratamiento recibido (n=5): dentífrico (Colgate® *Optic White High Impact White*) con cepillado, dentífrico sin cepillado, colutorio (Listerine® *Whitening Extreme*), *Whitestrips* (Crest® *3D White Luxe Professional Effect*), peróxido de carbamida 10% (Ultradent® *Opalescence PF 10%*) y grupo control. Para determinar el contenido de mineral superficial después del periodo experimental, se empleó un espectrómetro Raman confocal alpha300RA (WITec GmbH, Ulm, Alemania). Para determinar las diferencias de medias entre grupos, se empleó la prueba Kruskal-Wallis y el *post-test* de Bonferroni. Se estableció el nivel de significancia de 5% (p=0.05). **Resultados:** Los especímenes tratados con dentífrico mostraron mayor área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita. Cuando se aplica el dentífrico con cepillado el área es aún mayor, lo cual está asociado a mayor cantidad de depósito de mineral. Los otros grupos no muestran diferencias significativas con el control; excepto el grupo colutorio en esmalte, el cual muestra menor área de la banda evaluada (p<0.05). **Conclusiones:** Los productos blanqueadores de venta libre no producen desmineralización de esmalte ni de dentina excepto el colutorio (Listerine® *Whitening Extreme*), que provocó desmineralización del esmalte. Cuando se usa un dentífrico blanqueador acompañado del cepillado ocurre remineralización del esmalte y dentina.

Palabras clave: Blanqueamiento de Dientes, Productos de Venta Directa al Consumidor, Desmineralización Dental (DeCS)

ABSTRACT

Objective: To evaluate the demineralization on enamel and dentin samples exposed to over the counter bleaching products. **Materials and methods:** Experimental, randomized *In vitro* study. Enamel and dentin specimens were collected from sound human dental premolars, which were divided according to the bleaching treatment (n=5) performed on them: dentifrice (Colgate® *Optic White High Impact White*) with brushing, dentifrice without brushing, mouthwash (Listerine® *Whitening Extreme*), Whitestrips (Crest® *3D White Luxe Professional Effect*), 10% carbamide peroxide (Ultradent® *Opalescence PF 10%*) and a control group. A confocal Raman spectrometer alpha300RA (WITec GmbH, Ulm, Germany) was used to establish the superficial mineral content of the samples after the experimental period. Kruskal-Wallis and Bonferroni post-test were performed to establish the difference of means between groups. With a significance level of 5% ($p=0.05$). **Results:** The specimens treated with dentifrice showed a bigger hydroxyapatite Raman ν_1 phosphate peak area. When brushing is performed, the hydroxyapatite Raman ν_1 phosphate peak areas are even bigger, which is associated to a bigger mineral deposit. The other groups did not showed significance differences with the control groups; except for the mouthwash on enamel samples, which showed smaller area of the evaluated band ($p<0.05$). **Conclusions:** Over the counter bleaching products analyzed in this study do not produced demineralization on enamel and dentine samples, except for the mouthwash (Listerine® *Whitening Extreme*) on enamel samples. The use of dentifrice associated to brushing enhances remineralization of enamel and dentin.

Keywords: Tooth Bleaching, Products of Consumer Direct Sale, Tooth Demineralization (MeSH)

I. INTRODUCCIÓN

Los dientes son una parte importante de la estética facial y están involucrados en interacciones sociales, culturales y psicológicas de cada individuo (1). Generalmente en nuestra sociedad, se asocia tener los dientes más blancos con una sonrisa hermosa; es por ello que la demanda por tener una sonrisa más blanca ha crecido en los pacientes de hoy (1).

El blanqueamiento dental es un procedimiento seguro, siempre y cuando sea realizado bajo la supervisión de un odontólogo (2). El blanqueamiento dental, involucra el aclaramiento del color de los dientes a través de la aplicación de un agente a base de peróxido de hidrógeno. El agente químico aclarador realiza su difusión a través del esmalte y dentina; descomponiéndose en radicales libres los cuales atacan las moléculas orgánicas de los pigmentos, reflejando menos luz y creando así un efecto más blanco (3). Sin embargo, existen los productos de blanqueamiento dental de venta libre u “*over the counter*” que no requieren de la indicación de un profesional para su adquisición. Presentan dentro de su composición peróxido de hidrógeno en bajas concentraciones y están al alcance de los pacientes sin el control de un profesional; es decir, pueden utilizarlo indiscriminadamente sin tener en cuenta las condiciones bucales preexistentes, así como los posibles efectos adversos que tiene el uso del peróxido de hidrógeno (4). Los productos de venta libre son efectivos, sin embargo, estudios demuestran que no llegan a ser tan efectivos como el peróxido de carbamida al 10% (4-5), producto avalado por la *American Dental Association (ADA)* como agente para blanqueamiento dental sin riesgos en la técnica domiciliaria, supervisada por el odontólogo.

Los principales efectos adversos son la irritación gingival y la hipersensibilidad dental. Browning y col. observaron hipersensibilidad en 77% de los participantes e irritación gingival en 22% de los participantes luego del blanqueamiento dental (6). Independientemente de la técnica, la prevalencia de sensibilidad dental es alta y puede variar entre 15–78% (7-9). Asimismo, a mayor concentración y tiempo de exposición del producto aclarador, la intensidad de la sensibilidad puede ser mayor (10). Usualmente la hipersensibilidad persiste hasta 3 días luego de concluido el tratamiento activo en un 77% de los casos; sin embargo, podría extenderse y causar un impacto negativo en la satisfacción y aceptación del paciente (6). Además ha sido asociada a la mayor permeabilidad en la superficie del esmalte por desmineralización superficial (6). Estos defectos permiten el rápido ingreso de los estímulos externos hacia la pulpa resultando en hipersensibilidad (11). Existe controversia en algunos estudios sobre el efecto desmineralizante de los agentes blanqueadores (12-17); sin embargo, la mayoría de estudios muestran cambios en la composición inorgánica, proporción de calcio y fósforo tanto del esmalte como de la dentina; lo que sugiere que el peróxido de hidrógeno interactúa con la estructura dental y no solo con los pigmentos orgánicos adquiridos (18-25).

Pacientes con exposición dentinaria por caries dental, erosión dental, atrición dental, abfracción dental o recesiones gingivales están más propensos a la hipersensibilidad dental por la exposición de túbulos dentinarios; y si ellos se aplicasen los productos de venta libre con peróxido de hidrógeno tendrían mayor riesgo de que los radicales libres lleguen a la pulpa y presenten dolor (26). Considerando estas situaciones clínicas, ¿el uso de los productos de

blanqueamiento dental a base de peróxido de hidrógeno de venta libre produce desmineralización en especímenes de esmalte y dentina?

