



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Efecto de la aplicación de la resina infiltrativa Icon® en la topografía del esmalte dental sometido a condiciones de pH cíclico, determinado por microscopía de fuerza atómica.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

ESPECIALISTA EN ODONTOPEDIATRÍA

P R E S E N T A:

C.D. EDGAR ENRIQUE ROSAS CHACÓN

TUTOR: DR. ARAIZA TÉLLEZ MIGUEL ÁNGEL

MÉXICO, Cd. Mx.

2019

Vo. B. O.

Efecto de la aplicación de la resina infiltrativa Icon® en la topografía del esmalte dental sometido a condiciones de pH cíclico, determinado por microscopía de fuerza atómica.

Rosas Chacón Edgar Enrique*, Araiza Téllez Miguel Ángel**

Resumen

La utilización de materiales con fines preventivos es una medida que se ha privilegiado en los procedimientos clínicos en odontopediatría. **Objetivo:** el propósito de este trabajo fue determinar la topografía superficial del esmalte dental tratado con resina infiltrativa y ambiente de pH cíclico. **Material y Métodos:** Se utilizaron 15 coronas de terceros molares humanos los cuales fueron cortados en cuatro secciones (N=60) con disco de diamante. Posteriormente se fijaron en acrílico autopolimizable y se pulió la superficie con papel de lija de SiC de gramaje #600 a #3000. Se sometieron en condiciones de pH cíclico y se recuperaron 3 muestras de cada grupo a los 5, 10 y 15 días. Las muestras se observaron en un microscopio de fuerza atómica JEOL Scanning Probe Microscope modelo JSPM-4210, mediante barridos de áreas de trabajo de $500\mu\text{m}^2$ a $5\mu\text{m}^2$. Los registros digitales obtenidos fueron procesadas en el programa WSxM5 y se determinaron las características de rugosidad media cuadrática (RMS) y rugosidad (Ra) en la superficie de cada una de las muestras. **Resultados.** Con el tiempo se incrementa la rugosidad en las muestras que son sometidas a pH cíclico, el grupo de 15 días presentó los valores más altos de RMS y Ra (135 y 42.85nm, respectivamente), el mismo comportamiento lo presentaron las medidas de Ra, ya que la rugosidad se incrementó del esmalte sano (8.83nm) hasta la del esmalte que estuvo en condiciones de pH cíclico (112.32 nm). **Conclusión** La topografía del esmalte tratado con resinas infiltrantes se modifica la rugosidad en proporción directa al tiempo de exposición en el pH cíclico.

Palabras clave: Resina infiltrante, topografía, esmalte, ph cíclico, microscopía de fuerza atómica.

Abstract:

The use of materials for preventive purposes is a measure that has been privileged in the clinic procedures in pediatric dentistry. Objective of this work was to determine the surface topography of dental enamel treated with infiltrative resin and cyclic pH environment. Material and methods: fifteen crowns of third human molars were used which were cut into four sections (No. 60) with diamond disc. They were then fixed in self-polymerizable acrylic and polished the surface with SiC sandpaper of 600 to 3000 grit. They underwent cyclic pH conditions and 3 samples from each group were retrieved at 5, 10 and 15 days. The samples were observed in a JEOL Scanning Probe Microscope model JSPM-4210, using work area s from $500\mu\text{m}^2$ to $1.25\mu\text{m}^2$. The digital records obtained were processed in the WSxM5 software and the characteristics of mean quadratic roughness (RMS) and roughness (Ra) were determined on the surface of the samples. Results. Over time the roughness is increased in samples that are subjected to cyclic pH, the group of 15 days presented the highest values of RMS and Ra (135 and 42.85nm, respectively), the same behavior was presented by the measures of Ra, since the roughness increased in enamel without treatment (8.83nm) to that submitted in cyclic ph conditions (112.32 nm). Conclusions. The topography of enamel treated with infiltrating resins modified its roughness in direct proportion to exposure time at cyclic pH.

Keywords: Infiltrating resin, topography, enamel, cyclic ph, atomic force microscopy.

*Egresado de la especialidad de Odontopediatría, DEPeI, Facultad de Odontología UNAM.

**Profesor titular de tiempo completo, Laboratorio de Materiales Dentales, DEPeI, Facultad de Odontología UNAM.

Introducción

El esmalte es el tejido más duro del organismo y sus propiedades fisicoquímicas lo hacen único. Es un sólido constituido de 95% minerales (hidroxiapatita) y un 5% de agua y tejido orgánico¹.

La formación del esmalte es el resultado del funcionamiento especializado, crecimiento y la organización de cristales de hidroxiapatita $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}]_2$.²

La composición química está relacionada con las propiedades estructurales. Si los cristales de hidroxiapatita están fuertemente compactados el esmalte conserva la translucidez y propiedades mecánicas¹, por ello se le considera el tejido más duro del organismo y es soluble sólo en medios ácidos.

El esmalte desmineralizado e hipomineralizado tiende a ser más poroso y desorganizado que el esmalte normal ya que presenta un 28% de reducción en el contenido de minerales, un 80% más de apatita carbonatada y una elevación proteica de 3 a 15 veces. Es por eso que el esmalte hipomineralizado tiene una dureza menor comparado con el esmalte sano³.

La importancia de la detección temprana de lesiones de caries dental radica en la alta prevalencia de lesiones cariosas no detectadas y tratadas en dientes permanentes. Es

la entidad con más prevalencia, afecta 2.400 millones de personas en todo el mundo. El costo económico de tratar caries dental establecida es considerablemente mayor que si se realiza una detección temprana⁴. La evidencia indica que la edad de aparición de caries de niños y adultos ha cambiado, ya que se presentan 3 picos de prevalencia a las edades 6, 25 y 70 años⁵.

La caries es un proceso de origen multifactorial que inicia su desarrollo después de la erupción dental, comienza con el reblandecimiento de los tejidos duros del diente y evoluciona hasta la formación de una cavidad⁶.

