



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
Facultad de Odontología

Programa Macro de Investigación

SEMINARIO DE GRADUACIÓN

**Comparación del esmalte dental primario después de inmersión en una
bebida carbonatada con y sin agente remineralizante con microscopia
electrónica de barrido**

Director de Seminario: Dr. Adrián Gómez Fernández

Sustentantes del Seminario de Graduación

Andrea Paola Castro Ballesteros	A91469
Mariana Leiva Saborío	A93380
Marianela Ramírez Ávila	A75152

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio Brenes, Costa Rica

San José, Costa Rica
2017

PROGRAMA MACRO DE INVESTIGACIÓN

Hoja de aprobación

**MEMORIA
SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

Nombre del Proyecto:

Comparación del esmalte dental primario después de inmersión en una bebida carbonatada con y sin agente remineralizante con microscopia electrónica de barrido.

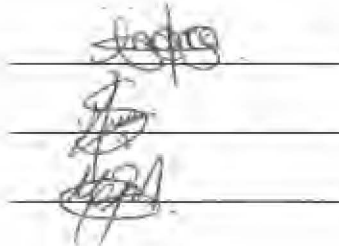
Sustentantes:

Fecha: jueves 7 diciembre 2017

Andrea Paola Castro Ballester A91469

Mariana Leiva Saborío A93380

Marianela Ramírez Ávila A75152



Miembros del Tribunal

Nombre:

Firma:

Adriana Gómez
Gina Mujellok.
David Sabant
Tatiana Vargas
Carlos E. Filloy



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Vicerrectoría de Investigación

Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información (SIBDI)

Autorización para la digitalización, inclusión y publicación de trabajos finales de graduación (TFG) en el acervo digital del Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información de la Universidad de Costa Rica (SIBDI-UCR).

Los abajo firmantes, en su condición de autores del Trabajo Final de Graduación: ***Análisis molecular del esmalte dental primario por medio de espectroscopía Raman después de inmersión en una bebida carbonatada con y sin barniz de flúor.***

AUTORIZAMOS de forma gratuita al SIBDI-UCR, a digitalizar e incluir dicho TFG en el acervo digital del SIBDI-UCR y a publicarlo a través de la página web u otro medio electrónico, para ser empleado según lo que el SIBDI defina para su consulta o divulgación. Dicho texto se publicará en formato PDF, o en el formato que en su momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre y gratuito, permitiendo su consulta e impresión, pero no su modificación. Los autores del TFG garantizan al SIBDI-UCR que la tesis es el trabajo original que sirvió para la obtención de su título y que no infringe ni violenta ningún derecho de terceros.

Lic., Licda. _____

cédula: _____

Domicilio:

Firma _____ Fecha: _____

Lic., Licda. _____

cédula: _____

Domicilio:

Firma _____ Fecha: _____

Para uso interno. Número de tesis: _____

Dedicatoria

Andrea Paola Castro Ballesteros

Dedico este proyecto a la persona más especial de mi vida, mi abuela materna en el cielo. A mis padres Olga y Edwin, a mi hermano Daniel y a Beto; personas que se esforzaron por tenerme donde estoy, por apoyarme siempre y no permitir que me rindiera. Al resto de mi familia y a todos los profesores que tuve durante la carrera por haberme enseñado con tanto cariño.

Mariana Leiva Saborío

Primero que nada, le doy gracias infinitas a Dios por permitirme llegar hasta este momento, Él ha sido el pilar y mis fuerzas para llegar con éxito al final de este camino. Seguidamente, a mis padres que han estado a mi lado desde el primer momento y no me permitieron que me rindiera; en especial a mi mamá que ha sido mi apoyo a lo largo de todos estos años de carrera, las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Nada hubiera sido posible sin ella. ¡Gracias, mamá, te amo! Gracias a mis hermanos por ser un ejemplo perfecto a seguir; soy la hermana más orgullosa del mundo. A José por ser siempre mi guía odontológica, por hacer que me enamorara de la hermosura de esta carrera y por haber estado presente desde el principio. A los profesores que me han enseñado con dedicación todo cuanto he aprendido hasta hoy; ellos han sido excelentes profesionales y por ellos he aprendido que lo hecho con vocación se disfruta mucho más. Y, por supuesto, a las mejores amigas del alma: Fabi, Naty, Nan y Ana, ellas han sido el apoyo perfecto durante los momentos más duros.

Marianela Ramírez Ávila

Este proyecto se lo dedico a Dios, quien me guió por el buen camino, me dió fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante los problemas que se presentaron; él me enseñó a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia, pues por ellos soy lo que soy. A mis padres: Jorge Luis Ramírez González y Patricia Ávila Arias, con todo mi amor, por su apoyo, consejo, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles; por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores y mis principios. Mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos lo formaron ustedes en mí. Y por supuesto a mis hermanos: Jorge Luis Ramírez Ávila y Laura Ramírez Ávila, por apoyarme y estar a mi lado siempre, animándome a que no me diese por vencida y conquistara mis sueños.

Gracias también a compañeros y profesores, que me apoyaron y me permitieron entrar en sus vidas durante todos estos años para convertir este reto en una realidad.

Reconocimientos

Agradecemos a Dios y al Doctor Adrián Gómez por guiarnos, ayudarnos, tenernos paciencia y ser nuestro mentor en este proyecto.



COMUNICACION COMPLETA

NUESTROS SERVICIOS

Análisis de contenido, corrección de estilo, revisión crítica discursiva, textos políticos, publicitarios, gráficos, académicos y otros, diseño gráfico, asesoría periodística y manejo de redes sociales.

DIRECCIÓN

San Francisco de Dos Ríos,
San José, Costa Rica.

TELÉFONOS

(506) 2226-2213
(506) 8828-3285

CORREOS

nerozco@gmail.com
719-2350, San José, Costa Rica.

San José, 13 de noviembre de 2017

Señores
Escuela de Odontología
Universidad de Costa Rica
S.O.

Estimados Señores:

Sirva la presente para hacer constar que he revisado y corregido la Memoria del Seminario de graduación titulada: **Comparación del esmalte dental primario después de inmersión en una bebida carbonatada con y sin agente remineralizante con microscopia electrónica de barrido**, de las estudiantes Andrea Paola Castro Ballestero, cédula 1-1441-0721, Mariana Leiva Saborío, cédula 1-1487-0366 y Marianela Ramírez Ávila, cédula 2-0663-0303, para optar por el grado de Licenciatura en Odontología.

Las correcciones realizadas se concentran en temas de redacción, puntuación, formato, cohesión y coherencia y otros aspectos importantes para una adecuada comprensión del texto. De manera que este documento cumple con los requisitos establecidos por la Universidad de Costa Rica para ser presentado como Trabajo final de graduación.

Se suscribe cordialmente,

Marianela Orozco Orozco
Filóloga
Cód. 281

Índice General

Índice de figuras.....	viii
Índice de tablas	x
Resumen	xi
1. Justificación	1
2. Planteamiento del problema.....	1
3. Marco teórico	3
3.1 Esmalte dental	3
3.2 Propiedades del esmalte dental	5
3.3 Composición química del esmalte dental	6
3.4 Defectos del desarrollo en el esmalte dental.....	8
3.5 Erosión dental.....	9
3.6 Remineralización dental	12
3.7 Flúor como agente remineralizante	14
3.8 Agentes remineralizantes con TCP	15
3.9 Microscopio electrónico de barrido	16
4. Objetivo general	16
5. Objetivos específicos	16
6. Método de trabajo	17
7. Resultados	22
8. Discusión.....	32
9. Conclusiones.....	35
10. Referencias bibliográficas	36

Índice de figuras

Figura	Página
1. Muestras seleccionadas antes de su preparación.	18
2. Ejemplo de marcas en la zona vestibular para su identificación.	18
3. Corte de la corona de las piezas dentales. A. Sisco BesQual de 22mm B. Primer corte de la pieza dental para dividir la corona. C. Muestra con el corte en la corona. D. Segundo corte para separar la muestra en dos especímenes.	19
4. Muestras colocadas en recipientes individuales para su preparación.	20
5. Muestras previo a observación en el microscopio electrónico con el baño de Oro-Paladio.	21
6. Colocación de las muestras en la mesa de observación. A. Microscopio electrónico de barrido B. Calibración de la mesa con las muestras para ser introducidas al microscopio. C. Mesa colocada dentro del microscopio. D. Cámara del interior del microscopio.	21
7. Muestra 4.1 aplicación de barniz de flúor por 24 horas e inmersión por 30 minutos en bebida	22

carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0Kx	
8. Muestra 4.2 control, inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	23
9. Muestra 6.1 aplicación de barniz de fluoruro por 24 horas e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	24
10. Muestra 6.2 control, inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	24
11. Muestra 1.1 aplicación de barniz de fluoruro por 5 minutos e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	25
12. Muestra 1.2 control, inmersión por 2 horas en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	26
13. Muestra 2.1 aplicación de gel de fluoruro por 4 minutos e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	26
14. Muestra 2.2 control, inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	27
15. Muestra 5.2 aplicación de gel de fluoruro por 4 minutos e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	28
16. Muestra 5.1 control, inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	28

17. Muestra 3.1 aplicación de gel de fluoruro por 1 minuto e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	29
18. Muestra 3.2 control, inmersión por 2 horas en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX	30
19. Muestras de aplicación de barniz de fluoruro por 24 horas e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A y C. 10.0kX con barniz de flúor. B y D. 10.0kX control.	31
20. Muestras de aplicación de gel de fluoruro por 4 minutos e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A y C. 10.0kX con gel de flúor. B y D. 10.0kX control.	32

Índice de tablas

Tabla	Página
1. Distribución de los procedimientos según la muestra	19

Resumen

Diversas publicaciones han demostrado que existe una alta prevalencia de caries y erosión en el esmalte dental primario asociado con el alto consumo de bebidas carbonatas. El esmalte dental está compuesto principalmente de hidroxiapatita, lo que lo hace vulnerable a la desmineralización provocada por los ácidos existentes en el biofilme dental y las bebidas carbonatadas.

