

Pasta dental con nanopartículas de hidroxiapatita efectiva para el sellado de túbulos dentinarios: un estudio *in vitro*

Carmen Bahamonde Soria¹, Raúl Bahamonde Soria²

¹Universidad Central del Ecuador, Facultad de Odontología

²Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Energías Renovables.

Correspondencia: Raúl Bahamonde Soria; rabahamonde@uce.edu.ec

Recibido: 06 marzo 2019; **Aceptado:** 14 julio 2019

Resumen

Introducción: La sensibilidad de la dentina afecta al 57% de la población. En Ecuador no existen pastas dentales que empleen nanopartículas de hidroxiapatita (nHAP) como agente que favorece el tratamiento de esta patología.

Objetivo: Evaluar mediante Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) el efecto del sellado de túbulos dentinarios con pasta dental con nHAP.

Métodos: Estudio experimental, *in vitro*, en 24 discos de dentina de un milímetro de espesor que fueron sometidos a grabado ácido con ácido ortofosfórico al 37% para simular dentina sensible. Se conformaron 4 grupos para recibir cepillado por siete días con nHAP a diferentes concentraciones añadidas a una pasta dental comercial: 0%, 1%, 2% and 3%. La síntesis de nHAP se realizó mediante precipitación de hidróxido de calcio y ácido fosfórico. Con ayuda de AFM se determinó el diámetro de los túbulos dentinarios antes y después del cepillado. Las diferencias fueron analizadas mediante ANOVA entre grupos y la diferencia inicial y final de los diámetros de dentina en cada tratamiento se examinaron con prueba t para grupos pareados y prueba LSD de Fisher con intervalo de confianza (IC) 95%.

Resultados: La adición de ácido ortofosfórico tuvo un efecto positivo en el aumento del diámetro del túbulo obteniéndose un promedio de 1.74µm (diámetro normal 0.9µm). Después del cepillado se demostró que las pastas dentales con 1, 2, 3% de nHAP cambiaron significativamente el diámetro del túbulo, mientras que, la pasta dental con 0% de nHAP no lo hizo.

Conclusiones: La adición 3% de nHAP a pasta dental es efectiva para disminuir el diámetro de túbulos dentinarios de dentinas sensibles.

Palabras clave: Nanopartículas, hidroxiapatita, dentina, túbulo dentinario, pasta dental.

Toothpaste with effective hydroxyapatite nanoparticles for sealing dentinal tubules: an *in-vitro* study

Abstract

Background: The sensitivity of dentin affects 57% of the population. In Ecuador there are no toothpastes that use hydroxyapatite nanoparticles (nHAP) as an agent that favors the treatment of this pathology.

Objective: To evaluate the effect of sealing dentinal tubules with toothpaste with nHAP using Atomic Force Microscopy (AFM).

Methods: Experimental *in vitro* study, on 24 1mm thick dentin discs that were exposed to acid etching with 37% orthophosphoric acid to simulate sensitive dentin. Four groups were formed to receive brushing for seven days with nHAP at different concentrations added to commercial toothpaste (0%, 1%, 2% and 3%). The synthesis of nHAP was performed by precipitation of calcium hydroxide and phosphoric acid. The diameter of the dentinal tubules was determined before and after brushing Using AFM, in each group. Differences were analysed by ANOVA between groups and the initial and final difference in dentine diameters in each treatment were examined with a T test for paired groups, and a Fisher LSD test with 95% Confidence Interval (CI).

Results: Addition of orthophosphoric acid had a positive effect on increasing the diameter of the tubule, obtaining an average of 1.74µm (normal diameter 0.9µm). After brushing it was shown that toothpaste with 0% nHAP did not change the diameter of the tubule, while significant differences were observed with toothpastes with 1, 2, 3% of nHAP.

Conclusions: The addition of 3% nHAP to toothpaste is effective in reducing the diameter of dentinal tubules of sensitive dentines.

Keywords: Nanoparticles, hydroxyapatite, dentin, dentin tubule, toothpaste.

Citación: Bahamonde Soria C, Bahamonde Soria R. Estudio *in vitro* del sellado de túbulos dentinarios con una pasta dental con nanopartículas de hidroxiapatita. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 26-37



Introducción

La sensibilidad de la dentina presenta una prevalencia que varía entre el 8% y 57% en la población general y afecta a una de cada siete personas entre los 18 y 40 años de edad [1]. De acuerdo con la International Association for the Study of Pain (IASP) se define a la sensibilidad de la dentina como el dolor que se presenta por una dentina expuesta provocado por la reacción a estímulos químicos, táctiles, térmicos u osmóticos, el mismo que no puede ser relacionado con alguna patología [2].

Como solución a esta problemática se plantea el uso de la nanotecnología, misma que es utilizada en el desarrollo de nuevos e innovadores materiales dentales [3] que podrían ser aplicados a tratamientos odontológicos en los que se incluye, realineamiento ortodóntico, implantes dentales, regeneración de matriz ósea, renaturalización de dientes y cura permanente a la sensibilidad de la dentina [4].

La aplicación de nanotecnología que utiliza materiales a nivel nanométrico, (en donde un nanómetro equivale a una billonésima parte de una micra) ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}$), en el caso particular de la sensibilidad de la dentina, tienen la capacidad de ocluir los túbulos dentinarios ofreciendo a los pacientes una cura rápida y permanente, mediante el uso de materiales biológicos nativos [5,6].