El enfoque del tratamiento de la caries ha cambiado en los últimos años, actualmente se basa en el control del riesgo a caries y la detección de lesiones incipientes.⁷ Para el tratamiento de lesiones no cavitadas (cuando aparecen signos de desmineralización) se realiza la aplicación de agentes remineralizantes como el fluoruro en cualquiera de sus presentaciones, sin embargo cuando las lesiones son interproximales este tipo de terapias tiene limitaciones^{8,9}.

Las lesiones incipientes que representan la etapa inicial de la caries dental se presentan clínicamente como una mancha blanca, son lesiones cariosas que tienen una capa superficial relativamente intacta y una capa subsuperficial porosa¹⁰.

Estructuralmente la pérdida de componentes minerales del esmalte produce una vía de difusión de ácidos y minerales disueltos.

Intervención en lesiones incipientes de caries

Para Kielbassa la intervención mínimamente invasiva debe basarse en 5 principios¹¹:

- Diagnóstico de lesiones tempranas de caries con una orientación científica.
- Educación de los hábitos de los pacientes para modificar la flora y ambiente oral.
- Remineralización de lesiones tempranas.
- Mínima intervención mecánica en lesiones cavitadas.
- Sustitución de restauraciones defectuosas.

Resina infiltrativa

En la actualidad está disponible una resina que tiene la capacidad de infiltrar las porosidades que se presentan con la desmineralización logrando ocluir las, sus fabricantes mencionan que se logra detener la progresión de la caries⁸.

El sistema de infiltración de resina ICON[®] (DMG Germany) es un procedimiento microinvasivo que permite la penetración de una resina de baja viscosidad en la capa porosa interna¹².

Dentro de las ventajas de utilizar una resina infiltrativa es que no se requiere una eliminación mecánica de la

estructura dental. El acondicionamiento se lleva a cabo con ácido clorhídrico al 15% durante 120s, se enjuaga con agua 30 segundos, se aplica aire libre de agua y aceite por 30s, seguido de etanol 30s, finalmente la aplicación de la resina infiltrante 3min y 40s de fotocurado¹².

La resina infiltrativa, se desarrolló como una resina de baja viscosidad y un alto coeficiente de penetración, el objetivo es infiltrar las estructuras dentales con un alto grado de porosidad. Esta porosidad puede estar asociada no solo a caries dental sino también a defectos en el desarrollo de las estructuras dentales como hipoplasias y fluorosis. Cualquiera de las mencionadas anteriormente se manifiestan como manchas claras y oscuras acompañadas de una morfología atípica¹³.

El criterio para decidir el uso de la resina infiltrativa está basado en la clasificación radiográfica de la lesión interproximal de caries de Mejare (Figura 1)¹⁴.

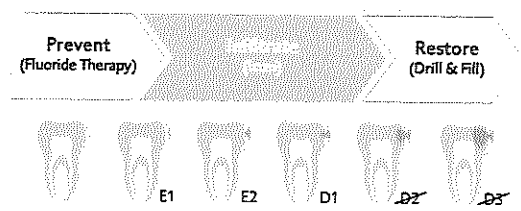


Figura 1.- Clasificación de la profundidad de la lesión con radiografía de aleta de mordida.

La utilización de esta resina está indicada para lesiones de caries proximales que tengan una extensión

máxima de D1 que corresponde a presencia de radiolucidez en el tercio externo de la dentina así como lesiones en superficies lisas limitadas al esmalte¹⁵.

Modelo de pH cíclico

Este es un procedimiento que crea las condiciones dinámicas de pérdida (desmineralización) y ganancia de minerales (remineralización) involucrados en la formación de caries figura 2, en un ambiente controlado donde hay flujo de minerales desde o hacia el sustrato dental.¹⁶

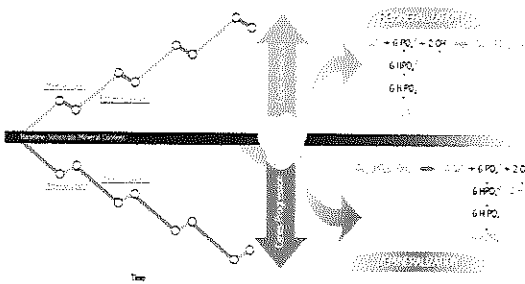


Figura 2.- Dinámica de los modelos de pH-cíclico in vitro de acuerdo con el flujo de minerales modificado de White (1995).¹⁶

La identificación de las características de un material se realiza por medio de diversas técnicas instrumentales. El microscopio de fuerza atómica (MFA) se emplea para conocer la topografía superficial, es una herramienta básica para el estudio de materiales a micro y nano escala^{17,18}. Proporciona imágenes 3D de fase y/o de topografía de la superficie con alta resolución espacial en tiempo real a escala nanométrica.

El principio de su operación se basa en la deflexión de una sonda fina adjunta a una micropalanca o cantilever (Figura 3), mientras esta interactúa con la muestra.¹⁹ Al recorrer el espécimen, es capaz de registrar continuamente la topografía (rugosidad) mediante una punta afilada de forma piramidal o cónica y tiene 3 modos de recorrer la superficie:

- 1.- Modo de contacto o repulsivo (C-AFM)
- 2.- Modo de no contacto o atractivo (NC-AFM)
3. Modo de contacto intermitente o tapping.

La resolución del instrumento es de aproximadamente 0.2 nm (10^{-9} m), y la pantalla de visualización permite distinguir detalles en la superficie de la muestra con una amplificación de varios millones de veces. Es muy útil para la caracterización de textura y defectos superficiales.¹⁹

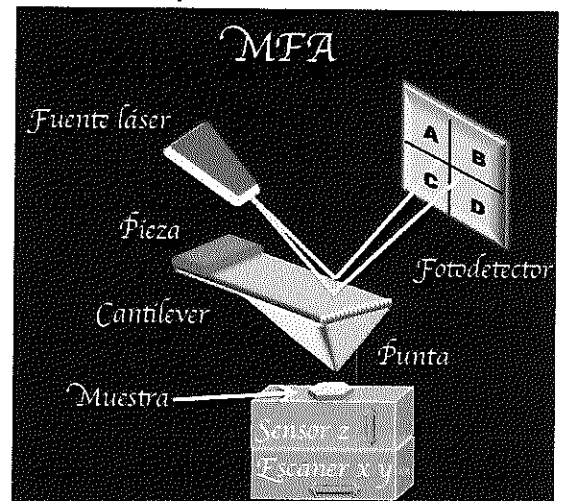


Figura 3.- Componentes del microscopio de fuerza atómica.