La erosión dental es la pérdida de la estructura causada por efecto directo de ácido en la superficie dental. Las bebidas carbonatadas generalmente son endulzadas, acidificadas y cargadas con dióxido de carbono (CO₂). La remineralización se explica cómo el proceso mediante el cual se depositan iones de calcio y fosfato en el esmalte. **Objetivo:** Comparar el esmalte dental primario después de inmersión en una bebida carbonatada con y sin agente remineralizante, con microscopio electrónico de barrido. **Metodología:** Se tomaron 12 muestras de dientes primarios, se utilizó como bebida carbonatada Coca Cola®, barniz de fluoruro y gel de fluoruro. Se observaron al microscopio electrónico a distintas magnificaciones y se obtuvieron distintas imágenes del esmalte dental. **Conclusión:** el esmalte dental cambia en su estructura, siendo más poroso y rugoso, cuando se observa sin la aplicación de barniz o gel de fluoruro.

1. Justificación

La literatura científica relativa al efecto de las bebidas carbonatadas en dientes permanentes es bastante extensa. Existen publicaciones que han demostrado el daño de tales bebidas sobre la estructura dentaria permanente¹. No obstante, si bien existen investigaciones, aunque limitadas, sobre las consecuencias de las bebidas carbonatadas en el esmalte del diente primario, se carece de evidencia suficiente acerca del efecto de los agentes remineralizantes disponibles en el mercado en relación con el uso de bebidas carbonatadas.

Este estudio tiene un valor profesional importante, porque permite demostrar, por medio de un estudio *in vitro* en dientes primarios, el efecto que las bebidas carbonatas ejercen sobre piezas dentales previamente sometidas a diferentes agentes remineralizantes de uso clínico, con la intención proporcionar al odontólogo una buena herramienta para prevenir, en sus pacientes, los efectos del consumo excesivo de bebidas gaseosas y el daño que pueden causar en las piezas dentales.

2. Planteamiento del problema

Actualmente la condición de salud bucodental de los niños puede verse seriamente comprometida, debido a que el alto consumo de bebidas carbonatadas^{1,2} podría ser un factor determinante para el incremento de la prevalencia de caries y erosión dental

Aunque se ha dado un incremento en el uso de agentes remineralizantes – aparte del gel con fluoruro– como el barniz con fluoruro o productos con agentes

como el CPP-ACP, utilizados como agentes terapéuticos para los pacientes con alto riesgo de caries dental^{3,4}, que presentan lesiones incipientes, su efectividad en población pediátrica con una alta ingesta de bebidas carbonatadas⁵ ha sido cuestionada.

La caries dental genera una pérdida mineral en el nivel del esmalte, debido al constante contacto con los ácidos y a la elevada concentración de estos ácidos, producto del metabolismo de las bacterias⁶. A pesar de que el cuerpo humano cuenta con recursos naturales para su remineralización, es posible que ocurra un desequilibrio en el ciclo de la desmineralización y remineralización, provocado por factores externos como – el alto consumo de bebidas carbonatadas y el pH de éstas– lo cual da como resultado el inicio del proceso de una lesión incipiente o mancha blanca.

Existen agentes remineralizantes en el mercado costarricense que actúan en la cavidad bucodental, provocando una sobresaturación de minerales con el fin que estos estén disponibles en el momento que baja el pH, de manera que puedan reincorporarse a la superficie dentaria desmineralizada³. La superficie dental es susceptible de ser evaluada, de manera cuantitativa o cualitativa, como por ejemplo la microscopia electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés)⁷.

Por tanto surge como pregunta, ¿existen diferencias en la superficie del esmalte de dientes primarios, previamente tratados con diferentes agentes remineralizantes y luego expuestos a una bebida carbonatada, en relación con piezas a las que no se les aplicaron los mismos agentes?

3. Marco teórico

3.1 Esmalte dental

El esmalte es el componente más duro del cuerpo humano. Está constituido principalmente en un 94% de un fosfato cálcico llamado hidroxiapatita y en un 4% de material orgánico⁸.

El esmalte es un material extracelular, de ahí que no se le pueda clasificar como tejido. Este material está mineralizado y su dureza es mayor que la de los tejidos calcificados. Posee una estructura compuesta tan compleja que cuando está en buenas condiciones no experimenta ninguna deformación permanente durante su función; este esmalte una vez formado ya no se puede reemplazar⁹.

El esmalte dental o sustancia adamantina es de origen ectodérmico. Se forma por síntesis y secreción de unas células llamadas ameloblastos, que desaparecen cuando el diente hace su erupción en la cavidad bucodental. Por este motivo, biológicamente, no puede repararse o autorregenerarse, como ocurre con los otros tejidos dentarios de naturaleza colágena¹⁰.

La unidad estructural básica del esmalte es el prisma, constituido por cristales de hidroxiapatita¹¹. La hidroxiapatita $(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2)$ presenta una celda unitaria hexagonal con un eje helicoidal a lo largo del eje hidroxilo. En forma natural, la hidroxiapatita también puede presentarse con celda unitaria monoclinica, en cuyo caso los estudios de microscopía electrónica de transmisión demuestran que el esmalte dental presenta una celda unitaria hexagonal⁸.

Los cristales de hidroxiapatita son más grandes que los de otros tejidos mineralizados del organismo; se organizan formando los prismas o varillas del

esmalte, que representan la unidad estructural básica. Los prismas son estructuras alargadas, sinuosas y con un trayecto definido. La longitud y la dirección de los prismas varían en las distintas zonas del diente, debido a que se trata de un registro de la trayectoria seguida por los ameloblastos secretores durante la amelogénesis. Por ejemplo, son más largos en la cara oclusal y más cortos en la zona cervical. Por la formadiferente en que se produce la incorporación de los iones minerales (distintos grados de mineralización), por los cambios en la dirección de los prismas o la ausencia de esmalte en ciertas zonas, se determinan y se identifican microscópicamente diferentes estructuras histológicas secundarias en el esmalte (líneas, estrías, bandas, husos, etc.), que pueden observarse con distintos tipos de microscopios¹⁰.

Debido a su alto contenido inorgánico, el esmalte es particularmente sensible a la desmineralización provocada por los ácidos elaborados por los microorganismos existentes en el biofilme dental, dando como resultado la caries dental, enfermedad multifactorial que afecta a los tejidos duros del diente. La hidroxiapatita biológica no es estequiométrica con respecto a su fórmula química; por ello, el cristal permite la incorporación de otros iones, como, por ejemplo el flúor. La fluorapatita es una forma cristalina más resistente a la acción ácida de los microorganismos, por lo que la incorporación del ión flúor al esmalte es muy importante para la prevención de la caries dental¹⁰.

El esmalte presenta unidades estructurales secundarias, que son variaciones de mineralización producidas durante la amelogénesis, desde su formación inicial hasta su terminación. Entre ellas se encuentran¹¹:

- Estrías de Retzius: son líneas curvas que rodean la corona. En un corte

transversal se pueden apreciar como anillos concéntricos entre las líneas de incremento; se observan unas más anchas que se producen durante el nacimiento, llamadas líneas neonatales de Ruston-Orban.

- Periquimatías y líneas de imbricación de Pickerill: son parte de las estrías de Retzius que se localizan en la región cervical de la corona. Se observan más en los dientes permanentes recién erupcionados y desaparecen por el desgaste que sufren.
- Los Penachos adamantino o de Linderer: se pueden ver en el nivel del tercio interno de la formación del esmalte, iniciando en la conexión amelodentinal en forma de un arbusto, el cual indica menor grado de mineralización, debido a cambios bruscos de la dirección de los prismas.
- Bandas de Hunter-Schreger: se observan bandas claras y oscuras debido al reflejo de la luz, en la parte interna del esmalte. La banda clara se conoce como parazona y la oscura como diazona.
- Esmalte nudoso: son prismas que convergen en la superficie de esmalte, aumentando de la resistencia. Son más notorias en las cúspides.
- Husos adamantinos: son proyecciones de los túbulos dentinales de la dentina, que penetran al esmalte, localizados en la conexión amelodentinal. Lucen como líneas oscuras de integración.

3.2 Propiedades del esmalte dental

La dureza del esmalte se define como la resistencia superficial de la sustancia, que impide sufrir rayones o deformaciones de otra índole, causadas por presiones.

El esmalte presenta una dureza, correspondiente con un 5 en la escala de Mohs (escala del uno al diez que determina la dureza de ciertas sustancias) y equivale a la apatita, que variaría según la orientación de los cristales. Estudios recientes establecen los valores promedios de dureza del esmalte en dientes permanentes entre 3,1 y 4,7 Giga Pascales (GPa)¹⁰.

El esmalte posee un módulo de elasticidad relativamente alto, lo que indica su carácter quebradizo. Esto se compensa gracias a la alta fuerza de compresión de la dentina subyacente, de la que deriva la funcionalidad y durabilidad del esmalte¹².

El color del esmalte varía considerablemente y depende de su espesor y del grado de transparencia del tejido. Cuanto mayor sea la mineralización, tanto más translúcido será el esmalte. Los dientes tienen aspecto amarillento en las zonas en las que se puede observar la dentina subyacente. En áreas más gruesas, el esmalte es más opaco y aparece azulado o gris¹².

Existe un gradiente dinámico entre la pulpa y el medio bucodental, en el que participa el esmalte a través de sus poros. El esmalte es selectivamente permeable, permitiendo el paso de agua e iones, excluyendo grandes moléculas¹².

3.3 Composición química del esmalte dental

El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1-2%), una matriz inorgánica (95%) y agua (3-5%)^{9,12}.

Las proteínas del esmalte juegan un papel importante en procesos tales como: la iniciación en la remineralización. Tales procesos son un reservorio de iones minerales que se unen para formar cristales, modularla tasa de crecimiento

y determinar el tamaño y morfología de los cristales; además, ayudan a su correcta localización, actuando como soporte físico para el crecimiento de ellos y proporcionan protección en la fase mineral de su crecimiento¹².

Durante la mineralización de la corona ocurre un cambio significativo en el volumen del material orgánico. Los ameloblastos producen gran cantidad de matriz durante las fases tempranas del desarrollo del esmalte; durante el proceso de maduración, el volumen de material orgánico decrece en tanto que el volumen de material inorgánico se incrementa^{9,12}.