Las piezas dentales están formadas por cuatro tipos de tejidos, de los cuales tres son duros (esmalte, dentina y cemento), que se encuentran constituidos en su mayoría por hidroxiapatita (HAP). Este mineral es considerado como un biocristal conformado por átomos de calcio, fósforo e hidrógeno, y es el principal componente del tejido dentario, constituyendo del 95 al 97% del esmalte, 65 - 70% de la dentina y el 50 - 60% del cemento, proporcionándoles la dureza característica de las piezas dentales, por lo tanto, este biocristal es considerado como un reactivo prometedor en la nanotecnología [7]. Aplicar la nanotecnología en la generación de una pasta dental con nanopartículas de hi-

droxiapatita (nHAP) incrementaría la posibilidad de depósito de este biocristal sobre la superficie del esmalte y dentina, aumentando así la probabilidad de sellado de túbulos dentinarios e impidiendo la transmisión de estímulos externos a las terminaciones nerviosas de la pulpa, lo cual desemboca en una disminución del dolor [8,9].

En la actualidad existen varias investigaciones en China y Europa que involucran el uso de pastas dentales desensibilizantes empleando el uso de nanopartículas de hidroxiapatita lo que representa aproximadamente el 10% del mercado mundial [10-14].

El propósito de este proyecto fue evaluar mediante el uso de Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) el efecto del sellado in vitro de túbulos dentinarios por parte de una pasta dental comercial, escogida totalmente al azar, para doparla con nanopartículas de hidroxiapatita con el fin de mitigar la sensibilidad de la dentina en pacientes que padecen de esta patología. Esta investigación presenta un tratamiento de bajo costo, de fácil utilización domiciliar y que, además, tienen como principio el bloqueo de la actividad nerviosa en la pulpa dentaria o impedir el desplazamiento de fluidos por la oclusión de los túbulos dentinarios, y de esta manera contribuir con una alternativa sencilla y de fácil acceso de la población.

Métodos

Diseño

Se realizó un diseño experimental, ex vivo, en especímenes de dentina de terceros molares donados voluntariamente por los respectivos sujetos y el odontólogo. Los especímenes de dentina fueron divididos en cuatro grupos para someterles a cepillado por siete días con pasta dental más nanopartículas de HAP en una concentración de 0, 1, 2, 3% (porcentaje peso de soluto/peso de una solución, p/p), uno para cada grupo, y observar los túbulos de dentina utilizando AFM para determinar el cambio en los diámetros de túbulos dentinarios y la profundidad de estos antes y después del tratamiento.

Obtención de los especímenes dentales

Para el estudio se realizó un muestreo a conveniencia, donde se utilizó 24 terceros molares de pacientes entre 25 – 35 años de edad, de género indistinto, y que fueron extraídos por razones terapéuticas [10]. Los terceros molares fueron donados y recolectados en un centro odontológico ubicado en el Quito - Ecuador, sector el Condado, mediante previa firma del consentimiento informado por parte de los pacientes y del Odontólogo donador. Se procedió a la codificación de cada uno de los especímenes, respetando así la confidencialidad de cada uno de los donantes. Una vez numerados se procedió a retirar todo tipo de tejido que se encontraba adherido a la pieza dentaria con curetas 13-14 Gracey (HuFriedy - USA), y se lavó con agua corriente, para finalmente conservarlos en alcohol etílico al 70%, para mantener las características de permeabilidad de la dentina [15].

Preparación de los discos de dentina

Los ejemplares fueron cortados con disco diamantado de carburo a baja velocidad (NSK) separando previamente la zona oclusal y cortando discos de dentina de un milímetro de espesor. Una vez realizados los cortes, estos fueron colocados en una base de acrílico para dar mayor estabilidad, y finalmente pulidos con discos Sof-Lex™ 3M para formar una superficie homogénea y lisa la cual fue confirmada mediante el AFM. Este procedimiento fue realizado en instalaciones de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).

Posteriormente, los discos fueron sometidos a un grabado con ácido ortofosfórico al 37% durante 30 segundos, una vez culminado esto se lavó cada disco con agua destilada por 30 segundos para simular una dentina sensible, y se observó al AFM para poder determinar el diámetro de los túbulos dentinarios. Los especímenes se dividieron en cuatro grupos de estudio de seis discos de dentina cada uno, y fueron rotulados como un grupo de control (0% nHAP) y tres

con la pasta dental a concentraciones de (1, 2, y 3% nHAP).

Síntesis y Obtención de nHAP

El procedimiento se llevó a cabo mediante las especificaciones planteadas por Jarcho y Rodríguez [16,17], que consiste en un proceso de precipitación con agitación constante, a temperatura ambiente, filtración, secado y síntesis. La síntesis de nHAP se llevó a cabo mediante la adición con goteo invariable de hidróxido de calcio 0.5M con pureza del 95% sobre una solución de ácido fosfórico 0.3M con pureza del 85% (Siga-Aldrich), a temperatura ambiente bajo agitación constante. Se mantuvo un pH entre 11 y 12 durante todo el proceso, con el uso de hidróxido de amonio concentrado (Siga-Aldrich). Posteriormente, se mantuvo la agitación por 16 horas y el precipitado se conservó en reposo por cinco días. El precipitado se sometió a lavados con etanol y filtrado al vacío, para finalmente llevarlo a una estufa a 120°C por dos horas para su secado.

Determinación de tamaño de nHAP

La determinación del tamaño promedio de las nanopartículas fue realizada por un análisis de dispersión de luz dinámica con el uso del equipo SZ-100 dynamic light scattering (DLS) system.