El MFA se utiliza en el estudio de diversos materiales inorgánicos, por lo que se recomienda en el estudio de muestras rígidas como es el esmalte dental. En la actualidad existen pocos estudios que evalúan el efecto de la resina infiltrativa en la superficie del esmalte, así como la rugosidad del mismo.

El propósito de este trabajo fue determinar la topografía superficial del esmalte dental tratado con resina infiltrativa y ambiente de pH cíclico.

Material y métodos

Se utilizaron 15 terceros molares extraídos por razones ortodónticas, con integridad coronaria y sin defectos en el esmalte. Después de 24 horas de permanecer en NaClO se enjuagaron en agua corriente y se removieron los restos de tejido blando presentes en la superficie radicular. Se lavaron y se colocaron en solución amortiguada (Tris Buffered Solution, Sigma® USA) hasta el momento de la preparación de las muestras (Fig. 4).

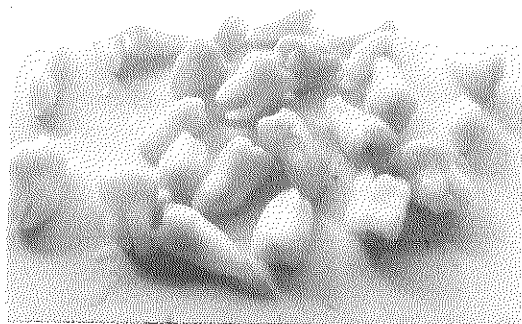


Figura 4.- Dientes extraídos

Preparación de muestras

Las raíces de los dientes fueron desgastadas con papel abrasivo de SiC de grano 120 (Fandeli ®, México)

hasta obtener exclusivamente las coronas.

Se fijaron las coronas en bases cilíndricas de acrílico autopolimizable (NicTone, México), de manera que se realizaron cortes transversales y obtuvieron cuatro segmentos por corona (Figura 5). Los cortes se realizaron con disco de diamante (Brasseler, USA®) montado en una recortadora (Thin sectioning Machine, Hamco Inc® Rochester, NY) y bajo irrigación constante.

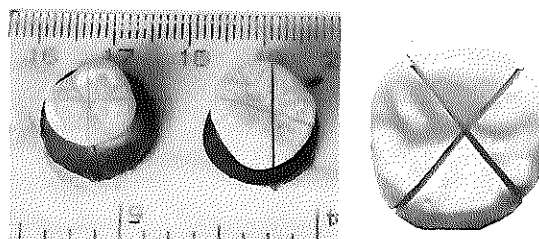


Figura 5.- Dientes seccionados en 4 partes.

Todos los cortes (N=60) se colocaron en moldes cilíndricos de PVC (Fig. 6) y se incluyeron con polimetil metacrilato (NicTone, México) autopolimizable. Cada muestra fue preparada mediante pulido superficial con papel abrasivo de SiC de grano de #600 a #3000 (Fandeli®, México), hasta lograr una superficie lisa del esmalte.

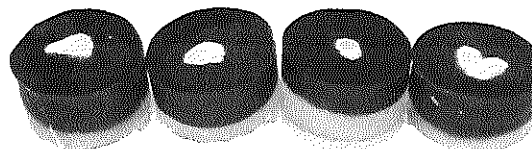


Figura 6.- Montaje de muestras en cilindros.

Las muestras pulidas se fijaron en una platina plástica y se llevaron a una recortadora (Thin Sectioning Machine,

Hamco Inc® Rochester N.Y.) con disco de diamante (Brasseler, USA®) en sentido horizontal para obtener segmentos menores a 2.0mm de altura (Fig. 7).

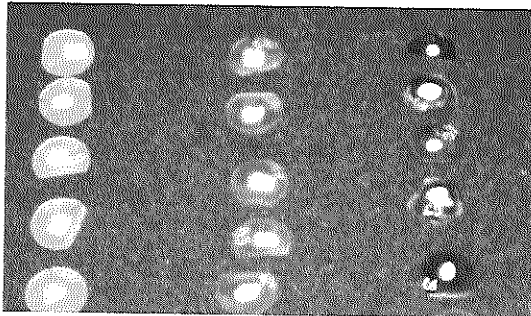


Figura 7.- Discos con segmentos de esmalte.

Las muestras (N=60) fueron divididas aleatoriamente cada uno de los siguientes grupos (n=10) para su estudio:

- G1. Esmalte sano.
- G2. Esmalte con lesión inicial.
- G3. Esmalte con tratamiento ICON® (DMG Germany).
- G4. Esmalte con lesión inicial con tratamiento ICON® (DMG Germany) sometido a pH cíclico durante 5 días.
- G5. Esmalte con lesión inicial y tratamiento ICON® (DMG Germany) sometido a pH cíclico durante 10 días.
- G6.- Esmalte con lesión inicial con tratamiento ICON® (DMG Germany) sometido a pH cíclico durante 15 días.

Para crear la lesión inicial en la superficie del esmalte, las muestras fueron inmersas en una solución desmineralizante constituida por

[CaCl₂+NaH₂+PO₄,+CH₃COOH] con pH ajustado a 4.4 y conservadas en ambiente de temperatura controlada a 37°C durante 96 hrs²⁰.

En el grupo de ICON® (DMG Germany), se aplicó la resina de acuerdo con las instrucciones del fabricante (figura 8).