Entre las proteínas presentes, en mayor o menor medida, en la matriz orgánica del esmalte durante las fases de formación destacan:

- Amelogeninas: moléculas hidrofóbicas, fosforiladas y glicosiladas. Son las más abundantes al comienzo de la amelogénesis (90%) y disminuyen progresivamente a medida que aumenta la madurez del esmalte. Se localizan entre los cristales de las sales minerales, sin estar ligadas a ellos. Su función es importante para establecer y mantener el espaciado entre los prismas durante las etapas tempranas del desarrollo del esmalte^{9,12}.
- Ameloblastinas o amelininas: proteínas sintetizadas por los ameloblastos desde las primeras etapas secretoras hasta las etapas madurativas finales. Su función no se conoce bien y se piensa que guían el proceso de mineralización del esmalte, al controlar el alargamiento de los cristales de hidroxiapatita¹³.
- Tuftelina: proteínas ácidas ubicadas cerca de la conexión amelodentinaria. Participan en la nucleación de los cristales de hidroxiapatita. Las tuftelinas

se sitúan en los penachos adamantinos y son la causa de su hipomineralización¹³.

3.4 Defectos del desarrollo en el esmalte dental

Los defectos del desarrollo del esmalte ocurren debido a desbalances biológicos que afectan las células involucradas, dependiendo el tipo de defecto, durante su formación y maduración. La influencia de estos defectos en el riesgo de desarrollo de caries dental está en curso, especialmente en lo referido a la retención de biopelículas; su plausibilidad debe considerarse en relación con los tipos de defectos involucrados¹⁴.

Los defectos del esmalte, generalmente, pueden categorizarse como defectos cuantitativos (hipoplasia) o cualitativos (opacidades demarcadas o difusas, con opacidades de tipo más prevalente)¹⁴.

Algunos defectos del esmalte pueden predisponer el diente a la caries dental, debido a daños estructurales en la superficie dental. En los dientes primarios, el esmalte afectado tiene un menor contenido de minerales y mayor predisposición a la acumulación de biofilme y, posteriormente, a la actividad cariosa. La asociación entre los defectos del desarrollo del esmalte y la caries puede ser subestimada, ya que la lesión cariosa podría estar enmascarando un defecto del esmalte no diagnosticado¹⁴ previamente al momento de la detección de la caries.

La caries dental en los dientes primarios es causada por la compleja interacción de factores ambientales, maternos e infantiles. La caries dental y los defectos del esmalte pueden afectar negativamente la salud

bucodental de los niños y perjudicar así la calidad de vida tanto de los niños como la de los padres¹⁴.

No está completamente clara la etiología de los defectos del desarrollo del esmalte. Pueden estar involucrados factores genéticos –como la amelogénesis imperfecta– así como factores ambientales, tales como la ingesta de fluoruro, o de medicamentos, la desnutrición, infecciones prenatales, varicela o enfermedades de la primera infancia¹⁵.

Además, existen factores biológicos tales como las bacterias acidógenas que se encuentran en el biofilme y fermentan los carbohidratos, ya que son precisas durante el proceso carioso.

Asociados con estas variables, existen factores clínicos –como la presencia de defectos en el esmalte– que aumentan el riesgo de desarrollar caries en la dentición primaria y en la permanente¹⁶.

3.5 Erosión dental

El término erosión deriva del latín *erodere*, *erosi*, *erosum* (corroer). Describe el proceso de destrucción gradual de la superficie de un cuerpo, generalmente por procesos electrolíticos o químicos¹⁷.

La erosión dental se define como la pérdida irrevocable de estructura dental causada por efecto directo de ácido en la superficie dental. En la etapa inicial, su efecto es limitado al esmalte, pero extenderse a dentina. En estados avanzados, el paciente puede referir una hipersensibilidad dolorosa, así como limitaciones funcionales y estéticas¹⁸.

Basándose en la erosión causada por ácidos, puede

diferenciarse entre erosiones endógenas y exógenas. Los efectos más comunes de la erosión intrínseca se observan en las superficies oclusales y palatinas, mientras la erosión desencadenada de forma extrínseca se localiza inicialmente en las superficies vestibulares de los dientes anteriores¹⁸.

Clínicamente, la temprana erosión del esmalte aparece como una superficie acristalada sedosa – brillante; se observa la separación de la cresta de esmalte que separa por defecto a la encía marginal. En oclusal la erosión se caracteriza por las cúspides redondeadas y concavidades. En los casos de erosión severa, la morfología oclusal desaparece¹⁷.

La distribución de la erosión dental no se da de forma homogénea en los cuadrantes de la boca. Se ha demostrado que no es posible prever la localización de las lesiones dependiendo de su etiología; sin embargo, algunos dientes se verán más afectados que otros por la erosión.

Existen algunos factores de riesgo para la erosión dental, que pueden ser de orden químico y biológico o, incluso, pueden estar relacionados con la alimentación. Dentro de ellos se encuentran los factores intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos se relacionan directamente con la salud del individuo; los extrínsecos, que pueden impactar de forma importante en el resultado final.

El término “erosión idiopática” puede utilizarse en casos donde la etiología sea desconocida¹⁸.

Uno de los principales factores intrínsecos puede ser la saliva, pues desempeña un papel importante en la distribución del agente erosivo en los dientes y, posteriormente, en la neutralización y almacenamiento *buffer* de los ácidos. Por otra parte, participa en la disminución de la velocidad de disolución del esmalte,

mediante el efecto de ión común, debido al calcio y al fosfato presente en la saliva¹⁸.

Un grupo de investigadores analizaron de manera *in vitro* la microdureza del esmalte dental antes y después de la exposición a las bebidas isotónicas *Gatorade* limón y *Gatorade* mandarina a temperatura ambiente y a 9°C, teniendo un grupo control en agua destilada (5 grupos)¹⁹. Se realizó una inmersión en estos ácidos durante un minuto y luego en saliva artificial durante tres minutos. El ciclo se repitió cinco veces, para un acumulado total de 20 minutos. El proceso se realizó durante tres días, dos veces al día, con un intervalo de 12 horas entre ellas. Las mediciones se hicieron por medio de microdureza, y se aplicó una carga de 100 g durante 15 segundos. Se concluyó que las bebidas analizadas causan desmineralización del esmalte. No se observó diferencia significativa entre cada grupo del mismo sabor a temperatura ambiente y a 9°C; pero sí se dio una diferencia significativa entre los grupos de diferentes sabores expuestos a temperatura de 9°C^{9,20}.

También se ha analizado el efecto erosivo de esmalte y raíz dental en cinco tipos de bebidas –jugo natural de manzana al 100%, Coka, DietCoka, Gatorate y Red Bull– así como su relación con el pH y la acidez titulable de cada bebida. El método consistió en medir el pH de cada bebida, para luego sumergir en ellas las muestras de esmalte y raíz dental durante 25 horas. Con respecto a la acidez, se concluyó que todas las bebidas eran ácidas, pero la que presenta el mayor grado de acidez y efecto erosivo sobre el esmalte es la Red Bull; por otra parte, el Gatorate produjo un mayor efecto erosivo en la muestra radicular. De ahí que se

concluyó que las bebidas más populares en Estados Unidos podrían producir erosión dental^{20,21}.

Otra investigación evaluó el efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas. La muestra estuvo conformada por 60 especímenes divididos en cuatro grupos¹⁷. Tres grupos fueron expuestos durante un minuto a la acción de las bebidas carbonatadas y luego por tres minutos a saliva artificial. El ciclo se repitió durante 20 minutos. El efecto erosivo se evaluó mediante el método de dureza Vickers antes y después de ser sometidos a la acción de las bebidas. Se encontró una diferencia significativa entre los valores de microdureza inicial y final de los especímenes y se constató un mayor efecto erosivo en la bebida Kola Real, intermedio en Coca Cola y el menor efecto erosivo en la Inca Kola.

3.6 Remineralización dental

El proceso de remineralización se define como aquel mediante el cual, a partir de una fuente externa, se depositan iones calcio y fosfato en el esmalte. El depósito ocurre en los espacios desmineralizados del cristal del esmalte, lo que produce una ganancia neta de minerales²². Es decir, que la estructura no es capaz de autoregenerarse o auto-repararse, pero sí puede ganar minerales a partir del medio circundante. En la remineralización ocurre un proceso inverso al de la disolución de los cristales de hidroxiapatita: la precipitación mineral se presenta en la fase acuosa que circunda el esmalte, se re-establecen las concentraciones normales de calcio y fosfato, se controla la progresión del defecto y se propicia el establecimiento de las condiciones de equilibrio²³.

Actualmente se conocen tres agentes que contribuyen a que el esmalte dental se remineralice: la saliva natural, la saliva artificial y las soluciones remineralizantes²⁴. La mayoría de los estudios de remineralización se realizan con saliva natural y artificial, motivados por las propiedades químicas de estos recursos. La saliva artificial, no es otra cosa más que una infusión con solutos similares a los de la saliva natural. Se emplean también, soluciones remineralizantes con concentraciones de calcio y fosfato altas o en una relación molar calcio/fosfato cercana a la de la hidroxiapatita estequiométrica²⁵.

Existe evidencia suficiente de que las lesiones tempranas en el esmalte pueden remineralizarse con diferentes agentes fluorurados. Actualmente el fluoruro es la piedra angular del manejo no invasivo de las lesiones de caries no cavitadas; no obstante, esta técnica para promover la remineralización neta se ve limitada por la disponibilidad de los iones calcio y fosfato en el ambiente²⁶. Esto significa que el fluoruro disminuye la solubilidad de la hidroxiapatita dental haciéndola más resistente a la desmineralización, y también se demostró que los fluoruros reducen la producción de ácidos en la biopelícula²⁷.

3.7 Flúor como agente remineralizante

El flúor retarda el proceso de formación de caries, pero no tiene efectos directos en la etiología de la enfermedad. Si bien las concentraciones endógenas normales de calcio y fosfato presentes en la saliva son suficientes para inducir la remineralización, este efecto se potencia con la presencia de fluoruro exógeno, obtenido a partir de diferentes fuentes. La presencia de fluoruro acelera el proceso de unas cuatro a ocho veces²⁸. La reacción del flúor con el esmalte depende de la concentración, duración, pH y frecuencia en el método de tratamiento. Cuando el esmalte se disuelve se libera el fluoruro hacia el fluido del biofilme²⁹.