Preparación de pasta dental con nHAP y cepillado de discos

Se tomó una pasta dental comercial totalmente al azar con un contenido de 1450 ppm de flúor. Se prepararon tres pastas dentales con la adición de las nanopartículas de HAP en una concentración de 1, 2, 3% (p/p) y se reservó una sin nHAP. Con la ayuda de un agitador mecánico de paletas (500 rpm) se agitó cada pasta por un tiempo de dos minutos para lograr la homogeneidad de la pasta dental. A los discos de dentina se les realizó un cepillado con la ayuda de un cepillo eléctrico comercial (Crest Spinbrush Multi-Angle) con 0.2 g de pasta dental extendido en toda

la superficie durante dos minutos, y se lavó con agua corriente por 30 segundos para retirar toda la pasta de la superficie. A continuación, se los mantuvo en 10 mL de saliva artificial que fue sustituida a diario, este procedimiento se llevó a cabo dos veces al día por siete días. Una vez transcurrido ese tiempo, se procedió a la revisión de los túbulos en el AFM para su evaluación.

Determinación de diámetro de túbulos dentinarios por AFM

Para la observación al microscopio se procedió a dividir a cada disco de dentina en tres sectores (sitios de escaneo) en los cuales se analizó la medida del diámetro de los túbulos dentinarios por duplicado. Para la determinación del diámetro de túbulos dentinarios se utilizó un equipo AFM Park Systems NX10, con un área de escaneo de 10 x 10µm. en modo contacto-intermitente (Tapping). La medición se hizo inmediatamente antes de iniciar el cepillado y a los siete días del tratamiento cepillado

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se midió el diámetro de los túbulos dentinarios evidentes, en cada una de las imágenes escaneadas por el AFM, con área de escaneo de 10 x 10µm. Con la ayuda del programa STATGRAPHICS | Data Analysis Solutions, se realizaron pruebas estadísticas de significancia para evaluar en los 24 discos el diámetro de túbulo dentinario en función de la adición de ácido, de los diferentes discos de dentina y del sitio de escaneo por disco. A partir de estos análisis se determinó la influencia del tratamiento (cepillado de discos con pastas dentales a diferentes porcentajes de adición de nHAP (0, 1, 2 y 3%), en la oclusión de túbulos dentinarios, para este fin se utilizó la ecuación **Ecuación 1**.

Dónde: DTA es el diámetro de túbulos abiertos mediante el uso de ácido ortofosfórico simulando una dentina sensible y DTD es diámetro de túbulo después de siete días de cepillado con pasta dental dopada con nanopartículas de hidroxiapatita con diferentes concentraciones.

$$\% \text{ oclusión de tubulos} = \left(\frac{DTA-DTD}{DTA} \right) \times 100 \quad (1)$$

Las diferencias inicial - final de cada tratamiento fue realizado mediante prueba t para grupos pareados. La diferencia en el diámetro final de los túbulos de los diferentes grupos se evaluó mediante ANOVA y después de esto se realizó una prueba de significancia LSD de Fisher (IC 95%) para determinar la diferencia entre los grupos (0 vs. 1, 2 y 3; 1 vs. 2 y 3; 2 vs. 3). Un valor de $P < 0.05$ se consideró para determinar diferencias con significación estadística.

Consideraciones éticas

La investigación fue aprobada por el Subcomité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad Central del Ecuador SEISH – UCE. Además, se obtuvo la aprobación de participación de los pa-

cientes donadores de las piezas dentarias, mediante la firma del consentimiento informado para la extracción y donación de las piezas dentarias por indicación terapéutica. Los pacientes fueron informados plenamente sobre el propósito y procedimiento del estudio, quienes participaron de forma voluntaria, y se respetó la confidencialidad de cada uno de ellos.

Resultados

Síntesis y Caracterización de nHAP

Una vez sintetizadas las nanopartículas de Hidroxiapatita, se determinó el tamaño de las mismas con la ayuda de DLS, obteniéndose un tamaño promedio de nanopartículas de 407nm como se evidencia en la **Figura 1**.

Análisis de diámetro de túbulos dentinarios

En el diagrama de Pareto (**Figura 2**) se reflejan los factores que afectan a la medida de diámetro de los túbulos dentinarios en 24 discos de dentina. Como se evidencia, la adición de ácido tiene un efecto significativo positivo en el diámetro de túbulo dentinario, es por esta razón, que para estandarizar todas las muestras se simuló una dentina sen-

sible con ataque de ácido ortofosfórico 37% (p/p). Para esto, se partió de un diámetro de túbulo dentinario de $1.21 \pm 0.02 \mu\text{m}$ para posteriormente obtener un diámetro de túbulo dentinario promedio de $1.74 \pm 0.03 \mu\text{m}$ después de la adición de ácido (**Figura 3**). Se observa también que tanto el sitio de escaneo como el número de disco no tienen un efecto significativo en la medida de diámetro de túbulo dentinario.

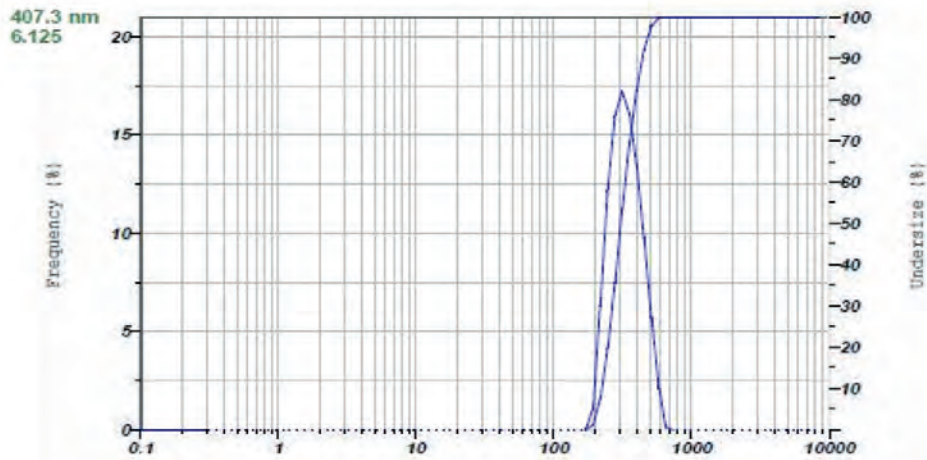


Figura 1. Diagrama del tamaño de nanopartículas sintetizadas, realizado en el equipo DLS (equipo SZ - 100 dynamic light scattering (DLS) system)