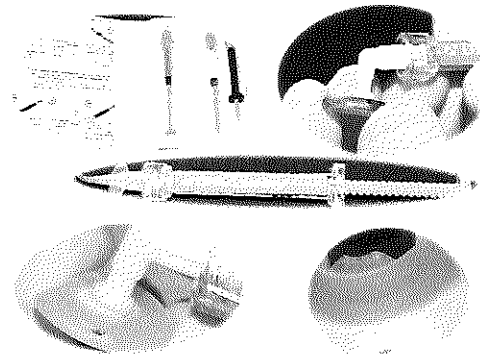


Figura 8.- Secuencia aplicación de Icon®.

Para la prueba de pH cíclico se colocaron las muestras en la solución desmineralizante antes mencionada y en solución remineralizante compuesta por 1.5 mM CaCl₂, 0.9 mM NaH₂PO₄, y 0.15 mM de KCl a pH de 7.0 durante 15 días y almacenados a una temperatura de 37°C, en intervalos de 21 horas de solución remineralizante y 3 horas de inmersión en solución desmineralizante²⁰. Se recuperaron 3 muestras de cada grupo a los 5, 10 y 15 días de la experimentación.

Las muestras se llevaron a un microscopio de fuerza atómica (Scanning Probe Microscope modelo JSPM-4210, Jeol®, Japan) (figura 9) instalado en el Laboratorio Central de Microscopía Electrónica del Instituto

de Física, UNAM. Las muestras se analizaron mediante barridos con el cantilever en áreas de trabajo que iniciaron en $500\mu\text{m}^2$, se hizo un aumento hasta $5\mu\text{m}^2$ y se obtuvieron imágenes de fase y de topografía. Los registros digitales obtenidos fueron procesadas en el programa WSxM5 y se determinaron las características de rugosidad media cuadrática (RMS, por sus siglas en inglés) y rugosidad (R_a , unidad de medida) en la superficie cada una de las muestras²¹.

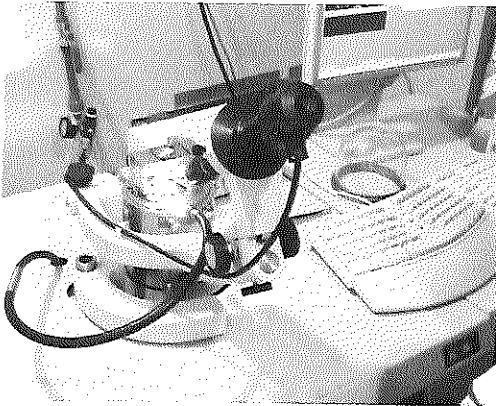


Figura 9. -Microscopio de fuerza atómica.

Las imágenes procesadas en el programa WSxM5 (figura 10) permiten visualizar a escala nanométrica y con proyecciones tridimensionales de la superficie en diferentes magnificaciones²¹.

Consideraciones éticas.

Este trabajo fue aprobado por el comité de Investigación y Ética de la Facultad de Odontología de la UNAM (CIE/0413/10/2019).

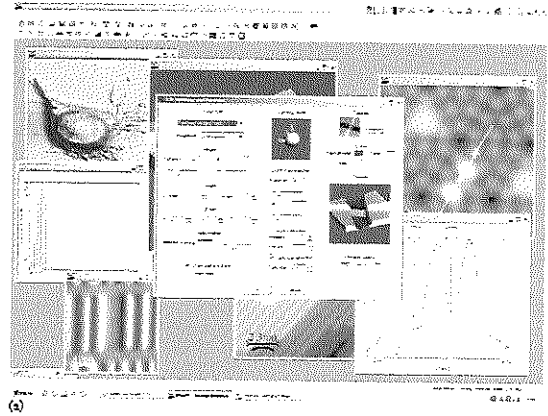


Figura 10.- Representación de imágenes generadas con el software utilizado WSxM5.

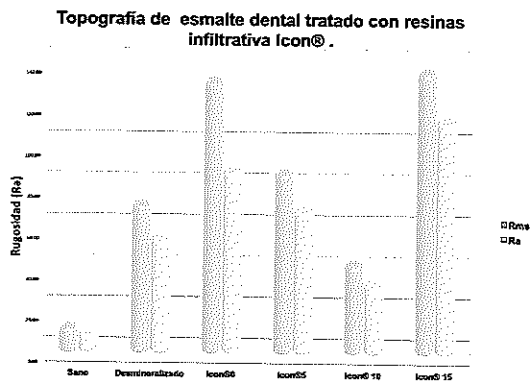
Resultados

En la tabla 1 se encuentran los valores de la rugosidad media del área (RMS), así como el análisis lineal en las diferentes observaciones (R_a). Los valores promedio de (RMS) para el esmalte sano fue 11.55nm, esmalte desmineralizado 9.06nm, ICON® a 0 días 130.70nm, ICON® a 5 días 86.52nm, ICON® a 10 días 42.85nm, ICON® a 15 días 135.50nm.

Grupo	RMS (nm)	R_a (nm)
Sano	11.55	8.83
Desmineralizado	71.30	55.05
Icon@0	130.70	87.72
Icon@5	86.52	68.32
Icon@ 10	42.85	33.45
Icon@ 15	135.50	112.32

Tabla 1.- Valores de rugosidad de todos los grupos.

Los valores de rugosidad (Ra) obtenidos de las imágenes muestran que el grupo de 15 días presentó rugosidad (Ra=112.32nm), el grupo de ICON® a 0 días mostro (Ra=87.72nm) siendo los grupos con mayor rugosidad, mientras que los grupos con menor tiempo de exposición al pH cíclico mostraron un decremento (Ra=33.45nm), para el de 10 y 5 días, respectivamente). Aunque en los grupos de sano y desmineralizado tuvieron menor valor (3.06nm y 11.55nm, respetivamente), la rugosidad se incremento en la medida que los dientes fueron expuestos al pH cíclico. En la gráfica 1 se encuentra la rugosidad de los grupos observados.



Gráfica 1.- Rugosidad del esmalte, esmalte tratado con Icon.