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la desmineralización del esmalte y dentina frente a productos blanqueadores de venta libre.

Objetivos específicos:

1. Comparar el área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita del esmalte expuesto a productos blanqueadores de venta libre.
2. Comparar el área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita de la dentina expuesta a productos blanqueadores de venta libre.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio:

Estudio experimental *in vitro*.

Muestra:

Se utilizaron 15 premolares humanos donados, extraídos por motivos ortodónticos, libres de lesiones cariosas y no cariosas, sin restauraciones, alteraciones de forma o desarrollo, grietas o fracturas. De los premolares se obtuvieron 60 especímenes para este estudio (30 especímenes de esmalte y 30 especímenes de dentina).

Cálculo de tamaño de muestra:

El tamaño de muestra se determinó mediante un estudio piloto en donde se utilizaron 5 especímenes por grupo.

Ecuación de tamaño de muestra por comparación de valor medio versus hipotético

(27):

$$\eta = \frac{2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * \delta^2}{\Delta^2}$$

Data extraída del estudio piloto y verificada con resultados del estudio:

$$\Delta = 700 \text{ ua}$$

$$\delta = 400 \text{ ua}$$

$$Z_{\alpha} = 1.96 \text{ para } \alpha = 95\%$$

$$Z_{\beta} = 0.84 \text{ para } \beta = 80\%$$

$$\eta = \frac{2(1.96 + 0.84)^2 * (400)^2}{(700)^2} = \frac{2(7.84) * (160000)}{(490000)^2} = 5,12$$

$n=5$

Tamaño de muestra por grupo: 5 especímenes (28).

Los 30 especímenes de esmalte y los 30 especímenes de dentina fueron divididos en 6 grupos según el producto que recibieron (Tabla 1):

Grupo 1 (n=5 esmalte, n=5 dentina): Dentífrico con cepillado

Grupo 2 (n=5 esmalte, n=5 dentina): Dentífrico sin cepillado

Grupo 3 (n=5 esmalte, n=5 dentina): Colutorio

Grupo 4 (n=5 esmalte, n=5 dentina): *Whitestrips*

Grupo 5 (n=5 esmalte, n=5 dentina): Peróxido de carbamida

Grupo 6 (n=5 esmalte, n=5 dentina): Control

Definición operacional de variables

Se determinaron las siguientes variables (Tabla 2):

- a. Desmineralización: Abundancia del ión fosfato en el esmalte y dentina determinado mediante espectrometría Raman. Es una variable de tipo cuantitativa continua. Se analizó por la evaluación de áreas relativas de picos de fosfato en la banda Raman ν_1 de la hidroxiapatita de cada espécimen por grupo.

- b. Agente blanqueador: Sustancia utilizada para el blanqueamiento de dientes a base de peróxido de hidrógeno. Variable cualitativa nominal. Las categorías fueron: Dentífrico con Colgate® *Optic White High Impact White* (Colgate-

Palmolive Company®), colutorio con Listerine® *Whitening Extreme* (Johnson & Johnson del Perú S.A, Perú), *Whitestrips* con Crest® 3D *White Luxe Professional Effects Whitestrips* (Procter & Gamble, USA), peróxido de carbamida 10% (Opalescence PF; Ultradent Products Inc., USA) y control (agua desionizada)

Procedimientos y técnicas:

Preparación de especímenes

Para obtener los especímenes de esmalte, se cortaron longitudinalmente los premolares separando la porción vestibular de la palatina con el uso de discos de corte diamantados de doble hoja (KG Discoflex, KG Sorensen®, São Paulo, Brasil) bajo refrigeración constante. Luego, se procedió a separar las coronas de las raíces, obteniendo así 2 especímenes de esmalte por cada premolar. Para la obtención de los especímenes de dentina, se tomaron las raíces seccionadas previamente y se realizó un corte transversal a una distancia de 5 mm de la línea amelocementaria y se preservaron solo los especímenes correspondientes a la sección más coronal de las raíces, obteniendo así 2 muestras de dentina por cada premolar.

Se usaron cilindros de policloruro de vinilo de 20 mm de diámetro y 10 mm de alto para embeber los especímenes en acrílico dental de autocurado rápido translúcido (Vitalloy, Comindent Tarrillo Barba SAC, Lima, Perú). Para ello los especímenes fueron fijados sobre una platina de vidrio con la superficie del esmalte o dentina según corresponda hacia la platina, luego se colocó acrílico rápido hasta llenar completamente el cilindro de PVC. Luego de la polimerización del acrílico, la

superficie de los cilindros se pulió bajo humedad con papel arenado abrasivo (Asalite, Abrasivos SA, Lima, Perú) #600 por 1 minuto y con los granos #800, #1000, #1200, #1500, #1800, #2000 por 10 segundos cada uno en orden decreciente de nivel abrasivo bajo irrigación constante. Finalmente, todos los especímenes fueron almacenados en agua destilada desionizada hasta la etapa experimental.

Exposición a los productos

Los especímenes de esmalte y dentina fueron expuestos a los siguientes productos de blanqueamiento según corresponda:

Dentífrico con cepillado: Se empleó el dentífrico Colgate® *Optic White High Impact White* (Colgate-Palmolive Company®, USA) en los especímenes de esmalte y dentina correspondientes. El dentífrico se aplicó con el cepillo eléctrico Oral B® *Black 1000 cross action* (Oral B Braun, Kronberg, Alemania) dos veces al día por 2 minutos, durante 42 días, aplicando una carga constante mediante el uso de un soporte de madera confeccionado y personalizado para la ubicación y fijación tanto del cepillo como de los especímenes, simulando el uso clínico (29).

El dentífrico se utilizó en proporción de 1:3 de dentífrico y agua destilada desionizada respectivamente, siguiendo la norma ISO 11609:2017 (30). Para su aplicación sobre la superficie se utilizó 0.1 ml de la mezcla en una jeringa de tuberculina para cada ciclo de cepillado dental.

Para los grupos dentífrico sin cepillado tanto para los especímenes de esmalte como para dentina correspondientes, se usó la mezcla anterior de dentífrico y agua desionizada, y se expuso a los especímenes en la misma cantidad 2 veces al día durante 2 minutos por 42 días.

Para el uso del colutorio, los especímenes de esmalte y dentina correspondientes se sumergieron cada uno en 10 ml de Listerine® *Whitening Extreme* (Johnson & Johnson del Perú S.A, Perú), sin diluir durante 60 segundos por 42 días.

