



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

VALORACIÓN DE LA EROSIÓN (IN VITRO) DE TRES MARCAS
DE IONÓMERO DE VIDRIO PARA RESTAURACIÓN,
SOMETIDOS A DIFERENTES ÁCIDOS ORGÁNICOS.

TESIS

TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL PROGRAMA DE TITULACIÓN POR ALTO
PROMEDIO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

ELIZABETH FRANCISCO LINARES

TUTOR: MTRO. JORGE MARIO PALMA CALERO
ASESORES: C.D. MARÍA ESTELA LÓPEZ MAGAÑA
DR. CARLOS ANDRÉS ÁLVAREZ GAYOSSO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la C.D. María Estela López Magaña por ayudarme y asesorarme durante estos dos últimos años de servicio social y durante la elaboración de mi trabajo de investigación.

A él Mtro. Jorge Mario Palma Calero por asesorarme durante la realización de este proyecto de investigación.

A los Doctores de la Facultad de Odontología, quienes me dieron las armas y los conocimientos necesarios para poder lograr mis objetivos.

A el Laboratorio de Materiales Dentales de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología, en especial a el Dr. Carlos Andrés Álvarez Gayosso y a la C.D. Teresa Baeza Kingston, por apoyarme y asesorarme durante la realización de la investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios.

DEDICATORIAS

A Dios: gracias por dejarme llegar hasta donde estoy y por guiarme en mi camino.

A mi papá, Patricio Francisco Hidalgo por darme el apoyo físico, emocional y económico para realizar uno de mis grandes sueños.

A mi mamá Juana Linares Resendíz, por apoyarme durante mis 23 años de vida, gracias por tu apoyo emocional y por no dejarme caer en los momentos más difíciles.

A mis dos padres por darme las herramientas para realizar mis sueños de tener una carrera profesional. Mis logros son sus logros.

A mis hermanos, Tania, Armando y Patricia, por soportarme durante mis noches de desvelos y mis días estresante y de enojos. Sin ustedes no hubiese podido llegar a mi meta.

A mis amigos que me apoyaron y orientaron durante estos años.

“GRACIAS”

ÍNDICE	PÁG.
1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	7
2.2 IONÓMERO DE VIDRIO	9
2.2.1 CARACTERÍSTICAS	9
2.2.2 CLASIFICACIÓN	9
2.2.3 INDICACIONES Y USOS	9
2.2.4 CONTRAINDICACIONES	10
2.2.5 COMPOSICIÓN	10
2.2.6 REACCIÓN QUÍMICA	11
2.2.7 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	12
2.2.8 RESPUESTA BIOLÓGICA	13
2.2.9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS	13
2.2.10 MANIPULACIÓN	13
2.2.11 VARIABLES EN SU MANIPULACIÓN	14
2.2.12 VARIANTES EN SU PRESENTACIÓN	14
2.3 pH EN LA CAVIDAD BUCAL	16
2.4 EROSIÓN DENTAL	17
2.5 EROSIÓN DEL IONÓMERO DE VIDRIO	20
2.6 ÁCIDOS ORGÁNICOS	23
2.6.1 ÁCIDO LÁCTICO	23
2.6.2 ÁCIDO ACÉTICO	24
2.6.3 ÁCIDO CÍTRICO	25
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
4. JUSTIFICACIÓN	27
5. OBJETIVOS	28
5.1 GENERAL	28
5.2 ESPECÍFICOS	28
6. HIPÓTESIS	29
7. VARIABLE DEPENDIENTE	30
8. VARIABLES INDEPENDIENTES	30
9. MATERIAL Y EQUIPO	31
9.1 CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO	31
9.2 EQUIPO	32
9.3 REACTIVOS	35
10. MÉTODO	36
10.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO	36
10.1.1 CONDICIONES AMBIENTALES	36
10.1.2 REQUISITOS DE LA INSPECCIÓN	36

	PÁG.
10.1.3 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES	36
10.1.4 MÉTODO DE MEZCLADO	36
10.1.5 ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS	39
10.2 APARATO DE EROSIÓN ÁCIDA	40
10.3 PROCEDIMIENTO	40
10.4 TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	42
10.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
11. RESULTADOS	43
11.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
12. DISCUSIÓN	49
13. CONCLUSIONES	53
14. FUENTES DE INFORMACIÓN	54