El análisis de la topografía de los distintos grupos arrojo información importante. El aspecto topográfico en el esmalte sano (Figura 11) en un area de $2.6\mu\text{m}^2$ permita observar la elevación maxima de 53nm y la presencia de crestas y valles a nivel nanoscópico. Lo que a simple vista parece liso y terso, a nivel

nanoscópico se observa irregular en distintas magnitudes.

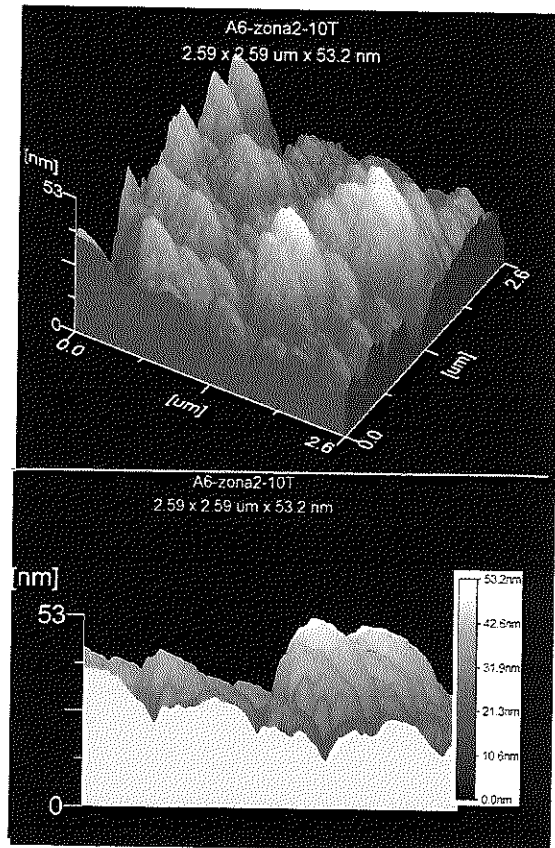


Figura 11.- Imagen de microscopía de fuerza atómica en modo topográfico, en esmalte sano. Fuente: Directa

En la figura 12 se encuentra la imagen del esmalte desmineralizado, en ella, la topografía muestra irregularidad mayor que en el esmalte sano, ya que la altura llega a los 371nm. El análisis de las imágenes de MFA en una superficie de $5\mu\text{m}^2$ el bajo relieve es más pronunciado. En la imagen del eje Z la irregularidad tiene una orientación de pendiente más que escalonada, lo cual es evidente por la altura que es más de seis veces (371nm) del contorno del esmalte sano (Figura 11).

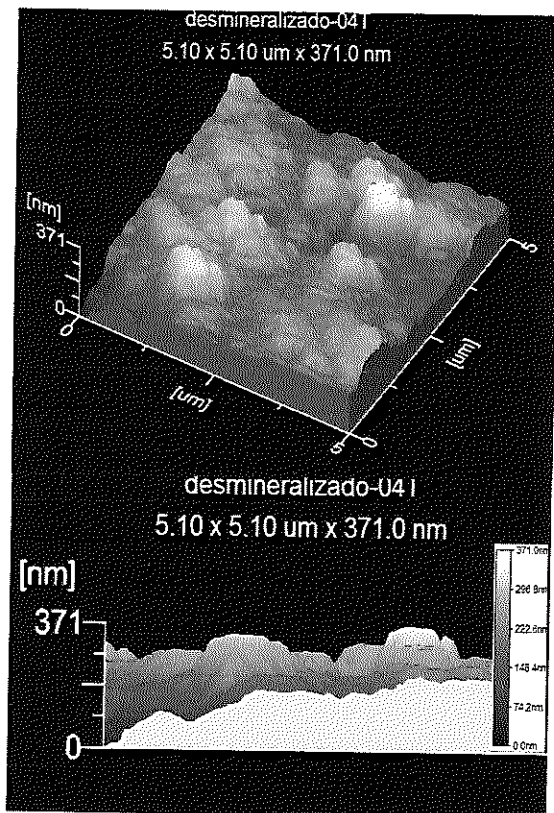


Figura 12. Imagen de microscopía de fuerza atómica en modo topográfico, en esmalte desmineralizado.

En la figura 13 se encuentra la imagen del esmalte con resina infiltrante inmediatamente después de ser aplicado (0 días). En la imagen la topografía muestra una superficie menos irregular que en el esmalte sano y desmineralizado, ya que la altura llega a los $2.6\mu\text{m}$. El análisis de las imágenes de MFA en una superficie de $10\mu\text{m}^2$ el bajo relieve es menos evidente, lo cual puede ser explicado porque el polímero se encuentra cubriendo toda la superficie del esmalte y por ello la topografía en el eje Z se aprecia muy parecida a lo que ocurrió en el esmalte desmineralizado.

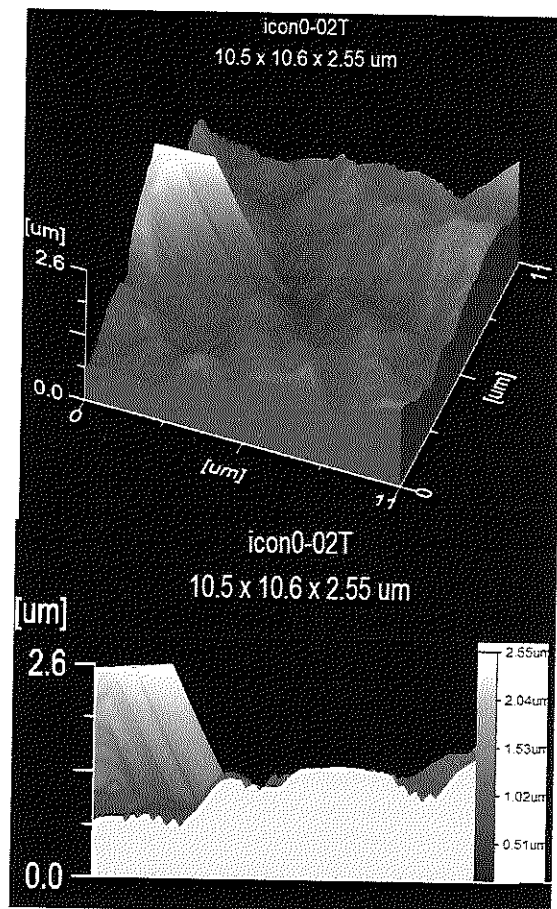


Figura 13. Imagen de microscopía de fuerza atómica en modo topográfico, en esmalte con Icon[®] 0 días.