Para el uso de los *Whitestrips* con Crest® *3D White Luxe Professional Effects Whitestrips* (Procter & Gamble, USA) tanto para los especímenes de esmalte como de dentina correspondientes, se desprendió el protector de la tira blanqueadora y se colocó sobre los especímenes con el lado del gel enfrentando la superficie dental. Se dejó actuar por 30 minutos, 1 vez al día por 20 días.

Para el uso del peróxido de carbamida al 10% (*Opalescence PF*; Ultradent *Products Inc.*, USA) tanto para los especímenes de esmalte como para los de dentina, se aplicó directamente sobre la superficie dental aproximadamente 1mm de espesor del gel por 8 horas al día durante 10 días.

Para los grupos control tanto para los especímenes de esmalte como de dentina, al iniciar la etapa experimental, se les renovó el agua desionizada (20 ml) de almacenamiento cada 24 horas.

Luego de la exposición a los productos, los especímenes fueron enjuagados con agua desionizada durante 10 segundos para eliminar los excesos de producto. Los especímenes se almacenaron en agua desionizada hasta la siguiente sesión.

Análisis con espectroscopía Raman

Se caracterizaron todos los especímenes después de los respectivos tratamientos de blanqueamiento dental. La caracterización se realizó mediante la técnica de espectroscopía Raman, usando el espectro característico del mineral hidroxiapatita (HAp, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) como unidad de identificación y sondeo. El equipo utilizado fue el microscopio Raman confocal alpha300RA (WITec GmbH, Ulm, Alemania) del Laboratorio de Micología y Biotecnología “Marcel Gutiérrez-Correa” de la Universidad Nacional Agraria La Molina, usando un láser de 785 nm de longitud de onda con 50 mW de potencia, y un espectrómetro UHTS con rejilla de 300 líneas/mm y una cámara CCD como detector. La línea seleccionada para el análisis fue de 85 μm con una resolución de 10 píxeles, donde en cada píxel se tomaron 20 espectros Raman durante un tiempo de 0.5 segundos cada uno y se promediaron.

Aspectos éticos del estudio

Este estudio se realizó luego de recibir aprobación de la Unidad Integrada de Gestión de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Facultades de Medicina, de Estomatología y de Enfermería y la posterior aprobación del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIEI:6-18-26-19).

Plan de análisis

Se analizó la normalidad de la varianza de los datos mediante la prueba de Bartlett. Los valores de área del pico Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita se sometieron a la prueba Kruskal-Wallis para determinar diferencias de medias entre grupos, y el *post-test* de Bonferroni para comparación entre grupos. Se estableció el nivel de significancia de 5% ($p=0.05$), para los análisis se usó el *software* STATA 15 (StataCorp LLC, College Station, TX, USA).

IV. RESULTADOS

En la Figura 1, se muestran los valores del área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita de cada grupo en especímenes de esmalte. Los especímenes tratados con dentífrico muestran mayor área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita, siendo los aplicados con cepillado los de mayor área, lo cual está asociado a una mayor cantidad de mineral. Los otros grupos no muestran diferencias significativas con el control excepto el grupo colutorio, el cual muestra menor área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita, lo que está asociado a una menor cantidad de mineral.

En la Figura 2, se muestran los valores del área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita de cada grupo en especímenes de dentina. Los especímenes tratados con dentífrico con cepillado mostraron mayor área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita, lo cual está asociado a una mayor cantidad de mineral. Los otros grupos no muestran diferencias significativas con el control.

En la Figura 3, en la banda ν_1 del fosfato se observa que los grupos control, carbamida y *Whitestrips* presentan similares valores de intensidad arbitraria lo que está relacionado a similar cantidad de mineral en el esmalte. Los grupos de dentífrico mostraron valores de intensidad más elevados a comparación de los otros grupos, siendo el aplicado con cepillado el que presenta mayor área, lo cual indica un incremento de cantidad mineral en los especímenes. El grupo colutorio muestra menor área de la banda Raman ν_1 del fosfato, que está asociado a una menor cantidad de mineral.

En la Figura 4, en la banda ν_1 del fosfato se observa que los grupos control, carbamida, *Whitestrips*, colutorio y dentífrico sin cepillado presentan similares valores de intensidad arbitraria lo que está relacionado a similar cantidad de mineral en la dentina. El grupo dentífrico con cepillado mostró valores de intensidad más elevados a comparación a los otros grupos, lo cual indica un incremento de cantidad mineral en los especímenes por efecto de los tratamientos aplicados.

V. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar la desmineralización del esmalte y dentina frente a productos blanqueadores de venta libre después de la exposición a estos. Ninguno de los productos de blanqueamiento estudiados desmineraliza ni el esmalte ni la dentina. Por el contrario, incluso remineralizan como por ejemplo los grupos de dentífrico tanto con cepillado como sin cepillado.

El grupo colutorio aplicado a especímenes de esmalte presentó menor cantidad de minerales con respecto al control, este producto presenta un pH ácido de 5.6 y 0.01% de flúor. La acidez del producto y la poca cantidad de minerales pudieron haber influido en la desmineralización de las muestras. Fernandes y col. evaluaron el colutorio Colgate Plax *Whitening* que presenta peróxido de hidrógeno al 1.5%, evidenciándose desmineralización y disminución de la microdureza en la superficie de esmalte, debido al bajo pH de este producto (pH=3.4) y además no presenta flúor en su composición (31). Sin embargo, Pelino y col. (2018) concluyeron mediante microscopia electrónica y espectrofotometría infrarroja que la ultraestructura y morfología del esmalte no presenta cambios significativos al aplicarles colutorios, incluido el usado en este estudio, durante 6 meses diariamente. Tampoco encontraron cambios en la concentración relativa de Ca y P en las superficies adamantinas a las que se les aplicó el colutorio blanqueador, también resaltaron que la exposición prolongada a los colutorios estudiados que tienen bajo pH (menor a 5.5) no causaron daño ultraestructural ni bioquímico al esmalte dental probablemente por el efecto remineralizador de la saliva artificial (32).