1. INTRODUCCIÓN

El cemento de ionómero de vidrio fue introducido gracias a las investigaciones de Alan D. Wilson y Briand E. Kent en 1971; y en 1975 en el mercado y en la práctica clínica, se conoció inicialmente como ASPA (Alumino Silicate-PolyAcrylate) posteriormente obtuvo el nombre de cemento de ionómero de vidrio.¹⁻³

Inicialmente se dió a conocer el cemento de silicato, el cual por sus propiedades ópticas, anticariogénicas y su coeficiente de expansión térmica cercano al de los tejidos dentales era empleado principalmente para la restauración de dientes anteriores; sin embargo presentaba grandes desventajas, como la irritación pulpar y la falta de adhesión al diente.⁴

Posteriormente y conservando las propiedades de los cementos de silicato se ideó el cemento de ionómero de vidrio, sustituyéndose el ácido fosfórico por el poli (ácido acrílico), solucionando así las desventajas que presentaba.

Los cementos de ionómero de vidrio por sus propiedades son actualmente empleados como materiales cementantes, materiales restauradores, selladores de foseas y fisuras y como forro o base.

Aunque ha sufrido numerosas modificaciones a través del tiempo, como la incorporación de metales (aleaciones de plata-estaño y plata-paladio)³, así como resinas en su composición³, una de las grandes desventajas que ha prevalecido es la solubilidad, la cual se presenta durante las primeras 24 horas después de haberse colocado en la cavidad bucal; debido a que durante los primeros cinco minutos dentro de ésta, los cementos de ionómero de vidrio son susceptibles a absorber agua, provocando una porosidad en la superficie del cemento lo que favorece la pérdida de material restaurador.

Por lo cual para obtener tratamientos clínicos exitosos es necesario el uso de materiales que ofrezcan mayor tiempo de vida dentro de la cavidad bucal, considerando que es un medio ambiente con cambios de pH, lo que provoca el deterioro de los materiales de restauración empleados.

Por tal motivo, el objetivo de este estudio es valorar *in vitro* la capacidad erosiva de soluciones de ácido láctico, ácido acético y ácido cítrico sobre tres ionómeros de vidrio indicados como material de restauración.

Para el desarrollo de la investigación se empleó el método de prueba de la Norma No.96 de la Asociación Dental Americana (ADA) para cementos dentales a base de agua, y de esta forma compararlos y verificar su capacidad para soportar concentraciones ácidas que son encontradas dentro de la dieta.

Así mismo espero que este trabajo aporte información al tema y entregue una visión más objetiva y complementaria acerca del uso del ionómero de vidrio como un elemento útil dentro de las restauraciones odontológicas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Los cementos dentales modernos se encuentran basados en inventos realizados a mediados del siglo XIX. Entre ellos podemos mencionar al cemento de cloruro de magnesio en 1856 por Sorel, y alrededor de los años 20's se establecieron tres cementos: cemento de fosfato de zinc, cemento de óxido de zinc y eugenol y cemento de silicato.

La reacción de liberación de iones por parte del vidrio de alúmina y sílice al reaccionar con un ácido, fue empleada para formular el primer material de uso odontológico logrando restauraciones con armonía óptica: llamado *cemento de silicato*.⁶

El cemento de silicato era empleado para la restauración de dientes anteriores, su composición era a base de un polvo de vidrio de fluoroalúmino-silicato y un líquido a base de ácido fosfórico; logrando ciertas ventajas, como la acción anticariogénica por la liberación de fluoruro y un coeficiente de expansión térmica muy cercano a los valores de los tejidos del diente; sin embargo provocaba irritación por la presencia del ácido fosfórico y no se adhería al diente, razón por la cual ha dejado de usarse.

