

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

E.A.P DE ODONTOLOGIA

**Estudio In Vitro del efecto erosivo de las bebidas
industrializadas en el esmalte de dientes permanentes
humanos**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Cirujano-dentista

AUTOR

Jessenia Amambal Altamirano

ASESOR

Mg. C.D. Gerardo Ayala De la Vega

Lima-Perú

2013

JURADO EXAMINADOR DE TESIS

PRESIDENTE : Mg. Martha Pineda Mejía

MIEMBRO : C.D. Jaime Franco Tauquino Alvarez

MIEMBRO ASESOR : Mg. C.D. Gerardo Ayala de la Vega

*Esta tesis se lo dedico a mis padres y
hermanos, por su amor, compresión y apoyo
incondicional.*

Resumen

En este estudio se midió la microdureza Vickers del esmalte dental después de la exposición a tres bebidas industrializadas más consumidas en la ciudad de Lima y una bebida control, para evaluar el efecto erosivo de estas bebidas ácidas y su relación con la acidez titulable, el nivel de pH y el efecto buffer de las mismas. Se elaboraron 60 bloques de esmalte superficial de 2mm de espesor por 2-4mm de longitud; se colocaron en acrílico de curado rápido en moldes circunferenciales de 10mm de diámetro y 5mm de altura en diferentes colores (azul para la bebida carbonatada, anaranjado para la bebida refrescante, verde para la bebida isotónica y blanco para la bebida control; para poder diferenciarlos) los cuales se les dieron el paralelismo entre la superficie libre y la base del molde; luego se les dio un pulido tipo espejo para después ser llevados al microdurómetro Buehler donde se les midió la microdureza.

Los datos obtenidos fueron analizados a través de la prueba estadística de T-STUDENT, ANALISIS DE VARIANZA ANOVA, TUKEY HSD, KRUSKAL WALLIS Y U DE MANN WHITNEY.

Se concluyó que la microdureza superficial del esmalte disminuye significativamente luego de ser sometido a la acción de las bebidas ácidas estudiadas y que el efecto erosivo es inmediato y se incrementa con cada exposición.

Se obtuvo como resultado que la bebida isotónica es más erosiva que las otras bebidas; y se concluyó que no hay una relación entre el efecto erosivo y los valores de pH, acidez titulable y efecto buffer las bebidas.

PALABRAS CLAVES: Efecto erosivo, Esmalte dental, microdureza Vickers.

Abstract

In this study we measured the Vickers microhardness of enamel after exposure to three industrialized beverages more consumed in the city of Lima, and a control beverage; we want to evaluate the erosive effect of the acidic beverages and their relation with the titratable acidity, the level of pH and buffer effect of this beverages. 60 blocks of surface enamel were made of 2mm thickness, and 2-4mm in length, were placed in fast curing acrylic circumferential mold of 10mm in diameter and 5mm in height, in different colors (blue for the carbonated drink, orange for the drink refreshing, green for the drink isotonic and white for the control beverage; to be differentiated); we gave them that the free surface being parallel with the base of the mold, then they were given a mirror-polished for microhardness after that, they were being taken to Buehler where microhardness was measured.

The data were analyzed by the statistical test T-STUDENT, ANALYSIS OF VARIANCE ANOVA, HSD TUKEY, YU WALLIS KRUSKAL WHITNEY MANN.

It was concluded that the enamel surface microhardness decreases significantly after being subjected to the action of acidic drinks and the erosive effect is immediate and increases with each exposure.

The result was that the isotonic beverage is more erosive than other drinks, and it was concluded that there is not a relationship between the erosive effect of pH values, titratable acidity and buffer effect of the beverages.

KEY WORDS: Effect erosive tooth enamel, Vickers microhardness.

INDICE DE CONTENIDOS

	Pagina
I. INTRODUCCION.....	07
II. MARCO TEORICO	
2.1 Antecedentes.....	08
2.2 Bases teóricas.....	12
2.3 Planteamiento del problema.....	46
2.4 Justificación.....	47
2.5 Objetivos de la investigación.....	48
2.6 Hipótesis.....	49
III. MATERIAL Y METODOS	
3.1 Tipo de estudio.....	50
3.2 Población y Muestra.....	50
3.3 Operacionalización de variables.....	52
3.4 Materiales.....	53
3.5 Métodos	
3.5.1 Procedimientos y Técnicas.....	55
3.5.2 Recolección de Datos.....	59
IV. RESULTADOS.....	61
V. DISCUSION.....	74
VI. CONCLUSIONES.....	79
VII. RECOMENDACIONES.....	80

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Valores de las bebidas industrializadas.....	61
Tabla 2: Promedios de la microdureza Vickers de los cuatro grupos experimentales.....	63
Tabla 3: Porcentaje de variación de la microdureza.....	64
Tabla 4: Valores descriptivos para el grupo de bebida carbonatada.....	65
Tabla 5: Prueba estadística T-Student para el grupo de bebida carbonatada.....	66
Tabla 6: Valores descriptivos para el grupo de bebida isotónica.....	67
Tabla 7: Prueba estadística T-Student para el grupo de bebida isotónica.....	67
Tabla 8: Valores descriptivos para el grupo de bebida refrescante.....	68
Tabla 9: Prueba estadística T-Student para el grupo de bebida refrescante.....	69
Tabla 10: Valores descriptivos para el grupo control.....	70
Tabla 11: Prueba estadística T-Student para el grupo control.....	70
Tabla 12: Análisis de ANOVA y Análisis Kruskal Wallis Efecto erosivo a un día (HSD de Tukey).....	72
Tabla 13: Comparación múltiple Tukey y Prueba de U de Mann Whitne y Efecto erosivo a tres días (HSD de Tukey).....	73

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
• Figura1: Relaciones del esmalte.....	12
• Figura 2: Diagramas del cristal de hidroxiapatita.....	17
• Figura 3: Prismas dispuestos paralelamente	19
• Figura 4: Diagrama transversal de los prismas al MEB.....	20
• Figura 5: Corte trasversal de las estrías de retzius.....	22
• Figura 6: Conexión amelodentinaria.....	24
• Figura 7: Factores que influyen en la erosión dental.....	29
• Figura 8: Etapa de la desmineralización dental.....	33
• Figura 9: Prueba de la medición de dureza con Brinell.....	43
• Figura 10: Prueba de la medición de dureza con knoop.....	44
• Figura 11: Prueba de la medición de dureza con Vickers.....	45

INDICE DE GRAFICOS

	PAGINA
• Gráfico 01: Valores del pH de las bebidas industrializadas.....	62
• Gráfico 02: Valores de la acidez titulable de las bebidas industrializadas	63
• Gráfico 03: Valores del efecto buffer de las bebidas industrializadas.....	63
• Gráfico 04: Comparación de la variación de la microdureza superficial del esmalte por días.....	64
• Gráfico 05: Gráfico comparativo del porcentaje de variación de la microdureza superficial del esmalte	65
• Gráfico 06: Gráfico de las medias del efecto erosivo de la bebida carbonatada sobre el esmalte dental.....	66
• Gráfico 07: Gráfico de las medias del efecto erosivo de la bebida isotónica sobre el esmalte dental.....	68
• Gráfico 08: Gráfico de las medias del efecto erosivo de la bebida refrescante sobre el esmalte dental.....	69
• Gráfico 09: Gráfico de las medias del efecto erosivo del grupo control sobre el esmalte dental.....	71
• Gráfico 10: Gráfico comparativo de las medias del efecto erosivo por días de los grupos experimentales sobre el esmalte dental.....	72
• Gráfico 11: Comparación de la diferencia de valores de microdureza del grupo control con las bebidas industrializadas, por días.....	74

I. INTRODUCCION

En la dieta del hombre interactúan diferentes tipos de alimentos y diferentes formas de consumo; sin embargo, los ácidos líquidos o sólidos son comunes en todas partes del mundo. Aún más, las bebidas ácidas en occidente crecen en consumo cada vez más ^{13,15}.

En la actualidad la competitividad de diversas marcas existentes en el mercado busca continuamente diferentes formas para atraer de manera efectiva y significativa a sus consumidores; estas bebidas industrializadas, que ofrecen al consumidor: rehidratación, vitaminas, agradable sabor, antioxidantes, electrolitos, pérdida de peso, entre otros, tienen un componente ácido característico, que al consumirse con frecuencia puede dar lugar a la destrucción del tejido dental en un proceso denominado erosión ^{1,3}.

Las erosiones dentales definidas como; la destrucción mineral dentaria por acción de sustancias químicas sean intrínsecos o extrínsecos; donde los factores intrínsecos, se deberían a disturbios alimentarios, sea de tipo involuntario por presencia del jugo gástrico en la boca, o voluntario como la bulimia; y los factores extrínsecos; a medicamentos, ácidos exógenos generalmente de procedencia ocupacional y a la dieta ácida que colabora en la disolución del esmalte; de esta forma, las erosiones se pueden presentar de forma subclínica o llegar hasta grandes destrucciones e importantes pérdidas de estructura dentaria.

En la erosión pueden intervenir diferentes factores químicos de las bebidas ácidas con diferentes valores que hacen que se comporten de una manera diferente, como por ejemplo, el pH, la titularidad o acidez total, su efecto buffer, el contenido de minerales, la remoción de la superficie de los dientes, la disociación constante (facilidad con la que H^+ se libera de un ácido) y las propiedades quelantes ^{1,2,24}. También está fuertemente influenciada por la frecuencia y la duración de la ingesta.

El factor primario en el desarrollo de la erosión dental es la cantidad total de ácido (conocida como ácido titulable), seguido del pH; se cree que es un importante factor de erosión, ya que determina la actual disponibilidad de iones de hidrógeno para la interacción con la superficie del diente^{30,31}.

En los experimentos de laboratorio, han mostrado que cuando el esmalte está expuesto a un pH de 4.5-5.0 el cual está hiposaturado con respecto a hidroxiapatita y flúorapatita, la superficie queda grabada dejando una lesión con la misma apariencia macro y microscópica que la erosión natural^{3,12,13,16}.

Dentro de la clasificación de las bebidas industrializadas ácidas que utilizaremos por el alto consumo en la ciudad de Lima en lo que refiere al rubro de bebidas gaseosas es la Inca Kola, en el rubro de bebidas refrescantes es el Frugos, cuya demanda es bastante significativa por su agradable sabor y si de rehidratación se habla, la más representativa es la bebida Sporade³.

Entre los métodos in vitro para evaluar el efecto erosivo de estas bebidas sobre la superficie dental se encuentran los métodos: químicos, físicos, análisis digital de imágenes, análisis con microscopio electrónico de barrido (MEB), examinación directa del diente extraído y permeabilidad del esmalte¹⁰. El método físico que utilizaremos para demostrar este efecto erosivo fue a través de la evaluación de la microdureza superficial; que se puede definir como la resistencia superficial que ejerce un material a ser rayado o a sufrir deformaciones permanentes en su superficie. Este método ha demostrado ser una prueba suficientemente sensitiva cuando se trata de lesiones superficiales debido a que puede detectar estados tempranos de desmineralización^{3, 12, 13, 16}.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Moreno X; Narávez C; Bittner V. (2011). Determinaron el efecto de las bebidas refrescantes sobre la mineralización de la superficie del esmalte de piezas dentarias permanentes extraídas. Los 50 bloques de esmalte fueron distribuidos en tres grupos de estudio: bebidas gaseosas, jugos y néctares, y aguas minerales purificadas y saborizadas más un grupo control. A todos los cortes dentarios se les midió la mineralización con el equipo Diagnodent 2095 (Kavo) antes y después de la exposición, la cual correspondió a un minuto en el tipo de exposición a la bebida según grupo, seguido por tres minutos en saliva artificial, ciclo que se repitió cinco veces en un tiempo de 20 minutos. Este procedimiento se realizó una vez al día, por un mes y para cada día se utilizaron nuevas bebidas refrescantes. El grupo de bebidas gaseosas provocó una mayor desmineralización en la superficie del esmalte dentario ($p=0,000$), seguido del grupo de jugos y néctares ($p=0,000$). El grupo de aguas minerales saborizadas y purificadas no provocaron efectos sobre la mineralización de la superficie del esmalte⁹.

Xavier F, Cavalcanti L, Viégas M, Baptista da Costa R (2010). Analizaron 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). La inmersión a estos ácidos se realizó por un periodo de un minuto, seguido de tres minutos en la saliva artificial; este ciclo se repitió cinco veces, con un total de 20 minutos; se realizó dos veces al día durante tres días consecutivos con un intervalo de 12 horas entre ellas. Las mediciones se hicieron por medio de microdureza aplicando una carga de 100 g durante 15 segundos. Y 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 y si se observó diferencia significativa entre los grupos de diferentes sabores expuestos a temperatura de 9°C⁴.

Cavalcanti A; Xavier A; Souto R; Oliveira M; Dos Santos J; Vieira F (2010). En este estudio in vitro se evaluó el pH endógeno, la acidez valorable (AV) y sólidos solubles (SS) de nueve bebidas isotónicas a temperatura ambiente ($\pm 23^{\circ}\text{C}$) y después del enfriamiento ($\pm 9^{\circ}\text{C}$). Los promedios oscilaron entre pH 2,03 (Tangerine Gatorade ®) 2,93 (Marathon ® Lemon) y todos mostraron la bebida pH por debajo del valor crítico de 5,5. La acidez valorable media osciló entre 0,10 para Marathon ®limón y 0,32 para Gatorade®Tangerine. Gatorade®Tangerine mostró el valor más bajo de los sólidos solubles (6,33%) y Maratón Guaraná® de Acaí y mostró el valor más alto de los sólidos solubles (12,50%). Hubo diferencia estadísticamente significativas entre las temperaturas de pH (G3, G4, G5, G6 yG8) de sólidos solubles (G2, G3, G6 yG9) y acidez valorable (G2, G3 yG5). Las bebidas analizadas mostraron pH bajo endógeno, el mismo que puede ser considerado como potencialmente erosiva a los tejidos dentales si se consumen indebidamente y con alta frecuencia. Con respecto a la temperatura, se recomienda la ingestión de estas bebidas frías⁵⁷.

Ehlen L, Marshall T, Quian F, Wefel J (2009). En este estudio analizaron 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 y a su relación con el pH y acidez titulable de cada bebida. La metodología consistió en medir el pH de cada bebida, para luego ser sumergidas las muestras de esmalte y raíz dental durante 25 horas. Con respecto a la acidez se concluyó que todas las bebidas eran ácidas; y el que tuvo el mayor grado de acidez y efecto erosivo sobre el esmalte fue la bebida Red Bull; y la bebida Gatorate tuvo un mayor efecto erosivo en la muestra radicular. Lo que se concluyó que las bebidas más populares en Estados Unidos pueden producir erosión dental⁵.

López S, Cerezo C (2008). Determinaron el potencial erosivo de bebidas industriales sobre el esmalte por medio de la determinación del pH y de su concentración de fosfatos y fluoruros. El estudio consistió en agrupar: gaseosas colas, gaseosas naranja-lima-limón, gaseosas rojas, jugos de naranja, jugos de frutas, bebidas deportivas y bebidas con contenido de alcohol. Se concluyó que

las bebidas colas, de naranja-lima-limón, y el jugo de naranja registraron valores de pH más bajos; y ninguna de las bebidas registró cantidad suficiente de fluoruros para reducir el potencial erosivo; solo tres bebidas: cerveza, jugo de naranja y vino blanco, presentaron valores de fosfatos que podrían prevenir en algo la disolución del esmalte⁶.

Machado C, Lacefield W, Catledge A (2008). En este estudio evaluaron la nanodureza, módulo de elasticidad y rugosidad de la superficie del esmalte dental después del contacto con bebidas cítricas. La rugosidad de la superficie del esmalte se evaluó mediante un perfilómetro, la nanodureza; y módulo de elasticidad, utilizando un nanoindentador. Las muestras del esmalte fueron asignadas en tres grupos de acuerdo a la bebida a utilizar: bebidas gaseosas, jugo de naranja, y agua de llave (control). El pH de las bebidas se midió antes y después del contacto cítrico durante 5 semanas. El estudio concluyó que el pH de la bebida gaseosa fue más ácido entre 5° C y 37° similar al jugo de naranja; y la exposición del esmalte dental a bebidas gaseosas provoca una significativa disminución del módulo de elasticidad y de la nanodureza del esmalte, en comparación al jugo de naranja cuya acción en el esmalte fue menos pronunciada⁸.

Liñán D, Meneses L, Delgado C (2007). Se evaluó el efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas, la muestra estuvo conformada por 60 especímenes divididos en cuatro grupos. Tres grupos fueron expuestos durante un minuto a la acción de las bebidas carbonatadas, seguido por tres minutos de inmersión en saliva artificial. Este 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. Donde se encontró diferencia significativa entre los valores de microdureza inicial y final de los especímenes, siendo mayor el efecto erosivo de la bebida Kola Real, intermedio en Coca Cola, mientras que la Inca Kola presentó el menor efecto erosivo¹.

Jain P, Nihill P, Sobkowski I, Agustin M (2007). Se evaluó el pH de 20 marcas comerciales de bebidas no alcohólicas, la disolución del esmalte resultante de la inmersión en estas bebidas, y la influencia del pH sobre la pérdida de esmalte. Se comparó el potencial erosivo de las bebidas de cola frente a la no-cola, así como las versiones regulares con azúcar y dieta de las mismas marcas. Los especímenes de esmalte fueron sumergidos en los refrescos y se pesaron al inicio y después de 6, 24 y 48 horas de inmersión. Se concluyó que las bebidas no-cola son más erosivas que las bebidas de cola, y las versiones azucaradas de las bebidas cola y no-cola demostraron ser más erosivas que sus homólogos de dieta. El potencial erosivo de las bebidas no alcohólicas no estaba relacionado con su valor de pH¹⁸.

Brown J, Smith G, Shaw L, Parry J, Smith J (2007). Se evaluó el potencial erosivo de las bebidas saborizadas gasificadas del mercado del Reino Unido. Todas las aguas saborizadas probadas mostraron acidez titulable apreciable (0.344-0.663 mmol), un pH bajo (2,74 a 3,34) y en el ensayo de disolución de hidroxiapatita, todas las aguas demostraron potencial erosivo (89-143%) similar o mayor que la de zumo de naranja puro, una bebida establecida como erosiva. Se concluyó que la exposición de los dientes en las bebidas saborizadas gasificadas trajo cambios en la superficie en consonancia con la disolución erosiva¹⁹.

Jensdottir T, Holbrook P, Nauntofte B (2006). Se evaluó el efecto de los alimentos y bebidas ácidas (bebida cola, zumo de naranja, bebidas deportivas) en la dureza de la superficie de diversos sustratos (esmalte, dentina, resina compuesta universal, resina compuesta de microrrelleno, ionómero de vidrio convencional, modificado con resina de ionómero de vidrio, modificada con poliácidos compuesto de resina). Las muestras se sumergieron alternativamente, cada 5 segundos, y luego en saliva artificial, por 10 ciclos. Después de la inmersión se realizó el test de la dureza de Vickers. Se concluyó que la bebida cola redujo en mayor grado la dureza de la superficie de los sustratos estudiados; comparado con el jugo de naranja y bebida deportiva²⁰.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El esmalte dental

2.2.1.1. Generalidades

El esmalte es un material extracelular libre de células. Por eso no se le puede clasificar como tejido. Este material está mineralizado y su dureza es mayor que 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 reemplazar^{29,31}.

El esmalte está formado por millones de prismas altamente mineralizados que recorren todo su espesor, desde la conexión amelodentinaria a la superficie externa o libre en contacto con el medio bucal (Fig. 1). Recubre a manera de casquete a la dentina en su porción coronaria, ofreciendo protección al tejido dentino-pulpar^{11, 31}.