La innovación en el blanqueamiento dental de venta libre desarrolló los *Whitestrips* en el 2000 como alternativa a las cubetas de talla única o standard que salieron primero al mercado. Los *Whitestrips* son un sistema de fácil uso que usa una banda flexible de polietileno como vehículo de 150 a 200 miligramos de peróxido de hidrógeno a diferentes concentraciones según el producto, puede variar de 5.3% a 14% (33). El primer estudio en confirmar la seguridad de los *Whitestrips* frente a la composición microquímica del esmalte y la dentina por espectroscopía Raman, evaluó *in vitro* especímenes de esmalte y dentina expuestos a *Whitestrips* de 6.6% de H₂O₂. Los resultados de dicho estudio mostraron que no hubo cambios deletéreos en la superficie del esmalte. La evaluación micromorfológica confirmó la seguridad de los *Whitestrips* en las superficies dentales evaluadas y tampoco se encontraron cambios microquímicos en su composición (34), resultados que coinciden con los hallados en el presente estudio. Luego encontramos otros estudios que demuestran que los *Whitestrips* a mayores concentraciones de peróxido de hidrógeno (11.7% y 14%) no producen cambios en la superficie y sub-superficie histomorfológica, dureza superficial, o cambios minerales microquímicos de la composición dental (35).

Los mismos grupos experimentales obtuvieron valores altos en la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita tanto en esmalte como en dentina, pero los valores de dentina son menores respecto a los de esmalte, ya que la dentina tiene menor contenido mineral que el esmalte y es por ello que la remineralización de la dentina también es más desafiante por su contenido de matriz orgánica (20%) y agua (10%). Aparentemente la precipitación espontánea del mineral en la matriz orgánica

(principalmente colágeno tipo I) no contribuye a la remineralización ni al crecimiento de cristales como en el esmalte (36).

El bajo peso molecular del peróxido de hidrógeno (34.01 g/mol) le permite penetrar en la dentina donde libera oxígeno y rompe los enlaces dobles de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos dentro de los túbulos dentinarios y actúa como un agente oxidante fuerte produciendo moléculas de oxígeno reactivo y aniones de peróxido de hidrógeno. En odontología se usa en concentraciones que van desde 5% a 40% (18). El peróxido de hidrógeno es capaz de producir cambios morfológicos y disminución gradual de Ca y P en concentraciones altas como 37.5% (37). Cuando las especies reactivas de oxígeno se encuentran con las moléculas de los pigmentos; convierten las cadenas de las últimas en estructuras más simples, fáciles de remover en un sistema acuoso y alteran sus propiedades ópticas. En esta fase, la tasa de descomposición se verá afectada por el pH, los activadores químicos, la temperatura y la activación por luz a diferentes longitudes de ondas (18).

Idealmente durante la difusión, el proceso de oxidación debería estar limitado solo a los pigmentos orgánicos; sin embargo, la revisión de la literatura sugiere que interactúa no solo con los componentes orgánicos sino también con los inorgánicos del esmalte y la dentina (18). Es desconocido como el blanqueamiento dental puede alterar la concentración de fósforo en los cristales de hidroxiapatita del esmalte. Los cambios en la estructura superficial del esmalte se atribuyen a desproteinización, desmineralización y oxidación, lo cual puede tener un efecto en la reflexión de la luz en la superficie adamantina (18). Adicionalmente la disolución dental puede

resultar en defectos y porosidades en la estructura superficial del esmalte que son evidentes bajo evaluación microscópica (38).

En el blanqueamiento dental, ocurre la disolución mineral con pérdida de calcio y fósforo (39), este efecto adverso se puede atribuir a la acción de los radicales libres que resultan de la oxidación de los elementos orgánicos e inorgánicos presentes en la estructura dental (40); y al pH ácido propio del agente blanqueador (41).

La saliva y otros agentes activos presentes en los agentes blanqueadores, juegan un rol esencial en el mantenimiento de las estructuras minerales en boca durante el blanqueamiento dental, creando un medio para reducir la desmineralización o para promover la remineralización en superficies dentales expuestas al tratamiento blanqueador (42). Sería materia de futuras investigaciones evaluar los posibles efectos en el contenido mineral de la estructura dental expuesta a tratamientos de blanqueamiento dental de venta libre pero en un medio de saliva artificial, así se podría verificar el efecto de la saliva en el grado de remineralización.

Una buena alternativa para prevenir o reducir los efectos de la desmineralización superficial por el blanqueamiento dental, puede ser el uso de productos para el cuidado oral con elementos bioactivos. Cuando los agentes bioactivos presentes en algunos productos para el cuidado oral entran en contacto con los fluidos orales, hay una rápida captación de Na, Ca, y P, creando así precipitados minerales que son capaces de alcanzar la remineralización de la superficie dental afectada, o reducen los efectos de la desmineralización (43-45).

Un estudio por Vieira-Junior y col. comprobó que el blanqueamiento dental producía pérdida de fósforo y calcio; sin embargo, esta era contrarrestada y prevenida por dentífricos que contenían agentes bioactivos o carbonato de arginina aplicados previamente (45).

En este estudio tanto para los especímenes de esmalte como de dentina, el cepillado dental promovió la remineralización de los especímenes estudiados. Es posible que el movimiento abrasivo generado o la aplicación activa en las superficies estudiadas promoviera el depósito de iones minerales sobre estos. En el caso de la aplicación activa, tal como ocurre en materiales adhesivos, moviliza mayor cantidad de iones para su interacción con los componentes minerales y favorece su penetración (46).

En este estudio se encontraron diferencias significativas respecto a cepillar y no cepillar los especímenes de esmalte, siendo así el área de la banda Raman del grupo dentífrico con cepillado mayor que dentífrico sin cepillado. Los dentífricos contienen abrasivos y como ya se ha reportado en otros estudios, las pastas dentales comerciales (especialmente las comercializadas como blanqueadoras) tienen un mayor efecto abrasivo sobre la superficie dentaria, sobre todo las que tienen sílica hidratada. Otros abrasivos como el fosfato dicálcico, el bicarbonato de sodio o el carbonato de calcio son menos abrasivos (47). A pesar de ello, Ganss y col. concluyeron que la cantidad de abrasivos no tiene efecto cuando los dentífricos se aplican sin cepillado, pero que estos jugarían un rol importante al efectuar el cepillado (48). Sin embargo, también hay evidencia que confirma que el cepillado dental por sí mismo no causa abrasión, ya que este solo actúa como vehículo de la pasta dental. La abrasión por cepillado es más bien mediada por la abrasividad del

dentífrico; a no ser que el cepillado se realice de forma excesiva. También dependerá de las características propias de la técnica de cepillado empleada por el usuario, del cepillo, del dentífrico y de la condición de la superficie dental a cepillar ya que los estudios *in vitro* confirman que el cepillado puede generar abrasión en la superficie del esmalte y dentina erosionados (49). Estudios *in situ* han reportado pérdida de esmalte en niveles clínicamente irrelevantes (0.5-0.7 μm) luego de 6 meses de simulación de higiene oral normal; en dentina, esta es menos resistente a la abrasión y se reportó pérdida de 35-45 μm luego de 6 meses (50).