En 1966, D.C. Smith introdujo al mercado el primer cemento adhesivo: el carboxilato de zinc. Este cemento se formaba por la mezcla de un polvo a base de óxidos de zinc y magnesio más un líquido que era una solución acuosa de poli (ácido acrílico).⁵

El cemento de ionómero de vidrio se introdujo en Inglaterra, gracias a las investigaciones de laboratorio de los ingleses Alan D. Wilson y Brian E. Kent, en 1971, siendo una combinación del líquido del cemento de carboxilato con el polvo del cemento de silicato, aprovechando las propiedades de adhesión química del carboxilato, así como la liberación de fluoruro y la estabilidad dimensional del silicato.^{1, 2, 4, 7, 8} La manipulación de este cemento formaba una masa plástica que al endurecer producía fosfatos de aluminio.⁹

El primer producto comercial de ionómero de vidrio se conoció con el nombre de ASPA (De Trey).³ Este cemento se introdujo en los 70, con un líquido a base de poli (ácido acrílico) y un polvo a base de silicato de aluminio.⁵

La introducción formal del cemento de ionómero de vidrio en la práctica clínica, y en el mercado fue gracias a John Mac Lean en el Congreso Dental Australiano, en 1975.^{1, 2, 10}

Posteriormente apareció el ionómero FUJI II, con propiedades mejoradas en comparación con el cemento ASPA.

Los cementos de ionómero de vidrio empleados actualmente, presentan una reacción similar a los cementos de silicato, la diferencia es el empleo de poli (ácidos acrílicos) disueltos en agua, lo que provoca baja solubilidad en el medio bucal de las sales de aluminio y la posibilidad de adhesión a la estructura dental.⁶ Continuamente se han perfeccionado y tomado gran importancia en el campo odontológico incluso, existen presentaciones que contienen partículas de Ag-Sn (*mezcla milagrosa*) o Ag-Pd (*cermets*).³

Wang et. al., refieren que algunos cementos de ionómero de vidrio se han modificado con la adición de pequeñas cantidades de monómeros de resina como el HEMA (hidroxietil metacrilato) y el BisGMA (bisfenol A glicil metacrilato) con el fin de permitir mayor unión del material a la estructura dental, lo que consiste en modificar el poliácido con cadenas de fotopolimerizado.¹⁰ Ellakuria et. al., mencionan que en 1988 se modificó el cemento de ionómero de vidrio, por uno modificado con resina con la finalidad de mejorar la sensibilidad a la humedad y el desgaste mecánico temprano de los cementos convencionales.¹¹

2.2 IONÓMERO DE VIDRIO

2.2.1 CARACTERISTICAS

En las normas o especificaciones internacionales ISO (Organización Internacional de Estandarización, por sus siglas en ingles) y ADA es utilizada la verdadera denominación química de estos materiales: *cementos basados en poli (ácido alquenoicos) o cementos de polialquenoato de vidrio.*⁹

Sin embargo por la presencia de agua en su composición, los cementos de ionómero de vidrio, son considerados dentro de la Norma 96 de ADA como cementos a base de agua.

Las principales características del cemento de ionómero de vidrio son las siguientes:

- Translúcido
- Baja solubilidad
- Buena adhesión a las estructuras dentarias
- Acción anticariogénica, debido a la liberación de iones fluoruro.
- Coeficiente de expansión térmica cercano a los tejidos del diente

2.2.2 CLASIFICACIÓN

Aunque la Norma correspondiente no los clasifica de acuerdo a su composición o uso, en el mercado existen a disposición del odontólogo cementos de ionómero de vidrio para:

- ∂ Cementación
- ∂ Protección pulpar
- ∂ Restauración

2.2.3 INDICACIONES Y USOS

De acuerdo a sus características de formulación y comportamiento, los cementos de ionómero están indicados como:

- ∂ Cementos: Usados para fijar estructuras hechas fuera de la boca a tejidos dentales.
- ∂ Forro o base: Compatible con cualquier tipo de restauraciones dentales.

- ∂ Restauración: En zonas donde no se reciban fuerzas de oclusión.
- ∂ Sellador de fosetas y fisuras: En dientes posteriores temporales, por presentar acción anticariogénica, resistencia a la compresión y adhesión específica.