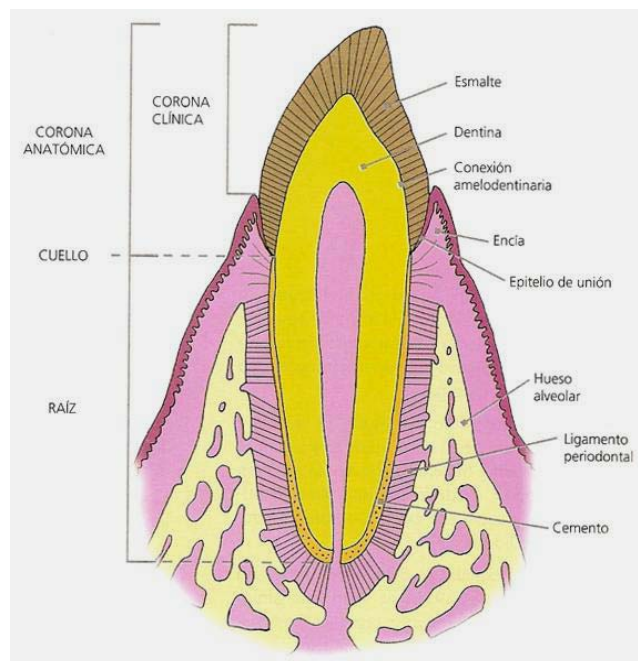


Figura 1. Relaciones del esmalte¹¹.

El espesor del esmalte varía en diferentes partes de la corona y puede alcanzar un máximo de 2,5 mm en las cúspides de algunos dientes³¹. Es máximo en los bordes incisales y en las cúspides, desde donde va disminuyendo hacia el margen cervical. El mayor espesor en la dentición permanente se alcanza en las superficies oclusales de los molares³².

Existen ciertas características que hacen al esmalte único. Dichas características son las siguientes:

1.-Embriológicamente; a partir de la sexta semana aparece un engrosamiento laminar del epitelio bucal (ectodermo) que sigue la curva de los bordes maxilares, son las láminas dentales; en ellas se producen proliferaciones ectodérmicas redondeadas llamadas yemas dentales, La cara profunda de cada yema ectodérmica se invagina y forma una caperuza, llamada órgano del esmalte que se diferencia en un epitelio externo del esmalte y un epitelio interno del esmalte que rodean un cúmulo laxo de células. Las células del epitelio interno del esmalte se diferencian en ameloblastos y producen el esmalte que se deposita sobre la superficie externa de la dentina. Al desarrollarse por completo el esmalte, los ameloblastos se convierten en una delgada cutícula, que luego se desgasta por el proceso de la masticación^{28, 29,30, 31}.

2.- La matriz orgánica solo representa el 1.8% del peso del esmalte. Está constituido principalmente por proteínas, lípidos y en su composición no participa el colágeno.

El esmalte superficial, en un espesor de 0.1 a 0.2mm, es más duro y posee más materia orgánica de que resto del esmalte. El porcentaje de glucoproteínas es 10 veces más grande. Su mayor dureza se debe a la constante exposición a la saliva y a la precipitación de sales de calcio y fosforo, con oligoelementos como flúor, estaño, zinc, etc.^{29, 32}.

3.- Los cristales de hidroxiapatita se hallan densamente empaquetados, y son de mayor tamaño que los de otros tejidos mineralizados. La

composición de los cristales puede variar ligeramente, según la composición química del medio líquido donde se originan.

Los cristales del esmalte en desarrollo adoptan la forma de barras y plaquetas. No hay acuerdo sobre sus dimensiones y se ha informado que algunos cristales miden hasta 210nm. Es muy difícil medirlos ya que escapan al campo del microscopio electrónico. Los cristales son solubles a la acción de los ácidos, constituyendo esta característica el sustrato químico que da origen a la caries dental^{29, 32}.

4.- Las células productoras de esmalte son los ameloblastos, tras completar la formación del esmalte, involucionan y desaparecen durante la erupción dentaria por un mecanismo de apoptosis. Esto implica que no hay crecimiento ni nueva aposición de esmalte después de la erupción³².

5.- El esmalte maduro no contiene células ni prolongaciones celulares, por ello actualmente no se le considera un tejido, sino una sustancia extracelular altamente mineralizada. Las células que le dan origen, no quedan incorporadas a él y por ello el esmalte es un tejido acelular, avascular y sin inervación³².

6.- Frente a una noxa reacciona con pérdida de sustancia siendo incapaz de repararse o regenerarse, es decir, no posee poder regenerativo como sucede en otros tejidos del organismo, aunque puede haber remineralización¹¹.

2.2.1.2- PROPIEDADES FÍSICAS

1.- **Dureza:** es la resistencia superficial de una sustancia a ser rayada o a sufrir deformaciones de cualquier índole, motivadas por presiones. El esmalte presenta una dureza que corresponde a un cinco en la escala de Mohs (es una 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)^{11, 13}.

2.- **Elasticidad:** 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 esmalte³².

3.- **Color y transparencia:** el color del esmalte varía considerablemente y depende de su espesor junto al grado de transparencia del tejido. Cuanto mayor sea la mineralización, tanto más translucido será el esmalte. Los dientes tienen aspecto amarillento en las zonas en las que se puede visualizar la dentina subyacente. En áreas más gruesas, el esmalte es más opaco y aparece azulado o gris³².

4.- **Permeabilidad:** existe un gradiente dinámico entre la pulpa y el medio oral, 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 moléculas³².

5.- **Radiopacidad:** es la oposición al paso de los rayos Roentgen. Es muy alta, ya que es la estructura más radiopaca del organismo humano por su alto grado de mineralización^{11, 29}.

2.2.1.3.- COMPOSICIÓN QUÍMICA

El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1-2 %), una matriz inorgánica (95%) y agua (3-5 %) ^{10, 11}.

1.- Matriz orgánica

A diferencia de la matriz orgánica de otros tejidos calcificados, la matriz orgánica del esmalte está compuesta por proteínas no colágenas llamadas en conjunto proteínas del esmalte, las cuales son sintetizadas y secretadas por los ameloblastos³².

Además de las proteínas específicas, en la matriz del esmalte existen: proteínas solubles e insolubles; péptidas, así como glucosaminoglicanos,

proteoglicanos, y diversas clases de lípidos, enzimas y pequeños porcentajes de condroitín 4-sulfato y condroitín 6-sulfato^{11, 32}.

Las proteínas del esmalte juegan un papel importante en procesos tales como:

- a)** La iniciación en el proceso de remineralización.
- b)** Son reservorio de iones minerales, que se unen para formar cristales.
- c)** Modulan la tasa de crecimiento de los cristales y determinan su tamaño y morfología.
- d)** Ayudan a la correcta localización de los cristales, actuando como soporte físico para el crecimiento de los mismos.
- e)** Proporcionan protección en la fase mineral de crecimiento de los cristales³².

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, y en el proceso de maduración, el volumen de material orgánico decrece mientras que el volumen de material inorgánico se incrementa³².

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

- a.** Amelogeninas: moléculas hidrofóbicas, fosforiladas y glicosiladas. Son las más abundantes (90% al comienzo de la amelogénesis) y disminuyen progresivamente a medida que aumenta la madurez del esmalte. Se localizan entre los cristales de las sales minerales, sin estar ligadas a ellos¹¹. Su función es importante para establecer y mantener el espaciado entre los prismas en las etapas iniciales del desarrollo del esmalte³¹.
- b.** Enamelinas: moléculas hidrofílicas y glicosiladas. Representan el 2-3 % de la matriz orgánica¹¹. Las enamelinas se hallan estrechamente unidas a las superficies de los cristales de apatita y ocupan todo el

espacio existente entre ellos³². Tienen a su cargo la degradación de las amelogeninas en el esmalte en proceso de maduración³¹.

c. Ameloblastinas o amelinas: proteínas sintetizadas por los ameloblastos desde las etapas secretoras iniciales 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 hidroxiapatita³¹.

d. 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 hipomineralización³¹.

e. Parvalbúmina: se localiza en el polo distal del proceso de Tomes del ameloblasto secretor. Su función está asociada al transporte de calcio del medio intracelular al extracelular¹¹.

2.- Matriz inorgánica

Al igual que en el hueso, en la dentina y en el cemento, el principal cristal del esmalte es el fosfato de calcio en forma de hidroxiapatita cristalina, $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$. Sin embargo, los cristales del esmalte (Fig. 2), a diferencia de los de otros tejidos calcificados, son extremadamente grandes³².

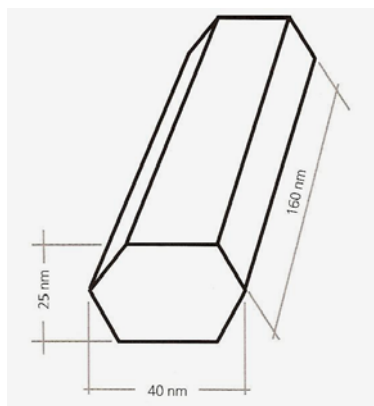


Figura 2. Diagrama del cristal de Hidroxiapatita¹¹.

Los grupos hidroxilos pueden ser reemplazados por iones flúor, formando fluorapatita. Esto es de gran importancia, dado que la fluorapatita es menos soluble a la acción de los ácidos que la hidroxiapatita. En menor proporción podemos encontrar aluminio, bario, magnesio, estroncio, radio y vanadio. Además de cobre, molibdeno, azufre, estaño y titanio³².

3.- Agua

El agua existente en el esmalte (superior al 4% del volumen) está presente en una cantidad significativamente mayor que el material orgánico. Se localiza en la periferia del cristal, constituyendo la llamada capa de hidratación. El porcentaje de agua en el esmalte disminuye progresivamente con la edad¹¹.

2.2.1.4.- ESTRUCTURA HISTOLÓGICA

La estructura histológica del esmalte está constituida por la denominada unidad estructural básica “el prisma del esmalte”, y por las denominadas unidades estructurales secundarias que se originan básicamente a partir de la anterior¹¹.

1.- UNIDADES ESTRUCTURALES BÁSICAS. La unidad estructural básica son los prismas del esmalte, estructuras compuestas por cristales de hidroxiapatita. El conjunto de prismas del esmalte forma el esmalte prismático, que constituye la mayor parte de esta matriz extracelular mineralizada. En la periferia de la corona y en la conexión amelodentinaria, existe el denominado esmalte aprismático, en el que la sustancia adamantina mineralizada no constituye ni configura prismas¹¹. Los pequeños espacios angulares entre los prismas paralelos del esmalte constituyen el esmalte interprismático, cuya composición es similar, pero en el cual los cristales de hidroxiapatita están orientados de forma diferente a los de los prismas³².

a.- Esmalte prismático Cada ameloblasto es primariamente responsable de la formación de un prisma del esmalte. Además, una porción de la región interprismática, que rodea un prisma en particular, está formada por el mismo ameloblasto³².

i. **Morfología de los prismas:** los prismas son estructuras longitudinales de 4 μm de espesor promedio, que se dirigen desde la conexión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte. El diámetro de los prismas varía entre 4-10 μm , es menor en su punto de origen y aumenta gradualmente a medida que se acerca a la superficie libre. El número de prismas varía en relación con el tamaño de la corona estimándose entre 5 y 12 millones¹¹.

Mediante el MEB, en cortes longitudinales se observan como bastones irregularmente paralelos (Fig. 3), mientras que en cortes transversales, adoptan una morfología en ojo de cerradura de llave antigua (Fig. 4). Lo que permite distinguir en los prismas dos regiones: la cabeza o cuerpo (en forma de cúpula esférica seguida de un cuello estrecho) y la cola con terminación irregular. La cabeza corresponde a la región más ancha y ofrece al corte un contorno irregularmente circular u ovoideo. La región de la cola es la más delgada encontrándose situada debajo de la cabeza¹¹. Las cabezas redondas de los prismas miden 5 μm de diámetro y la mayor dimensión de los prismas desde la parte superior de la cabeza al extremo de la cola mide alrededor de 9 μm ³².



Figura 3. Prismas dispuestos paralelamente en un corte longitudinal de esmalte, observados con el MEB a 800 aumentos¹¹.

Son estructuras que se encuentran estrechamente asociadas unas con otras y en este sentido hay que indicar que las cabezas de los prismas se encuentran ubicadas entre las colas de los prismas subyacentes y las colas de cada prisma ubicadas entre las cabezas de los prismas adyacentes (Fig. 4). Este sistema de engranaje confiere mayor resistencia al esmalte, pues la cabeza soporta los choques de las fuerzas masticatorias y las colas las distribuyen y las disipan¹¹.

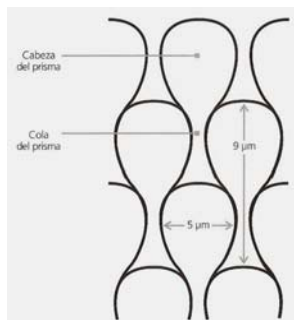


Figura 4. Diagrama transversal de los prismas al MEB ¹¹.

Los límites del prisma equivalen a las vainas del prisma. Esta interface contiene mayor cantidad de espacios intercrystalinos (microporos), siendo su contenido de proteínas y agua relativamente más elevado que en el resto del esmalte, donde los cristales se hallan más estrechamente agrupados³².

ii. Composición de los prismas: los prismas están constituidos por un conjunto de cristales de hidroxiapatita. Los cristales dentro de un mismo prisma no se encuentran todos en la misma dirección. En un corte longitudinal, los cristales de la cabeza se encuentran localizados paralelos al eje mayor del prisma³². En la zona de unión de la cabeza con la cola se van inclinando progresivamente respecto al eje longitudinal del prisma, hasta que adquieren una posición perpendicular en la región de la cola¹¹.

La orientación de los prismas en el seno del esmalte es bastante compleja, pues no siguen una trayectoria rectilínea a través del

esmalte, sino que en algunas zonas, por su recorrido sinuoso, experimentan entrecruzamientos o decusaciones¹¹.

Los prismas tienden a mantenerse en hileras dispuestas circunferencialmente alrededor del eje mayor del diente. Los prismas de cada hilera corren en una dirección generalmente perpendicular a la superficie del diente, con una ligera inclinación hacia la cúspide a medida que se dirigen hacia la superficie externa³². Cada prisma está ondulado en el plano transversal del diente, pero esta ondulación se encuentra ligeramente desfasada entre un prisma y el que está debajo o encima de él. Además de la ondulación en el plano transversal, existe otra ondulación de las columnas de prismas en el plano vertical. Como consecuencia de esta disposición, la dirección de las curvas de los prismas en un determinado nivel se cruza con la de los prismas de un nivel más profundo³².

En el esmalte cervical los prismas siguen un trayecto más o menos perpendicular al eje mayor del diente, en algunos casos con una ligera inclinación apical³².

b.- Esmalte aprismático. El esmalte aprismático es material adamantino carente de prismas. Las zonas aprismáticas se relacionan con la ausencia de prolongaciones de Tomes durante la amelogénesis. Se encuentra presente en todos los dientes primarios (en la zona superficial de toda la corona) y en un 70% de los dientes permanentes¹¹. En estos últimos se encuentra ubicado en mayor medida en las regiones cervicales y en zonas de fisuras y microfisuras y, en menor medida, en las superficies cuspídeas³². En el esmalte aprismático los cristales de hidroxiapatita se disponen paralelos entre sí y perpendiculares a la superficie externa.

2.- UNIDADES ESTRUCTURALES SECUNDARIAS

Las unidades estructurales secundarias se definen como aquellas estructuras o variaciones estructurales que se originan a partir de las unidades estructurales primarias como resultado de varios mecanismos: El diferente grado de mineralización (las estrías de Retzius y los penachos de Linderer), el cambio en el recorrido de los prismas (las bandas de Hunter-Schreger y el esmalte nudoso) y la interrelación entre el esmalte y la dentina subyacente o la periferia medioambiental (la conexión amelodentinaria, los husos adamantinos, los periquimatías, las líneas de imbricación de Pickerill y las fisuras o surcos del esmalte)¹¹.

a.- Estrías de Retzius

Estas estrías aparecen como una serie de líneas o bandas de color pardo (oscuras) de anchura variable en los cortes longitudinales. En los cortes transversales, las estrías aparecen como anillos de “crecimiento” concéntricos (Fig. 5). Estas líneas reflejan de manera adicional la naturaleza fásica de la amelogénesis. Los incrementos pueden variar de unas cuantas micras a varios cientos de ellas³².



Figura 5. Corte transversal donde podemos ver las Estrías de Retzius como líneas oscuras³².

La naturaleza exacta de esos cambios en el desarrollo que son reflejados como estrías de Retzius se desconoce, pero indudablemente responden a una influencia sistemática sobre la formación del esmalte. Por lo tanto, es de esperar el hallazgo del mismo patrón en todas las porciones del esmalte que se forman simultáneamente en cada uno de los distintos

dientes, lo que implica que el patrón de las líneas de crecimiento es característico de cada persona³².

Son prominentes en la mayor parte de los dientes humanos permanentes, menos prominentes en el esmalte deciduo postnatal y raras en el esmalte prenatal. En el esmalte de los dientes deciduos se observa una línea de hipomineralización más ancha. Esta línea, llamada línea neonatal, es producto de los cambios nutricionales que ocurren entre la vida prenatal y la vida postnatal³¹.

b.- Penachos de Linderer

Los penachos de Linderer son estructuras ramificadas y representan grupos o acúmulos de prismas hipomineralizados. Se extienden de la unión dentina-esmalte al interior de este último en aproximadamente un tercio de su grosor. Son ricos en matriz orgánica y muy permeable³². Se cree que los penachos de Linderer se forman durante el desarrollo debido a cambios bruscos en la dirección de grupos de prismas debido a la orientación de algunos ameloblastos en la amelogénesis¹¹.

c.- Bandas de Hunter-Schreger

Los complejos cruces de los prismas del esmalte en los dos tercios internos del mismo, producen un efecto óptico conocido como bandas de Hunter-Schreger. Aparecen como bandas alternamente claras y oscuras. Las bandas claras representan los prismas cortados longitudinalmente (parazonas) y las bandas oscuras los prismas cortados transversalmente (diazonas)³².

d.- Esmalte nudoso

Sobre las cúspides de los dientes, los prismas se entrelazan en una disposición aparentemente compleja conocida como esmalte nudoso. El entrecruzamiento de los prismas es un factor que aumenta la resistencia del esmalte¹¹.

e.- Conexión amelodentinaria

La conexión amelodentinaria corresponde a la zona de relación entre el esmalte y la dentina (Fig. 6). Constituye un nivel estructural decisivo para asegurar la retención firme del esmalte sobre la dentina. Este límite no es en absoluto rectilíneo, sino que está constituido por concavidades o fosas pequeñas que dan una imagen festoneada en los cortes microscópicos¹¹.



Figura 6. Conexión amelodentinaria³².

f- Husos adamantinos

Durante las primeras fases de aposición de la odontogénesis, las prolongaciones odontoblásticas penetran a través de la unión dentina esmalte para quedar en íntima relación con los recién diferenciados ameloblastos secretores. Al iniciarse la amelogénesis, estas estructuras quedan atrapadas dentro de la matriz calcificada del esmalte para formar los husos del esmalte. Estas estructuras son túbulos dentinarios que han cruzado la cara de la unión dentina esmalte. En el diente maduro, es probable que los husos representen un vacío, y que por lo tanto no contengan estructura alguna además del líquido extracelular³².

g- Periquematías y líneas de imbricación de Pickerill

El examen cuidadoso del esmalte humano revela que existe un patrón superficial de tipo rugoso. En efecto, bandas u ondulaciones sobresalientes de 30-100 μm de anchura, corren paralelamente alrededor del diente y reciben el nombre de líneas de imbricación (líneas de

Pickerill). Estas crestas se hallan separadas entre sí por unos netos surcos o canales, denominados periquematías, que representan la abertura de las estrías de Retzius. Las periquematías se hacen menos visibles con la edad, debido al desgaste. Éstas no se hallan presentes en la mayoría de los dientes temporales, los motivos de ello son desconocidos³².

h.- Fisuras o surcos del esmalte

Las fisuras o surcos son invaginaciones de morfología y profundidad variable que se observan en la superficie del esmalte de premolares y molares. El origen se debe a una coalescencia incompleta de los lóbulos cuspidados (centros de morfogénesis coronaria), donde la actividad ameloblástica se desarrolla de forma independiente para soldarse posteriormente¹¹.

i.- Laminillas o microfisuras del esmalte

Las laminillas o microfisuras del esmalte son formaciones comparables a fallas geológicas, finas y delgadas, que se extienden de forma rectilínea desde la superficie del esmalte hasta la dentina e incluso pueden penetrar en ella. Se observan, tanto en cortes longitudinales, como en los cortes transversales¹¹. Se cree que son finas hojas de material pertenecientes a la matriz no calcificada. Son particularmente numerosas en la región cervical de los dientes.