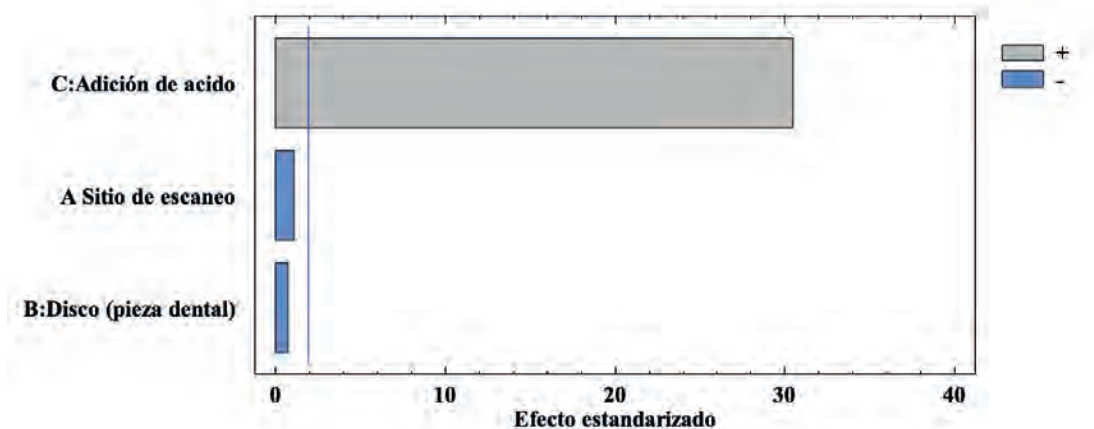


Figura 2. Diagrama de Pareto: Factores sobre limite azul (línea azul) afectan a diámetro de túbulos dentinarios.

La **Figura 3** muestra que existe un efecto positivo con la adición de ácido, es decir, que se ha simulado una dentina hipersensible al au-

mentar el diámetro del túbulo dentinario por la acción de ácido ortofosfórico 37% (p/p) un $31 \pm 1.2\%$.

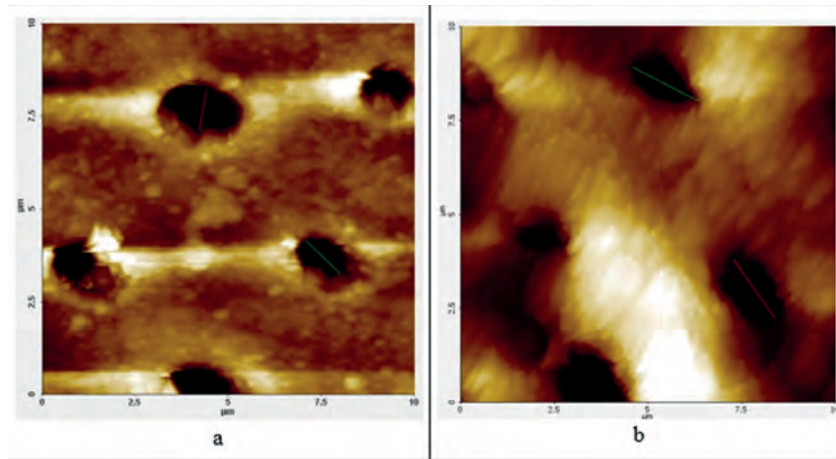


Figura 3. Disco de dentina con o sin adición de ácido, observados en AFM. 3a. Imagen microscópica de disco de dentina donde se observa los túbulos dentinarios sin adición de ácido. **3b.** Imagen microscópica de disco de dentina, donde se observa los túbulos dentinarios con adición de ácido ortofosfórico 37% (simulación de hipersensibilidad dentinaria).

Influencia de porcentaje de hidroxiapatita en sellado de túbulos dentinarios

En la **Tabla 1** se aprecia el resultado de la prueba ANOVA ($P < 0.005$) para los tratamientos finales, y en la **Tabla 2** se aprecian los valores promedio del diámetro inicial y final de túbu-

los dentinarios después de cada tratamiento. No hubo diferencia significativa en el diámetro de los túbulos dentinarios de los discos tratados con pasta al 0% de nHAP, mientras que, para los tratamientos con las pastas dentales de concentraciones de 1, 2, 3% de nHAP si se observó diferencias significativas.