Otras indicaciones en donde pueden ser empleados son²:

- Cavidades clase III, que se extienden por la superficie vestibular y tienen acceso por palatino pero que no coinciden con áreas de contacto proximal y/o con el diente antagónico.
- Recubrimiento de emergencia en dientes anteriores fracturados
- Restauraciones de dientes primarios, gracias a la liberación de fluoruro (Odontopediatría).¹⁰
- Abrasiones y lesiones cervicales (Odontogeriatría).¹⁰

2.2.4 CONTRAINDICACIONES

Estos cementos por ser materiales frágiles y presentar poca resistencia al desgaste están contraindicados en áreas sujetas a grandes cargas oclusales, como son las siguientes situaciones²:

- Restauraciones clase IV.
- Restauraciones amplias clase I.
- Restauraciones clase II.
- Restauraciones de áreas vestibulares grandes, en donde la estética es lo más importante.

2.2.5 COMPOSICIÓN

Su presentación comercial es en forma de polvo y líquido, en la Tabla 1 se observan los componentes de cada uno:

Tabla 1. Composición de los ionómeros ¹²	
Ionómero de vidrio	
Polvo	Líquido
SiO ₂	Poli (ácido acrílico)
Al ₂ O ₃	Ácido itacónico
AlF ₃	Ácido tartárico
CaF ₂	Ácido maleíco
NaF	Ácido tricarbóxico
Al ₃ PO ₄	Agua

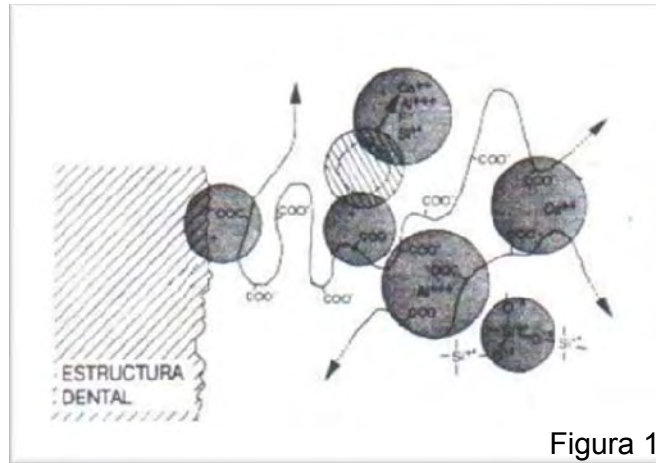
El polvo es un vidrio de fluor-alumino-silicato de calcio soluble en los ácidos, contiene porciones de iones lantano, estroncio, bario y óxido de zinc que le otorgan la propiedad de radiopacidad.¹²

El líquido en su forma original es una solución acuosa de poli (ácido acrílico) a una concentración del 40 a 50%. Este líquido es muy viscoso, y con tendencia a la gelificación al cabo del tiempo. En los cementos actuales el poli (ácido acrílico) se presenta en forma de copolímero con ácidos como el itacónico, maleico o tricarbóxico; estos ácidos ayudan a disminuir la viscosidad y reducir la tendencia a la gelificación; otro ácido presente es el ácido tartárico, que provoca un aumento en el tiempo de trabajo.¹²

2.2.6 REACCIÓN QUÍMICA

El cemento de ionómero de vidrio presenta una *reacción ácido-base*; una vez realizada la mezcla, el polvo al reaccionar con el líquido incorpora protones (iones hidrógeno de la ionización del poli ácido) a su estructura vítrea formando un gel de sílice, desplazando los cationes de calcio, estroncio, zinc y aluminio; formándose la matriz de la estructura nucleada final.⁶

Existen dos etapas que se llevan a cabo durante la reacción química de los cementos de ionómero de vidrio: El *fraguado inicial*; se caracteriza por la formación de una matriz de polisales de calcio, estroncio o zinc, en este instante la mezcla adquiere una consistencia endurecida (4-7 minutos^{1, 6}); y en seguida sucede una precipitación de polisales de aluminio, es decir, se produce el *fraguado final* del cemento, como se observa en la Figura 1. Si el cemento no es protegido lo suficiente para que se complete la reacción de endurecimiento, la matriz se disuelve y por consiguiente el material se deteriora.^{6, 13}



La salida de los iones fluoruro del polvo no interviene en la reacción de fraguado, estos iones quedan libres en la estructura y se liberan al estar en contacto con el medio bucal.⁶

2.2.7 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Las principales propiedades fisicoquímicas de los cementos de ionómero de vidrio se mencionan a continuación^{4, 6, 13}:

- > Aislante térmico y eléctrico.
- > Solubilidad baja por la formación de sal de aluminio.
- > Tiempo de fraguado de 5-9 minutos.
- > Espesor de película menor a 25 micras.
- > Baja resistencia a la compresión.
- > Baja resistencia a la abrasión.
- > No interfiere en las reacciones químicas de otros materiales de restauración.
- > Presenta tixotropismo.
- > Adhesión específica a las estructuras dentarias. Se produce por la quelación de los grupos carboxílicos de los poliácidos con el calcio de la apatita del esmalte y la dentina, siendo mayor el grado de adhesión a la dentina², de 6-12 MPa,¹⁰ mientras que otros autores indican que la adhesión con este tejido es de aproximadamente 60 a 120 MPa, como lo menciona Narciso Baratieri en su texto.²

2.2.8 RESPUESTA BIOLÓGICA

Aunque son ácidos inicialmente los cementos de ionómero de vidrio, en corto tiempo alcanzan neutralidad y por ello son poco irritantes para el tejido pulpar.

Su prolongada liberación de fluoruro provoca la formación de fluorapatita en el tejido dentario, aumentando así la resistencia del diente al ataque ácido y por ello a la caries.^{4, 12, 14}

2.2.9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS⁴

De los cementos de ionómero de vidrio se pueden mencionar las siguientes ventajas:

- > Presenta propiedades fisicoquímicas adecuadas.
- > Presenta acción anticariogénica, por la liberación de fluoruro.

Y en cuanto a sus desventajas, se encuentran las siguientes:

- > Costos elevados.
- > No presentan adhesión química a la porcelana ni a aleaciones de oro.
- > Son solubles en las primeras 24 horas.
- > No permiten variables en su manipulación.

2.2.10 MANIPULACIÓN

Por sus características y propiedades, estos cementos son muy sensibles en su manipulación. Las causas que determinan el éxito o fracaso de una restauración de ionómero de vidrio, son la correcta proporción polvo-líquido, y la adecuada manipulación del cemento.

Para manipular el cemento se deben seguir las instrucciones del fabricante, debido a que las proporciones, tiempos de mezclado y trabajo son muy estrictos: la mezcla se debe realizar en un bloque de papel preparado por el fabricante o en una loseta de vidrio, preferentemente fría y seca, esto ayuda a retardar la reacción y aumenta el tiempo de trabajo. Deben emplearse espátulas de acero inoxidable o de titanio recubiertas de teflón que no son abrasionadas por el polvo del cemento o bien espátulas de plástico. Las superficies a restaurar deben estar limpias con la finalidad de permitir una mejor adhesión al tejido dental.

Una vez colocada la proporción polvo-líquido sobre la loseta se debe iniciar inmediatamente con el procedimiento de mezclado ya que una exposición prolongada a la intemperie puede alterar esta proporción y provocar evaporación de H₂O.¹² El uso del cemento debe ser mientras conserva su aspecto brillante y así obtener la máxima adhesión con el tejido dental.

Cuando se usa como material restaurador, la superficie del cemento expuesta al ambiente bucal debe ser protegida con algún barniz, grasa o resina líquida de endurecimiento rápido. Hotta et al.,¹⁵ mencionan que la aplicación de una adecuada capa de resina sobre el cemento mantiene preservada la estructura superficial ante el ataque ácido aumentando su durabilidad en la cavidad bucal.

2.2.11 VARIABLES EN SU MANIPULACIÓN

La manipulación de los cementos de ionómero de vidrio no admite variantes, ya que provocaría la falta de adhesión al diente, la falta de liberación de iones fluoruro, irritación pulpar, además de una reacción de fraguado ácido-base deficiente.

La cantidad de polvo insuficiente aumenta la solubilidad y disminuye la resistencia a la abrasión del cemento endurecido. Mientras que el exceso de polvo reducirá la cantidad de ácido libre disponible para producir la unión química, y disminuirá la translucidez.