Por otro lado, los cepillos mecánicos sónicos y de movimientos oscilatorios son menos abrasivos que los cepillos manuales ya que se usan con menor fuerza. Los beneficios de una adecuada higiene oral, exceden los posibles efectos adversos, pero el cepillado excesivo especialmente en dientes erosionados puede causar algunos efectos nocivos. El cepillado generalmente se considera un procedimiento seguro y efectivo en términos de mantener la salud e higiene oral (49).

En los especímenes de dentina solo el grupo dentífrico con cepillado mostró un incremento significativo en la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita a comparación de los demás grupos que no difirieron significativamente del control. Los dentífricos fluorados tienen potencial remineralizador, son seguros y efectivos agentes anticaries, actuando al sobresaturar el medio de iones (49). El efecto remineralizador del monofluorofosfato de sodio presente en el dentífrico fue mayor que la desmineralización que pudiera causar el peróxido de hidrógeno presente en el dentífrico (Tabla 1).

Los especímenes se almacenaron en una solución acuosa para mantener la hidratación y su integridad estructural, debido a que las propiedades de los tejidos calcificados son sensibles a su contenido mineral (51). En este estudio se usó agua desionizada como medio de almacenamiento. Dicho medio permitió evaluar directamente la desmineralización que podrían producir los productos de blanqueamiento aplicados en los especímenes sin la influencia de enzimas (amilasa, lisozimas, lipasa lingual, etc.) que puedan disolver las proteínas del esmalte (amelogenina, enamulina, etc.) de los especímenes, pudiendo causar así ensanchamiento de los espacios interprismáticos. El medio de almacenamiento elegido también permitió la evaluación de los especímenes sin la difusión de iones como el calcio, que puedan contrarrestar la desmineralización producida por los productos de blanqueamiento. Lo cual sucedería en caso se utilice saliva artificial u otras soluciones con iones como solución salina o la solución salina balanceada de Hank (HBSS), las cuales propiciarían la remineralización debido al producto iónico en dichas soluciones, inhibiendo la desmineralización de la superficie dental (51).

VI. CONCLUSIONES

Los productos blanqueadores utilizados en este estudio no producen desmineralización de esmalte ni de dentina, con excepción del colutorio (Listerine® *Whitening Extreme*) que produce desmineralización del esmalte. Cuando se usa un dentífrico blanqueador acompañado del cepillado, ocurre remineralización de los especímenes tanto de esmalte y dentina *in vitro*.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mounika A, Mandava J, Roopesh B, Karri G. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. *Indian J Dent Res.* 2018;29:423–7.
2. Serraglio CR, Zanella L, Dalla-Vecchia KB, Rodrigues-Junior SA. Efficacy and safety of over-the-counter whitening strips as compared to home-whitening with 10 % carbamide peroxide gel-systematic review of RCTs and metanalysis. *Clin Oral Investig.* 2016;20:1–14.
3. Greenwall L. A brief history of tooth bleaching. In: Greenwall L. *Bleaching techniques in restorative dentistry: An illustrated guide.* 1st Ed. London: CRC Press; 2001. p. 24–30.
4. Demarco FF, Meireles SS, Masotti AS. Over-the-counter whitening agents: a concise review. *Braz Oral Res.* 2009;23:64–70.
5. Kim YM, Ha AN, Kim JW, Kim SJ. Double-blind randomized study to evaluate the safety and efficacy of over-the-counter tooth-whitening agents containing 2.9% hydrogen peroxide. *Oper Dent.* 2018;43:272–81.
6. Browning WD, Blalock JS, Frazier KB, Downey MC, Myers ML. Duration and timing of sensitivity related to bleaching. *J Esthet Restor Dent.* 2007;19:256–64.
7. Tay LY, Kose C, Herrera DR, Reis A, Loguercio AD. Long-term efficacy of in-office and at-home bleaching: a 2-year double-blind randomized clinical trial. *Am J Dent.* 2012;25:199–204.
8. Nathanson D, Parra C. Bleaching vital teeth: a review and clinical study. *Compendium.* 1987;8:490–7.
9. Auschill TM, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Oper Dent.* 2005;30:156–63.
10. Hasson H, Ismail A, Neiva G. Home-based chemically-induced whitening of teeth in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006;4:CD006202.
11. Torres CRG, Wiegand A, Sener B, Attin T. Influence of chemical activation of a 35% hydrogen peroxide bleaching gel on its penetration and efficacy—In vitro study. *J Dent.* 2010;38:838–46.
12. McCracken MS, Haywood VB. Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide. *J Dent.* 1996;24:395–8.

13. Goo DH, Kwon TY, Nam SH, Kim HJ, Kim KH, Kim YJ. The efficiency of 10% carbamide peroxide gel on dental enamel. *Dent Mater J.* 2004;23:522–7.
14. Arcari G, Baratieri L, Maia H, Freitas S. Influence of the duration of treatment using a 10% carbamide peroxide bleaching gel on dentin surface microhardness: an in situ study. *Quintessence Int.* 2005;36:15–24.
15. Lee K, Kim H, Kim K, Kwon Y. Mineral loss from bovine enamel by a 30% hydrogen peroxide solution. *J Oral Rehabil.* 2006;33:229–33.
16. Cavalli V, Rodrigues LKA, Paes-Leme AF, Soares LES, Martin AA, Berger SB, et al. Effects of the addition of fluoride and calcium to low-concentrated carbamide peroxide agents on the enamel surface and subsurface. *Photomed Laser Surg.* 2011;29:319–25.
17. Silveira J, Coutinho S, Marques D, Castro J, Mata A, Carvalho ML, et al. Raman spectroscopy analysis of dental enamel treated with whitening product – Influence of saliva in the remineralization. *Spectrochim Acta Part A Mol Biomol Spectrosc.* 2018;198:145–9.
18. Kwon SR, Wertz PW. Review of the mechanism of tooth whitening. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27:240–57.
19. Rotstein I, Lehr Z, Gedalia I. Effect of bleaching agents on inorganic components of human dentin and cementum. *J Endod.* 1992;18:290–3.
20. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod.* 1996;22:23–6.
21. de Freitas PM, Turssi CP, Hara AT, Serra MC. Monitoring of demineralized dentin microhardness throughout and after bleaching. *Am J Dent.* 2004;17:342–6.
22. Efeoglu N, Wood D, Efeoglu C. Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. *J Dent.* 2005;33:561–7.
23. Bizhang M, Seemann R, Duve G, Römhild G, Altenburger MJ, Jahn KR, et al. Demineralization effects of 2 bleaching procedures on enamel surfaces with and without post-treatment fluoride application. *Oper Dent.* 2006;31:705–9.
24. Efeoglu N, Wood DJ, Efeoglu C. Thirty-five percent carbamide peroxide application causes in vitro demineralization of enamel. *Dent Mater.* 2007;23:900–4.