Tabla 1. Prueba ANOVA para diámetros de túbulos dentinarios antes y después del tratamiento para cada concentración de nHAP

| Concentración nHAP % | Diámetro Final (μm) | P |
|----------------------|----------------------------------|-------|
| 0 | 1.67 | 0.77 |
| 1 | 1.35 | 0.001 |
| 2 | 1.28 | 0.001 |
| 3 | 1.23 | 0.001 |

* $P < 0.005$ significancia a través de ANOVA

Tabla 2. Diámetro de los túbulos dentinarios antes y después de tratamiento.

| Concentración nHAP % | Diámetro Inicial (μm) | Diámetro Final (μm) | P |
|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------|
| 0 | 1.7 ± 0.05 | 1.7 ± 0.05 | 0.77 |
| 1 | 1.8 ± 0.06 | 1.3 ± 0.06 | 0.001 |
| 2 | 1.7 ± 0.06 | 1.3 ± 0.04 | 0.001 |
| 3 | 1.8 ± 0.06 | 1.2 ± 0.04 | 0.001 |

En la **Tabla 3** se muestran los resultados de la prueba LSD de Fisher en donde se aprecia una diferencia estadísticamente significativa entre todos los resultados finales para cada tratamiento (múltiples rangos A, B, C y D), por lo

cual se demuestra que el valor máximo de porcentaje de disminución del diámetro de los túbulos es el producido por la pasta dental al 3% nHAP ya que produjo una oclusión de túbulo mayor con respecto a los demás tratamientos.

Tabla 3. Porcentaje de disminución de diámetros de túbulos dentinarios después del tratamiento.

| Porcentaje de nHAP | Casos (n) | Media | 95% IC | Pruebas de Múltiple Rangos |
|--------------------|-----------|-------|-------------|----------------------------|
| 0 | 36 | 3.6 | 1.5 - 5.6 | A |
| 1 | 36 | 21.9 | 19.1 - 23.9 | B |
| 2 | 36 | 26.0 | 24.0 - 28.0 | C |
| 3 | 36 | 30.3 | 28.3 - 32.3 | D |

Adicionalmente en la **Figura 4** se confirma que la pasta con nanopartículas de hidroxiapatita al 3% en promedio fue la mejor al momen-

to de disminuir el diámetro de túbulos dentinarios con un porcentaje de disminución del $30.31 \pm 2.03\%$.

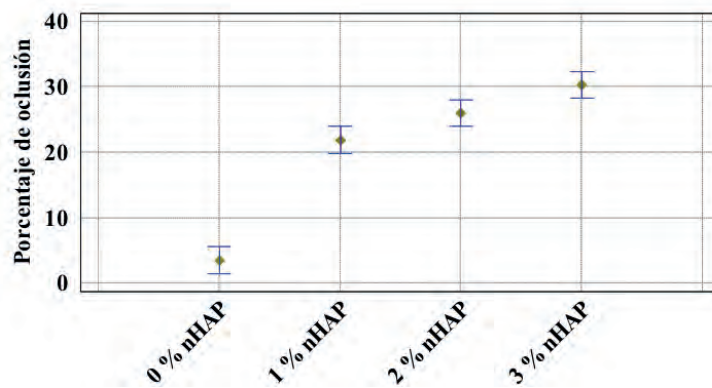


Figura 4. Diagrama de barras de error del porcentaje de oclusión de túbulos dentinarios para cada tratamiento. Se evidencia que la pasta dental con 3% de nHAP tiene mayor efectividad en la oclusión de los túbulos dentinarios.

En la Figura 5 se puede apreciar las imágenes generadas por el AFM de las muestras donde se observa la efectividad de la pasta dental con las diferentes concentraciones de nHAP (0, 1, 2, 3%) después de siete días de cepillado. En la Figura 5a se observa un disco de dentina con sensibilidad dentinaria provocada por ataque con ácido ortofosfórico 37% (p/p) y túbulos con tamaño promedio de $1.74 \mu\text{m}$. En las figuras 5b, 5c, 5d, 5e se observan los túbulos dentinarios tratados con pasta dental 0, 1, 2 y 3% de nHAP y con un diámetro de túbulos

dentinarios promedio de $1.78 \mu\text{m}$, $1.41 \mu\text{m}$, $1.30 \mu\text{m}$, $1.21 \mu\text{m}$, respectivamente.

Análisis de profundidad de túbulos

La **Figura 6a** muestra que la profundidad de los túbulos antes de aplicación de tratamiento es mayor con respecto a la profundidad de los túbulos dentinarios después de siete días de aplicación de la pasta dental dopada con nHAP al 3% (P/P) (**Figura 6b**), esto demuestra que la profundidad de túbulos dentinarios disminuyó un promedio de $0.81 \mu\text{m}$.