En la figura 14 se encuentra la imagen del esmalte tratado con resina Icon[®] después de 5 días de haberse aplicado y ser sometido a condiciones de pH cíclico, en la imagen topográfica se observa que el material polimérico está presente en la superficie del esmalte, de manera que la altura de las estructuras llega a los 346nm , sin embargo al analizarla en el eje Z, la apariencia de la superficie semeja a la del esmalte sano, lo cual puede deberse a que la resina infiltrante cubre las irregularidades producidas por el acondicionamiento inicial de la

superficie, además que en este periodo de tiempo las soluciones de pH cíclico no han tenido un efecto visible en la superficie.

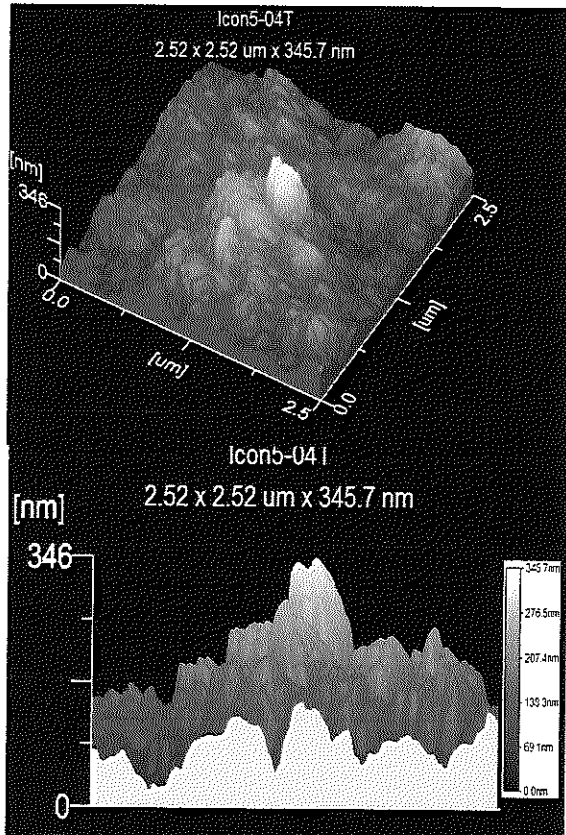


Figura 14. Imagen de microscopía de fuerza atómica en modo topográfico, en esmalte con Icon® 5 días.

En la figura 15 se encuentran las imágenes del esmalte con resina ICON® después de 10 días ser sometido a condiciones de pH cíclico. En la imagen 3D topográfica se observa que el material polimérico se ha removido y las estructuras del esmalte comienzan a visualizarse, aunque la elevación de menor que en los grupos anteriores. La apariencia en el eje Z es con áreas de bajo relieve

en mayor cantidad que en el grupo de 5 días, lo que puede ocurrir por la acción de la solución ácida sobre la superficie del esmalte, lo cual genera la apariencia de montículos, pero en la base hay áreas de apariencia plana.

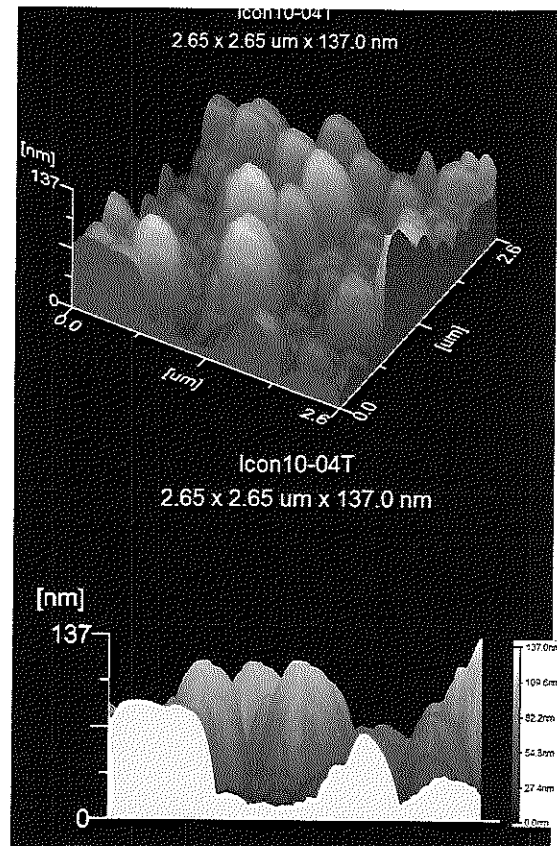


Figura 15. Imagen de microscopía de fuerza atómica en modo topográfico, en esmalte con Icon 10 días.

En la figura 16 se encuentran las imágenes del esmalte con resina ICON® a 15 días después de ser sometido a condiciones de pH cíclico. En la imagen 3D topográfica se observa que que la superficie del esmalte se encuentra menos irregular y tiende a la homogeneidad, lo que quiere decir más plano, esto puede ser

debido a que la solución desmineralizante ha tenido efecto en la superficie y que en el eje Z se observe el perfil de manera casi parecida al que ocurre al inicio del experimento (grupo 0), en el caso del grupo de 15 días la altura llega a 138nm.