Se piensa que las laminillas se originan durante la odontogénesis a lo largo de los planos de tensión, que impiden la resorción completa de la matriz orgánica por los ameloblastos de maduración³².

2.2.1.5.- CUBIERTAS SUPERFICIALES

1.- Cutícula del esmalte

También denominada membrana de Nasmyth, cutícula primaria o película primitiva. Consiste en una delicada membrana que cubre toda la corona del diente recién erupcionado y que corresponde a la última secreción de los ameloblastos. Es una membrana fuertemente adherida a la superficie del esmalte, que posiblemente tiene la función de protegerlo durante el período de erupción, pero desaparece cuando el diente entra en oclusión ¹¹.

2.- Película secundaria, exógena o adquirida

El esmalte erupcionado está cubierto por una película formada por un precipitado de proteínas salivales y elementos inorgánicos provenientes del medio bucal. Es una película clara, acelular y exenta de bacterias que vuelve a formarse a las pocas horas de haber limpiado mecánicamente la superficie adamantina. Sobre ella se forma la placa dental o bacteriana, que es la colonización bacteriana de la superficie de la película adquirida. A partir de esta placa pueden iniciarse los mecanismos que dan origen a la caries y a la enfermedad periodontal¹¹.

2.2.1.6.- ESTRUCTURAS DE SUPERFICIE

Además de las periquematías y líneas de imbricación de Pickerill, ya descritas anteriormente, en el esmalte superficial encontramos los casquetes del esmalte y los orificios focales.

1.- Casquetes del esmalte

Estas estructuras varían en espesor y diámetro. El diámetro medio es de 15 μ . Algunos casquetes aparecen como superposiciones del esmalte extremadamente finas, cuyos bordes se fusionan con el esmalte interprismático circundante. En cambio, otros se hallan netamente elevados, en forma de proyecciones irregulares del esmalte, que pueden

hallarse separadas del esmalte prismático e interprismático circundantes por hendiduras de anchura variable. Las superficies de los casquetes del esmalte varían, aunque lo más común es que sean extremadamente porosas, con frecuentes orificios y roturas a lo largo de los bordes y en el centro³².

2.- Orificios focales

Son agujeros netamente delimitados, con un diámetro de 10-15 μ y una profundidad que varía entre fracciones de 1 μ y 10 μ , y a veces más. En contraste con el esmalte interprismático circundante, más bien liso; los bordes y las paredes del orificio focal presentan un evidente patrón cristalino. Estos orificios, al igual que los agujeros y grietas existentes en los casquetes del esmalte y que las aberturas de las estrías de Retzius, se hallan ocupados *in vivo* por una proteína del esmalte originada en el curso del desarrollo. Además de los orificios focales, pueden observarse numerosos microporos, de hasta 1 μ de diámetro, en todas las porciones de la superficie del esmalte³².

2.2.1.7.- CAMBIOS DEL ESMALTE CON LA EDAD

El cambio más notable y evidente relacionado con la edad que tiene lugar en la estructura del esmalte es la pérdida de tejido debido al uso. Como el esmalte maduro humano es un tejido inerte, no puede ser sustituido por ningún proceso de aposición³².

El color de los dientes se hace más oscuro con el paso del tiempo, debido a una intensificación en el color de la dentina, que se ve a través del esmalte translúcido y adelgazado. Además, el tejido adamantino se hace menos permeable con los años. El esmalte joven se comporta como una membrana semipermeable, permitiendo el lento pasaje de agua y sustancias de pequeño tamaño molecular a través de los poros que existen entre los cristales. Con la edad, los poros disminuyen, y los cristales adquieren más iones y aumentan de tamaño. Debido a que la mayor parte del agua se ubica

en los poros, se deduce que el contenido acuoso del esmalte también disminuye con la edad³².

2.2.2 Erosión Dental

En odontología, el término erosión se utiliza para describir una condición multifactorial de etiología no infecciosa como resultado físico de un proceso patológico, crónico, localizado; y la pérdida irreversible, indolora de tejido dental duro. Es descrita como lesión no cariosa de la superficie dental por el desgaste de los dientes causada por acción química de ácidos no bacterianos y/o quelación y puede ser manifestación secundaria de enfermedades sistémicas^{10, 17}.

La erosión es generalmente progresiva y da como resultado, el desgaste de la superficie de los dientes expuestos.

Los ácidos responsables de la erosión no son productos de la flora intraoral, sino que derivan del estómago, la dieta o medio ambiente¹⁷.

El ataque ácido conduce a una irreversible pérdida de tejido dental, que va acompañado de un reblandecimiento progresivo de la superficie. Esta zona es más susceptible a las fuerzas mecánicas, dando lugar a la abrasión¹⁰.

Clínicamente, la erosión del esmalte temprana 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 desaparece¹⁰.

Las lesiones no cariosas de la superficie dental (LNCSD) se clasifican como desgaste, abrasión, erosión y abfracción.

Las lesiones cervicales no cariosas (LCNCS) pueden presentar en una variedad de formas, incluyendo surcos poco profundos, lesiones amplias en forma de platillo y lesiones grandes en forma de cuña. Las lesiones en forma de plato poco profundo se atribuyen a una etiología erosiva. Sin embargo, el aspecto clínico puede ser variable¹⁷.

2.2.2.1 Etiología

Los ácidos responsables de la erosión pueden deberse por factores intrínsecos y/o extrínsecos.

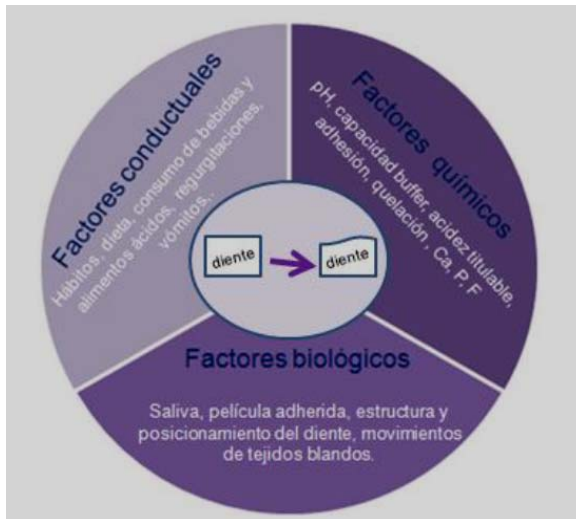


Figura 7. Factores que influyen en la erosión dental Modificado¹⁷.

a. Factores biológicos

Los factores biológicos como la película adquirida, la saliva^{2, 50}, la lengua y la estructura y posicionamiento del diente y están relacionados con la patogénesis de la erosión dental⁵⁰.

La película adquirida es una película orgánica, libre de bacterias, que cubre los tejidos blandos y duros de la cavidad oral. Está compuesta de mucinas, enzimas y proteínas², esta película puede actuar como una barrera de difusión o una permanente membrana selectiva, evitando el contacto directo entre los ácidos y la superficie del diente, protegiéndola contra la desmineralización de la erosión², además sirve como un depósito de los iones remineralizadores. La ubicación donde se forme la película en la boca, determina su espesor, que a su vez influye en el nivel de protección contra la desmineralización del esmalte. La saliva también desempeña un papel en la formación de la película adquirida². La saliva contiene topes para resistir los cambios en el pH y también proporciona un suministro constante de iones a la superficie del diente. Una vez que el

agente erosivo es neutralizado y/o retirado de la superficie del diente, la deposición de calcio y fosfato salival puede conducir a la remineralización de algunos tejidos suavizados².

La erosión del esmalte puede ser asociada con bajo nivel de saliva y una capacidad amortiguadora baja. Por lo tanto, en caso de una disminución en el flujo salival, la producción de saliva debe ser reforzada^{1,2}. Considerar sustitutos de saliva que contienen calcio y fósforo, puede ser de interés para remineralizar la dentina y el esmalte afectados por erosión.

b. Factores químicos

En la erosión pueden intervenir diferentes factores químicos por ejemplo, el pH, la titularidad o acidez total, el contenido de minerales, la remoción de la superficie de los dientes, la disociación constante (facilidad con la que H + se libera de un ácido) y las propiedades quelantes. También está fuertemente influenciada por la frecuencia y la duración de la ingesta^{(2),59}. El valor de pH, y el contenido de calcio, fosfato y fluoruro determinan el grado de saturación con respecto a los minerales del diente, que es la fuerza impulsora de la disolución: mientras que las soluciones sobresaturadas con respecto al esmalte y la dentina no disolverán estos tejidos dentales duros, el bajo grado de saturación lleva a la desmineralización de la superficie dental. El contenido mineral de los dientes varía mucho entre los individuos y, por eso, responden de modo diferente a los diversos procesos que ocurren en la boca, principalmente cuando entran en contacto sustancias ácidas. El ácido titulable contenido se considera más importante que el nivel de pH, y las propiedades quelantes de calcio puede en gran medida aumentar el potencial erosivo de los alimentos y bebidas².

c. Factores conductuales

Además, los factores conductuales como el uso indebido de ácidos con frecuencia, el ejercicio regular con deshidratación y disminución del flujo

salival, por otro lado, un estilo de vida poco saludable, por ejemplo, el alcoholismo crónico, son predisponentes los factores de erosión dental². Así también, la naturaleza del consumo (es decir, tomando durante períodos prolongados o la respiración bucal durante el entrenamiento atlético) podría aumentar la posibilidad de que la erosión se produzca⁵.

Condiciones médicas, el uso de medicamentos ácidos o las drogas ilegales; son otros factores identificados como predictores de la susceptibilidad a la erosión dental². Además; trastornos alimenticios, por ejemplo, la anorexia y la bulimia; son factores conductuales participantes en el proceso erosivo, por los episodios de vómitos o reflujos repetitivos^{1,3}. En presencia de otros factores de riesgo, vómitos semanalmente o más de cuatro tomas de ácido por día se asocian con alto riesgo de erosión dental.

El progreso en la pérdida de estructura dental por erosión puede ser de aproximadamente 1um al día^{12,10}.

2.2.2.2 Desmineralización

En un medio neutro, el componente mineral del esmalte, la hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, se encuentra en equilibrio con el entorno acuoso local⁹, que está saturado de iones $[Ca^{+2}$ ó $(PO_4)^{-3}$]. Pero cuando se llega a un pH de 5,5(pH crítico para la hidroxiapatita), se inicia un proceso de disolución química del esmalte. En su nivel más simple, la disolución química del esmalte debe incluir la difusión de los reactantes (ácidos) hacia el sitio de la reacción (esmalte dental), seguida por la reacción (disolución) y por la difusión de los productos de la reacción, lejos del sitio en que se formaron⁷.

La disolución del esmalte dental por el ácido, se produce como consecuencia de la reacción entre el ion hidrógeno (H^+) y los materiales inorgánicos del esmalte dental, que son, primordialmente, la hidroxiapatita⁷.

La desmineralización inicial está caracterizada por una superficie reblandecida con disolución de prismas periféricos sin formación de lesión

sub-superficial. Incluso el esmalte integro es poroso por la existencia de pequeños espacios entre los prismas y también entre los cristales; lo que permite el intercambio de sustancias con el medio bucal. A medida que se inicia la desmineralización por ácidos o quelantes, los poros del esmalte aumentan de tamaño, facilitando aún más la penetración tanto de agentes desmineralizadores como de remineralizadores. En caso que la competencia del ácido supere la capacidad neutralizadora del sistema buffer de la saliva, se inicia la desmineralización con la disolución de las apatitas¹⁷.

2.2.2.3 Remineralización

Aunque se ha indicado que las lesiones erosivas pueden ser remineralizadas gracias al papel de la saliva, no queda excluida la posibilidad de una pérdida irreversible de estructura dentaria⁷.

Los cristales de hidroxiapatita son susceptibles a la acción de los ácidos, donde el esmalte reacciona con pérdida de sustancia y es incapaz de repararse; es decir, no se reconstruye, aunque puede haber remineralización. Es posible invertir el proceso de la desmineralización, si el pH es neutro y existen suficientes iones Ca^{+2} y $(\text{PO}_4)^{-3}$ en el entorno inmediato. Los productos de la disolución de la apatita pueden alcanzar la neutralidad mediante el tamponamiento o los iones Ca^{+2} y $(\text{PO}_4)^{-3}$ de la saliva, los cuales pueden inhibir el proceso de disolución mediante el efecto del ion común. Esto permite reconstruir los cristales de apatita parcialmente disueltos; es lo que se conoce como remineralización. Es posible potenciar considerablemente esta interacción mediante la presencia de iones fluoruro en el lugar de la reacción.

El tiempo que la saliva necesita para neutralizar y/o eliminar los ácidos de las superficies dentales es de 5 minutos aproximadamente, pero varía según el individuo y la cantidad y composición de la saliva¹⁷.

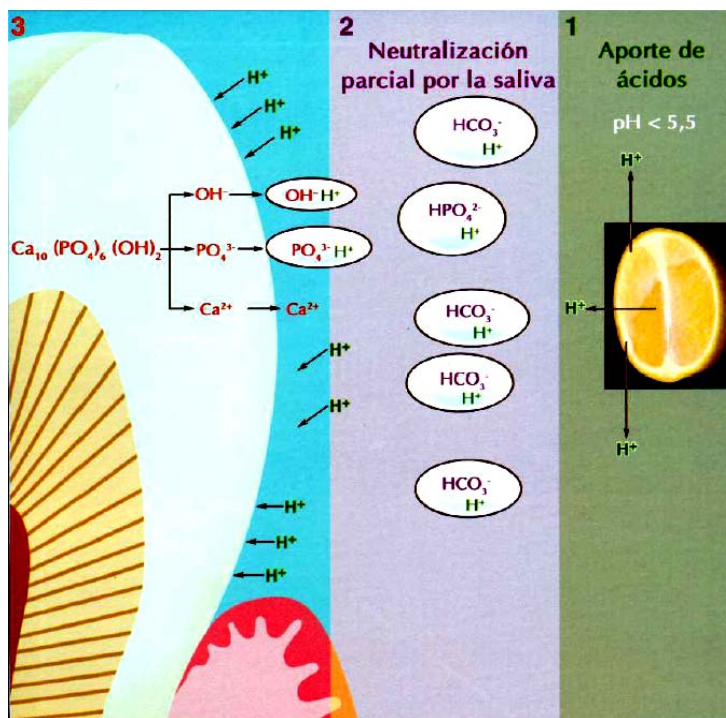


Figura 8. Etapas de la desmineralización dental: 1. Aporte de ácidos (H^+), 2. Neutralización parcial de los ácidos por los iones salivales. 3. Disolución de las apatitas por lo H^+ no neutralizados por la saliva¹⁷.

2.2.2.4 Mecanismo de desarrollo de la erosión dental

El ácido produce una desmineralización de la matriz inorgánica con disolución de los cristales de hidroxiapatita debido a la unión del ión H del ácido con el ión calcio del esmalte, lo cual conlleva la pérdida del esmalte en todas las zonas que están en contacto con el ácido⁷.

El mecanismo primario de la lesión es la descalcificación rápida por disolución química directa de los sectores terminales de los prismas adamantinos, inicialmente; y luego, de las capas más profundas del esmalte. La rapidez total del proceso dependerá del número y duración de los contactos químicos, así como de la naturaleza del ácido interviniente, según se ha visto⁷.

La erosión del esmalte producida, por ejemplo, por el ácido cítrico, envuelve dos procesos:

- Primero está la disolución de la hidroxiapatita, con formación de citrato de calcio.

- Segundo, la acción quelante (ligamiento del calcio) del ácido cítrico, el cual remueve iones de Ca^{+2} de la bebida y saliva en contacto con el esmalte. La acción quelante de estos cítricos continúa incluso después de que aumenta el pH en la superficie del diente⁵. Los ácidos cítricos tienen la más alta capacidad quelante debido a sus tres grupos carboxilos¹⁷.

En ambas se reduce la saturación de Ca^{+2} con respecto a la del esmalte, lo que resulta en un incremento en la tendencia a la disolución del esmalte debilitado por el efecto del ión común.

2.2.2.5 Factores que influyen en la erosión dental

Se ha informado que cualquier sustancia de alimentos con un valor de pH crítico menor de 5,5 puede convertirse en un agente corrosivo y desmineralizar los dientes⁷.

El efecto erosivo de las bebidas ácidas no es exclusivamente dependiente de su pH, pero es fuertemente influenciado por la regulación de su contenido ácido (efecto buffer), y por la propiedad de atraer calcio, fosfato y flúor de las comidas y bebidas.

La manera en que las bebidas ácidas son ingeridas, así como la frecuencia con que se tomen estas bebidas; es decir, cuántas más veces entre en contacto los dientes con los ácidos, más erosión ocasionan debido a que los primeros minutos que hacen contacto los ácidos y el esmalte resultan más nocivos⁷.

El retener un líquido en la boca antes de tragar el sorbo aumenta el tiempo de contacto entre la sustancia y los dientes; por lo tanto, aumenta el riesgo de erosión. Además, consumir las bebidas ácidas directamente de la botella, podría aumentar el tiempo de contacto con el ácido; y por lo tanto, incrementar el ataque erosivo⁷.

La adhesividad a los dientes, la cual se mide según el ángulo que tiene una gota de dicha bebida con la superficie del diente; donde, a mayor ángulo menor es el efecto erosivo⁷.

La exposición a los agentes erosivos en la noche es particularmente destructivo debido a la disminución del flujo salival nocturno. El consumo de bebidas ácidas a la hora de dormir también se considera un factor de riesgo. Igualmente al levantarse, ya que el flujo salival demanda algún tiempo para normalizarse.

Sin embargo la titularidad es un mejor indicador del potencial erosivo, ya que muestra la concentración total de iones hidrogeno. La titularidad se mide determinando la cantidad de sustancia alcalina necesaria para neutralizar los ácidos presentes.¹⁷

2.2.3. Bebidas industrializadas

Las bebidas se definen como líquidos que se ingieren para satisfacer la sed, reponer los líquidos, ayudar a la digestión, etc. Pueden ser definidas como bebidas que son generalmente endulzadas, saborizadas, acidificadas y cargadas de dióxido de carbono.

En estas bebidas se permite el uso de acidulantes, como el ácido fosfórico; el sabor y la calidad de las bebidas carbonatadas dependen en alguna medida de la cantidad y características del ácido adicionado.

La acidez es un factor importante en todos los refrescos, el valor del pH también influye sobre los conservantes, los cuales tienen una mayor actividad a bajos valores del pH⁵².

2.2.3.1 El pH

Está definido como la concentración de iones hidrógeno en una sustancia. En el índice, el número es utilizado para expresar el grado de acidez, alcalinidad o neutralidad de una solución. Cuanta más alta es la concentración de H⁺ más bajo es el valor de pH. El valor del pH del agua pura es de 7, lo que se

considera neutro. Los valores de pH de 0-7 indican acidez, mientras que los valores de pH de 7-14 indican alcalinidad.

El pH de un alimento es uno de los principales factores que determinan la supervivencia y el crecimiento de los microorganismos durante el procesado, almacenaje y la distribución. Así por ejemplo, los microorganismos se ven afectados por el nivel de iones H^+ libres. Los iones H^+ metabolizan dentro de la célula bacteriana, acidificando el interior de la célula hasta alcanzar niveles inhibitorios⁵².

2.2.3.2 Acidez titulable

Mide la cantidad de álcali requerido para neutralizar los componentes ácidos de una determinada solución. El ácido se titula con una solución estándar de álcali hasta el punto en el cual una cantidad equivalente de la base ha sido añadida. Este punto final puede detectarse mediante indicadores (cambio de color), electrométricamente (pH metro).

2.2.3.4 Efecto buffer

Los buffers son sistemas acuosos que resisten los cambios de pH cuando se añaden pequeñas cantidades de ácido o base. Se llama solución amortiguadora o buffer, a la mezcla de un ácido débil (donador de hidrones) y su base conjugada (aceptor de hidrones); o a la mezcla de una base débil y su ácido conjugado.