En el biofilme y la saliva se encuentra también el fluoruro proveniente de alimentos, bebidas y pastas dentales. Un concepto diferente de remineralización, según el cual el efecto de una sustancia remineralizante modificada en el llenado de defectos de esmalte dental, no implica que el mineral perdido retorne a la lesión y forme una estructura exactamente igual a la inicial, sino que se forme una estructura mineralizada más resistente a posteriores disoluciones. En este sentido, la ganancia de minerales con la participación del flúor sí se consideraría un proceso de remineralización³⁰.

El aumento de la resistencia tiene lugar porque el nuevo mineral posee menos carbonato y más fluoruro, con lo cual los cristales alcanzan mayores dimensiones³⁰. La mayoría de las investigaciones sobre fluoruro incluyen cremas dentales, cuya concentración estándar es de 0.1%, sin embargo, el efecto remineralizante se logra con bajas concentraciones de fluoruro³¹.

3.8 Agentes remineralizantes con TCP

La dificultad con la aplicación clínica de los sistemas de remineralización de calcio y fosfato es la solubilidad de los fosfatos de calcio, particularmente en presencia de iones de flúor. Algunos otros agentes que actúan como sistemas de remineralización son: la brushita, el fosfato tricálcico, los fosfosilicatos sodio-cálcicos, los péptidos sintéticos aniónicos y sustancias remineralizantes modificadas²².

La brushita se adicionó a productos como los dentífricos³² para aumentar la remineralización en una de las fases más solubles de los fosfatos de calcio cristalinos; sin embargo, no se observó la remineralización de las lesiones subsuperficiales ni el detenimiento de la desmineralización²² en su uso.

El fosfato tricálcico (TCP) se adiciona a productos dentales para remineralizar lesiones de mancha blanca puntuales. Pero aún no se conoce su potencial remineralizante²². Los fosfosilicatos sodio-cálcicos sólidos corresponden a cristales bioactivos, formados por calcio, fosfato y sílica, llamados Novamin. No existe evidencia suficiente que compruebe que tales productos posean poder para remineralizar propio; sin embargo, se cree que aumentan la capacidad remineralizante natural de la saliva³³.

La sustancia remineralizante modificada (SRM) está compuesta por iones calcio, fosfato y otros iones propios de la composición del esmalte y poseen un tamaño de partícula aproximado de 5-15 μm (determinado con imagen de microscopía electrónica de barrido a 500X). La SRM se compone de dos sustancias: un acondicionador modificado y una sustancia remineralizante con características diferentes en la formación de partículas.

3.9 Microscopio electrónico de barrido

El microscopio electrónico de barrido (SEM, por sus siglas en inglés) es uno de los principales equipos utilizados en la investigación e industria de la imagen a escala microscópica. El SEM y sus diversas aplicaciones han sido un área de investigación muy activa en las últimas décadas. El uso de SEM ha estado relacionado con campos muy amplios, que van desde la biomedicina hasta las ciencias de los biomateriales y nanotecnología³⁴.

El SEM, como dispositivo de microscopía avanzada, produce imágenes de alta calidad del espécimen por estudiar, utilizando un haz de electrones enfocado, que puede ser capturado por dos tipos de detectores: electrón secundario (SE) y electrón retro disperso (BSE)³⁴.

4. Objetivo general

Comparar el esmalte dental primario después de la inmersión en una bebida carbonatada con y sin barniz agente remineralizante con microscopio electrónico de barrido.

5. Objetivos específicos

Observar el esmalte en piezas dentales primarias después de ser sometidas a inmersión en una bebida carbonatada durante 30 minutos y a lo largo de dos horas.

- Observar el esmalte en piezas dentales primarias después de la aplicación de barniz de fluoruro y de inmersión en una bebida carbonatada por 30

minutos y dos horas.

- Observar el esmalte en piezas dentales primarias después de la aplicación de gel con fluoruro y de inmersión en una bebida carbonatada por 30 minutos y dos horas.

6. Método de trabajo

Se tomaron seis caninos primarios previamente extraídos en la Clínica de Odontopediatría y Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Costa Rica, clínicas privadas y otras entidades, hasta completar el tamaño de la muestra. Luego de la extracción fueron limpiadas, y colocadas en un equipo ultrasónico, para eliminar el tejido remanente y pigmentaciones extrínsecas. Las piezas dentales se mantuvieron inmediatamente en agua destilada a temperatura ambiente para evitar su deshidratación.

Criterios de inclusión de las piezas dentales (Figura 1):

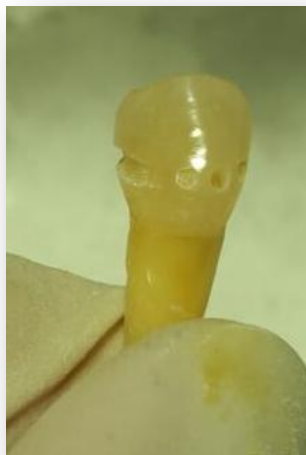
- Caninos primarios superiores o inferiores.
- Todas las superficies de la corona libres de caries dental.
- Con al menos 2/3 de raíz.

Figura 1. Muestras seleccionadas antes de su preparación



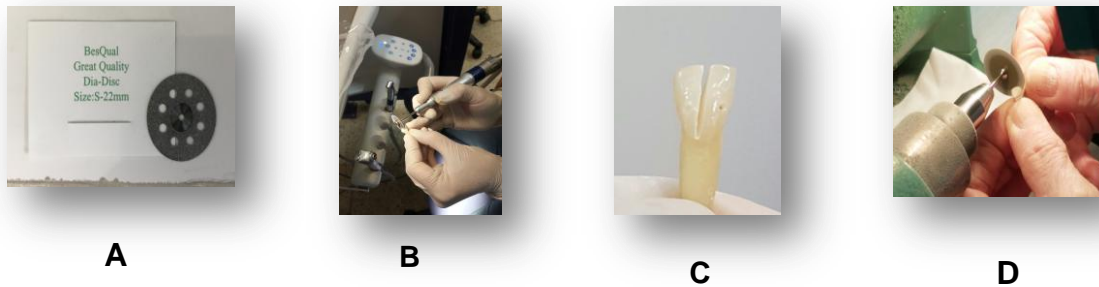
Las piezas dentales fueron marcadas en la superficie vestibular para facilitar su identificación, con una pieza de alta velocidad y una broca de punta fina (Figura 2). Se marcan con el propósito de diferenciarlas durante su observación en el microscopio electrónico de barrido. Seguidamente, se cortó la corona en la zona central dos milímetros más abajo del esmalte, para lo cual se utilizó un disco BesQual de 22mm (Figura 3). Seguido se realizó un corte transversal y se separaron las dos porciones de la corona; así, de seis piezas dentales, se obtuvieron doce muestras de trabajo.

Figura 2.



Ejemplo de marcas en la zona vestibular, para facilitar su identificación

Figura 3. Corte de la corona de las piezas dentales. A. Sisco BesQual de 22mm B. Primer corte de la pieza dental para dividir la corona. C. Muestra con el corte en la corona. D. Segundo corte para separar la muestra en dos especímenes.



Una de las piezas dentales se empleó como control y a la otra se le aplicó el procedimiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de los procedimientos según la muestra

MUESTRA	PROCEDIMIENTO
1.1	Barniz 5 minutos y 30 minutos en bebida carbonatada
1.2	Control 2 horas sin tratamiento en bebida carbonatada
2.1	Gel 4 minutos y 30 minutos en bebida carbonatada
2.2	Control solamente 30 minutos en bebida carbonatada
3.1	Gel 1 minuto y 30 minutos en bebida carbonatada
3.2	Control 2 horas en bebida carbonatada
4.1	Barniz 24 horas con 30 minutos en bebida carbonatada
4.2	Control con 30 minutos en bebida carbonatada
5.1	Control con 30 minutos en bebida carbonatada
5.2	Gel 4 minutos y 30 minutos en bebida carbonatada
6.1	Barniz 24 horas y 30 minutos en bebida carbonatada
6.2	Control con 30 minutos en bebida carbonatada

Al concluir los procedimientos, cada muestra fue colocada de manera individual en un frasco con hipoclorito de sodio al 5% durante 5 minutos (Figura

4) con miras a eliminar la parte orgánica del esmalte. Posteriormente, se lavaron las muestras con agua a temperatura ambiente. Una vez limpias, las muestras se sumergieron en alcohol por 30 min, en concentraciones de 25%, 70%, 80%, 90% y 99%, con el fin de deshidratar la parte orgánica. Entre cada inmersión en alcohol, las muestras se lavaron con agua. Luego fueron almacenadas en otra solución de alcohol (diferente la que se utilizó para las inmersiones de 30 minutos), con una concentración de 99%.



Figura 4. Muestras colocadas en recipientes individuales para su preparación.

Las muestras fueron llevadas para su análisis al Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMIC) de la Universidad de Costa Rica, donde se prepararon para el microscopio electrónico con un baño de oro-paladio (Fig. 5).



Figura 5. Muestras previo a observación en el microscopio electrónico con el baño de Oro-Paladio.

Seguidamente, se colocaron en la mesa de observación del microscopio electrónico para iniciar la observación de las estructuras, como se ilustra en la Figura 6.

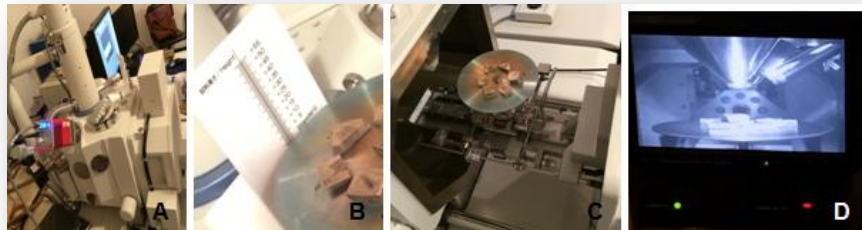


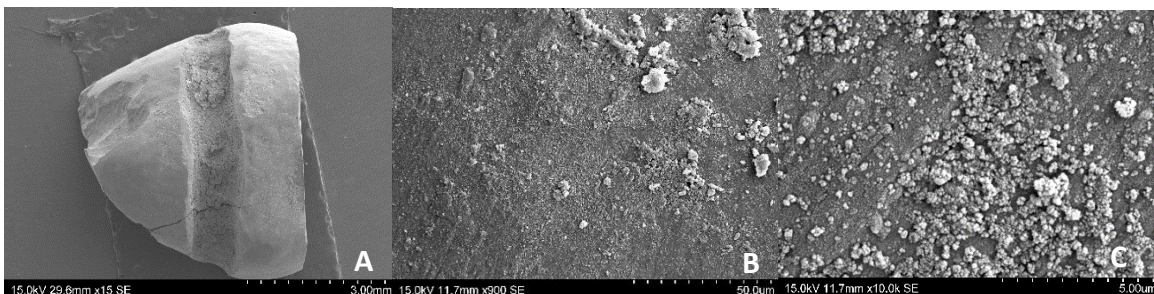
Figura 6. Colocación de las muestras en la mesa de observación. A. Microscopio electrónico de barrido B. Calibración de la mesa con las muestras para ser introducidas al microscopio. C. Mesa colocada dentro del microscopio. D. Cámara del interior del microscopio.