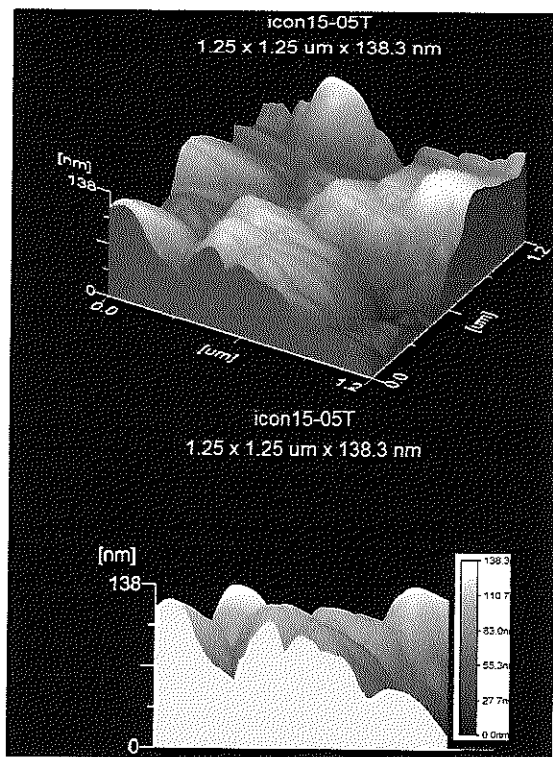


Figura 16. Imagen de microscopía de fuerza atómica en modo topográfico, en esmalte con Icon® 15 días.

Discusión.

La utilización de materiales con fines preventivos es una medida que se ha privilegiado en los procedimientos clínicos en odontopediatría^{22,23} y en el aspecto preventivo comunitario², no solo a nivel local o nacional, sino también en el ámbito internacional⁷. Entre los materiales que pueden ser

utilizados no solamente para prevenir la aparición de lesiones cariosas, como los geles, barnices o soluciones fluoradas²⁴, puede contarse actualmente con las resinas infiltrativas⁹. La resina infiltrativa ICON® llegó al mercado como una posible solución para el tratamiento de lesiones de caries en etapas tempranas²². Sin embargo, la utilización de estos materiales aún es de aplicación limitada y poco conocida, aunque con posibles aplicaciones en otras áreas clínicas²⁵. Las características de uso en lesiones iniciales es una idea prometedora, lo cual se corrobora con los reportes mencionados por Freitte y colaboradores, donde se menciona el uso e indicación de estos materiales en lesiones iniciales de caries¹⁵.

La aplicación de técnicas instrumentales de caracterización permite conocer la estructura e interfase de los materiales, en particular, el uso del microscopio de fuerza atómica permitió conocer el cambio de la topografía del esmalte causado por la aplicación de la resina infiltrante^{17,19}, en años anteriores se han realizado experimentos de prueba de las resinas infiltrantes en condiciones de pH cíclico, de acuerdo con Contreras y col. las resinas infiltrantes Icon® incrementan la microdureza en esmalte con lesión inicial y en condiciones de pH cíclico²⁶. El hecho de probar los materiales en condiciones de pH cíclico se ha realizado desde la década de los años

80's del siglo pasado, y se ha comprobado que recrea las condiciones que se presentan en boca de manera rutinaria^{16,27-30}.

Los resultados de este trabajo permiten ver el efecto de la resina infiltrante sobre el esmalte con lesión inicial, lo cual es importante porque la interfase del material en contacto con el esmalte se modifica con el paso del tiempo, este comportamiento también fue observado en un reporte similar realizado por Prajapati, que además observaron un incremento en la microdureza dental en los especímenes que recibieron resina infiltrante³¹. El incremento en la microdureza dental también fue determinado por Contreras y colaboradores en 2018, donde el grupo tratado con Icon[®] a los 15 días presentó mayor microdureza que los dientes con menor tiempo en condiciones de pH cíclico²⁶.

El estudio de la superficie del esmalte por medio del microscopio de fuerza atómica permite conocer la topografía superficial, Prajapati en 2017 mostraron el análisis de la superficie por medio de microscopía electrónica de barrido³¹, sin embargo, las limitaciones de esas imágenes no permiten calcular la topografía en las dimensiones del eje Z, por lo que al hacerlo por medio del microscopio de fuerza atómica se puede hacer una determinación cuantitativa de la topografía en escala nanométrica, tal como obtuvimos los resultados.

Posterior a la colocación de un material polimérico como lo es una resina infiltrativa, sirve para estimar su desempeño en un ambiente de pH ácido.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que:

La resina infiltrativa Icon[®] una vez aplicada en el esmalte, muestra un aumento en la rugosidad comparado con el esmalte sano y desmineralizado después de 15 días de pH cíclico.

La resina infiltrativa Icon[®] puede ser una alternativa para el tratamiento de caries incipiente, sin embargo se observaron cambios en la permanencia del material frente a el cambio de pH.

Agradecimientos:

Los autores agradecen al laboratorio de Biomateriales Dentales de la DEPEI de la Facultad de Odontología de la UNAM, a la clínica de la Especialidad de Odontopediatria de la DEPEI de la UNAM, por su colaboración en la elaboración de este trabajo también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para cursar la Especialización en Odontopediatria en la DEPEI, Facultad de Odontología de la UNAM.