El sistema del ácido débil (acético) y su base conjugada (acetato, base fuerte) tiene poder amortiguador porque al añadir un ácido fuerte la base conjugada lo neutraliza disminuyendo proporcionalmente su concentración, por lo que la variación del pH es insignificante y no afecta al sistema. Si por el contrario añadimos una base fuerte; ahora el ácido débil (ácido acético) lo neutraliza, disminuyendo proporcionalmente su concentración por lo que nuevamente la variación del pH es insignificante.

La acción amortiguadora del buffer se basa en el principio de Le Chatelier.

Este principio establece que si un sistema en equilibrio se somete a un cambio dicho sistema responde con un nuevo equilibrio que minimiza el cambio aplicado. El buffer desplaza su equilibrio para neutralizar el exceso de ácido o base agregados, razón por la cual el cambio de pH es mínimo. Se determina de acuerdo a la cantidad de mmoles o mequivalentes de ácido/base fuerte necesarios para llevar a 50mL de una solución a pH 7.

2.2.3.4 Clasificación

Son bebidas no alcohólicas, no fermentadas, carbónicas o no, elaboradas con agua potable y diversos ingredientes autorizados por la legislación. Se distinguen las siguientes:

- **Gaseosas.** Bebidas incoloras preparadas con agua potable, dióxido de carbono, edulcorantes, aromas y otros aditivos (inca Kola).
- **Bebidas refrescantes de zumo de frutas.** Elaboradas obligatoriamente con agua potable, zumos de fruta (8% mínimo) y edulcorantes naturales, en las proporciones mínimas señaladas en cada caso, pudiendo tener agentes aromáticos naturales, dióxido de carbono y los aditivos autorizados (Frugos)⁵³.

2.2.3.5 Componentes utilizados en las bebidas refrescantes⁵³

- Edulcorantes naturales.
- Colorantes.
- Conservantes.
- Dióxido de carbono
- Ácidos. Se adiciona según las bebidas de distintos tipos: Ácido cítrico, málico, tartárico o ácido fosfórico, que se utiliza en las bebidas de cola.

Sin embargo la acidulación no es solo importante como un factor del sabor, sino que también cumple otras funciones que son:

- Asistir en la preservación del jarabe y la bebida, eliminando las bacterias y creando un medio no propicio para su crecimiento.
- El ácido cataliza la inversión de la sucrosa, para invertir el azúcar y evitar que se cristalice y sedimente.
- El ácido convierte el benzoato de sodio en ácido benzoico, que ejerce su actividad preservadora solo en un medio ácido⁵⁵.

2.2.3.6 Bebidas para deportistas o isotónicas

Aunque el agua siempre ha sido y será la mejor opción para apagar la sed; las bebidas isotónicas cada vez gozan de más aceptación. Estas bebidas buscan cubrir las necesidades energéticas y electrolíticas que requiere el ejercicio corporal. Su nombre hace referencia a que su presión osmótica que es similar a la de los fluidos corporales; dando lugar a que en el mercado puedan existir bebidas hipotónicas e hipertónicas^{11, 54}.

Las bebidas isotónicas a la vez que rehidratan, reponen energía de forma inmediata; al cerebro y a los músculos, mediante azúcares (glucosa, fructuosa, sacarosa y maltosa) y electrolitos. Estas bebidas aceleran la rehidratación debido a que la absorción del agua se realiza más rápidamente que si se tomase ésta sola. Las bebidas hipertónicas aportan hidratos de carbono más complejos y su asimilación es más lenta permitiendo realizar ejercicio físico prolongado. En ciertos casos el fabricante complementa esta bebida incorporando vitaminas y proteínas en forma de pequeños péptidos de rápida asimilación^{11, 54}.

La bebida isotónica más representativa en nuestro medio es el Sporade⁽¹⁾.

2.2.4 Dureza Superficial

La dureza es la propiedad que tienen los materiales de resistir el rayado y el corte de su superficie, o la capacidad que tiene para resistir la penetración de una punta bajo determinada carga. De la definición surge el método para

medirla; se trata de penetrar o rayar una muestra del material en estudio por medio de un penetrador o indentador, aplicando sobre éste una carga establecida. Relacionando la carga aplicada con la magnitud de la penetración o raya, puede establecerse el valor de la dureza. Cuanto mayor sea el valor mayor será la resistencia de ese material a la penetración⁽³⁾.

2.2.4.1 Dureza al rayado

a. Prueba de la medición de dureza con Mohs

Se usa para determinar la dureza de los minerales. Se basa en que un cuerpo es rayado por otro más duro. Esta es la escala de Mohs: 1 - talco, 2 – yeso, 3 – calcita, 4 – fluorita, 5– apatita, 6 - feldespato (ortosa), 7 – cuarzo, 8 – topacio, 9 – corindón, 10 – diamante. El esmalte presenta una dureza que corresponde a cinco en la escala de Mohs⁴⁰.

b. Prueba de la medición de dureza con Martens

Se basa en la medida de la anchura de la raya que produce en el material una punta de diamante de forma piramidal y de ángulo en el vértice de 90°, con una carga constante y determinada. Se aplica sobre superficies nitruradas. Se mide "a" en micras y se determina la dureza Martens por una formula⁴⁰.

c. Prueba de la medición de dureza con la lima

Se usa en industria. En todo material templado, la lima no "entra". Dependiendo de si la lima entra o no entra sabremos. Si no entra, el material raya a la lima; dureza mayor de 60 HRC. Si entra, la lima raya al material; dureza menor de 60 HRC⁴⁰.

2.2.4.2 Dureza a la indentación

La dureza es una propiedad de gran importancia al comparar los materiales de restauración. En un sentido muy amplio, se puede definir la dureza como la resistencia que ofrece el material a la indentación o penetración

permanente de su superficie. Es difícil formular una definición más rigurosa, ya que cualquier método de prueba implica; a nivel microscópico, una morfología superficial y unas tensiones complejas en el material examinado; lo que implica que en cualquier prueba para medir la dureza influyen diferentes cualidades. A pesar de ello, la definición más corriente de sustancias duras y blandas se refiere a su resistencia relativa a la indentación. Por consiguiente, la dureza es una medida de resistencia a la deformación plástica y se mide como la fuerza por unidad de superficie de indentación.

El esmalte presenta una dureza que corresponde a cinco en la escala de Mohs (es una escala de uno a diez, que determina la dureza de ciertas sustancias) que equivale a la apatita. Una dureza Knoop (KHN)⁴⁰ de 360- 390 Kg/mm² y dureza Vickers de 324.1 kg/mm². La dureza adamantina decrece desde la superficie libre a la conexión amelodentinaria; ósea, que está en relación directa con el grado de mineralización. La dureza del esmalte se debe a que posee un porcentaje muy elevado (95%) de matriz inorgánica y muy bajo (1-2%) de matriz orgánica. Hay diversos métodos para medir la dureza. Todos se basan en el mismo principio ya descrito, la diferencia de ellos radica en el tipo de penetrador utilizado. Los métodos más exactos son los basados en el empleo de indentadores de diamante tallado en formas especiales.

Las pruebas utilizadas con mayor frecuencia son la Brinell, la Rockwell, la Vickers y la Knoop. La elección de la prueba la determina el material que se va a medir.

a. Prueba de la medición de dureza con Rockwell

Esta prueba se desarrolló como método para poder determinar la dureza de un material con una gran rapidez. Normalmente se emplea un indentador, que es una esfera o un cono de metal de diámetros diferentes, así como diferentes valores de cargas (de 60 a 150kg); cada combinación se describe como una escala especial de Rockwell y se mide la profundidad

de la indentación por medio de un micrómetro de escala muy sensible. Este método ha sido utilizado para estudiar los plásticos usados en odontología. En este método se utiliza una carga relativamente ligera (30kg) y una esfera de gran diámetro (12.7mm) en comparación con el método Rockwell estándar.

b. Prueba de la medición de dureza con Shore A

Las pruebas descritas anteriormente no se pueden utilizar para determinar la dureza de las gomas, ya que la indentación desaparece al retirar la carga. El instrumento consiste en un indentador de punta roma de 0.8mm de diámetro que remata un cilindro de 1.6mm. El indentador va acoplado por medio de una palanca a una escala graduada de 0 a 100 unidades.

c. Prueba de la medición de dureza con Hertziana

Viene determinada por la menor carga que hay que aplicar a un material (con bolas de 1,5 a 4 mm. de acero extra duro) para que deje la huella.

d. Prueba de la medición de dureza con Monotron

Es una variante de la dureza hertziana. Viene expresada por la carga que hay que aplicar para producir una penetración de 0,0018 pulgadas. El penetrador es una semiesfera de diamante de \varnothing 0,75 mm. Tiene dos dispositivos, uno que da la carga aplicada y un sensor para el ensayo cuando la penetración es de 0,0018"⁴⁶.

e. Prueba de la medición de dureza con Brinell

Esta prueba es de las más antiguas de las que se utilizan para el estudio de metales y aleaciones de uso odontológico. El método se basa en la resistencia ofrecida a la penetración de una pequeña esfera de acero o de carburo de tungsteno; generalmente de 1.6mm de diámetro, cuando se la somete a un peso de 123N. Al medir la dureza Brinell de un material, el indentador permanece en contacto con la muestra estudiada durante un tiempo fijo de 30 segundos, después del cual se retira el indentador y se

mide con cuidado el diámetro de la indentación. En la parte inferior presentamos un diagrama del principio en el que se basa la prueba de durometria de Brinell (Fig.9), junto con una imagen microscópica de una muestra. Para calcular el valor de la dureza resultante, que se conoce entre la carga aplicada y la superficie de la indentación producida. Para determinar el valor de la dureza Brinell se emplea la siguiente ecuación:

Dónde:

$$HB = \frac{2P}{\pi D^2} \left(\frac{1}{1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}} \right)$$

P: carga a utilizar medida en [kg].

D: Diámetro de la bola (indentador) medida en [mm].

d: Diámetro de la huella en superficie en [mm].

Cuanto menor sea la indentación mas duro será el material y mayor será el valor de BHN. A partir de esta fórmula se han confeccionado tablas de durometria de Brinell. Produce una superficie de indentación relativamente grande y debido a ello, esta prueba es válida para determinar la dureza media, y poco recomendable para determinar valores muy localizados.

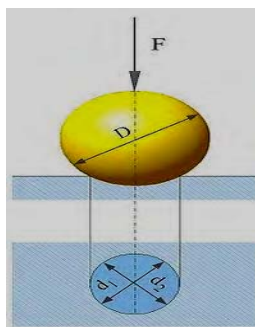


Figura 9: Prueba de la medición de dureza con Brinell³⁴

f. Prueba de la medición de dureza con Knoop

La prueba de la medición de dureza con Knoop fue ideada para cubrir las necesidades de un método de ensayo por micro indentación. Consiste en la aplicación de una carga de instrumento indentador de diamante cuidadosamente preparado, y la posterior medición de las dimensiones de

las diagonales de la indentación resultante en el material. En la parte inferior se puede ver la forma del indentador junto con la indentación resultante (Fig. 10)⁴⁷.

El número de dureza Knoop (KHN) es el cociente entre la carga aplicada (F) y la superficie de la indentación (A, d), y se calcula con la fórmula siguiente:

$$HK = 0.102F/A = 0.102F/d^2 = 1.451F/d^2$$

Se usa para durezas normales (P=1-5 Kg), superficiales (P=1/2-1 Kg) y micro durezas (P=10 gr-500 gr.). El penetrador está hecho con una pirámide rómbica con relación entre diagonales de 1:7. Sus ángulos entre aristas son $a = 130^\circ$ y $b = 172^\circ 30'$; de donde obtenemos el Knoop; que se expresa también en kg/mm², igual que el método Brinell. Cuanto mayor es el Knoop, más duro es el material. El método de Knoop está diseñado para que se puedan aplicar cargas variables sobre el indentador. Por consiguiente, la superficie de la indentación resultante variará dependiendo de la carga aplicada y de la naturaleza del material investigado. Este método tiene la ventaja de que se pueden estudiar materiales de dureza muy diferente simplemente cambiando la magnitud de la carga aplicada. Dado que aplicando cargas muy leves se obtienen micro indentaciones muy delicadas, se puede emplear este método para examinar materiales con zonas de diferente dureza. Por ejemplo, el método Knoop se ha utilizado mucho para medir la dureza de esmalte y la dentina extraídos y para determinar la dureza de metales y aleaciones que presentan fases duras y blandas aisladas y distribuidas por todo el material. Los principales inconvenientes de este método son la necesidad de una muestra para la prueba plana y con superficie muy pulida y el tiempo que se requiere para la misma, considerablemente mayor que el que se necesita para otras con un grado de control mucho menor. El esmalte tiene una dureza de Knoop de 343 kg/mm².

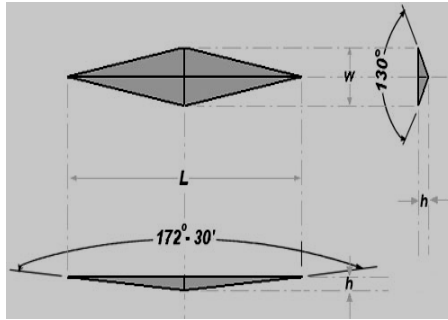


Figura 10: Prueba de la medición de dureza con Knoop³⁴.

g. Prueba de la medición de dureza con Vickers

Esta prueba también es válida para medir la dureza superficial de los materiales. Se ha utilizado a escala reducida para medir la dureza de los materiales de restauración. El método se basa en un principio similar al de las pruebas de Knoop o Brinell, con la salvedad de que se utiliza como indentador un diamante tallado en forma de pirámide de 136° que se hace penetrar en el material por medio de una carga definida (fig. 11). El indentador produce una indentación cuadrada, cuyas diagonales se miden. El equipo para la prueba de la medición de dureza con Knoop ha sido adaptado para poder utilizarlos con el indentador de 136 grados. Las cargas oscilan entre 1 y 120kg dependiendo de la dureza del material estudiado. La prueba de Vickers resulta especialmente útil para medir la dureza de zonas pequeñas y de los materiales muy duros.⁴⁷

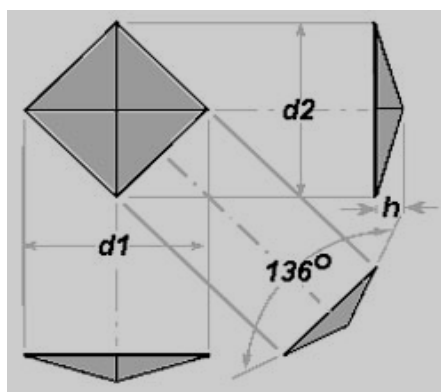


Figura 11: Prueba de durometría Vickers³⁴.

2.3. Planteamiento del Problema

En los últimos años se ha observado un incremento significativo en la comercialización y el consumo de bebidas industrializadas (bebidas carbonatadas, refrescantes y bebidas isotónicas).

La literatura reporta que en la actualidad se está observando un aumento de la ingesta de bebidas industrializadas ácidas que pueden reblandecer los tejidos dentales, siendo esta conducta un riesgo para la salud bucal, ya que se ha demostrado que el pH de las bebidas que se comercializan actualmente está por debajo del pH crítico necesario para producir desmineralización de los tejidos dentales debido a las sustancias ácidas que presentan en su composición.

La pérdida irreversible de los tejidos que conforman los dientes está asociada a procesos como lesiones de caries dental, traumas oclusales crónicos y traumatismos dentales. Además, en muchos casos estas pérdidas de tejidos pueden estar asociadas a otros procesos como abrasión, atrición, abfracción y erosión dental.

La erosión dental es el proceso de disolución gradual de la superficie del tejido dental por la acción química de ácidos y/o quelantes, sin la intervención de bacterias.

Varias investigaciones evaluaron el efecto erosivo de las bebidas industrializadas según los diferentes factores que influyen en la erosión dental.

Johanson y colaboradores. Concluyeron en su estudio que el efecto erosivo estaba directamente relacionado con la forma de tomar las bebidas y el periodo en que las bebidas permanecían en boca.⁴⁶

Ireland y colaboradores. Concluyeron que las bebidas ácidas tenían baja capacidad de adhesión a la superficie del esmalte en comparación con la saliva.⁴⁷

Cairs y colaboradores. Concluyeron que la capacidad quelante al calcio dependía del tipo de ácido presente en su composición.⁴⁹

Fayad y colaboradores. Concluyeron que las bebidas ácidas son menos erosivas al estar a bajas temperaturas.⁵¹

West y colaboradores. Concluyeron que el factor primario de las bebidas ácidas para el efecto erosivo sobre el esmalte dental es la cantidad de ácido total, seguido del pH^{30,31}.

Por lo expuesto anteriormente; el propósito de la presente investigación será evaluar el efecto erosivo que tendrían las bebidas industrializadas de alto consumo en la ciudad de Lima, medido a través de la microdureza superficial del esmalte dental de dientes permanentes humanos y su relación con el nivel de pH, la cantidad total de ácido y el efecto buffer después de exposición de estas tres bebidas. De tal manera, que el profesional de salud pueda conocer uno los factores primarios que influyen en la erosión dental por el consumo de este tipo de bebidas; y a su vez orientar a sus pacientes respecto a la causas que generaría la erosión dental, los factores que influyen en esta, y las afecciones que genera el alto consumo de la bebidas industrializadas.

2.4. Justificación

Tiene importancia profesional, porque permitirá demostrar por medio de un estudio in vitro el efecto sobre el esmalte dental causado por la alta frecuencia de consumo de estas bebidas industrializadas. Y el profesional odontológico podrá prevenir en sus pacientes los efectos que causaría el consumo excesivo de las bebidas industrializadas.

Tiene importancia social, porque los profesionales en salud podrán informar y recomendar con respecto a los riesgos y consecuencias por la alta frecuencia de consumo de este tipo de bebidas a sus pacientes que presenten erosión dental, o en los cuales se sospeche de susceptibilidad a esta enfermedad. Y a su vez se tome conciencia que el consumo excesivo de este tipo de bebidas es perjudicial para la salud bucal, ya sea en niños como en adultos.

La presente investigación tiene importancia teórica-académica, para actualizar los estudios ya existentes; aportará información actual a la comunidad odontológica; estimulará al continuo estudio y aportará información para realizar otras investigaciones acerca de las interrogantes que se susciten en esta investigación.

2.5. Objetivos de la investigación

2.5.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto erosivo de tres bebidas industrializadas de mayor consumo en la ciudad de Lima sobre el esmalte dental humano a través de la prueba de microdureza Vickers, y su relación con el pH, acidez titulable y efecto buffer de estas bebidas.

2.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto erosivo de una bebida carbonatada, una isotónica y una refrescante después de su exposición al primer, tercer y quinto días.
- Determinar la relación entre el efecto erosivo y el nivel de pH, acidez titulable y el efecto buffer de cada bebida industrializada.
- Realizar comparaciones múltiples del efecto erosivo de una bebida control, una carbonatada, una isotónica y una refrescante al inicio, primer, tercer y quinto día.

2.6. Hipótesis

2.6.1. Hipótesis General

El efecto erosivo producido por una bebida carbonatada, una bebida refrescante y una bebida isotónica sobre el esmalte dental humano es diferente.

2.6.2. Hipótesis operacionales

1. Existirá diferencia en el efecto erosivo sobre el esmalte dentario humano entre el valor inicial, del primer día, tercer día y quinto día; después de ser sometido a la acción de una bebida carbonatada, isotónica y refrescante.
2. La bebida gaseosa producirá mayor efecto erosivo que la bebida refrescante e isotónica al evaluar la variación de la microdureza superficial del esmalte dentario humano entre el valor inicial, del primer día, tercer día y quinto día; según el nivel pH, acidez titulable y el efecto buffer de estas bebidas.
3. La bebida refrescante producirá mayor efecto erosivo que la bebida gaseosa e isotónica al evaluar la variación de la microdureza superficial del esmalte dentario humano entre el valor inicial, del primer día, tercer día y quinto día; según el nivel pH, acidez titulable y el efecto buffer de estas bebidas.
4. La bebida isotónica producirá mayor efecto erosivo que la bebida gaseosa e bebida refrescante al evaluar la variación de la microdureza superficial del esmalte dentario humano entre el valor inicial, del primer día, tercer día y quinto día; según el nivel pH, acidez titulable y el efecto buffer de estas bebidas.