25. Al-Salehi SK, Wood DJ, Hatton P V. The effect of 24h non-stop hydrogen peroxide concentration on bovine enamel and dentine mineral content and microhardness. *J Dent.* 2007;35:845–50.
26. Bamise CT, Olusile A, Oginni A. An Analysis of the etiological and predisposing factors related to dentin hypersensitivity. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9:52–9.
27. Villavicencio E. El tamaño muestral para la tesis. ¿Cuántas personas debo encuestar? *Odontol Act Rev Científica* 2018;2:59-62.
28. Akkus A, Akkus A, Roperto R, Akkus O, Porto T, Teich S, et al. Evaluation of mineral content in healthy permanent human enamel by Raman spectroscopy. *J Clin Exp Dent.* 2016;8:546-549.
29. Joiner A. Whitening toothpastes: A review of the literature. *J Dent.* 2010;38:17–24.
30. International Organization for Standardization. ISO 11609:2017. Dentistry-Dentifrices-Requirements, test methods and marking. Geneva: ISO; 2017.
31. Fernandes F, Turssi C, Mantovani Gomes França F, Basting R, Amaral F. Whitening mouthwash containing hydrogen peroxide decreases enamel microhardness in vitro. *Brazilian J Oral Sci.* 2018;16:1–9.
32. Pelino JEP, Passero A, Martin AA, Charles CA. In vitro effects of alcohol-containing mouthwashes on human enamel and restorative materials. *Braz Oral Res.* 2018;32:e25.
33. Gerlach R, Zhou X. Vital bleaching with whitening strips: summary of clinical research on effectiveness and tolerability. *J Contemp Dent Pract.* 2001;2:1–16.
34. Duschner H, Götz H, White DJ, Kozak KM, Zoladz JR. Effects of hydrogen peroxide bleaching strips on tooth surface color, surface microhardness, surface and subsurface ultrastructure, and microchemical (Raman spectroscopic) composition. *J Clin Dent.* 2006;17:72–8.
35. Götz H, Duschner H, White DJ, Klukowska MA. Effects of elevated hydrogen peroxide ‘strip’ bleaching on surface and subsurface enamel including subsurface histomorphology, micro-chemical composition and fluorescence changes. *J Dent.* 2007;35:457–66.
36. Talwar M, Borzabadi-Farahani A, Lynch E, Borsboom P, Ruben J. Remineralization of demineralized enamel and dentine using 3 dentifrices— an invitro study. *Dent J.* 2019; 7(3):e91.

37. Llena C, Esteve I, Forner L. Effect of hydrogen and carbamide peroxide in bleaching, enamel morphology, and mineral composition: In vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2017;18:576–82.
38. Markovic L, Jordan RA, Lakota N, Gaengler P. Micromorphology of enamel surface after vital tooth bleaching. *J Endod.* 2007;33:607–10.
39. Tezel H, Ertaş OS, Ozata F, Dalgar H, Korkut ZO. Effect of bleaching agents on calcium loss from the enamel surface. *Quintessence Int.* 2007;38:339–47.
40. Seghi RR, Denry I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. *J Dent Res.* 1992;71:1340–4.
41. Sun L, Liang S, Sa Y, Wang Z, Ma X, Jiang T, et al. Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide. *J Dent.* 2011;39:686–92.
42. Wiegand A, Schreier M, Attin T. Effect of different fluoridation regimes on the microhardness of bleached enamel. *Oper Dent.* 2007;32:610–5.
43. Vieira-Junior WF, Lima D, Tabchoury C, Ambrosano G, Aguiar F, Lovadino J. Effect of toothpaste application prior to dental bleaching on whitening effectiveness and enamel properties. *Oper Dent.* 2016;41:29–38.
44. Deng M, Wen HL, Dong XL, Li F, Xu X, Li H, et al. Effects of 45S5 bioglass on surface properties of dental enamel subjected to 35% hydrogen peroxide. *Int J Oral Sci.* 2013;5:103–10.
45. Vieira-Junior WF, Ferraz LN, Pini NIP, Ambrosano GMB, Aguiar FHB, Tabchoury CPM, et al. Effect of toothpaste use against mineral loss promoted by dental bleaching. *Oper Dent.* 2018;43:190–200.
46. Moritake N, Takamizawa T, Ishii R, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Latta MA, et al. Effect of active application on bond durability of universal adhesives. *Oper Dent.* 2019;44:188–99.
47. Schemehorn BR, Moore MH, Putt MS. Abrasion, polishing, and stain removal characteristics of various commercial dentifrices in vitro. *J Clin Dent.* 2011;22:11–8.
48. Ganss C, Möllers M, Schlueter N. Do abrasives play a role in toothpaste efficacy against erosion/abrasion? *Caries Res.* 2017;51:52–7.
49. Wiegand A, Schlueter N. The Role of Oral Hygiene: Does Toothbrushing Harm?. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:215-9.

50. Pickles MJ, Joiner A, Weader E, Cooper YL, Cox TF. Abrasion of human enamel and dentine caused by toothpastes of differing abrasivity determined using an in situ wear model. *Int Dent J.* 2005;55:188–93.
51. Anjum A, Otsuki M, Matin K, Tagami J. Preservation in the liquid media produces alterations in enamel surface properties. *J Dent.* 2009;37:884–90.