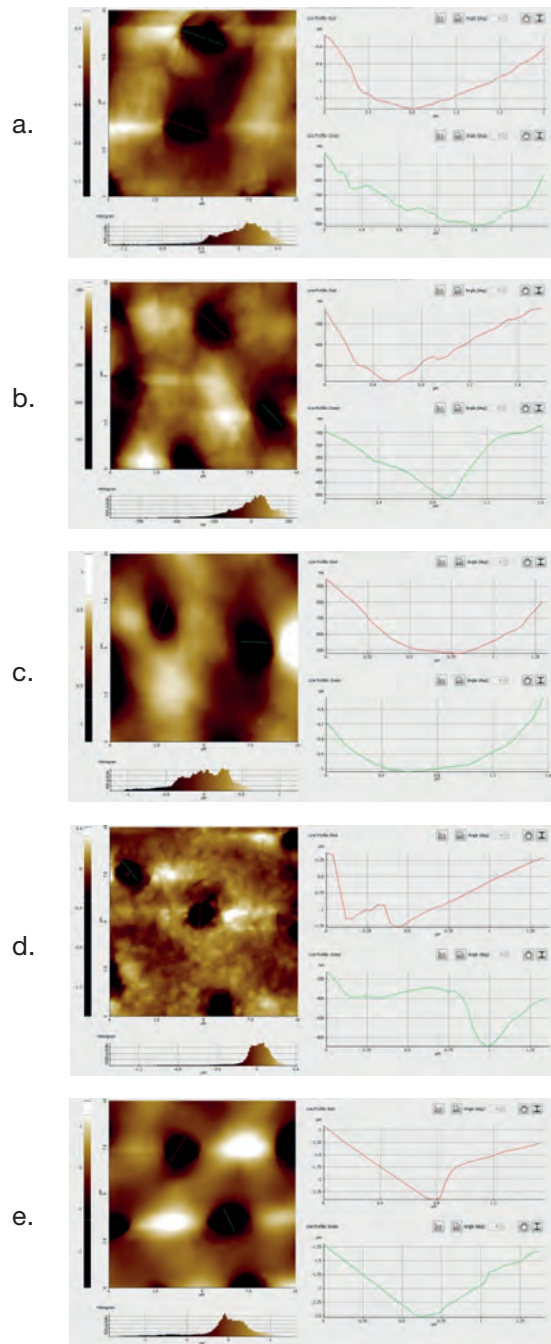


Figura 5. Eficiencia en sellado de túbulos dentinarios Imágenes de AFM modo Tapping $10 \times 10 \mu\text{m}$.
a. Túbulos dentinarios con tamaño promedio de $1.74 \mu\text{m}$.
b. Disco de dentina tratado con pasta dental 0% de nHAP diámetro de Túbulos dentinarios promedio de $1.78 \mu\text{m}$.
c. Disco de dentina tratado con pasta dental 1% de nHAP diámetro de Túbulos dentinarios promedio de $1.41 \mu\text{m}$.
d. Disco de dentina tratado con pasta dental 2% de nHAP diámetro de túbulos dentinarios promedio de $1.30 \mu\text{m}$.
e. Disco de dentina tratado con pasta dental 3% de nHAP diámetro de túbulos dentinarios promedio de $1.21 \mu\text{m}$.

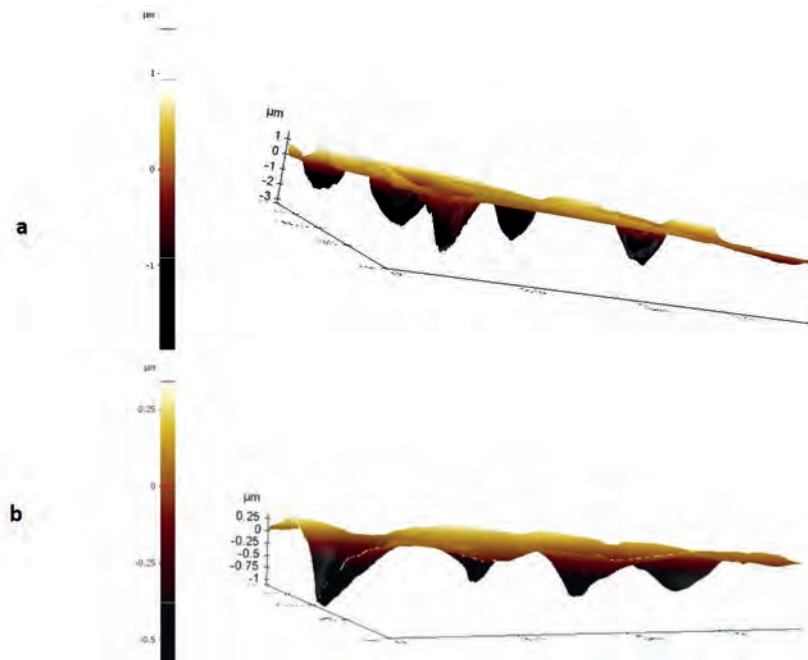


Figura 6. Profundidad de los túbulos dentinario, observación en AFM
a. Profundidad de los túbulos dentinarios antes de la aplicación de la pasta dental con nHAP.
b. Profundidad de los túbulos dentinarios posterior a siete días de aplicación de la pasta dental con 3% nHAP.

Discusión

Síntesis y Caracterización de nHAP

Existen varias fuentes disponibles sobre la síntesis de nanohidroxiapatita, que resulta ser un método bastante completo, no complicado y de bajo costo [18]. Además, demuestra significativas ventajas ya que tiene la capacidad de incorporarse de manera natural a las estructuras dentarias [19]. Actualmente en Ecuador y América Latina son muy pocos los estudios realizados sobre la síntesis y aplicación de la nanohidroxiapatita en el campo de la odontología y específicamente en el uso de este material en el tratamiento de la hipersensibilidad dentinaria. Este estudio evaluó la capacidad de la síntesis de este nanomaterial, siguiendo estudios en los cuales se obtuvo nanopartículas por precipitación química en base a hidróxido de calcio y ácido fosfórico [18,20,21], sometidas a una agitación constante y manteniendo un pH mayor a 10.

Según un estudio realizado por Rivera y colaboradores [19], este protocolo permite que la distribución porosa de las nanopartículas obtenidas sea más estrecha y de esta manera permite una mayor formación de hidroxiapatita en el sitio donde será usada. Adicionalmente, fue sometida a temperatura elevada la cual es una condición que actúa directamente sobre el tamaño de la partícula y la morfología de la misma, de esta manera se obtiene un polvo más cristalino [19, 22, 23].

Se obtuvieron nanopartículas de 407nm que representa un tamaño adecuado del polvo para ser utilizado en la adición a la pasta dental, ya que, debido al tamaño y cristalinidad obtenidos, les confiere una alta osteoconductividad y bioactividad, en comparación con otros materiales usados a micro escalas. Además, la elaboración de nHAP por precipitación, tuvo ventajas entre las cuales se puede mencionar rendimiento, facilidad en su realización y bajos costo, los cuales se consi-

derarían como factores importantes para un posterior uso en la industria [19, 24].