III. MATERIAL Y METODO

3.1 Tipo de estudio

- ❖ *Experimental*: se manipuló el agente causal, para obtener un efecto posterior.
- ❖ *Prospectivo*: se registró la información según van ocurriendo los fenómenos.
- ❖ *Longitudinal*: Se estudió las variables a lo largo de un período.

Ya que al someter a los especímenes (muestra) a la acción de tres bebidas industrializadas de bajo pH (factor riesgo); se valoró el efecto erosivo producido por estas en un período de 5 días mediante la evaluación de la microdureza superficial del esmalte dentario humano el primer día, tercer día y el quinto día. La muestra fue organizada en tres grupos experimentales y un grupo control:

- ❖ **Grupo I**: 15 Bloques de esmalte humano sometido a la acción de una bebida carbonatada.
- ❖ **Grupo II**: 15 Bloques de esmalte humano sometidos a la acción de una bebida rehidratante.
- ❖ **Grupo III**: 15 Bloques de esmalte humano sometidos a la acción de una bebida aromatizada.
- ❖ **Grupo control**: 15 Bloques de esmalte humano sometidos a suero fisiológico.

3.2 Población y muestra

3.2.1. Población

- ❖ Premolares permanentes humanos.

3.2.2. Muestra

- ❖ *Grupo control*: 15 bloques del esmalte.
- ❖ *Grupos experimentales*: 45 bloques del esmalte.

3.2.2.1 Muestreo

- **No probabilístico:** La elección de los especímenes no dependió de la posibilidad, sino de las causas relacionadas con las características de la investigación.
- **Intencional.**

Criterios de inclusión

- Piezas dentales extraídas por razones ortodónticas.
- Piezas dentales extraídas por razones periodontales
- Las piezas dentarias tendrán un mes de extracción.
- Piezas dentales completamente sanas.
- Piezas dentales libres de restauraciones.
- Piezas dentales que no presenten líneas de fractura.
- Piezas dentales que no presenten manchas blancas.
- Piezas dentarias que no presenten malformaciones dentarias.
- Piezas dentarias que presente valores de microdureza entre 315 y 370 kg/mm²

3.2.2.2 Unidad de análisis

Bloque de esmalte de una pieza dental permanente.

3.3 Operacionalización de Variables

3.3.1. Variables

- ❖ **Independiente:** Bebidas industrializadas de alto consumo en la ciudad de lima
- ❖ **Dependiente:** Efecto erosivo sobre el esmalte dentario humano.
- ❖ **Covariable:** El tiempo en días que se evaluará la microdureza.

3.3.2. Operacionalización de variables

<i>VARIABLE</i>	<i>DIMENSION</i>	<i>DEFINICION</i>	<i>INDICADOR</i>	<i>ESCALA</i>	<i>CATEGORIA</i>
INDEPENDIENTE	Bebida	Bebida gaseosa, refrescante sin alcohol, de sabor dulce; contiene agua carbonatada acidulante, edulcorante, etc	PH ACIDEZ TITULABLE CAPACIDAD TAMPON	NOMINAL	INKA KOLA
		Bebida refrescante, sin alcohol compuesto por zumos de frutas, acidulante, edulcorante.	PH ACIDEZ TITULABLE CAPACIDAD TAMPON	NOMINAL	FRUGOS
		Bebida isotónica rehidratante	PH ACIDEZ TITULABLE CAPACIDAD TAMPON	NOMINAL	ESPORADE
DEPENDIENTE	MICRODUREZA DEL ESMALE DENTARIO HUMANO	Superficie hipomineralizada del esmalte dental humano.	Microdureza Vickers	RAZON	Microdureza: kg/mm ²
COVARIABLE	Tiempo	Tiempo donde se obtendrán los valores de microdureza	Tiempo en días		Inicial Primer día Tercer día Quinto día

3.4. Materiales

3.4.1. Bebidas

- Bebida carbonatada: Inca kola.
- Bebida isotónica: Sporade.
- Bebida refrescante: Frugos.

3.4.2. Instrumental odontológico

- 10 Fresas de fisura grano mediano y fino.
- Pieza de mano de alta velocidad.
- 3 espátulas de cemento.
- 2 pinzas rectas.
- 2 vasospirex.
- Micromotor de baja velocidad.
- Contra ángulo para micromotor.
- Adaptador del disco soflex para contra ángulo.
- Disco soflex de grano fino y mediano.
- Cepillo dental.
- Calibrador.
- Moldes circulares plásticos de 15mm de diámetro.
- Vaso dapen.
- Platina de vidrio.
- Hoja de bisturí #11.
- Dosificador para 100ml.

3.4.3. Material odontológico

- Polímero transparente vitacryl de curado rápido.
- Monómero amarillo, anaranjado, azul y morado vitacryl de curado rápido.
- Guantes de examen.
- Campos descartables.
- Mascarilla descartable.

- Papel toalla.
- Lentes.

3.4.4. Instrumental de laboratorio

- Microscopio adaptado al microdurómetro de Buehler.
- Microdurómetro de Buhler.
- Ocular micrométrico adaptado al microdurómetro de Buhler.
- 02 Termómetros ambientales.
- Refrigeradora.
- Cámara hermética a 37 °C.
- pH metro (DIGITAL TIPO LAPICERO PH 03 I HANNA).

3.4.5. Material de laboratorio

- Frascos de plástico con tapa de 100ml.
- Suero fisiológico.
- Agua destilada.

3.4.6. Material de oficina

- Computadora Intel core i3.
- Programa estadístico SPSS 15.
- Procesador de texto Microsoft Office Word 2007.
- Lapiceros y lápices.
- Borrador.
- USB 2GB.
- Papel.
- Impresora y fotocopias.
- Cronómetro.
- Cámara fotográfica.
- Calculadora.

3.4.7. Infraestructura

- Consultorio Dental.
- Laboratorio de Sputtering de la FC-UNI.

3.5. Métodos

3.5.1. Procedimientos y técnicas

- Obtención de los bloques del esmalte.
- Preparación de especímenes.
- Medida de pH, acidez titulable y efecto buffer en la bebida carbonatada, isotónica y refrescante.
- Medida de la microdureza inicial.
- Experimento de erosión.
- Medida de la microdureza al primer, tercer y quinto días.

3.5.1.1. Obtención de los bloques del esmalte

- Las 35 piezas dentales que cumplían los criterios de inclusión fueron limpiados con cepillo dental, cureta periodontal y agua destilada; fueron almacenadas en suero fisiológico.
- Se utilizó un micromotor con disco de carburundum para realizar los cortes longitudinales al diente.
- Se utilizó una pieza de mano de alta velocidad y fresas de fisura de grano mediano, bajo adecuada refrigeración; se obtuvo 60 bloques de esmalte superficial de 2mm de espesor por 2-4 mm de longitud; que cumplieron los criterios de inclusión al ser observados bajo un microscopio incorporado al microdurómetro, eliminando aquellos que presentaban grietas y líneas de fractura.
- Quedaron 60 bloques que fueron almacenados en recipiente de vidrio con suero fisiológico a -4°C ³⁹.

3.5.1.2. Preparación de especímenes

- Se colocó acrílico de curado rápido (fase plástica) en moldes circunferenciales de 10 mm de diámetro por 5mm de altura (Foto 1).
- Se introdujo un bloque de esmalte con el área superficial a evaluar en la parte superior.
- Se dio el paralelismo entre esta superficie libre y la base del molde con una platina de vidrio.
- Se usó acrílico de color para poder diferenciar cuando se cubrió la superficie del esmalte a evaluar y se retiró antes de completar su polimerización.
- Se utilizó el mismo procedimiento para preparar los 60 especímenes.
- Los moldes acrílicos utilizados fueron de 4 colores que nos sirvió para diferenciar y agrupar los especímenes:
 - los azules correspondieron al grupo bebida carbonatada.
 - los anaranjados correspondieron al grupo bebida refrescante.
 - los verdes correspondieron al grupo bebida isotónica.
 - los blancos correspondieron al grupo bebida control.

- Se pulieron los bloques del esmalte con superficie húmeda, con el micromotor de baja velocidad y discos softflex grano grueso por 30 seg./c bloque seguido del grano mediano con por 30 seg/c bloque, continuando con el grano fino por 30 seg/c bloque y terminando con el grano extra fino por 30 seg/c bloque.
- Los bloques fueron limpiados en agua sonicada por un periodo de 6 minutos.
- Estos fueron almacenados a 37°C en suero fisiológico en 4 recipientes de vidrio rotulados con el nombre de cada grupo.

3.5.1.3. Medida del pH, acidez titulable y efecto buffer en las bebidas carbonatada, isotónica y refrescante.(Anexo I)

- El pH de la bebida carbonatada, isotónica, refrescante y control; se midió tres veces con un pH-metro (digital tipo lapicero PH 03 I HANNA) y se obtuvo el valor promedio.
- La acidez titulable de la bebida carbonatada, isotónica y refrescante; se midió utilizando el método adoptado por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. Se utilizó una pipeta para obtener 20ml de la solución, que se añadió a un total de 80ml de agua destilada y 1ml de fenolftaleína; y se colocaron en un matraz Erlenmeyer. El siguiente paso consistió en utilizar hidróxido de sodio (NaOH) de 0,1M a la solución que alcanzó un valor de pH entre 8,2 y 8,4 que corresponde al punto de inflexión de fenolftaleína. Al llegar a este valor, se observó el volumen de NaOH utilizado, y se pasó a calcular el porcentaje de sustancia ácida con la fórmula específica (g/100ml), que expresa el resultado en la proporción correspondiente de ácido cítrico. Para la bebida control no se realizó esta prueba por tener un pH neutro.
- Se midió el efecto buffer en la bebida carbonatada, isotónica y refrescante. El método fue parecido a lo utilizado en la acidez titulable pero con ayuda del pH-metro medimos el pH inicial de estas bebidas y agregamos NaOH hasta llegar a un pH mayor a 5.5 (pH crítico); obteniendo los volúmenes respectivos de estas bebidas. Al obtener un valor de 7.0 del pH de la bebida control, ya no realizamos la prueba para esta bebida.

3.5.1.4. Medida de la microdureza inicial en el laboratorio de Sputtering de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería

- La muestra a indentar tuvo ciertos requisitos como:
 - La preparación de la superficie del esmalte con discos soflex para ser pulida, plana y paralela al plano horizontal.
 - Uniformidad del material o espécimen a indentar.
 - Poseer una base plana y dura.
- Logrado dichos parámetros,
 - La máquina calibrada por el laboratorista, (fuerza indentar: 100gf, 200gf, 300gf, etc.), (tiempo a indentar: 5seg, 10 seg, 15seg, etc) e intensidad de luz, se aplicó la según la NOM –162-SSAI-2000^{10, 12,43}.
 - Se utilizó el método de dureza Vickers mediante un microdurómetro marca BUEHLER (USA 1991) que fue programado para aplicar una carga de 100g de fuerza en un tiempo de 25 segundos (Foto 2 Anexo III).
 - Las muestras fueron lavadas con agua destilada y colocados en la platina, ubicando la superficie a indentar sin diafragma de microdurometro de Buehler (USA 1991).
 - Se visualizó a 40X tres áreas regulares mediante el ocular y se tomó una superficie lisa donde se aplicó tres indentaciones (100gf a 25seg)⁴² logrando visualizar a 40X tres áreas romboidales (Foto 3 Anexo III).
 - Mediante el ocular micrométrico se midió la diagonal horizontal y la longitud vertical, cambiando el eje X por el eje Y (Foto 4 Anexo III).
 - Obtenido las diagonales se obtuvo los tres valores de dureza Vickers en kg/mm² y el valor promedio de cada muestra.

❖ **Cálculo de la dureza Vickers.**

$$HV = 0.102F/S = 0.102(2F \text{sen} w/2) = 0.1891F/d^2$$

❖ **Dónde:**

- HV : dureza Vickers
- F: carga de prueba (N).
- S: superficie de la área de indentación
- d: promedio de las diagonales de la indentación.
- w: ángulo del vértice del diamante indentador
- Nota: En el caso de que la unidad de carga de prueba F es kgf. Dureza
- Vickers se calculará según la siguiente fórmula.
- $HV = F/S = 2F(\text{sen} w/2)/d^2$
- $= 1.854 \times F/d^2$ (F: kgf, d:um)

- Estas muestras de cada grupo fueron rotulados con el tipo de grupo, número de muestra.
- Fueron almacenadas en la cámara hermética a 37°C en envases de vidrio con 20mL de suero fisiológico por 48 horas entre cada evento.

3.5.1.5. Experimento de erosión

- Los 15 especímenes de cada grupo fueron secados con aire comprimido y papeles absorbentes y colocados a 37°C en 4 recipientes de plástico de 100 ml, rotulados iguales a los que sirvieron para almacenarlos.
- En cada uno se vertió 100ml de la bebida correspondiente inmediatamente después de abrir los envases, para el grupo control se utilizó suero fisiológico.
- Los especímenes fueron expuestos a la acción de las bebidas por 10 minutos a 37°C, luego utilizando una jeringa triple fueron enjuagados a

presión con agua destilada y almacenados en suero fisiológico también a 37°C, la cual se renovó cada día (Foto 5 Anexo III).

- Este procedimiento se realizó 1 vez al día por 5 días.

3.5.1.6. Medida de la microdureza al primer, tercer y quinto día.

- Después del experimento de erosión al primer, tercer y quinto días, se midió la microdureza superficial de los 60 especímenes siguiendo el mismo método aplicado para la microdureza inicial.
- Se realizó 3 indentaciones en cada espécimen, obteniéndose 45 medidas de la microdureza final por cada grupo.

3.5.2. Recolección de datos

- ❖ Los 3 valores de microdureza inicial y microdureza final de cada espécimen se recolectaron en el instrumento diseñado por el investigador (Anexo II).

3.5.3. Procesamiento de datos

- Se Utilizó el programa estadístico SPSS 15.
- En el análisis estadístico se presentaron tablas de tipo descriptiva de la variable dependiente para cada uno de los grupos de estudio y control presentando medidas de resumen como la media, desviación estándar y valores mínimo y máximo.

3.5.4. Análisis de resultados

- Previo a la aplicación de las pruebas estadísticas se determinó la distribución normal de las muestras por medio de la prueba de Shapiro – Wilk y la homocedasticidad entre los valores de los grupos por medio de la prueba de Levene.

- El análisis estadístico de tipo inferencial para probar la hipótesis mediante análisis paramétricos:
 - ❖ *Prueba de T-STUDENT para muestras relacionadas*: Se realizó La comparación del efecto erosivo sobre el esmalte dental humano en las diferentes unidades de tiempo respecto a la medida inicial para cada tipo de bebida.
 - ❖ *Análisis de Varianza de ANOVA*: Se utilizó para comparar la variación del efecto erosivo sobre el esmalte entre los grupos para las medidas de tiempo inicial, 1 día y 3 días para un factor.
 - ❖ *Tukey HSD*: Se utilizó para comparar la variación del efecto erosivo sobre el esmalte entre los grupos para las medidas de tiempo inicial, 1 día y 3 días para las comparaciones múltiples.
 - ❖ *kruskalwallis*: Al no encontrar una distribución normal y una homocedasticidad de los valores del quinto día, se utilizó esta prueba para comparar la variación del efecto erosivo sobre el esmalte entre los grupos para las medidas de tiempo inicial y 5 días para un factor.
 - ❖ *U de Mann Whitney*: Al no encontrar una distribución normal y una homocedasticidad de los valores del quinto día, se utilizó esta prueba para comparar la variación del efecto erosivo sobre el esmalte entre los grupos para las medidas de tiempo del quinto días para las comparaciones múltiples.
 - ❖ Todas las pruebas fueron trabajadas a un nivel de significancia de 5 %.

IV. RESULTADOS

Tabla 1. Valores de pH, acidez titulable y efecto buffer de los grupos experimentales

Valores de las bebidas industrializadas			
Grupos	ph(0-14)	Acidez titulable(%)	Efecto buffer (pH + 5.5)
Carbonatada	3.30	0.83	4ml
Isotónica	3.16	0.29	6ml
Refrescante	3.13	0.67	13ml
Control	7.00	-----	-----

- ❖ El pH obtenido de cada bebida nos muestran valores ácidos, donde la bebida refrescante obtuvo el pH más ácido.
- ❖ La acidez titulable obtenida de cada bebida; nos muestra que la bebida carbonatada presenta un mayor porcentaje de ácido, en comparación con las otras bebidas.
- ❖ El efecto buffer obtenido de cada bebida; nos muestra que la bebida refrescante necesita una mayor cantidad de buffer para obtener un pH mayor a 5.5 (pH crítico para la desmineralización).

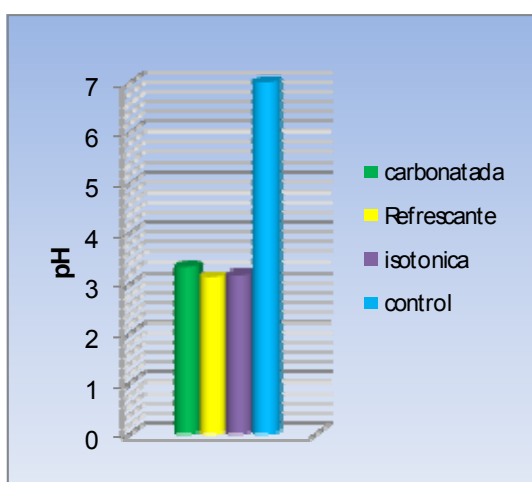


Gráfico 01. Valores de pH de las bebidas industrializadas.

Gráfico 02. Valores de acidez titulable de las bebidas industrializadas.

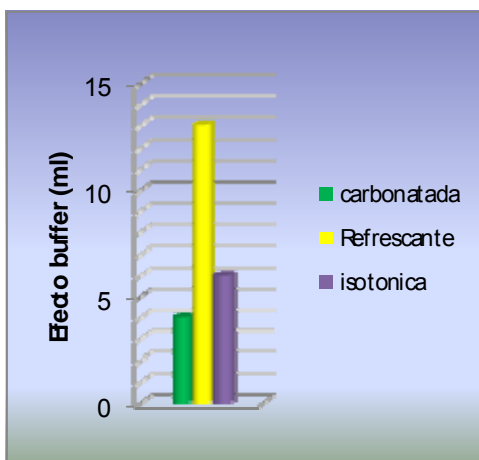
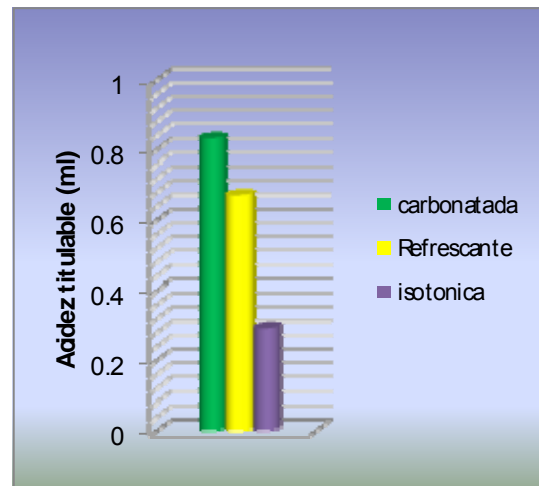


Gráfico 03. Valores de efecto buffer de las bebidas industrializadas.

Tabla 02. PROMEDIOS DE LA MICRODUREZA VICKERS DE LOS CUATRO GRUPOS EXPERIMENTALES

Grupos	Microdureza Vickers			
	Inicial	Día 1	Día 3	Día 5
Carbonatada	345.5	285.2	214	180.5
Isotónica	345.5	250.8	188.8	178.5
Refrescante	345.5	272.5	267.2	199.5
Control	366.7	364.7	364.9	357.5

- ❖ Observamos los valores promedios de la microdureza Vickers obtenidos después de la exposición del esmalte dental a los grupos experimentales.

Gráfico 04. Comparación de la variación de la microdureza superficial del esmalte por días.