7. Resultados

Se analizaron seis piezas dentales y se dividieron en dos muestras. Cada mitad fue preparada según diferentes protocolos y posteriormente observadas a través del microscopio electrónico de barrido.

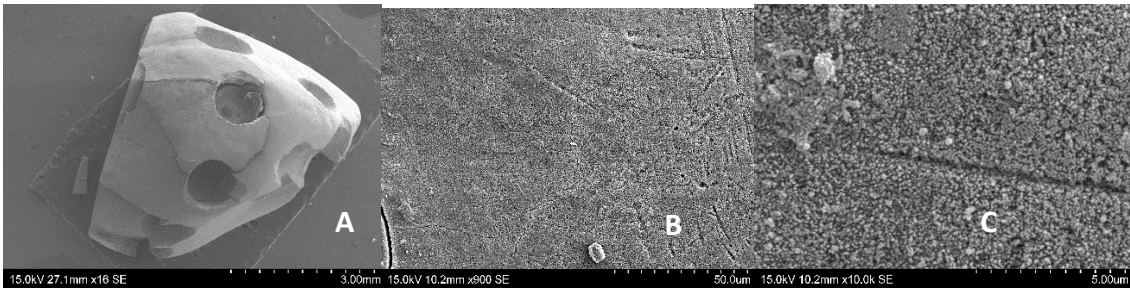
Se observa en la Figura 7A una visión panorámica de una de las muestras a la que se le realizó una marca lineal para diferenciarla de la otra mitad de la pieza dental, a la que se le realizaron puntos. La primera mitad tuvo una aplicación de barniz de fluoruro durante 24 horas y luego se sumergió en una bebida carbonatada durante 30 minutos. En la Figura 7A se nota una fractura en la parte inferior y restos de suciedad en el diente. En la Figura 7B, al hacerle un acercamiento a la muestra, el esmalte dental no se muestra tan poroso; posee ciertas rugosidades y restos de basura. Al observar la Figura 7C imagen obtenida con un acercamiento aún mayor, se encuentra un esmalte dental liso, con ciertas basuras.

Figura 7. Muestra 4.1 aplicación de barniz de flúor por 24 horas e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



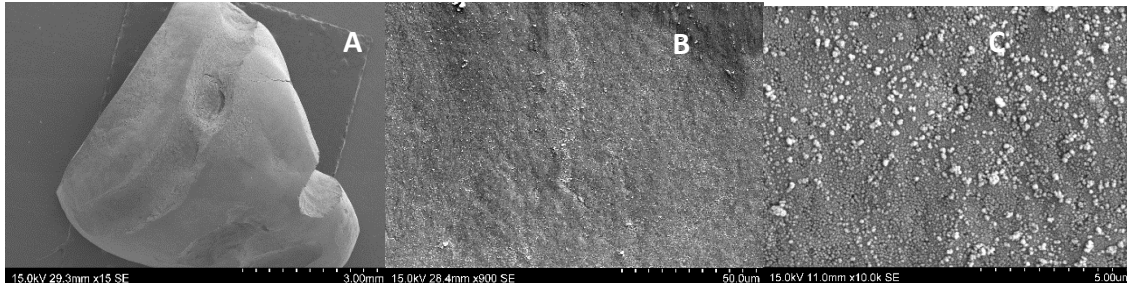
En la Figura 8A se presenta una visión general de la segunda mitad del diente primario utilizado como control, con una inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada, con los círculos realizados para distinguirla de la primera mitad. Al realizar el acercamiento con el microscopio, en la Figura 8B,, se ve un esmalte dental poroso, con leves rayas y restos de basura. En la Figura 8C, al tomarse la imagen mucho más de cerca, se observa la gran cantidad de poros que posee el esmalte dental, sin previo procedimiento, luego de la inmersión en la bebida carbonatada; además se observa mucho más rugoso y con más restos de basura que la Figura 8B.

Figura 8. Muestra 4.2 control, inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



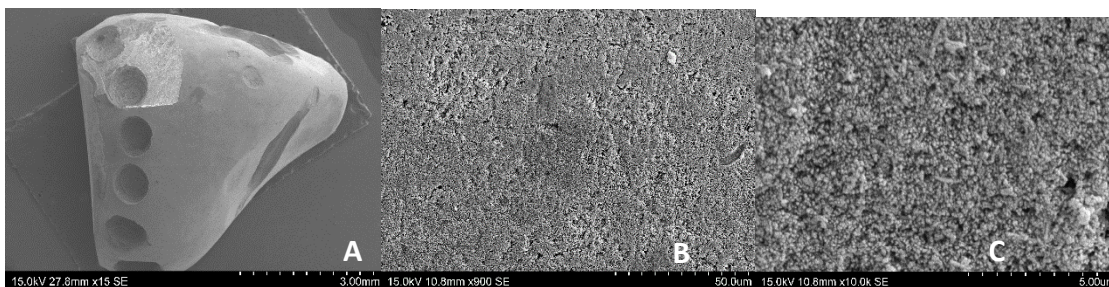
En la Figura 9A se observa otra muestra, a la que se le aplicó barniz de fluoruro por 24 horas y seguidamente se sumergió en una bebida carbonatada durante 30 minutos. Se aprecia mejor la muestra de diente, con una marca lineal y muy lisa. La Figura 9B presenta un esmalte dental sin rugosidades ni sectores con basura. Al observar la Figura 9C, aunque la basura se hace más visible, no aparecen muchos poros abiertos.

Figura 9. Muestra 6.1 aplicación de barniz de flúor por 24 horas e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



En la Figura 10A se observa una muestra con círculos como marca convenida para diferenciarla, que presenta zonas con microfracturas y un esmalte dental poroso. Al agudizar la vista en la Figura 10B, la porosidad del esmalte del diente temporal se hace aún más notoria. En la Figura10C ya se muestra gran cantidad de rugosidades y con poros más amplios. Las tres imágenes denotan una muestra que estaba muy limpia.

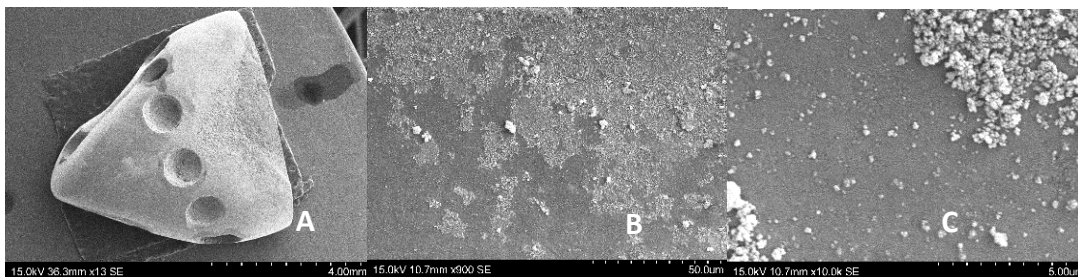
Figura 10. Muestra 6.2 control, inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



En la Figura 11A se observa una vista panorámica de la muestra a la que se le aplicó barniz de fluoruro por cinco minutos y se sumergió en la bebida

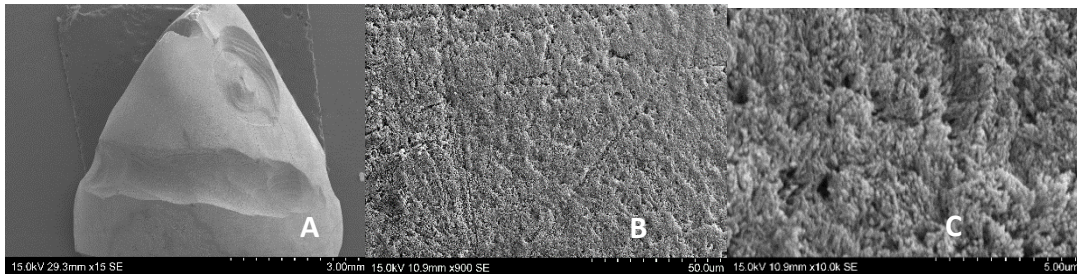
carbonatada por 30 minutos. Esta figura muestra, además, que la pieza dental con círculos presenta una sombra que se diferencia del resto. La Figura 11B muestra los restos de basura que contenía la muestra al momento de observarla al microscopio, así como un esmalte dental liso pero con poros. La Figura 11C da una visión detallada del esmalte dental y se observa aún más basura. No luce tan poroso pero si se observan levemente los orificios.

Figura 11. Muestra 1.1 aplicación de barniz de flúor por 5 minutos e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



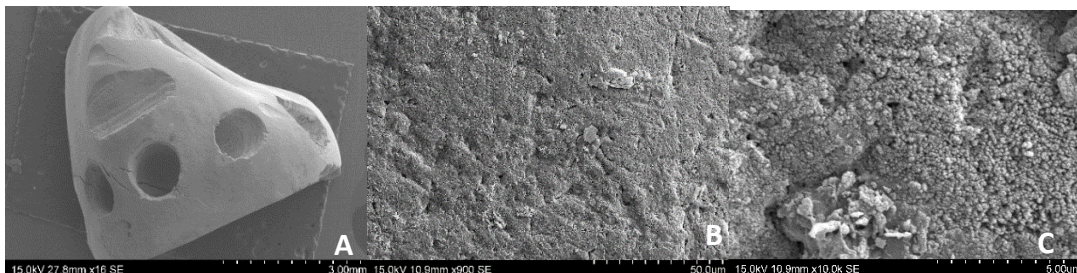
En la figura 12A se nota una cara de la muestra utilizada con una línea como marca, a la cual no se le colocó ningún agente remineralizante. Fue sumergida durante dos horas en una bebida carbonatada, por lo que se observa un esmalte dental mucho más poroso, como se muestra en la Figura 12B. En la Figura 12C se muestra una rugosidad general; se aprecia mucho mejor el tamaño de los poros y las partes lisas son casi nulas. No hay restos de basura en la muestra.