VIII. TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1: PRODUCTOS USADOS EN LA INVESTIGACIÓN, CONCENTRACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y IÓN FLÚOR

PRODUCTOS	LOTE	CONCENTRACIÓN DE H₂O₂	CONCENTRACIÓN DE F
Colgate® <i>Optic White High Impact White</i> (Colgate-Palmolive Company ®, USA)	905MX112I	3%	0.12%
Listerine® <i>Whitening Extreme</i> (Johnson & Johnson del Perú S.A., Perú)	I9IC9COM-196990	2.50%	0.01%
Crest® 3D <i>White Luxe Professional Effects Whitestrips</i> (Procter & Gamble, USA)	9142V23	9.50%	0
Peróxido de carbamida 10%: (Opalescence PF; Ultradent Products Inc., USA)	BFJGP	3.60%	0.11%
Cepillo eléctrico Oral B® <i>Black 1000 cross action</i> (Oral B Braun, Alemania)	91358335R0	-	-

TABLA 2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	TIPO	CATEGORÍAS
DESMINERALIZACIÓN	Análisis de compuestos cuantitativos realizado mediante espectrometría Raman.	Abundancia del ión PO ₄ encontrado en las muestras de esmalte y dentina mediante el análisis cuantitativo de áreas relativas realizado por espectrometría Raman.	Espectros Raman	Cuantitativo continuo	Áreas relativas de picos del ión PO ₄ (en unidades arbitrarias)
					Dentífico Colgate® Optic White High Impact White (Colgate-Palmolive Company®, USA)
AGENTE BLANQUEADOR	Sustancias básicas utilizadas para el blanqueamiento de dientes a base de moléculas de peróxido de hidrógeno que actúan en los pigmentos de los dientes.	Producto utilizado para producir el proceso de blanqueamiento dental.	Producto	Cualitativo Nominal	Colutorio Listerine® Whitening Extreme (Johnson & Johnson del Perú S.A, Perú) Whitestrips Crest® 3D White Luxe Professional Effect Whitestrips (Procter & Gamble, USA)
					Peróxido de carbamida al 10% Ultradent® Opalescence PF 10% (Ultradent Products Inc., USA)
					Control (Agua desionizada)

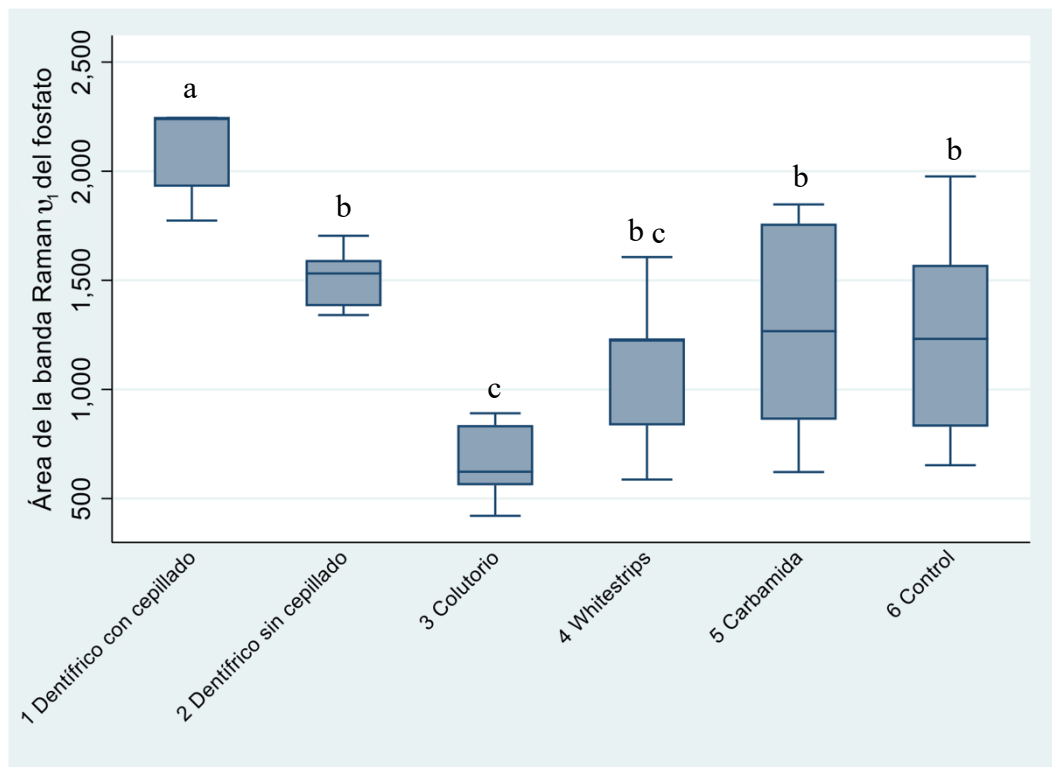


FIGURA 1: Área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita de los especímenes de esmalte luego de la exposición a los productos estudiados. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

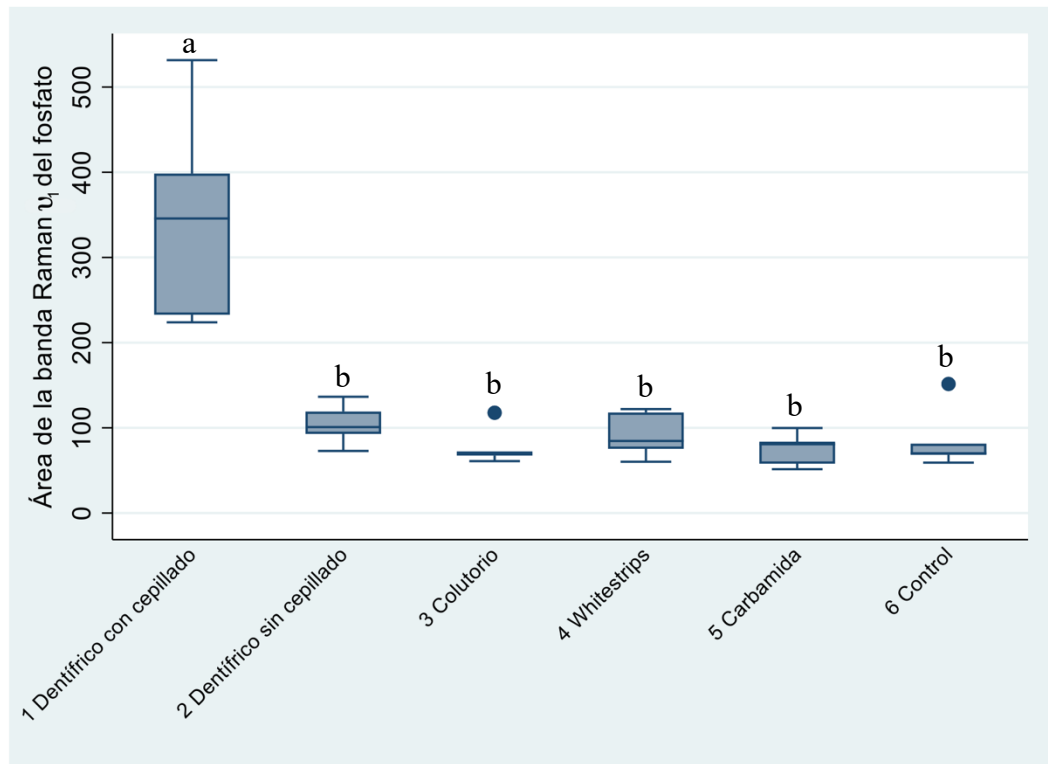


FIGURA 2: Área de la banda Raman ν_1 del fosfato en la hidroxiapatita de los especímenes de dentina luego de la exposición a los productos estudiados. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