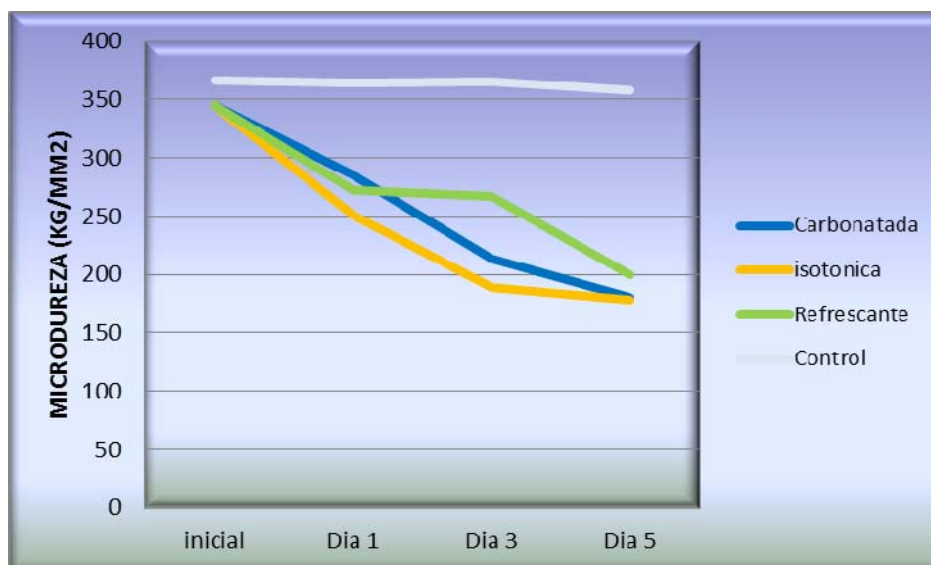
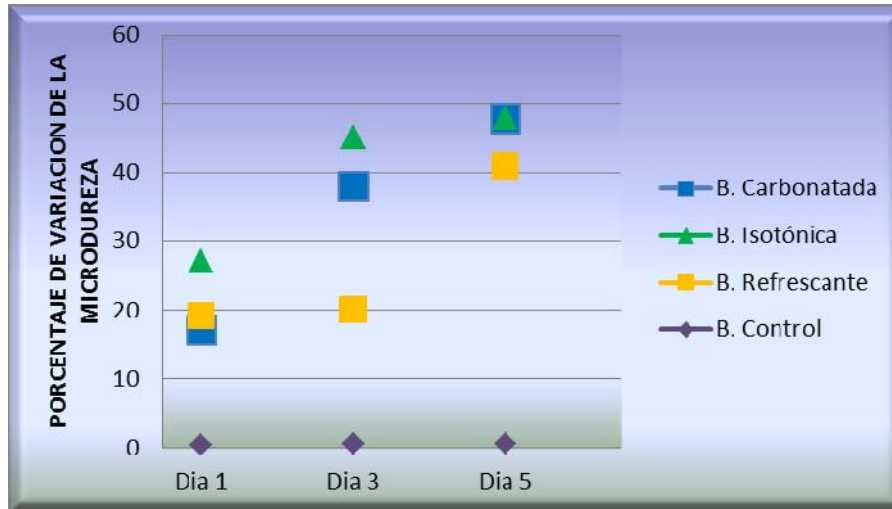


Tabla 03. PORCENTAJE DE LA VARIACION DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE DE LAS BEBIDAS ESTUDIADAS

Grupos	Porcentaje de variación de la microdureza (%)		
	Día 1	Día 3	Día 5
B. Carbonatada	17	38	47.8
B. Isotónica	27	45	48
B. Refrescante	19	20	40.8
B Control	0.33	0.83	1.43

- ❖ Observamos porcentualmente como va aumentando el efecto erosivo de los grupos experimentales a través de los días.
- ❖ A nivel del grupo control observamos que el efecto erosivo es mínimo.
- ❖ La bebida isotónica hace un efecto erosivo mayor en comparación con las otras bebidas desde el primer día de exposición.

Gráfico 05. Comparación del porcentaje de variación de la microdureza superficial del esmalte.



- ❖ Al primer día, la bebida que muestra mayor disminución de la microdureza superficial del esmalte; es la bebida isotónica, seguida de la refrescante.
- ❖ Al tercer día, la bebida que muestra mayor disminución de la microdureza superficial del esmalte; es la bebida isotónica, seguida de la bebida carbonatada.
- ❖ Al quinto día, la bebida que muestra mayor disminución de la microdureza superficial del esmalte; es la bebida isotónica, seguida de la bebida carbonatada.

Tabla 4. Valores descriptivos de la BEBIDA CARBONATADA

Tiempo (d)	Efecto erosivo sobre el esmalte (Kg/mm ²)				
	n	Media	DE	MIN	MAX
Inicial	15	345.5	18.8	318.7	360.0
1	15	285.2	30.0	244.0	319.0
3	15	214.0	27.5	173.0	240.0
5	15	180.2	12.8	164.0	198.0

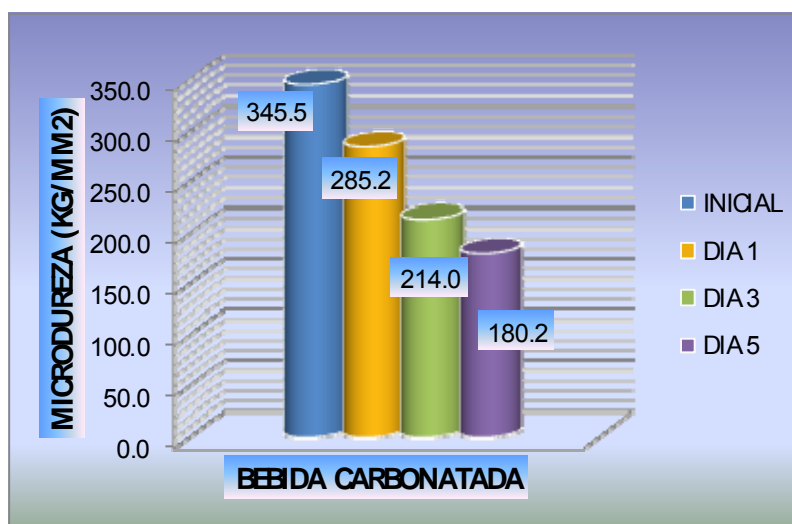
- ❖ La media del valor inicial de la microdureza de la bebida carbonatada está dentro del criterio de inclusión.
- ❖ Los valores del primer día se encuentran más dispersos que los valores del quinto día que se encuentran menos dispersos.

T-STUDENT PARA COMPARAR MICRODUREZA SUPERFICIAL INICIAL, AL PRIMER, TERCER Y QUINTO DIA EN EL GRUPO BEBIDA CARBONATADA

Tabla 5. BEBIDA CARBONATADA

Tiempo (d)	n	Media	p*
Inicial	15	345.5	
1	15	285.2	0.004*
3	15	214.0	<0.001*
5	15	180.2	<0.001*

Gráfico 06. Medias del efecto erosivo de la bebida carbonatada sobre el esmalte dental.



- ❖ Mediante la prueba de T-STUDENT se determinó que en el grupo Bebida Carbonatada existe diferencia significativa entre los valores inicial, primer día, tercer día y quinto día de la microdureza superficial del esmalte dentario en los 15 especímenes, ya que los valores de $p < 0,05$.

Tabla 6. VALORES DESCRIPTIVOS BEBIDA ISOTÓNICA

Tiempo (d)	Efecto erosivo sobre el esmalte (Kg/mm ²)				
	n	Media	DE	MIN	MAX
Inicial	15	343.9	25.7	315.7	369.0
1	15	250.8	15.2	232.3	269.7
3	15	188.8	22.3	160.3	215.7
5	15	178.5	16.6	159.7	200.7

- ❖ La media del valor inicial de la microdureza del grupo de la bebida isotónica está dentro del criterio de inclusión.
- ❖ Los valores del inicial se encuentran más dispersos que los valores del primer día que se encuentran menos dispersos.

Tabla 7. T-STUDENT PARA COMPARAR MICRODUREZA SUPERFICIAL INICIAL, AL PRIMER, TERCER Y QUINTO DIA EN EL GRUPO BEBIDA ISOTONICA

BEBIDA ISOTÓNICA			
Tiempo (d)	n	Media	p*
Inicial	15	343.9	
1	15	250.8	0.003*
3	15	188.8	<0.001*
5	15	178.5	<0.001*

Gráfico 07.Medias del efecto erosivo de la bebida isotónica sobre el esmalte dental.



- ❖ Mediante la prueba de T-STUDENT se determinó que en el grupo Bebida Isotónica existe diferencia significativa entre los valores inicial, primer día, tercer día y quinto día de la microdureza superficial del esmalte dentario en los 5 especímenes, ya que los valores de $p < 0,05$.

Tabla 8. Valores descriptivos de la BEBIDA REFRESCANTE

Tiempo (d)	Efecto erosivo sobre el esmalte (Kg/mm ²)				
	n	Media	DE	MIN	MAX
Inicial	15	337.5	18.7	316.7	362.3
1	15	272.5	33.2	228.7	311.3
3	15	267.2	21.6	233.0	291.0
5	15	199.5	34.6	162.0	238.7

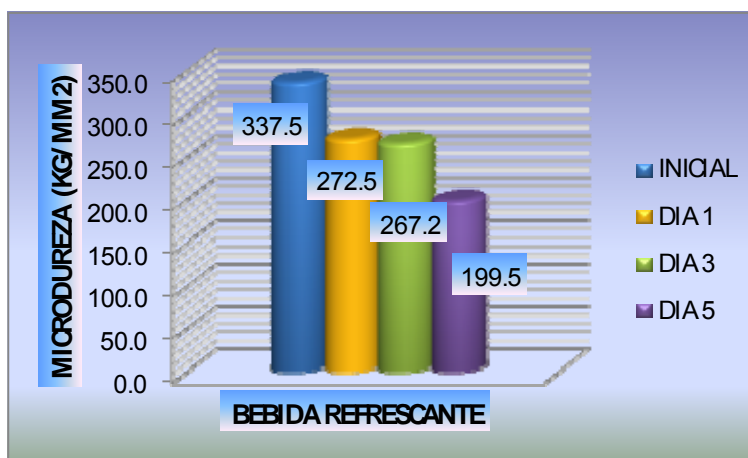
- ❖ La media del valor inicial de la microdureza el grupo de la bebida refrescante está dentro del criterio de inclusión.
- ❖ Los valores del primer día se encuentran más dispersos que los valores del inicial que se encuentran menos dispersos.

Tabla 9. T-STUDENT PARA COMPARAR MICRODUREZA SUPERFICIAL INICIAL, PRIMER, TERCER Y QUINTO DIA EN EL GRUPO BEBIDA REFRESCANTE

BEBIDA REFRESCANTE

Tiempo (d)	n	Media	p*
Inicial	15	337.5	
1	15	272.5	0.004*
3	15	267.2	0.004*
5	15	199.5	<0.001*

Gráfico 08. Medias del efecto erosivo de la bebida refrescante sobre el esmalte dental.



- ❖ Mediante la prueba de T-STUDENT se determinó que en el grupo Bebida Refrescante existe diferencia significativa entre los valores inicial, primer día, tercer día y quinto día de la microdureza superficial del esmalte dentario en los 15 especímenes, ya que los valores de $p < 0,05$.

Tabla 10 Valores descriptivos del GRUPO CONTROL

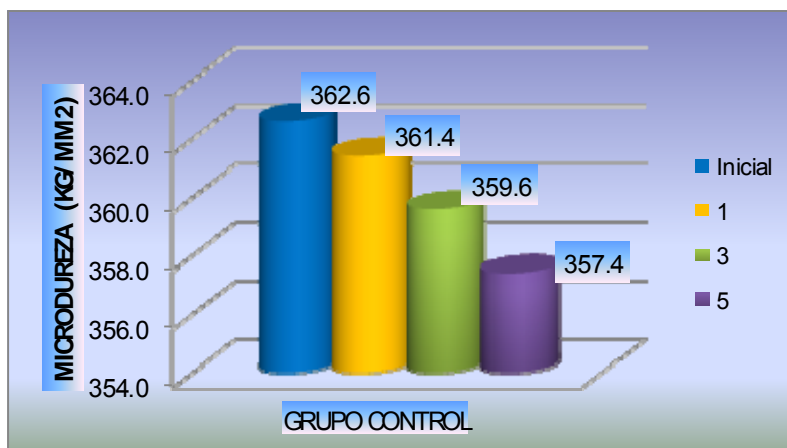
Grupo	Efecto erosivo sobre el esmalte (Kg/mm ²)				
	n	Media	DE	MIN	MAX
Inicial	15	362.6	22.7	351	370
1	15	361.4	21.9	350.6	369
3	15	359.6	14.1	350.7	370.7
5	15	357.4	7.8	348.0	369.3

- ❖ La media del valor inicial de la microdureza del grupo control está dentro del criterio de inclusión.
- ❖ Los valores erosivos se encuentran más dispersos que los valores del quinto día que se encuentran menos dispersos.

Tabla 11. T-STUDENT PARA COMPARAR MICRODUREZA SUPERFICIAL INICIAL, AL PRIMER, TERCER Y QUINTO DIA EN EL GRUPO CONTROL (SUERO FISIOLÓGICO)

GRUPO CONTROL			
Tiempo (d)	n	Media	p*
Inicial	15	362.6	
1	15	361.4	0.060
3	15	359.6	0.574
5	15	357.4	0.359

Gráfico 09. Medias del efecto erosivo del grupo control sobre el esmalte dental.



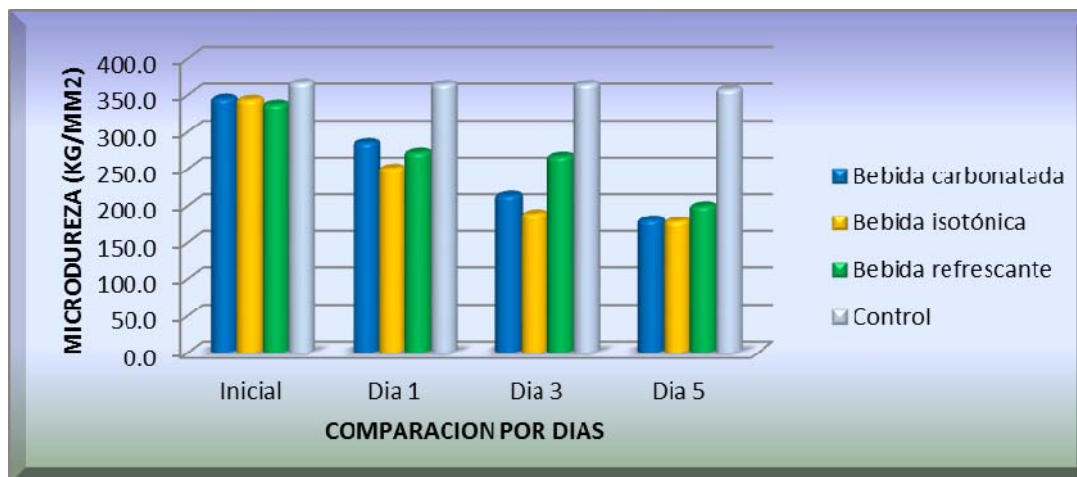
- ❖ Mediante la prueba de T-STUDENT se determinó que en el grupo Bebida Control no existe diferencia significativa entre el valor inicial y primer día de la microdureza superficial del esmalte dentario en los 15 especímenes, ya que el valor de es $P=0.060$.
- ❖ Mediante la prueba de T-STUDENT se determinó que en el grupo Bebida Control no existe diferencia significativa entre el valor inicial y tercer día de la microdureza superficial del esmalte dentario en los 15 especímenes, ya que los valores son de $p=0.574$.
- ❖ Mediante la prueba de T-STUDENT se determinó que en el grupo Bebida Control no existe diferencia significativa entre el valor inicial y quinto día de la microdureza superficial del esmalte dentario en los 15 especímenes, ya que los valores son de $p=0.359$.

Tabla 12. ANÁLISIS DE ANOVA PARA COMPARAR EL EFECTO EROSIVO A TRAVÉS DE LA VARIACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL ENTRE LOS CUATRO GRUPOS PARA LAS MEDIDAS DE TIEMPO INICIAL, 1 DÍA Y 3 DÍAS.

Grupo	Efecto erosivo sobre el esmalte (Kg/mm ²)												
	n	Inicial			Día 1			Día 3			Día 5		
		Media	DE	p*	Media	DE	p*	Media	DE	p*	Media	DE	p†
Control	15	366.7	22.7	0.204	364.7	21.9	<0.001	364.9	14.1	<0.001	357.5	7.8	0.011
Carbonatada	15	345.5	18.8		285.2	30.0		214.0	27.5		180.2	12.8	
Isotónica	15	343.9	25.7		250.8	15.2		188.8	22.3		178.5	16.6	
Refrescante	15	337.5	18.7		272.5	33.2		267.2	21.6		199.5	34.6	

* Prueba de ANOVA para un factor
† Prueba de Kruskal Wallis

Gráfico 10. Comparación de las medias del efecto erosivo por días de las bebidas y el control sobre el esmalte dental.



Mediante la prueba de Análisis de Varianza de ANOVA se determinó que:

- ❖ No existe diferencia significativa del efecto erosivo entre los cuatro grupos en su valor inicial, ya que la significancia fue de $p=0.204$ ($p<0.05$).

- ❖ Existe diferencia significativa del efecto erosivo entre los cuatro grupos en su valor al primer día y tercer día; ya que la significancia fue de $p < 0.001$ ($p < 0.05$).

ANÁLISIS DE KRUSKAL WALLIS PARA COMPARAR LA VARIACIÓN DEL EFECTO EROSIVO A TRAVÉS DE LA VARIACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL ENTRE LOS CUATRO GRUPOS PARA LAS MEDIDAS DE TIEMPO INICIAL Y 5 DÍAS PARA UN FACTOR

- ❖ Mediante la prueba de análisis de kruskal Wallis se determinó que existe diferencia significativa del efecto erosivo entre los cuatro grupos en su valor del quinto día; ya que la significancia fue de $p = 0.011$.

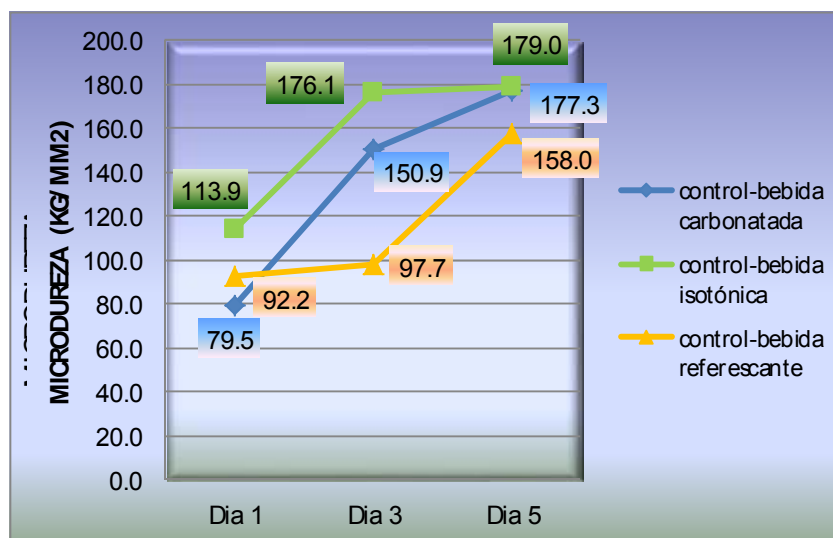
Tabla 13. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE TUKEY HSD DEL EFECTO EROSIVO ENTRE PARES DE GRUPOS AL PRIMER Y TERCER DÍA

Comparaciones múltiples del efecto erosivo sobre el esmalte entre grupos según tiempo

Grupos	Efecto erosivo sobre el esmalte (Kg/mm ²)					
	Día 1		Día 3		Día 5	
	Diferencia	p*	Diferencia	p*	Diferencia	p†
Control – Bebida carbonatada	79.5	0.001	150.9	<0.001	177.3	0.009
Control – Bebida isotónica	113.9	<0.001	176.1	<0.001	179.0	0.009
Control – Bebida referescante	92.2	<0.001	97.7	<0.001	158.0	0.009
Bebida carbonatada – Bebida isotónica	34.4	0.199	25.2	0.301	1.7	0.917
Bebida carbonatada – Bebida refrescante	12.7	0.867	-53.2	0.007	-19.3	0.602
Bebida isotónica – Bebida refrescante	-21.7	0.564	-78.4	<0.001	-21.0	0.347

* Prueba de Tukey
† Prueba U de mannWhitney

Gráfico11. Comparación de la diferencia de valores de Microdureza del grupo control con las bebidas industrializadas por días.