Para evitar los inconvenientes de la manipulación manual, existen productos encapsulados que contienen una cantidad predeterminada de líquido y polvo. La mezcla se realiza mecánicamente tras romper el sellado de separación entre el polvo y el líquido. La cápsula contiene un aplicador a través del cual la mezcla se puede inyectar directamente en la preparación dentaria. Las ventajas principales son la comodidad, un control de la proporción polvo/líquido y la eliminación de variaciones que se asocian al espátulado manual.¹²

2.2.12 VARIANTES EN SU PRESENTACIÓN

Existen algunas presentaciones a las cuales se han agregado materiales metálicos o resinas, con la intención de mejorar algunas propiedades mecánicas.

Dentro de los ionómeros modificados con metales encontramos dos variantes: “*mezcla milagrosa*” que contiene polvo metálico (plata sola o aleación plata-estaño) que el odontólogo agrega o, los *cermet*, que consisten en la sinterización (unión a altas temperaturas y presión) de las partículas de vidrio con partículas de plata u oro.¹⁴

Existen además ionómeros híbridos o modificados con resina, son fotopolimerizables por adicionarles monómeros de metacrilato e hidroxietil metacrilato (HEMA); se emplean principalmente para la cementación de restauraciones.¹⁴

2.3 pH EN LA CAVIDAD BUCAL

El pH bucal (saliva) se encuentra entre 6.8 y 7.2; valores muy cercanos a la neutralidad. Un pH ácido resultaría perjudicial para los tejidos blandos (úlceras), tejidos duros (desmineralización) y materiales de restauración.

La neutralidad del ambiente bucal se mantiene gracias a la existencia de sistemas amortiguadores (buffers o tampones) en la saliva. El *sistema salival bicarbonato/ácido carbónico* es el principal componente regulador de pH en la cavidad bucal y en el esófago. Durante el sueño, el contenido de bicarbonato baja y los péptidos salivales, ricos en histidina, y los fosfatos contribuyen a mantener el pH neutro.

Se ha comprobado que en individuos con procesos cariosos activos, el pH salival es más bajo de lo normal. Por lo que un pH salival de 3 a 3.5 se asocia con una alta prevalencia de caries.

La saliva presenta altas concentraciones de iones calcio (Ca^{++}) y de iones fosfato (PO_4^{3-}); cuando el pH es elevado y hay aumento del flujo salival, se provoca la combinación y precipitación de estos iones como sales insolubles. La precipitación de estas sales ayuda a reparar la desmineralización incipiente del esmalte y la dentina (manchas blancas), sin embargo favorece la formación de sarro sobre los dientes, aumentando en esta zona la concentración de iones hidroxilo (OH^-) en comparación con el resto de la cavidad bucal.

Silva¹⁶ y cols., mencionan que cuando la saliva presenta un pH de 5.5 actúa protegiendo al esmalte, mientras que un pH de 6.5, protege a la dentina. En cambio en presencia de fluoruro el pH no es el mismo, ya que su liberación en los materiales de restauración, contribuye a equilibrar el pH oral y de esta forma reducir los períodos de desmineralización y aumentar los períodos de remineralización.

Hotta¹⁵ et al., han reportado que el ácido láctico producido por el metabolismo de la placa dentobacteriana ataca a los cementos dentales provocando su desgaste. Esto se debe a que en la boca hay fluidos que provocan en los cementos, un cierto grado de erosión así como su disolución.

Los microorganismos cariogénicos, los productos de una dieta rica en carbohidratos y la saliva son los responsables del ambiente ácido dentro de la cavidad oral. Silva¹⁶ et al., mencionan que las características físicas y químicas así como los aspectos de la cavidad oral, pueden influir en las propiedades de los materiales de restauración. Por ejemplo, el pH del biofilm dental (comunidad bacteriana inmersa en un medio líquido y adherida a un sustrato o superficie¹⁷) presenta variaciones durante la desmineralización y remineralización, indicando que el ambiente influye en la liberación de fluoruro de los materiales de restauración debido a los cambios físicos y químicos de la estructura de los materiales.

2.4 EROSIÓN DENTAL

La erosión es el proceso de destrucción gradual de una superficie por procesos electrolíticos o químicos. Mohamed-Tahir¹⁸ y col., definen a la erosión dental como la pérdida de tejidos dentales mineralizados por procesos químicos que no incluyen la acción de microorganismos y esto se debe a cualquier fuente ácida ya sea intrínseca o extrínseca (Eccles, 1979).