Figura 12. Muestra 1.2 control, inmersión por 2 horas en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



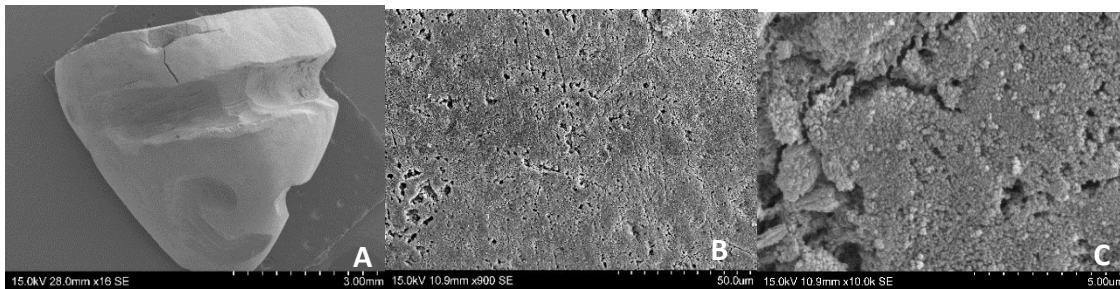
En la figura 13A se tiene una visión general del diente temporal al que se le aplicó gel de fluoruro durante cuatro minutos y se sumergió por un lapso de 30 minutos en una bebida carbonatada. Diferenciada de su otra mitad por los círculos, se presenta bastante limpia. El acercamiento realizado en la Figura 13B, revela un esmalte dental con irregularidades, leves rayas y restos de basura. En la Figura 13C, el acercamiento fue mayor y se observa cómo los poros del esmalte dental se ven obstruidos, mucho más rugoso y con más restos de basura que en la Figura 13B.

Figura 13. Muestra 2.1 aplicación de gel de flúor por 4 minutos e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



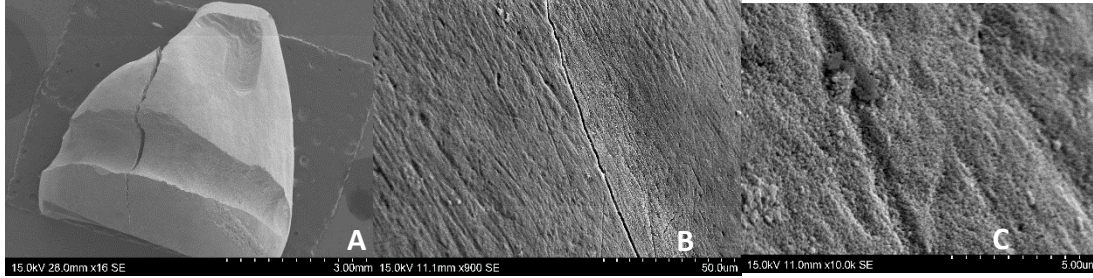
En la Figura 14^a se tiene una visión general del diente temporal utilizado como control, sumergido por 30 minutos en la bebida carbonatada. Con una raya hecha para distinguirla, se aprecia bastante limpia. El acercamiento en la Figura 14B, presenta un esmalte dental poroso y con leves rayas. En la Figura 14C, la imagen tomada más cerca, muestra la gran cantidad de poros que posee el esmalte dental, con más rugosidades en relación con la Figura 14B.

Figura 14. Muestra 2.2 control, inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



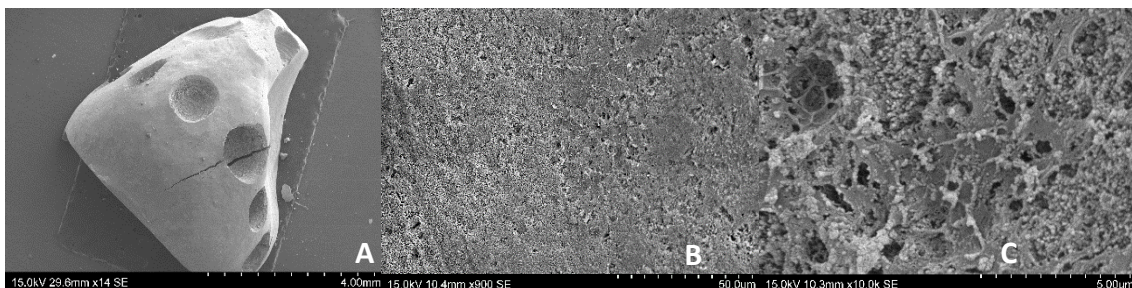
En la Figura 15A se presenta una visión general del diente temporal al que se le aplicó durante cuatro minutos gel de fluoruro, sumergido por 30 minutos en una bebida carbonatada. Con una raya hecha para distinguirlo, se ofrece una muestra bastante limpia. El acercamiento, en la Figura 15B, revela un esmalte dental liso, con rayas leves. En la Figura 15C, al tomarse aún más cerca la imagen, puede observarse una superficie lisa.

Figura 15. Muestra 5.2 aplicación de gel de flúor por 4 minutos e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



En la Figura 16A se cuenta con una visión general del diente temporal utilizado como control, el cual fue sumergido por 30 minutos en una bebida carbonatada. Para distinguirlo se utilizaron puntos, se aprecia bastante limpia. El acercamiento en la Figura 16B, ofrece un esmalte dental bastante poroso. En la Figura 16C, la imagen tomada con un mayor acercamiento, se observa la gran cantidad de poros que posee el esmalte dental; además, se ve más rugoso y con más suciedad en relación con la fotografía de la Figura 16B.

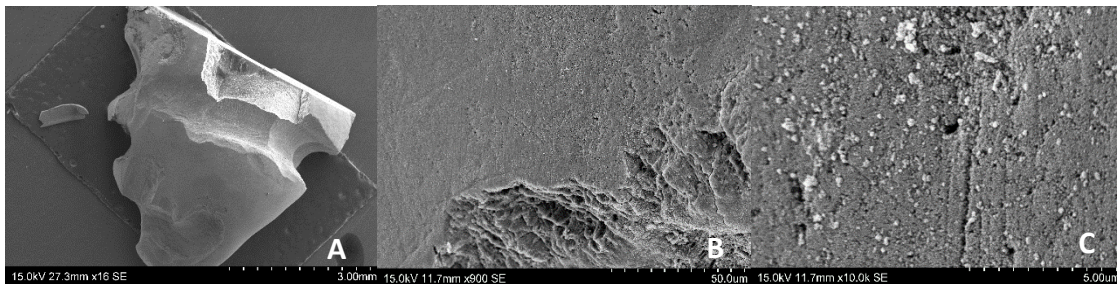
Figura 16. Muestra 5.1 control, inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



La figura 17A provee una visión general del diente temporal, al que se le aplicó por un minuto gel de fluoruro y se sumergió durante 30 minutos en una

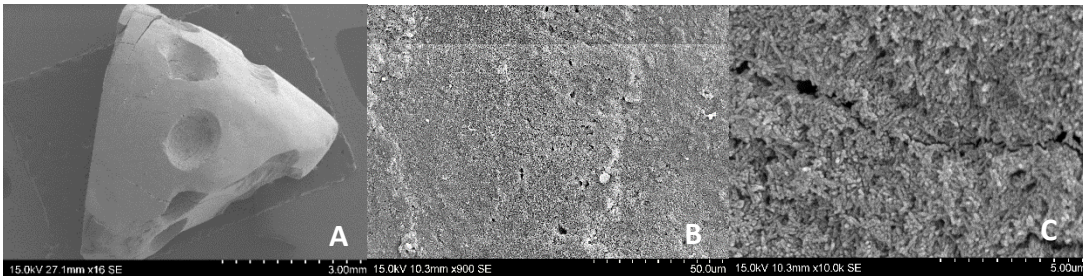
bebida carbonatada. Con una raya hecha para distinguirlo, la muestra se nota bastante limpia. Al acercarse en la Figura 17B, se ve un esmalte dental liso, con leves rayas, en una parte de la imagen se puede observar algo similar a estrías. En la Figura17C, al capturar la imagen aún más cerca,se observa una superficie irregular con basura presente.

Figura 17. Muestra 3.1 aplicación de gel de flúor por 1 minuto e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