Análisis de diámetro de túbulos dentinarios

La **Figura 2** demuestra que el sitio de escaneo y los diferentes discos de dentina no influye en la toma de medidas del diámetro del túbulo; por lo tanto, el sitio de escaneo no fue un factor que afecte a la toma de datos.

Los molares recolectados fueron almacenados en etanol al 70%, que es uno de los medios que menos altera la permeabilidad de la dentina [15, 25], de forma que permite realizar estudios in vitro sobre el movimiento de los fluidos a través de la dentina. Adicionalmente, existen varios estudios que utilizan discos de dentina para realizar las evaluaciones sobre la sensibilidad de la dentina. Igualmente permite medir los efectos que puedan tener diferentes materiales dentales sobre los discos de dentina para el tratamiento de la sensibilidad. Para el efecto se han utilizado diversos métodos que permiten aplicar dispositivos útiles para la medición de la permeabilidad de la dentina, así como el análisis bajo microscopía para la visualización de la oclusión de los túbulos dentinarios. Este último es importante, ya que los túbulos dentinarios establecen el 86% de la resistencia al flujo de líquido en el interior de los mismos; por lo tanto, si existe una reducción en el diámetro del túbulo se reduce el flujo de líquido, y por ende promueve el alivio a la sensibilidad de la dentina [26-28].

Influencia de porcentaje de hidroxiapatita en sellado de túbulos dentinarios

Estudios in vitro demuestran que la pasta dental con nHAP provoca no solo el sellado de los túbulos dentinarios, sino que también ayuda en la remineralización del esmalte dental y la inhibición de la caries dental [29, 30]; por lo tanto, una pasta que contiene nHAP podrían ser una alternativa eficaz en la remineralización y tratamiento de la hipersensibilidad dentinaria.

A pesar de que la disminución de diámetro de túbulo dentinario fue del 30 % a causa de la

aplicación la pasta dental dopada con el 3% de nHAP en siete días de cepillado, se puede decir que se ha retornado al estado inicial del diámetro de dentina previo al ataque ácido el cual fue en promedio de $1.21 \pm 0.02\mu\text{m}$. Este resultado sugiere que esta pasta dental ha logrado disminuir el tamaño del túbulo dentinario a las condiciones normales y es efectiva al ocluir túbulos dentinarios con la consecuente disminución de la sensibilidad dentinaria.

Por medio de este estudio se logró comprobar que la pasta dental con nHAP tiene una capacidad potencialmente alta como un producto desensibilizante, por lo que, de acuerdo con la teoría hidrodinámica, el fluido a través de la dentina es directamente proporcional al radio que se presente en los túbulos dentinarios. Por tanto, si hay una reducción en este factor tendría un mayor efecto en la disminución del paso del fluido y por ende una disminución del dolor presentado por la hipersensibilidad dentinaria [31,32].

En conclusión, se logró sintetizar a partir de hidróxido de calcio y ácido fosfórico nanopartículas de 407.3 nm de hidroxiapatita (nHAPs), las cuales resultaron óptimas para su aplicación en la pasta dental. La adición de 3% de nHAP a pasta dental presentó mayor efectividad en el sellado de los túbulos dentinarios evidenciado por la disminución del diámetro de los túbulos dentinarios en un 30% luego de siete días de tratamiento, y un aspecto más liso a la superficie dental.

Conflicto de intereses

Los autores no reportan conflicto de interés alguno.

Contribución de los autores

El protocolo de investigación y el diseño de la misma, la recolección de datos, el análisis estadístico, la valoración e interpretación de los datos, el análisis crítico, la discusión, la redacción y la aprobación del manuscrito final fueron realizados por todos los autores quienes con-

tribuyeron de igual forma en todo el proceso. El autor correspondiente representa al colectivo de autores.

Financiamiento

Los autores declaran que los recursos financieros para la elaboración de la presente investigación proceden de autogestión.

Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento al Dr. Byron Cerda Director Clínico del Centro Odontológico OdontoCondado por facilitar las piezas dentarias útiles para la realización del proyecto de investigación. De la misma manera agradecemos a la Facultad de Ciencias Químicas por el apoyo en el uso de los laboratorios de Energías Renovables, así como al Dr. Pablo Bonilla por permitir el uso del Microscopio de Fuerza Atómica en el laboratorio de Nanoestructuras.

Disponibilidad de datos

Los datos que sustentan este manuscrito están disponibles bajo solicitud al autor de correspondencia.