Mediante la prueba de TUKEY HSD, se hizo una comparación del efecto erosivo entre pares de grupos, y se determinó que:

- ❖ Al comparar el grupo control con las bebida carbonatada, isotónica y refrescante al primer y tercer día; se encontró diferencias significativas del efecto erosivo, ya que la significancia fue $p < 0.05$.
- ❖ La mayor diferencia al primer y tercer día se encontró entre el grupo control y la bebida isotónica con un valor de 113.9 kg/mm^2 y 176.1 kg/mm^2 respectivamente.
- ❖ La menor diferencia al primer día se encontró entre el grupo control y la bebida carbonatada con un valor de 79.5 kg/mm^2 .
- ❖ La menor diferencia al tercer día se encontró entre el grupo control y la bebida refrescante con un valor de 97.7 kg/mm^2 .
- ❖ Al comparar entre las bebidas carbonatada, isotónica y refrescante al primer día no se encontraron diferencias significativas.
- ❖ Al comparar entre las bebidas carbonatada e isotónica al tercer día no se encontró diferencia significativa.

- ❖ Al comparar entre las bebidas carbonatada e refrescante al tercer día si se encontró diferencia significativa.
- ❖ Al comparar entre las bebidas isotónica y refrescante al tercer día se encontró una diferencia significativa.

COMPARACION MULTIPLE U DE MANN WHITNEY DEL EFECTO EROSIVO ENTRE PARES DE GRUPOS AL QUINTO DIA

- ❖ Al comparar el grupo control con las bebida carbonatada, isotónica y refrescante al quinto día; se encontró diferencias significativas del efecto erosivo, ya que la significancia fue $p < 0.05$
- ❖ Al comparar la bebida carbonatada con la refrescante e isotónica no se encontró diferencia significativa.
- ❖ Al comparar la bebida isotónica con la bebida refrescante, no se encontró diferencia significativa.

V. DISCUSION

Los hábitos dietéticos de la población se han ido modificando a lo largo de los años; de modo que la alimentación está siendo guiada por la comodidad y la forma de presentación de los productos con menor valor nutricional. Esta actitud ha traído consecuencias en todo el cuerpo, incluyendo la cavidad oral, en el que se han visto más y más casos de erosión dental, un hecho demostrado por estudios epidemiológicos mostraron que, si bien la caries muestra una tendencia a la baja en algunas poblaciones, la erosión se revela cada vez más^{10,12}.

Las alteraciones en el contenido mineral del esmalte dental están directamente relacionadas a su microdureza; cuando se produce la erosión por exposición a bebidas industrializadas, la desmineralización inicial está caracterizada por una superficie reblandecida con disolución de prismas periféricos sin formación de lesión sub superficial. En este caso la microdureza superficial es suficientemente sensitiva para lesiones superficiales ya que puede detectar estados tempranos de desmineralización¹⁰. Es por eso en este estudio se evaluó y determinó el efecto erosivo de tres bebidas industrializadas de mayor consumo en la ciudad de Lima sobre el esmalte dental humano a través de la evaluación de la microdureza Vickers (tabla 02 y Gráfico 04), y su relación con el pH, acidez titulable y efecto buffer de estas bebidas (Tabla 01 y Gráfico 01, 02 y 03).

Se obtuvieron valores de microdureza Vickers sobre el esmalte dental humano después de exposición de la bebida carbonatada, isotónica, refrescante y control (Tabla 02 y Gráfico 06, 07, 08 y 09); donde desde el primer día se observó un efecto erosivo significativo de las tres primeras bebidas, menos la del control (Tabla 12 y Gráfico 04), ya que siendo suero fisiológico y teniendo un pH mucho mayor a las otras bebidas, no generó efecto erosivo significativo (Tabla 11 y Gráfico 09).

Comparamos el efecto erosivo del esmalte dental después de la exposición de la bebida carbonatada entre el valor inicial y el valor del primer día, tercer día y quinto día (Tabla 04, 05 y Gráfico 06). Encontrando una disminución

estadísticamente significativa y los valores de microdureza iban disminuyendo desde el primer día hasta el quinto día; es decir el efecto erosivo fue más pronunciado cada vez. Al relacionarlos con los valores del pH, acidez titulable y efecto buffer (Tabla 01) de esta bebida, encontramos una relación directa entre estas como menciona la literatura; es decir, mientras menos sea el valor de pH, la bebida es más ácida; mientras mayor sea el valor de acidez titulable de la bebida, mayor es la cantidad de ácidos presentes en la bebida y mientras mayor es el efecto buffer, más difícil es de llevar la bebida a un medio básico.

Comparamos el efecto erosivo del esmalte dental después de la exposición de la bebida isotónica entre el valor inicial y el valor del primer día, tercer día y quinto día (Tabla 06, 07 y Gráfico 07). Encontrando una disminución estadísticamente significativa y con un aumento del efecto erosivo desde el primer día hasta el quinto día; es decir la microdureza del esmalte va disminuyendo progresivamente. Al relacionarlos con los valores del pH, acidez titulable y efecto buffer (Tabla 01) de esta bebida, encontramos una relación directa entre estas como menciona la literatura.

Comparamos el efecto erosivo del esmalte dental después de la exposición de la bebida refrescante entre el valor inicial y el valor del primer día, tercer día y quinto día (Tabla 08, 09 y Gráfico 08). Encontrando una disminución estadísticamente significativa; donde al igual que las anteriores bebidas se encontró una disminución progresiva de la microdureza del esmalte desde el primer día hasta el quinto día. Y al relacionarlos con los valores del pH, acidez titulable y efecto buffer (Tabla1) de esta bebida, encontramos una relación directa entre estas como menciona la literatura.

Realizamos una comparación múltiple del efecto erosivo de las bebidas industrializadas sobre el esmalte dental. Primero, encontramos que los valores iniciales de microdureza obtenidos no tenían una significancia; es decir estos valores estuvieron dentro del rango de inclusión (Tabla 12 y Gráfico 10). Segundo, encontramos que los valores obtenidos el primer día, tercer día y quinto

día si tenían una significancia; es decir estos valores eran diferentes entre sí (Tabla 12 y Gráfico 10), que al comparar con los valores diferentes obtenidos de pH, acidez titulable y efecto buffer (Tabla 1), se concuerda que se debe obtener valores diferentes de efecto erosivo.

Pero al relacionar los valores de cada bebida del primer día sólo encontramos que había una diferencia estadísticamente significativa entre la bebida control y las otras bebidas, mas no entre la bebida carbonatada, isotónica y refrescante; es decir, existe efecto erosivo de cada bebida estudiada (Tabla 13 y Gráfico 11).

En el tercer día encontramos una diferencia estadísticamente significativa entre la bebida control y las otras bebidas (Tabla 13); es decir, también existe efecto erosivo de las bebidas al tercer día. En este día también encontramos una diferencia estadísticamente significativa entre la bebida carbonatada con la bebida refrescante, y la bebida isotónica con la refrescante (Tabla 13); es decir la bebida que fue menos erosiva al tercer día fue la bebida refrescante en comparación con las otras bebidas, y al relacionar este resultado con los valores obtenidos de pH, acidez titulable y efecto buffer de las bebidas (Tabla 1), no encontramos una relación entre el efecto erosivo y los valores.

En el quinto día al igual que los anteriores días encontramos una diferencia estadísticamente significativa entre la bebida control y las otras bebidas (Tabla 12), por lo que en este día también existe efecto erosivo; pero no encontramos diferencia significativa entre las otras bebidas (Tabla 13). Y aunque no hubo una diferencia significativa y analizando los valores obtenidos, la bebida isotónica sería la bebida más erosiva en los tres días de experimentación.

Entonces a nivel del grupo control; Xavier y colaboradores⁴, utilizaron agua destilada; Liñán y colaboradores¹⁰, también utilizaron agua destilada; Rees y colaboradores²², utilizaron agua de caño. En todos los estudios no se encontró una disminución significativa de la microdureza superficial del esmalte.

Los resultados obtenidos de la microdureza inicial del esmalte mediante el indentador Vickers (VHN- 100gF/15seg) es de $347 \pm 43 \text{kg/mm}^2$ (Tabla 02) que se asemejan a lo obtenido por Mas y colaboradores¹²; y Liñán y colaboradores¹⁰; que indican 344.48kg/mm^2 y 341.5kg/mm^2 respectivamente.

Liñán y colaboradores¹⁰ al evaluar el efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas encuentran un valor inicial de microdureza similares a este estudio, con un promedio de 341.5kg/mm², este valor se asemeja al promedio inicial de nuestro grupo de estudio de la bebida carbonatada que fue de 345.5kg/mm².Y al cuantificar el efecto erosivo, encuentran que la bebida carbonatada redujo la microdureza del esmalte dental a un valor promedio de 187.2 Kg/mm², superior a los hallados en el nuestro, donde la bebida carbonatada presentó un valor promedio de 180.2kg/mm².Al comparar el porcentaje disminuido de la microdureza; Liñán y colaboradores obtuvieron un valor de 45.2% y nuestro estudio obtuvo un valor superior de 47.8% (Tabla 03 y Gráfico 05); pero Liñán y colaboradores usaron saliva artificial para remineralizar los especímenes y el tiempo de estudio con la bebida fue de 7 días, en comparación de la nuestra que fue de 5 días y sin exposición de los especímenes a la saliva. Entonces se puede atribuir que la acción de la saliva disminuye el efecto erosivo de la bebida carbonatada.

Seow y colaboradores²⁴, al evaluar el efecto erosivo de bebidas carbonatadas según el pH, obteniendo un valor más ácido comparado con nuestro estudio; y al evaluar la microdureza Vickers después de la exposición por 5 minutos, encontraron una reducción porcentual mayor comparada con nuestro estudio al primer día después de la exposición por 10 minutos. Estos resultados se deberían a que Seow y colaboradores, utilizaron una bebida carbonatada diferente a la nuestra y que tiene un valor más ácido que la nuestra. También encontraron que después del efecto erosivo y adicionando saliva, el efecto erosivo se revirtió completamente usando volúmenes relativamente grandes para neutralizarla acidez.

Jendsdottir y colaboradores⁵¹ evaluaron el potencial erosivo dentro de los primeros minutos de la exposición de las bebidas carbonatas y jugos de naranja, mediante el pH de la bebida; y el potencial erosivo era diez veces más alta en las bebidas de cola en comparación con los jugos. Sin embargo, las proteínas salivales que utilizaron redujeron el potencial erosivo de las bebidas de cola hasta

en un 50%. Entonces el efecto erosivo de estas bebidas se da desde los primeros minutos de exposición del esmalte dental superficial; y comparando con nuestro estudio; los valores de la microdureza del esmalte humano disminuyeron desde el primer día después de la exposición a las tres bebidas industrializadas, lo que nos hace concordar con este estudio.

Xavier y colaboradores⁴, evaluaron la microdureza del esmalte dentario después de exposición a las bebidas isotónicas ;donde encontraron un valor inicial de 359kg/mm^2 , este valor no es muy semejante al promedio inicial de nuestro grupo de estudio de bebida isotónica que fue de 343kg/mm^2 (Tabla 02). Al cuantificar el efecto erosivo, encuentra que la bebida isotónica redujo la microdureza del esmalte dental a un valor promedio de 290kg/mm^2 , este valor tampoco se asemeja al valor promedio obtenido el tercer día, que fue de 188kg/mm^2 . Al comparar el porcentaje disminuido de la microdureza; Xavier y colaboradores⁴ obtuvieron un valor de 19.5% y este estudio obtuvo un valor superior de 45% (Tabla 03); pero Xavier y colaboradores⁴ también usaron saliva artificial y el tiempo de estudio con la bebida isotónica fue de tres días y el nuestro fue de cinco días. También podríamos atribuir que la acción de la saliva disminuye el efecto erosivo de la bebida isotónica.

Mas¹², evaluó el efecto erosivo de una bebidas refrescante través de al microdureza superficial; donde encontró un valor inicial de microdureza similares a nuestro estudio, con un promedio de 340kg/mm^2 ; este valor se asemeja al promedio inicial de nuestro grupo de estudio de bebidas refrescantes que fue de 337.5kg/mm^2 (Tabla 02). Al cuantificar el efecto erosivo, encuentra que la bebida refrescante redujo la microdureza del esmalte dental a un valor promedio de 181.52kg/mm^2 , este valor se asemeja al valor promedio obtenido al quinto día de exposición, que fue de 199.5kg/mm^2 (Tabla 02).

Entonces se concuerda con los estudios anteriores mencionados que en todos los casos hubo una disminución significativa en los valores de microdureza desde la primera exposición del esmalte luego de someterlo a la acción de las bebidas

industrializadas; y que a mayor tiempo de exposición mayor será el efecto erosivo, ya que al producirse la desmineralización la dureza adamantina decrece¹¹.

Pero no solo se comparan la variación de la microdureza del esmalte dental en los estudios sobre erosión dental; también se compara la cantidad de mineral disuelto del esmalte; los valores del pH, el efecto buffer o la concentración de ácidos de las bebidas; la duración del tiempo de exposición, etc.

El pH de la saliva oscila en un rango de 5,5 a 6,5; la exposición prolongada a un pH inferior en forma frecuente puede resultar en una rápida desmineralización del esmalte.⁶

El pH de las bebidas consideradas en este estudio fueron de 3,30 para la bebida carbonatada Inca Kola®, 3.16 para la bebida isotónica Sporade®, 3.13 para la bebida refrescante Frugos® y 5.5 para la bebida control (Tabla 1 y Gráfico 01)). En los tres primeros casos los valores de pH están por debajo del valor crítico de 5,5, por lo cual la desmineralización del esmalte es esperada; y en un mayor grado por la bebida refrescante, seguida de la bebida isotónica y por último la bebida carbonatada. No se encontró relación entre el efecto erosivo y los valores de pH obtenidos, ya que al analizar los valores significativos al tercer día encontramos que la bebida refrescante fue la menos erosiva; y al analizar los valores de microdureza sin que hayan obtenido una significancia, observamos que la bebida isotónica fue la bebida más erosiva.

López y colaboradores⁶ al evaluar el potencial erosivo sobre el esmalte dental tuvo como indicador del efecto erosivo, el pH; y encontraron como posible bebida más erosiva a la bebida cola con respecto a la bebida deportiva y jugo de frutas. Que comparando con los valores de pH obtenidos en nuestro estudio, no encontramos semejanzas; ya que la bebida refrescante tuvo un valor más bajo, seguido de la bebida isotónica y por últimos la bebida carbonatada.

Rees y colaboradores²², evaluaron el potencial erosivo de cinco bebidas deportivas según su pH, obteniendo valores entre 3.16-3.70, que al compararlo con nuestro estudio el valor de pH de la bebida isotónica fue semejante; según el efecto buffer, obtuvieron valores entre 9.74-13.44mls, que al compararlo con nuestro estudio el valor del efecto buffer no fue muy semejante; y según su capacidad de erosionar el esmalte, obtuvieron valores entre 1.18-5.36microns. Concluyendo que las bebidas deportivas eran erosivas.

Al igual que Jain y colaboradores¹⁸ evaluaron el efecto erosivo según el pH de las bebidas no alcohólicas, y encontraron que las bebidas carbonatadas serían más erosivas que las bebidas no carbonatadas; y comparando con nuestro estudio, encontramos que hay una diferencia ya que en los valores de pH obtenidos; las bebidas no carbonatadas serían más erosivas que las bebidas carbonatadas; y relacionando el pH con la disolución del esmalte, no encontraron una diferencia significativa, al igual que nuestro estudio al relacionar la microdureza del esmalte y los valores de pH obtenidos. Por lo que el potencial erosivo de las bebidas no alcohólicas no estaría relacionado con su valor de pH.

También obtuvimos valores de acidez titulable de nuestras bebidas; donde los valores más altos de acidez titulable los registraron en su orden, la bebida carbonatada con un valor de 0.8, la bebida refrescante con un valor de 0.7 y la bebida isotónica con un valor de 0.3 (Tabla 1 y Gráfico 02). Con estos valores el efecto erosivo también es esperado con todas las bebidas al igual que los valores de pH obtenidos. Aunque no existe diferencia estadísticamente significativa entre las variaciones de la microdureza en los grupos de "estudio" no se observó una concordancia entre estos valores y los de la acidez titulable; ya que al analizar los valores de significancia se encontró que la bebida refrescante sería la menos erosiva y al analizar los valores de microdureza sin significancia la bebida isotónica es la bebida más erosiva en los tres días de experimentación.

Al igual que Ehlen y colaboradores⁵ evaluaron el incremento de la erosión dental por bebidas ácidas (Bebidas carbonatada, deportiva y jugo) según el pH, encontrando que todas las bebidas estudiadas son ácidas; según la acidez titulable, encontraron que la bebida carbonatada fue mayor que la del jugo y la bebida deportiva; y según la profundidad de la lesión en el esmalte; encontraron que fue mayor para el grupo de la bebida deportiva, seguido por la bebida carbonatada que fue mayor que la de jugo, y estos resultados son similares a lo obtenido en este estudio, ya que todas nuestras bebidas son ácidas, la acidez titulable de la bebida carbonatada fue mayor que las otras, y la microdureza Vickers para ver el efecto erosivo, a pesar que no fue estadísticamente significativo; podemos ver según el porcentaje que fue mayor para el grupo de la bebida deportiva, seguido por la bebida carbonatada, que fue mayor que la de jugo al tercer y quinto días. Entonces la profundidad de la lesión erosiva no se asocia con el pH o acidez titulable.

West y colaboradores, concluyeron que la acidez total de la bebida sería considerada el factor primario en el desarrollo de la erosión dental más que el pH, sería el factor determinante en la erosión debido a que condiciona la disponibilidad real del ión hidrógeno para la interacción con la superficie del diente.

El efecto buffer también fue medida hasta llegar a un pH mayor de 5.5, pH crítico para la desmineralización; donde la bebida refrescante obtuvo la mayor cantidad de mililitros necesarios para neutralizarse, con un valor de 13 mililitros; seguido de la bebida isotónica, con un valor de 6 mililitros y terminando con la bebida carbonatada que obtuvo un valor de 4 mililitros (Tabla 1 y Gráfico 03). Entonces, según estos valores el que generaría mayor erosión sería la bebida refrescante, seguida de la bebida isotónica y por últimos la bebida carbonatada. Solo se observó una diferencia significativa de la microdureza el tercer día, encontrando que la bebida refrescante es la menos erosiva, y esta no tuvo concordancia con el valor obtenido del efecto buffer de la bebida refrescante. El primer, tercer y quinto día aunque no se encontró valores estadísticamente significativos de la

microdureza en los grupos de "estudio"; observamos que la mayor disminución de la microdureza se dio en la bebida isotónica.

Carvalho y colaboradores⁹, al evaluar el potencial erosivo de diferentes tipos de bebidas carbonatadas según la microdureza, el pH y el efecto buffer; encontraron que las bebidas causan reblandecimiento de la superficie del esmalte (erosión) y con respecto a las variables químicas analizadas, no encontraron una correlación significativa entre la microdureza, el efecto buffer y el pH de las bebidas. Comparando con nuestro estudio, tampoco encontramos una correlación entre esos valores; lo que nos indicaría que esas variables químicas no serían los factores principales para determinar que una bebida es más erosiva que otra.

Existen otros estudios en los que estudiaron otras variables diferentes a las nuestras como:

Franco⁷, evaluó la pérdida de calcio en esmalte de dentición mixta por exposición in vitro a bebida carbonatada ácida según diferentes frecuencias, y concluyó que a mayor frecuencia de exposición a la bebida carbonatada ácida, mayor es la pérdida del calcio en el esmalte de dentición mixta.

Machado y colaboradores⁸, evaluaron el efecto erosivo según la nanodureza, módulo de elasticidad, integridad de la superficie del esmalte dental humano, y el pH de las bebidas estudiada (bebida carbonatada y jugo de naranja), encontrando que la exposición de una bebida suave causó una disminución significativa en la nanodureza y el módulo elástico. El pH de la bebida fue más ácido desde 5 grados Ca37 grados C. El jugo de naranja mostró una tendencia similar pero, sorprendentemente, este tiene menos efecto sobre la dureza, módulo de elasticidad y la rugosidad del esmalte comparación con la bebida carbónica.