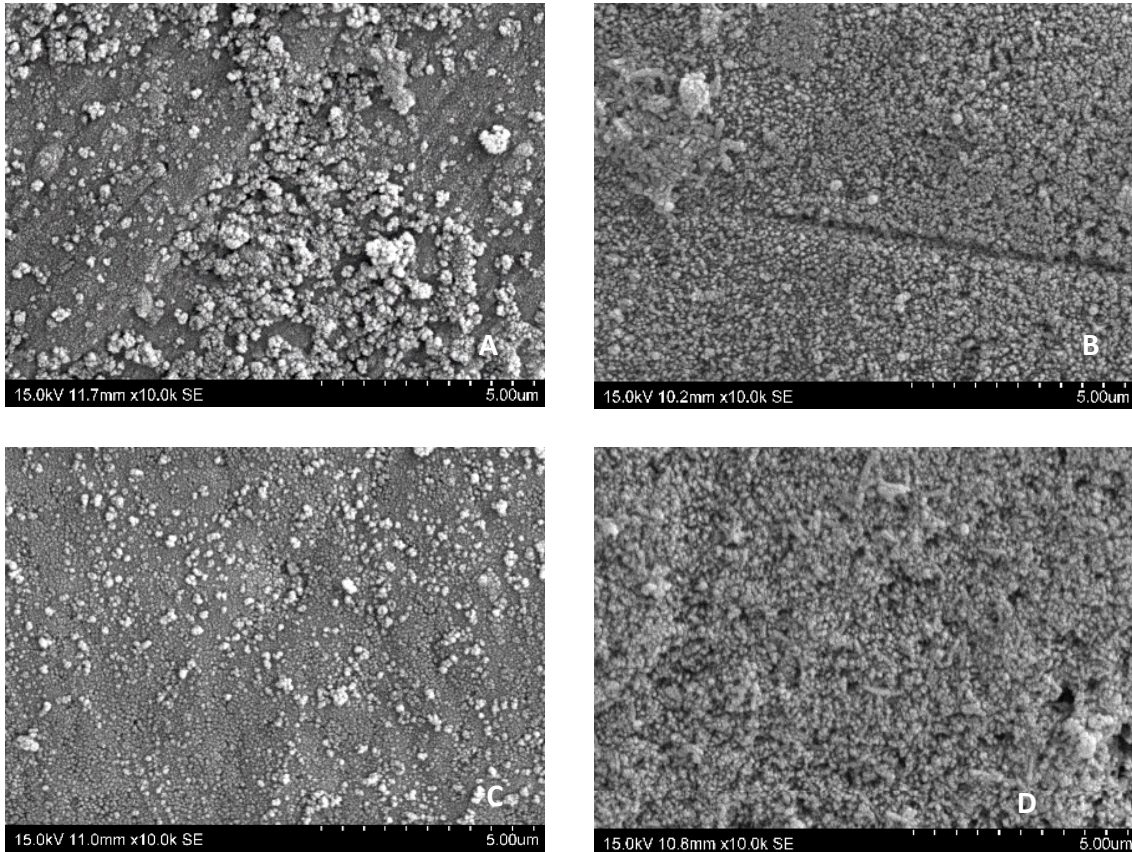
En la figura 18A se ofrece una visión general del diente temporal utilizado como control, sumergido durante 30 minutos en la bebida carbonatada. Se utilizaron puntos para distinguirlo y se aprecia bastante limpio. El acercamiento, en la Figura18B, presenta un esmalte dental con una superficie lisa y basura presente. En la Figura18C, el mayor acercamiento muestra la gran cantidad de poros que posee el esmalte dental; además, con respecto a la Figura 18B, se verá más rugoso y con suciedad

Figura 18. Muestra 3.2 control, inmersión por 2 horas en bebida carbonatada. A. 15X. B. 900X. C. 10.0kX



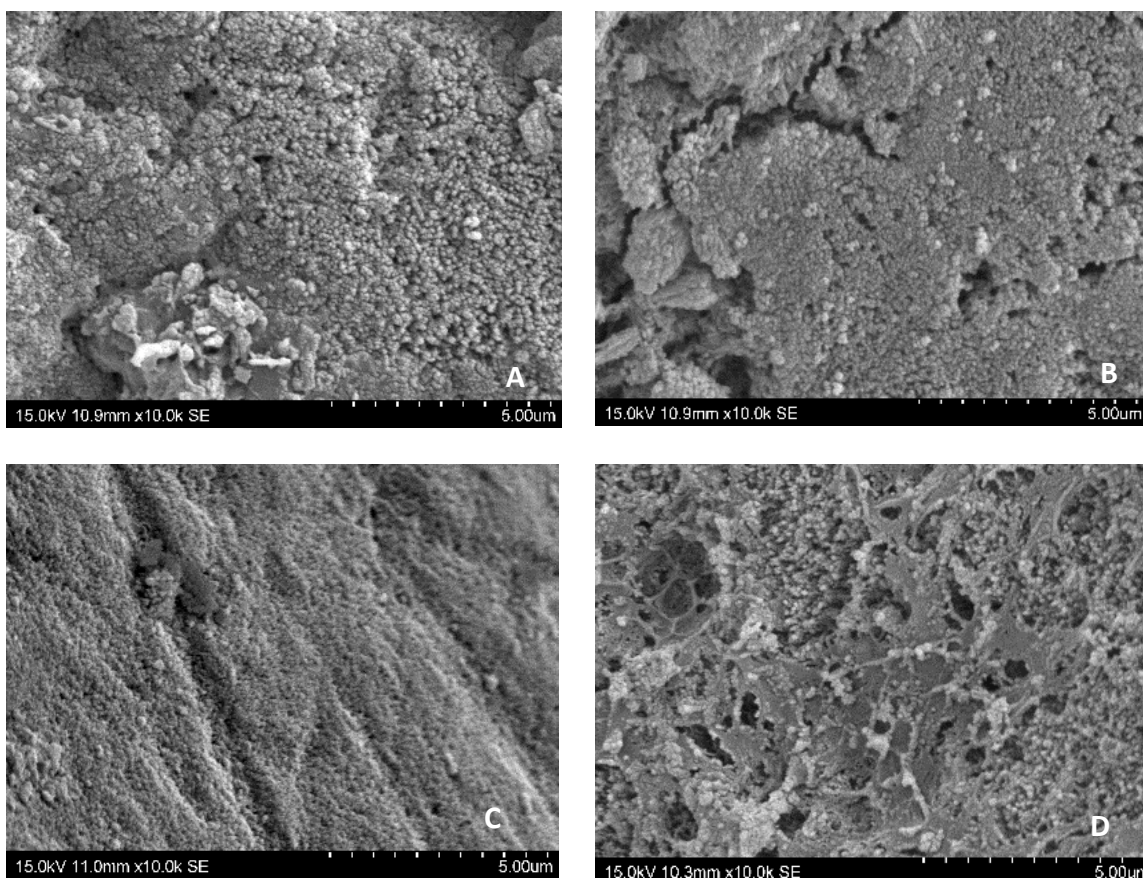
Al colocarle a ambas muestras barniz de fluoruro por 24 horas y sumergirlas en la bebida carbonatada, se observa en las Figuras 19A y 19C un esmalte liso, sin tanta porosidad ni rugosidades. Se aprecia una cantidad considerable de basura, pero las zonas de esmalte dental se observan selladas, en comparación con las Figuras 19B y 19C, que solo fueron sumergidas en bebida carbonatada; y en las que los poros del esmalte dental son más notorios y amplios, especialmente en la Figura 19D; también se observan rugosidades en dicho tejido y las partes lisas casi nulas, como se observan en la Figura 19A y 19B.

Figura 19. Muestras de aplicación de barniz de flúor por 24 horas e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A y C. 10.0kX con barniz de flúor. B y D. 10.0kX control.



En la figura 20A y 20B al colocarle a ambas muestras el gel de fluorurodurante cuatro minutos y sumergirlas en la bebida carbonatada por 30 minutos, se observa en la Figura 20A y 20C un esmalte similar; no se observan poros expuestos ni rugosidades en comparación con las Figuras 20B y 20D, que solo fueron sumergidas en bebida carbonatada por la misma cantidad de tiempo; las rugosidades presentes en dicho tejido se ven mejor en las Figuras 20B y 20D. Las partes lisas se observan mejor en la 20A y 20B.

Figura 20. Muestras de aplicación de gel de flúor por 4 minutos e inmersión por 30 minutos en bebida carbonatada. A y C. 10.0kX con gel de flúor. B y D. 10.0kX control.



8. Discusión

El esmalte dentario es una estructura libre de células, que está constituido por prismas adamantinos formados por los cristales de hidroxiapatita; además está compuesto por un 95% de sustancia inorgánica, 1.8% de sustancia orgánica y un 3.2% de agua³⁵. La hidroxiapatita está conformada por fosfatos de calcio, pero los cristales encontrados en el cuerpo humano no son puros, por lo que se vuelven más solubles³⁶. Por tal razón puede ser modificado al sustituir un carbonato por un grupo hidroxilo, el cual es soluble en un medio ácido menor, denominado apatita

carbonatada. Cuando ocurre la sustitución de un hidroxilo por un fluoruro se forma fluorapatita, la cual se disuelve frente a un pH más bajo de 4.5³⁷.

La pérdida irreversible de la estructura dental ocurre cuando se destruye la capa porosa por efecto de algún medio abrasivo³⁷. Aunque visto al microscopio electrónico de barrido, el esmalte íntegro es poroso debido a la disposición de los prismas y los cristales. Esta conformación permite un intercambio de sustancias con el medio bucodental. Por ejemplo, el ingreso, a través los poros, de agentes desmineralizadores o remineralizadores. La mayor acción de uno u otro dependerá de las condiciones del medio bucal³⁸.

Las bebidas carbonatadas son una de las distintas formas de bebidas industrializadas definidas por estar, generalmente, endulzadas, saborizadas, acidificadas y cargadas con dióxido de carbono (CO₂). Este nombre fue derivado del método original de cargar el agua con dióxido de carbono, preparado de bicarbonato de sodio o carbonato de sodio³⁹. El efecto erosivo de las bebidas ácidas no depende exclusivamente del pH, aunque sí está fuertemente influenciado por la regulación de su contenido ácido (efecto buffer), y por la propiedad de atraer calcio de las comidas y bebidas. El contenido de calcio, fosfato y flúor de un alimento o bebida también parece ser un factor importante para la predicción del efecto erosivo⁴⁰.

Se puede explicar que la bebida carbonatada utilizada en el presente estudio (Coca Cola®) tiene en su composición ácido fosfórico, el cual es un acidificante muy potente que interfiere con la absorción del calcio y contribuye al desequilibrio que lleva a una pérdida adicional de este elemento⁴¹.

El proceso de desmineralización o de erosión depende en gran medida del grado de saturación de la solución desmineralizadora, del pH, de la concentración de ácidos orgánicos no disociados, así como de la naturaleza de los ácidos orgánicos⁴¹.

Las alteraciones en el contenido mineral del esmalte dental están directamente relacionadas con su microdureza. Cuando se produce erosión por exposición a bebidas carbonatadas, la desmineralización inicial se caracteriza por una superficie reblandecida con disolución de prismas periféricos, sin formación de lesión subsuperficial⁴².

Estudios previos han reportado el alto porcentaje erosivo que presentan las bebidas deportivas, ya que presentan un pH similar al de bebidas carbonatadas como la Coca Cola®. Se ha confirmado que hay una alta relación entre la erosión dental y las bebidas deportivas en niños de 14 años de edad.

Un estudio reporta que 36.5% de los atletas tienen erosión dental, y el 91.8% de los atletas con erosión dental ha consumido bebidas deportivas.