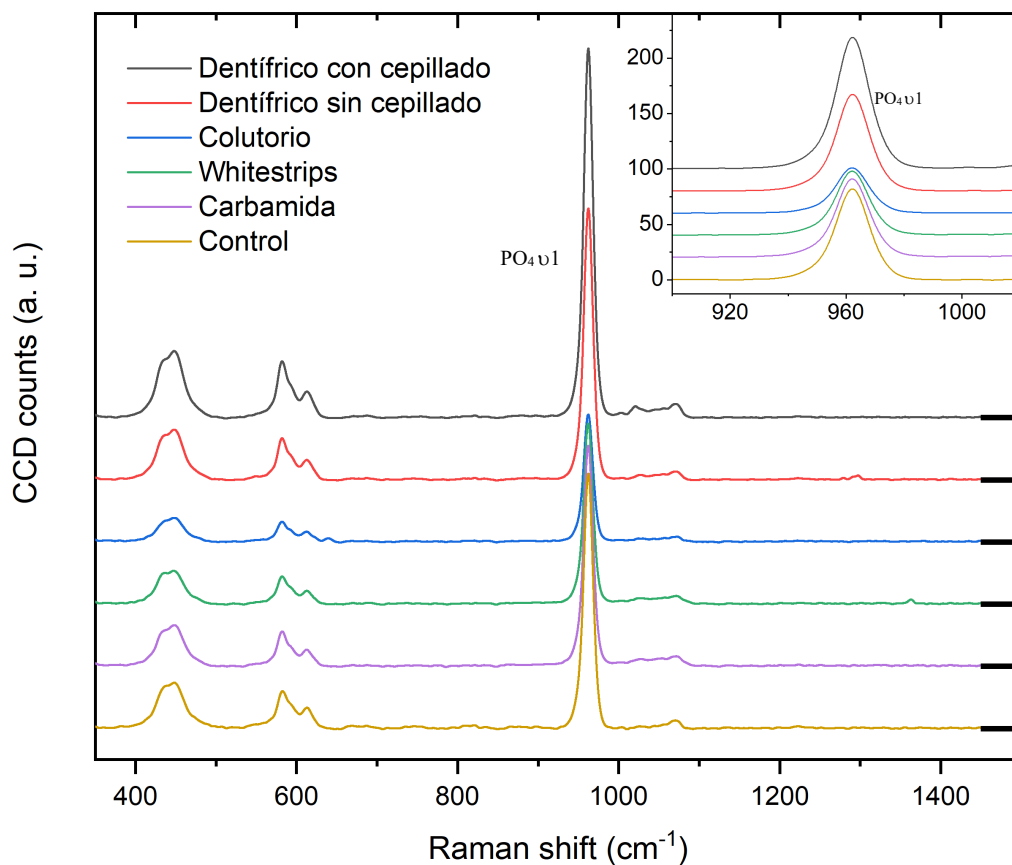


FIGURA 3: Espectros Raman promediados de los especímenes de esmalte correspondientes a cada grupo (barras horizontales indican nivel de referencia de cada espectro). El gráfico insertado muestra una ampliación de la banda del ión fosfato en 960 cm^{-1} .

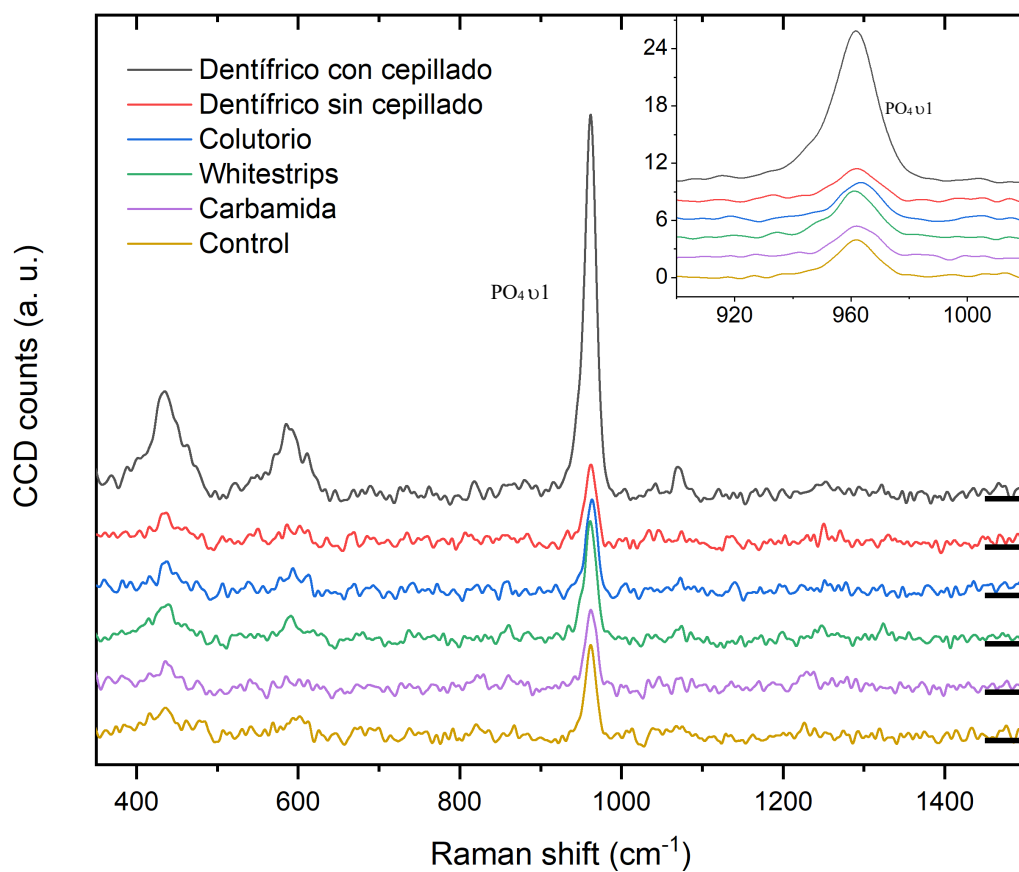


FIGURA 4: Espectros Raman promediados de los especímenes de dentina correspondientes a cada grupo (barras horizontales indican nivel de referencia de cada espectro). El gráfico insertado muestra una ampliación de la banda del ión fosfato en 960 cm^{-1}