Referencias bibliográficas

1. Naranjo Sierra MC. Terminología , clasificación y medición de los defectos en el desarrollo del esmalte . Revisión de literatura. *Univ Odontol.* 2013;3444(201301).
2. Espinosa R, Roberto V, Ceja I. *Fluorosis Dental, Etiología, Diagnostico y Tratamiento.* 2°. (Books O, ed.). Ciudad de México: Odontologia Actual; 2018.
3. Mandava J, Reddy YS, Kantheti S, et al. Microhardness and penetration of artificial white spot lesions treated with resin or colloidal silica infiltration. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(4):JC05-JC09.
4. Jordan RA, Krois J, Schiffner U, Micheelis W, Schwendicke F. Trends in caries experience in the permanent dentition in Germany 1997–2014, and projection to 2030: Morbidity shifts in an aging society. *Sci Rep.* 2019;9(1):1-7.
5. Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJL, Marcenes W. Global burden of untreated caries: A systematic review and metaregression. *J Dent Res.* 2015;94(5):650-658.
6. Petersen I. Poul Erik, Baez Ramon J WHO. *Oral Health Surveys: Basic Methods.* 5Th ed. France: WHO; 2013.
7. Dorri M, Martinez-Zapata MJ, Walsh T, Marinho VCC, Sheiham A, Zaror C. Atraumatic restorative treatment versus conventional restorative treatment for managing dental caries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018;(12).
8. Paris S, Meyer-Lueckel H, Kielbassa AM. Resin Infiltration of Natural Caries Lesions. *JDent Res.* 2007;86:662-667.
9. Nahuelhuaique Fuentealba P, Díaz Meléndes J, Sandoval Vidal P. Resinas infiltrantes: Un tratamiento eficaz y mínimamente invasivo para el tratamiento de lesiones blancas no cavitadas. Revisión narrativa. *Av Odontoestomatol.* 2017; 33(3):181-186.
10. Gupta R, Kumari AR, Sharma H, Jain L. Demystifying early carious lesion: A review. *J Res Dent Sci.* 2017;8(4):167-170.
11. Kielbassa AM, Ulrich I, Treven L, Mueller J. An updated review on the resin infiltration technique on incipient proximal enamel lesions. *Med Evol.* 2010;24(4):2010.
12. Ritwik P, Fan Y, Sarkar N. Hydrolytic and Color Stability of Resin Infiltration : A Preliminary in vitro Trial Hydrolytic and Color Stability of Resin Infiltration : A Preliminary in vitro Trial. *J Contemp Dent Pract.* 2016;17(5):377-381.
13. Cedillo Valencia JDJ, Cedillo Felix JE. Infiltrant Resins: A new option for the treatment of non-cavitated carious lesions in enamel. *Rev Adm.* 2012;69(11):38-4538.
14. Mejäre I, Källestål C, Stenlund H. Incidence and Progression of Approximal Caries from 11 to 22 Years of Age in Sweden: A Prospective Radiographic Study. *Caries Res.* 1998;33:93-100.
15. Freitte M, Ibacache C, Martínez R, Truffello M, Urzúa Araya. Tratamiento de lesiones de caries interproximales mediante el uso de infiltrantes. *Rev Clin Periodoncia Implant Rehabl Oral.* 2011;4(43):134-137.
16. Buzalaf Rabelo MA, Hannas AR, Magalhães AC, Rios D, Honório HM, Delbem ACB. pH-cycling models for in vitro evaluation of the efficacy of fluoridated dentifrices for caries control: strengths and limitations. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(4):316-334.
17. Binnig G, Quate CF. Atomic Force Microscope. *Phys Rev Lett.* 1986;56(9):930-933.
18. Peña Maldonado AI. Microscopio de Fuerza Atómica (AFM). AFM JEOL JSPM-5200. <http://www.linan->

- ipicyt.mx/Microscopio_de_Fuerza_At_omica.html.
19. López EA, Solares SD. El microscopio de fuerza atómica: métodos y aplicaciones. *Rev la Univ del Val Guatemala*. 2014;14-28.
 20. Prado Rosas SG, Araiza Téllez MÁ, Valenzuela Espinoza E. Eficiencia in vitro de compuestos fluorados en la remineralización de lesiones cariosas del esmalte bajo condiciones cíclicas de pH. *Rev Odontológica Mex*. 2017;18:96-104.
 21. Horcas I, Fernández R, Gómez-Rodríguez JM, Colchero J, Gómez-Herrero J, Baro AM. WSXM: A software for scanning probe microscopy and a tool for nanotechnology. *Rev Sci Instrum*. 2007;78:13705.
 22. Gutiérrez Mosquera B, Planells del Pozo P. Actualización en odontología mínimamente invasiva: remineralización e infiltración de lesiones incipientes de caries. *Rev Cient Dent*. 2010;7(3):183-191.
 23. Paves Pinu NI, Sundfel-Neto D, Baggio Aguilar FH, Marcondes Martins LRJ, Lovadino JR, Alves Nunes Leite Lima D. Enamel microabrasion: An overview of clinical and scientific considerations. *World J Clin Cases*. 2015;3(1):34.
 24. Arvindkumar A, Maheswari U, Kingston C, Gnanaseelan R, Jonathan Emil Sam R. Caries-preventive Efficacy of Resin Infiltrant, Casein Phosphopeptide-amorphous Calcium Phosphate, and Nanohydroxyapatite using Confocal Scanning Electron Microscope: An in vitro Study. *J Oper Dent Endod*. 2017;2(1):6-10.
 25. Ritwik P, Jones CM, Fan Y, Sarkar NK. Hydrolytic and color stability of resin infiltration: A preliminary in vitro trial. *J Contemp Dent Pract*. 2016;17(5):377-381.
 26. Contreras Sánchez A, Takigucji Álvarez F, Araiza Téllez MA. Microdureza del esmalte desmineralizado tratado con resina infiltrante y barniz fluorado en condiciones de pH cíclico. *Dent y Paciente*. 2018;129(Agosto):1-9.
 27. De Mello Vieira AE, Botazzo Delbem AC, Sasaki KT, Rodrigues E, Cury JA, Cunha RF. Fluoride dose response in pH-cycling models using bovine enamel. *Caries Res*. 2005;39(6):514-520.
 28. Featherstone JDB, Glena R, Shariati M, Shields CP. Dependence of in vitro demineralization of apatite and remineralization of dental enamel on fluoride concentration. *J Dent Res*. 1990;69(SPEC. ISS. FEB.):620-625.
 29. Dogan F, Civelek A OI. Effect of different fluoride concentrations on remineralization of demineralized enamel: an in vitro pH-cycling study. *OHDMBSC*. 2004;3(1):20-26.
 30. Fumes AC, Assed R, Da Silva B, Longo DL, De Rossi A, Campos Serra M. Validation of pH cycling model to induce artificial carious lesions in bovine dentin. *Rev Sul-Brasileira Odontol*. 2015;12(3):239-243.
 31. Prajapati D, Nayak R, Pai D, Upadhy N, K Bhaskar V, Kamath P. Effect of Resin Infiltration on Artificial Caries: An in vitro Evaluation of Resin Penetration and Microhardness. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2017;10(3):250-256.