Durante la etapa de la dentición mixta, las piezas dentales que se encuentran en erupción tienen una estructura más porosa, lo que los hace más vulnerables a la erosión⁴³.

Es difícil extrapolar los resultados de nuestro estudio a condiciones *in vivo*. El efecto erosivo de las bebidas carbonatadas está influenciado por factores no descritos en el modelo *in vitro*. Estos factores se pueden agrupar como agentes bucodentales (deglución, cepillado dental) y agentes biológicos (anatomía dental, promedio de fluidos, oclusión).

9. Conclusiones

Al comparar el esmalte dental primario después de la inmersión en una bebida carbonatada con y sin barniz de fluoruro, con microscopio electrónico de barrido, se observa una diferencia en la porosidad que presenta el esmalte. Las imágenes evidencian que las muestras que permanecieron más tiempo con el barniz de fluoruro presentaron una mejor condición que aquellas que solo se sumergieron en la bebida, pues estas últimas presentaron un esmalte rugoso y con amplios poros, en tanto que las que fueron tratadas con el barniz de fluoruro evidenciaron poseer el esmalte más liso.

Al comparar las muestras que solo fueron sumergidas en bebida carbonatada con aquellas a las que se les aplicó gel de fluoruro, se observa que también el esmalte cambia en su estructura: fue más poroso y rugoso aquel que no fue tratado con el gel de fluoruro.

El esmalte en piezas dentales primarias, después de inmersión en una bebida carbonatada por 30 minutos o por dos horas de tiempo, se desmineraliza, presentando la estructura de este tejido notoriamente porosa.

10. Referencias bibliográficas

Foruzeshtabar F. & Haghgoo R. 2010. The effect of carbonate beverage and soft beer on enamel microhardness of permanent teeth. *Journal of Dentistry*. 11, (2): 154-160.

Marshal TA. 2005. The roles of meal, snack, and daily total food and beverage exposures on caries experience in young children. *Journal of Public Health Dentistry*. 65, (3): 166-173.

Capmer V, Gopalakrishnan, V. & Uday U. 2016. Remineralizing potential of CPP-ACP applied for 1 min in vitro. *European Archives of Paediatric Dentistry* (Springer Science & Business Media B.V.). 17, (4): 231-237.

Gutsd V., Santhosh BP. & Uday B., 2012. Effect of casein phosphopeptide - amorphous calcium phosphate containing chewing gum on salivary concentration of calcium and phosphorus: An in-vivo study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics & Preventive Dentistry*. 30, (2): 146-150.

Bruun C., Hudif H., Buorto H. & Jodfo H. 1985. Three-year caries increments after fluoride rinses or topical applications with a fluoride varnish. *Community Dentistry & Oral Epidemiology*. 13, (6): 299-303.

Gutiérrez B. & Planells P. 2010. Actualización en Odontología mínimamente invasiva: remineralización e infiltración de lesiones incipientes de caries. *Cient Dent*, 7,(3):183-191.

Celik EU., Kucukyilmaz E. & Savas S. 2016. Effects of Remineralization Agents on Artificial Carious Lesions. *Pediatric Dentistry*. 38, (7): 511-518.

Reyes J. 2013. Observación del esmalte dental humano con microscopia electrónica. *Revista Tamé*. 17,(4): 13-16.

Amambal J. 2013. *Estudio In Vitro del efecto erosivo de las bebidas industrializadas en el esmalte de dientes permanentes humanos*. (Tesis de grado para Odontología). Universidad Nacional Mayor de San Marcos: 11-16.30-33.

Campos A. &Gómez M. 2009. *Histología y embriología bucodental*. 1st ed. Madrid: Editorial médica Panamericana. 1.3: 85-95.

Gómez de Ferraris & Campos. 2002. *Histología y Embriología Bucodental*. 3a. Edición Editorial Médica Panamericana España. ISBN:978-607-7743-01-9.

Navarro, G. 2006. *Estudio mediante microscopio electrónico de barrido de los efectos producidos por Coca-Cola y Schweppes limón en el esmalte intacto y en el esmalte grabado y sellado con una resina ortodóntica*. Murcia: Universidad Murcia, Departamento de Dermatología, Estomatología, Radiología y Medicina Física.1: 34-46.

Ross, M.&Wojciech P. 2008. Histología. 5th ed.: *Médica Panamericana*. 16.(1): 526-539.

Costa N., De Lima A, Massoni T, Katz T.&Rosenblatt A. 2009. Dental erosion and consumption of industrialized beverages in a group of children in Recife/Pernambuco, Brazil. *Rev. odonto ciênc*.(1):121.

Córdoba D., Erazo MF.,Mafla A., Rojas M., Rodríguez J.&Vallejos A.2014. Prevalencia de defectos del esmalte dental en niños y adolescentes colombianos.*Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*. 26.(1): p. 106-108.

Casanova A., Casanova E.,Maupomé G., Medina C.,Minaya M.,&Vallejos

A.2007. *Defectos del esmalte, caries en dentición primaria, fuentes de fluoruro y su relación con caries en dientes permanentes*. México. (1):228.

Delgado C., Liñán D. & Meneses L. 2007. Evaluación in vitro del efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas sobre la superficie del esmalte dental. *Estomatol Herediana*. (1):58-62.

Bornhardt T., Fuentes, R., Iturriaga, V. & Torres D. 2015. Erosión dental y sus posibles factores de riesgo en niños: *Revisión de la literatura*. España. Editorial Elsevier: 20-21.

Attin A., Kanzow, F. Wegehaupt, T. & Wiegand. 2016. *Etiology and pathogenesis dental erosion*. Editorial Quintessence Publishing Company 47(4):: 275.

Babstista da Costa R., Cavalcanti L., Viegas M., & Xavier C. 2010. Avaliação in vitro da Microdureza do Esmalte Dentário após Exposição a Bebidas Isotônicas. Brasil: Universidade Federal da Paraíba, Pesquisa Brasileira em *Odontopediatria e Clínica Integrada*; 10 2:145-150.

Ehlen L., Marshall T., Quian F. & Wefel J. 2008. Acid beverages increase the risk of in vitro tooth erosion. *Nutri Res*. 28. (5): 299-303.

Burrow MF., Cai F., Cochrane NJ., Huq NL., & Reynolds EC. 2010. New Approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. *J Dent Res*. 89.(11):1187-97.

Battistella E., Foresti E., Roveri N., Foltran I., Lafisco M., Lelli M. & Et AL. 2008. Synthetic biomimetic carbonate-hydroxyapatite nanocrystals for enamel remineralization. *Adv Mater Res*. 47-50:821-4.

Amaechi BT. & Higham SM. 2001. In vitro remineralization of eroded enamel lesions by saliva. *J Dent.* 29:371-6.

Jandt KD., Lippert F.&Parker DM. 2004. In vitro demineralization/remineralization cycles at human tooth enamel surfaces investigated by AFM and nanoindentation. *J Colloid Interface Sci.* 280:442–8.

Cai F., Cochrane NJ., Morgan MV., Reynolds EC., Shen P.&Walker G. 2008. Fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *J Dent Res.*87:344-8.

Humphrey SP. & Williamson RT. 2001. A review of saliva: normal composition, flow, and function. *J Prosthet Dent.* 85:162-9

Clarkson B., Cury JA., Ellwood R.,& Fejerskov O. 2008. Fluoride in caries control. In: *Dental caries: The disease and its clinical management.* 2nd ed. Ed. Oxford, U.K.: Blackwell Munksgaard: 288-323

Cury JA., Del-bel-Cury AA., Nobre dos santos M.& Rodrigues LKA.. 2007. In situ effect of a dentifrice with low fluoride concentration and low pH on enamel remineralization and fluoride uptake. *J Oral Sci.* 49.2:147-54.

Silverstone LM. 1984. The significance of remineralization in caries prevention. *J Canad Dent Assoc.* 50:157-67.

Acevedo AM., Marchán de Alcaíno M.& Rodríguez AM. 2007. Papel de las cremas dentales fluoruradas en la remineralización del cuerpo de la lesión de caries. Revisión de la literatura. *Rev Venez Invest Odontol.*7 (1):8-17

Beniash E., Hartgerink JD.& Stupp SI. 2001. Self-assembly and mineralization of peptideamphiphile nanofibers. *Science.* 294:1684-8.

Andaló LM. &Cury JA. 2009. Enamel remineralization: controlling the caries disease or treating early caries lesions? *Braz Oral Res.*:23-30.

Ahmad Pahlavan T., Ahmadreza B., D'Souza R., Owen H., & Zeyun Y. 2017. *Three-dimensional reconstruction of highly complex microscopic samples using scanning electron microscopy and optical flow estimation.*Cesario Bianchi, Universidade de Mogi das Cruzes, BRAZIL: 1-2

Barrancos M. &Barrancos P. 2015. *Operatoria dental.* Quinta ed. Buenos Aires: Panamericana: 261-263.

Cuniberti de Rossi N. 2009. *Lesiones cervicales no cariosas.* Primera ed. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana: 5-8.

Garone W. 2009. *Lesiones no cariosas.* Primera ed. Sao Paulo : 130.

Monterde M. 2002. Desmineralización-remineralización del esmalte dental. *Revista ADM.* LIX. (6):. 220-222.

Mas A. 2002. *Efecto erosivo valorado a través de la microdureza superficial del esmalte dentario, producido por tres bebidas industrializadas de alto consumo en la ciudad de Lima. Estudio in vitro*(tesis). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Jaeggi T.,Lussi A.& Zero D. 2004. The role of diet in the aetiology of dental erosion. *Caries Res.* 38(1):.34-44.

Bittner V.,Moreno J.&Narváez C. 2011. Efecto In Vitro de las bebidas refrescantes sobre la mineralización de la superficie del esmalte dentario de piezas permanentes extraídas. *Int. J. Odontostomat.*, 5.(2):.157-163.

Cotrina, L.,Duran L.& Meneses C. 2007. Evaluación in vitro del efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas sobre la superficie del esmalte dental

Revista Estomatológica Herediana. Universidad Peruana Cayetano Heredia Lima, Perú. 17.(2):. 58-62.

Hyun J., Keun H. & kim B. 2014. *Prevention of dental erosion of a sports drink by nano-sized hydroxyapatite in situ study*. Yonsei University College of Dentistry, Seoul, South Korea: 61.