Coombes²¹, al hacer un reporte de la literatura acerca de la relación entre las bebidas deportivas y la erosión dental, concluyó que los hábitos de beber una

bebida ácida y la producción de saliva pueden ser los determinantes más importantes de la erosión dental.

Brown y colaboradores¹⁹, al determinar el pH (2.74-3.34), la acidez titulable (0.344-0.663 mmol) y el potencial erosivo de bebidas saborizadas con gas; concluyeron que estas bebidas pueden ser consideradas erosivas.

Magalhaes y colaboradores¹, al realizar una revisión de la literatura actual y de los datos disponibles de ensayos in vitro y en estudios in situ, recomendó algunas estrategias de prevención para pacientes que sufren de erosión. Siendo las de incluir el asesoramiento dietético, la estimulación del flujo salival, optimización de los regímenes de fluoruro, la modificación de la bebida erosiva y adecuadas medidas de higiene oral. Sin embargo, se requieren ensayos clínicos para confirmarla relevancia de estas medidas.

Lussi y colaboradores⁵⁰, concluyeron que la erosión dental es una enfermedad multifactorial: La interacción de factores químicos, biológicos y de comportamiento es fundamental y ayuda a explicar por qué algunos individuos presentan una mayor erosión que otros. El potencial erosivo de los agentes erosivos como bebidas ácidas o alimenticias depende de factores químicos, por ejemplo pH, acidez titulable, contenido mineral, el clareamiento en la superficie de los dientes y de sus propiedades quelantes de calcio. Los factores biológicos tales como saliva, la película adquirida, la posición del diente en relación a los tejidos blandos y la lengua están relacionados con la patogénesis de la erosión dental. Por otra parte, los factores conductuales como los hábitos de comer y beber, el ejercicio regular con deshidratación y disminución del flujo salival, la higiene oral excesiva y, por otro lado, un estilo de vida poco saludable, por ejemplo, alcoholismo crónico, son factores predisponentes para la erosión dental. Hay algunas pruebas de que la erosión dental está creciendo constantemente. Para prevenir la progresión, es importante detectar esta condición tan pronto como sea posible.

VI. CONCLUSIONES

Luego de evaluar el efecto erosivo de una bebida carbonatada, una isotónica y una refrescante sobre el esmalte dental superficial, concluimos que:

1. La microdureza superficial del esmalte dental disminuye significativamente luego de ser sometido a la acción de las bebidas ácidas estudiadas al primer día, tercer día y quinto día; es decir, que si existe un efecto erosivo de estas bebidas.
2. Al comparar el efecto erosivo de una bebida carbonatada, una isotónica y una refrescante entre el valor inicial y el valor del primer, tercer y quinto día; concluimos que el efecto erosivo se da desde el primer día hasta el quinto día; es decir, el efecto erosivo es inmediato y se incrementa con cada exposición.
3. Al relacionar los valores en la reducción de la microdureza con los valores de pH, acidez titulable y efecto buffer de las bebidas, concluimos que no hay una relación directa constante entre el efecto erosivo y los valores de las bebidas.
4. Al realizar una comparación múltiple del efecto erosivo de las bebidas industrializadas sobre el esmalte dental; concluimos que la bebida refrescante es la bebida menos erosiva comparado con las otras bebidas, según los resultados obtenidos en el tercer día.
5. Entre los valores de pH obtenidos; la bebida que obtuvo un pH más ácido fue la bebida refrescante.
6. Entre los valores acidez titulable obtenidos, la bebida que obtuvo mayor concentración de ácido fue la bebida carbonatada.
7. Entre los valores de efecto buffer obtenidos, la bebida que necesitó mayor base para ser neutralizado y pasar el pH crítico de 5.5, fue la bebida refrescante.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es importante considerar que el efecto erosivo de una bebida no depende sólo de su potencial erosivo sino de las características individuales del paciente, donde la capacidad buffer y el rango de flujo salivar, lo mismo que la formación de la película adquirida son también factores participantes.
2. Debemos alertar a los padres de familia del riesgo que implica el consumo frecuente de estas bebidas, las cuales comúnmente son utilizadas en las loncheras. Así mismo, para orientar a sus hijos en sus hábitos alimenticios con respecto a este tipo de alimentos.
3. Cuando estemos frente a lesiones cervicales no cariosas, debemos diagnosticarlas, buscando las causas de su formación, para lo cual se debe analizar de manera detallada los hábitos alimenticios del paciente, ocurrencia de regurgitaciones, problemas estomacales, consumo de alcohol, medicamentos, etc. Con relación al tratamiento de estas lesiones, una vez determinada la etiología debemos proceder a la orientación del paciente. Se debe ejecutar periódicamente un monitoreo para controlar las lesiones preexistentes y evitar el surgimiento de nuevas.
4. En la literatura están relatadas algunas sugerencias para minimizar los efectos de la erosión dental, como por ejemplo:
 - El cepillado con dentífrico conteniendo flúor antes de la ingesta de sustancias con bajo pH.
 - El cepillado inmediato después del consumo de alimentos ácidos debe ser evitado ya que el esmalte se encuentra desorganizado y puede ser removido fácilmente por la abrasión. Puede tomar, leche o alimentos tales como queso o yogurt sin azúcar. Si ninguno de los anteriores son posibles, enjuague con agua.
 - Se recomienda hacerse una aplicación tópica de flúor periódicamente.

- Otra sugerencia refiere el uso de sorbetes para la ingesta de bebidas ácidas, de tal manera que se trate de disminuir el contacto entre las superficies dentales y estas.
 - Se recomienda la ingesta de bebidas industrializadas refrigeradas con el fin de reducir los posibles efectos nocivos para los dientes.
 - Se recomienda reducir la frecuencia y tiempo de exposición a las bebidas ácidas.
 - Se recomienda modificar las bebidas ácidas consumidas frecuentemente por bebidas que no afecten el esmalte.
 - Se recomienda no mantener o jugar con la bebida ácida en la boca por mucho tiempo.
 - Después de beber una bebida ácida, estimule el flujo salival con goma de mascar o pastillas no ácidas y sin azúcar que es más recomendable.
5. En nuestro medio, hay muchos alimentos y bebidas ácidas que son consumidos con frecuencia, como es el caso del café, cerveza, vino, ensaladas, jugos naturales, etc. Se recomienda realizar estudios para analizar el efecto erosivo de éstos y obtener mayor información a fin de orientar de manera adecuada la dieta de los pacientes.
6. Se recomienda realizar estudios en los que se evalúen factores referentes a las bebidas tales como: tipo de ácido presente, grado de disociación iónica del ácido, contenido de calcio, fosfatos y flúor entre otros; para complementar esta investigación.
7. Sin embargo, los resultados obtenidos nos brindan datos confiables sobre el efecto erosivo de las bebidas carbonatadas sobre la superficie del esmalte y permiten a partir de estos realizar estudios in situ que poder entender completamente los procesos inmersos en la erosión del esmalte.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Magalhaes A, Wiegand A, Rios D, Honorio M, Buzalaf M. Insight into preventive measures for dental erosion. 2008 Sep 16; 17(2): p. 75-86.
2. Cuniberti R. Lesiones cervicales no cariosas, la lesión dental del futuro. In. Buenos Aires: Ed: Médica Panamericana; 2009. p. 19-29.
3. Compañía de Mercado y Opinión Pública. Consumo del producto: bebidas energizantes / isotónicas y carbonatadas. Lima-Peru; 2012.
4. Xavier C, Cavalcanti L, Viegas M, Babtista da Costa R.. 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; 2010; 10(2):145-150.
5. Ehlen L, Marshall T, Quian F, Wefel J. Acid beverages increase the risk of in vitro tooth erosion. Nutr Res. 2008; 28(5): p. 299-303.
6. Lopez O, Cerezo M. Potencial erosivo de las bebidas industriales sobre el esmalte dental. Rev Cubana Salud Pública. 2008 Abril; 34(4): p. 1-9.
7. Franco D. Pérdida de calcio en esmalte de dentición mixta por exposición in vitro a bebida carbonatada. Tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2008; p. 1-78.
8. Machado C, Lancefield W, Catledge A. Human Enamel nanohardness, elastic modulus and surface integrity after beverage contact. Braz Dent J. 2008; 19(1): p. 68-72.
9. Moreno R, Narvaez C, Bittner S. Efecto In Vitro de las bebidas refrescantes sobre la mineralización de la superficie del esmalte dentario de piezas permanentes extraídas. Int. J. Odontostomat. 2011; 5(2): p. 157-163.
10. Liñan D, Meneses L, Delgado C. Evaluación in vitro del efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas sobre la superficie del esmalte dental. Revista Estomatologica Herediana. 2007 Diciembre 15; 17(2): p. 58-62.
11. Gomez M, Campos A. Histología y embriología bucodenta. 1st ed. Madrid: Editorial médica Panamericana; 1999. 1(3): p. 85-95.

12. Mas L. 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 para optar el título profesional de Cirujano Dentista. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.
13. Núñez P, Olate S, Sanhueza A, Núñez G. Perdida de flúor en piezas dentarias permanentes expuesta a refrescos: Estudio comparativo in vitro. Avances en odontoestomatología. 2006; 22(2): p. 141-146.
14. Gartner L, Hiatt J. Histología: texto y atlas. 2nd ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 1997; 10(1): p.338-340.
15. Dugnore C. Multifactorial analysis of factoras associated with dental erosion. Br dent. 2004 j; 196: p. 283-286.
16. Shellis R, Finke M, Eisenburger M, Parker D, Addy M. Relationship between enamel erosion and liquid flow ratel.. Eur J Ora. 2005; 11(3): p. 232-238.
17. Abad Segura M. Efecto erosive de las bebidas acidas. Tesis para obtener el título profesional de cirujano dentista. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2010; p. 1-33.
18. Jain P, Nihill P, Sobkowoski J, Agustin M. Comercial soft drinks: PH and in vitro dissolution of ename. Gen Dent. 2007 Mar-Apr; 55(2): p. 150-168.
19. Brown C, Smith G, Shaw L, Parry J, Smith A. The erosive potencial of Flavoured sparkling water drinks. Int J Paediatr Dent. 2007 March; 17(2): p. 86-91.
20. Wongkhantee V, Patanapiradej A, Maneenut C, Tantbirojn D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. Journal of Dentistry. 2006; 34(3): p. 214-220.
21. Coombes J. Sports drinks and dental erosion.Am J Dent. 2005 April; 18(2): p. 101-104.
22. Rees J, Loyn T, Mac A. The acid and erosive potencial of five sports drinks. Eur J Prostodont Restor Dent. 2005 December; 13(4): p. 186-190.
23. Attin T, Weissk K, Buchella W, Eiegan A. Impact of modified acid soft drinks on enamel erosion. Oral Dis. 2005 January; 11(1): p. 7-12.

24. Seow W, Thong K. Erosive effects of common beverages on extracted premolar teeth. *Aust Dent.* 2005 September; 50(3): p. 173-178.
25. Acha S, Aguilar R, Arguello C, Ayala C. Racionalización del consumo de hidratos de carbono y sustitutos del azúcar. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, *Odontopediatria*; 2010; 1(1): p. 1-70.
26. Avery J, Chiego D. Principios de histología y embriología bucal. 3rd ed. España: Elsevier; 2007; 1(7): p.97-107.
27. Curniberti de Rossi N. Lesiones cervicales no crías: lesión dental del futuro. 1st ed. *Medica Panamericana*; 2009; 1(2): p.19-24.
28. Eynard A, Valentich M, Rovasio R. Histología y embriología del ser humano: bases celulares moleculares. 4th ed. Madrid: *Medica Panamericana*; 2008; 2(6): p. 159-163.
29. Barrancos M, Barrancos P. *Operatoria Dental- Integración Clínica*. 4th ed.: *Médica Panamericana*; 2006; 1(15): p.161-266.
30. Velayos J. *Anatomía de la cabeza: para Odontólogo*. 4th ed.: *Médica Panamericana*; 2007; 1(1): p. 25-27.
31. Ross M, Wajciech P. *Histología*. 5th ed.: *Médica Panamericana*; 2008; 16(1): p.526-539.
32. Navarro G. 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; 2006.
33. Willershausen B, Dobrik B. In Vitro on dental erosion provoked by various beverages using electron probe microanalysis. *Eur J Med Rev.* 2004 September 29; 9(9): p. 432-438.
34. Colquehuanca C. Microdureza de la superficie del esmalte sometido al clareamiento dental externo con peróxido de hidrógeno al 35% estudio in vitro. Tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2009.

35. Wiegand A, Muller J, Werner J, Attin T. Prevalence of erosive tooth wear and associated risk factors in 2-7-year-old German kindergarten children. 1st ed. Germany; 2006; 12(2): p.117-24.
36. Sánchez A, Fernández de Preliasco V. Salivary pH changes during soft drinks consumption in children. International Journal of Pediatric Dentistry. 2003; 13(1): p. 251-257.
37. Levine R. Flavoured milk products and caries. British Dental Journal. 2001; 191(1): p. 20.
38. Cabrini R. Anatomía patológica bucal. 1st ed. Mundi; 1988; 1(22): p.653-655.
39. Hemingway C, Parker D, Addy M, Barbour M. Erosion of enamel by noncarbonated soft drinks with and without toothbrushing abrasion. British Dental Journal. 2006; 201(7): p. 447-450.
40. Facultad de Petrología y Geoquímica de la Universidad de Oviedo. Universidad de Oviedo. 2007.
41. BUEHLER Tables for Knoop and Vickers Hardness Numbers [BUEHLER Tables for Knoop and Vickers Hardness Numbers]. 1991.
42. Talledo A. Herramienta Básica para el desarrollo industrial. 1st ed.: Asamblea Nacional de Rectores; 2004.1(1): p.5-7.
43. Lifshitz , Guensberg A. Norma Oficial Mexicana NOM – 162 –SSAI- 2000. 2000.
44. Potons M, Potons M. Aclaramiento dental con fuentes híbridas LED/LASER. Asociación Dental Mexicana. 2008 Mayo; 25(3): p. 163-167.
45. Guía de Laboratorio: Medición de Dureza en Diferentes Materiales. Universidad de Santiago de Chile, Departamento de procesos mecánicos; 2008.
46. Navarro O. Servicio Nacional de Aprendizaje Sena, Centro de Materiales y Ensayos; 2008.
47. Craig G, Powers M, O'brien J. Materiales Dentales. 6th ed. Madrid: Editorial Mosby; 1996; 5(4): p. 250-255.
48. Zanet C, De Araujo R, De Araujo M, Valera M. Refrescos Ácidos: disolución del esmalte. 2010; 35(18): p. 6-10.

49. Ireland A, McGuinness N, Sherriff M. An investigation into the ability of soft drinks to adhere to enamel. Bath: Royal United Hospital, Orthodontic Department; 1995; 29(6): p. 470-476.
50. Lussi A, Jaeggi T. Erosion—diagnosis and risk factors. Clin Oral Investig. 2008; 12(1): p. 5-13.
51. Jensdottir T, Holbrook P, Nauntofte B. Immediate erosive potential of cola drinks and orange juices. J Dent Res. 2006 March; 85(3): p. 226-230.
52. Vargas A. Efecto erosionante de las bebidas carbonatadas en el esmalte dental. Tesis para obtener el título profesional de cirujano dentista. Universidad Mariano Gonzales de Guatemala, Facultad de Odontología; 2004.
53. Verdu J. Nutrición para educadores. 2nd ed. Diaz de Santos; 2005; 21(10): p. 192-194.
54. Rodriguez V, Simon E. Bases de la alimentación humana. 1st ed. Madrid: Netiblo; 2008; 1(1): p. 15-25.
55. Tauquino J. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina compuesta microhíbrida, una resina compuesta fluida y un cemento ionómero vítreo de restauración frente a la acción de una bebida carbonatada. Tesis para obtener el título profesional de cirujano dentista. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.
56. Chavez A, Henostroza G. Diagnostico clinico de la caries. 1st ed. Lima: Henostroza G y col; 2005; 1(3): p.170-175.
57. Cavalcanti A, Xavier A, Souto R, dos Santos Almeida, Vieira F. In vitro Evaluation of the Erosive Potential of Sports Drinks. Revista Brasileira de medicina do esporte. 2010 Noviembre; 16(6): p. 455-458.

4. ANEXOS

Anexo I

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

EVALUACION DEL PH Y ACIDEZ TITULABLE DE LAS BEBIDAS INDUSTRIALIZADAS INCA KOLA, AROMATIZADAS FRUGOS E ISOTONICA.

<i>BEBIDAS INDUSTRIALES</i>	<i>PH</i>				<i>ACIDEZ TITULABLE</i>				<i>EFECTO BUFFER</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>P</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>P</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>P</i>
<i>Frugos</i>												
<i>Sporade</i>												
<i>Inca kola</i>												
<i>Control</i>												

Anexo II

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

EVALUACION DE LA MICRODUREZA DE LA SUPERFICIE DEL ESMALTE SOMETIDO A TRES BEBIDAS INDUSTRIALIZADAS. ESTUDIO IN VITRO.

BEBIDA:					
MUESTRA	INDENTACION	DIA 0		DIA 1	
		DIAGONAL	VICKERS	DIAGONAL	VICKERS
1	I				
	II				
	III				
	P				
2	I				
	II				
	III				
	P				
3	I				
	II				
	III				
	P				
4	I				
	II				
	III				
	P				
5	I				
	II				
	III				
	P				

Anexo III

Foto 1: Bloques de esmalte.



Foto 2: Microdurómetro Buehler.



Foto 3: Microdurómetro realizando la indentacion.

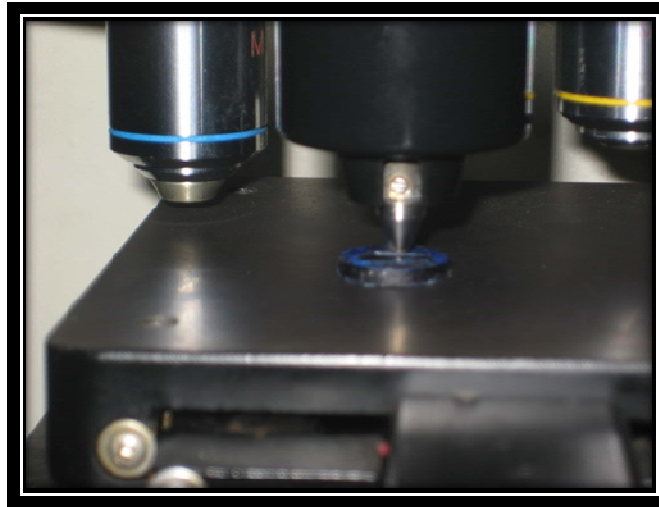


Foto 4: Indentacion del bloque del esmalte.

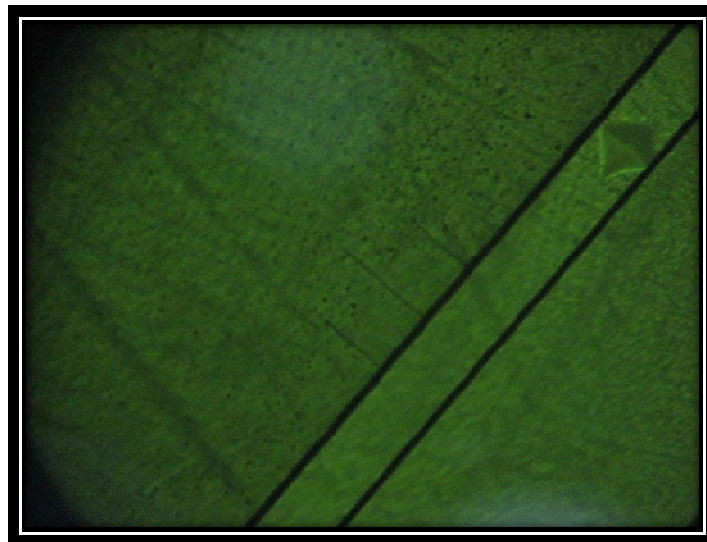


Foto 5: Bloques de esmalte sometidos a la acción de las bebidas.