Referencias

1. Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity. *J Can Dent Assoc.* 2003;69(4):221-6.
2. Cordero García S, Peña Sisto M. Factores de riesgo de hipersensibilidad dentinaria en pacientes adultos con prótesis dental. *Medisan.* 2012;16(3):349-57.
3. de la Fuente Hernández J, Alvarez Perez MA, Sifuentes Valenzuela MC. Uso de nuevas tecnologías en odontología. *Rev Odontológica Mex.* 2011;15(3):157-62.
4. Patil M, Mehta DS, Guvva S. Future impact of nanotechnology on medicine and dentistry. *J Indian Soc Periodontol.* 2008;12(2):34-40.
5. Freitas RA. Nanodentistry. *J Am Dent Assoc.* 2000;13(11):1559-65.
6. Hieber SE, Müller B. Nanodentistry. En: Logothetidis S, editor. *NanoScience and Technology.* Switzerland: Editorial Springer; 2012. p 97.
7. García Garduño MV, Reyes-Gasga J. La hidroxiapatita, su importancia en los tejidos mineralizados y su aplicación biomédica. *Rev Espec en Ciencias Químico-Biológicas.* 2006; 9(2):90-5.
8. Marco R, Molina J, Gil Loscos F. Estudio *in vitro* para evaluar la capacidad de sellado tubular de un nuevo producto con nanopartículas de hidroxiapatita para el tratamiento de la Sensibilidad Dental [Internet]. Madrid: Universidad de Valencia, Póster SEPA; 2011. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/1852006/>
9. Calvo X. Tecnología y dentaid technology nanopair. *Rev Científica Odontológica.* 2014;2 (1):155-7.
10. Hill RG, Chen X, Gillam DG. *In vitro* ability of a novel nanohydroxyapatite oral rinse to occlude dentine tubules. *Int J Dent.* 2015; 2015:153284.
11. Docimo R, Montesani L, Maturo P, Costacurta M, Bartolino M, Zhang YP, et al. Comparing the efficacy in reducing dentin hypersensitivity of a new toothpaste containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride to a benchmark commercial desensitizing toothpaste containing 2% potassium ion: An eight-week clinical study. *J Clin Dent.* 2009; 20(4):137-43.
12. Ayad F, Ayad N, Delgado E, Zhang YP, DeVizio W, Cummins D, et al. Comparing the efficacy in providing instant relief of dentin hypersensitivity of a new toothpaste containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride to a benchmark desensitizing toothpaste containing 2% potassium ion and 1450 ppm fluoride, and to a control toothpaste with 1450 ppm fluoride: a three-day clinical study in Mississauga, Canada. *J Clin Dent.* 2009;20(4):115-22.
13. Yang M, Lin H, Jiang R, Zheng G. Effects of desensitizing toothpastes on the permeability of dentin after different brushing times: An *in vitro* study. *Am J Dent.* 2016; 29(6):345-51.
14. Tschoppe P, Zandim DL, Martus P, Kielbassa AM. Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. *J Dent.* 2011; 39(6):430-7.
15. Goodis HE, Marshall GW, White JM. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability *in vitro*. *Arch Oral Biol.* 1991; 36(8):561-6.
16. Jarcho M, Bolen CH, Thomas MB, Bobick J, Kay JF, Doremus RH. Hydroxylapatite synthesis and characterization in dense polycrystalline form. *J Mater Sci.* 1976; 11(11):2027-35.
17. Rodríguez MD. Síntesis y análisis de hidroxiapatita. *Ing Inv.* 1998; 41:57-63.

18. Martinelli A, Novoa MC, Oldani C, Corominas A. Síntesis y caracterización de hidroxiapatita para implantes biomédicos [Internet]. Argentina: XVI-II Congreso Argentino De Bioingeniería; 2011. p. 1-9. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/212205422/rec-HA>
19. Afshar A, Ghorbani M, Ehsani N, Saeri MR, Sorrell CC. Some important factors in the wet precipitation process of hydroxyapatite. *Mater Desing.* 2003;24(3):197-202.
20. Guerra NB, Hernández ML, Santos RG. Cementos óseos acrílicos modificados con hidroxiapatita/acetato de vinilo: caracterización mecánica, termoanalítica y bioactividad in vitro. *Polímeros.* 2010;20(2):98-106.
21. Bello DG, Hernández ML, Guerra NB. Determinación de propiedades mecánicas y temperatura máxima de polimerización de cementos óseos acrílicos modificados con micro y nanopartículas de hidroxiapatita. *Rev LatinAm Metal Mater.* 2011;31(1):91-8.
22. Landi E, Tampieri A, Celotti G, Vichi L, Sandri M. Influence of synthesis and sintering parameters on the characteristics of carbonate apatite. *Bio-materials.* 2004;25(10):1763-70.
23. Rivera JA, Fetter G, Bosch P. Efecto del pH en la síntesis de hidroxiapatita en presencia de microondas. *Rev Mater.* 2010;15(4):506-15.
24. Saeri MR, Afshar A, Ghorbani M, Ehsani N, Sorrell CC. The wet precipitation process of hydroxyapatite. *Mater Lett.* 2003;57(24-25):4064-9.
25. Goodis HE, Marshall GW, White JM, Gee L, Hornberger B, Marshall SJ. Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dent Mater.* 1993;9(2):79-84.
26. Orchardson R, Gillam DG. Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc.* 2006;137(7):990-8.
27. Kolker JL, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson D V. Effect of desensitizing agents on dentin permeability and dentin tubule occlusion. *J Adhes Dent.* 2002;4(3):211-21.
28. Mello SV, Arvanitidou E, Stranick MA, Santana R, Kutes Y, Huey B. Mode of action studies of a new desensitizing mouthwash containing 0.8% arginine, PVM/MA copolymer, pyrophosphates, and 0.05% sodium fluoride. *J Dent.* 2013;41(Suppl1):S12-9.
29. Xue J, Li W, Swain MV. In vitro demineralization of human enamel natural and abraded surfaces: A micromechanical and SEM investigation. *J Dent.* 2009;37(4):264-72.
30. Daza Pulido LM, Sarmiento Bejarano LR, Güiza Cristancho EH. Determinación del patrón de grabado con láser y ácido ortofosfórico al 37% sobre el esmalte dental. *Univ Odontol.* 2005;25(56):31-40.
31. Romero-Amaro IL, Escalona L, Acevedo AM. Teorías y factores etiológicos involucrados en la hipersensibilidad dentinaria. *Acta Odontológica Venez.* 2009;47(1):1-15.
32. Miglani S, Aggarwal V, Ahuja B. Dentin hypersensitivity: Recent trends in management. *J Conserv Dent.* 2010;13(4):218-24.