Los ácidos responsables de la erosión dental no son producto del metabolismo de la flora bucal, sino de los componentes de la dieta, las fuentes ocupacionales, trastornos alimenticios o enfermedades sistémicas.

La erosión dental se clasifica según el origen de los ácidos en:

Erosión extrínseca¹⁹

Se debe a la acción de ácidos exógenos (externos al cuerpo), como son la contaminación y los aerosoles en el medio ambiente ocupacional (ácidos industriales); agua acidificada por la cloración de piletas de natación; medicamentos de administración oral como suplementos de hierro, medicamentos digestivos para pacientes con aclorhidria (falta de ácido clorhídrico en la secreción gástrica), ácido ascórbico (vitamina C) en bebidas dietéticas o tabletas masticables; y ácidos de componentes de la dieta como jugo de frutas (cítricos) y bebidas carbonatadas. Estos últimos son la principal causa etiológica de las erosiones exógenas¹⁸, ya que el pH varía de una dieta a otra como se observa en la Figura 2.

Sustancia/Disolución	pH
Disolución de HCl 1 M	0,0
Jugo gástrico	1,5
Zumo de limón	2,4
Refresco de cola	2,5
Vinagre	2,9
Zumo de naranja o manzana	3,0
Cerveza	4,5
Café	5,0
Té	5,5
Lluvia ácida	< 5,6
Saliva (pacientes con cáncer)	4,5 a 5,7
Leche	6,5
Agua pura	7,0
Saliva humana	6,5 a 7,4
Sangre	7,35 a 7,45
Orina	8,0
Agua de mar	8,0
Jabón de manos	9,0 a 10,0
Amoníaco	11,5
Hipoclorito de sodio	12,5
Hidróxido sódico	13,5

Figura 2

Erosión intrínseca¹⁹

Ocasionada por la acción del ácido gástrico endógeno (interno) en contacto con las piezas dentarias durante vómitos, regurgitaciones o reflujos repetidos. Los trastornos alimenticios de origen psicosomático como la anorexia y la bulimia son la causa de reflujos y vómitos autoinducidos que ocasiona las erosiones dentales, siendo la principal manifestación clínica de estos trastornos. Otras causas son las enfermedades gastrointestinales como disfunciones gástricas, hernias hiatales y duodenales, úlceras pépticas y reflujos gastroesofágicos, embarazo y alcoholismo.

Erosión idiopática¹⁹

Se produce por el efecto de ácidos de origen desconocido. La anamnesis y el examen clínico no aportan datos para identificar la etiología de las lesiones erosivas.

Las erosiones dentales pueden clasificarse también de acuerdo con la severidad clínica de las lesiones en:

- ∂ Clase I: lesión superficial con compromiso exclusivamente adamantino.
- ∂ Clase II: lesiones localizadas que afectan menos de 1/3 de la superficie y comprometen la dentina.
- ∂ Clase III: lesiones generalizadas con más de 1/3 de la superficie que comprometen la dentina.¹⁹

Clínicamente las lesiones se caracterizan por el redondeamiento de cúspides o pérdidas de sustancia de forma plana en las superficies lisas de las piezas dentarias cuando comprometen el esmalte; al llegar a la dentina el socavamiento es más intenso y las superficies adoptan una forma cóncava, su localización varía según el origen del agente etiológico, además se observan márgenes nítidos, con bordes lisos y pulidos en la estructura dental.

2.5 EROSIÓN DEL IONÓMERO DE VIDRIO

Mohamed-Tahir¹⁸ y col., hacen mención de que la exposición a ácidos extrínsecos (externos al cuerpo) o intrínsecos (internos al cuerpo) y el bajo pH en la boca no solo causan la erosión de los cementos de ionómeros de vidrio sino también de las restauraciones dentales presentes. Entre los factores que causan cambios de pH en la cavidad bucal señalan a los problemas gástricos (regurgitación gástrica, vómitos), los problemas alimenticios (bulimia, anorexia), y a los componentes de la dieta.

Cuando se efectúa la prueba de ADA a los cementos de ionómero de vidrio en un medio ácido (ácido láctico 0.001N), los valores son bajos en comparación con los valores para los cementos de fosfato de zinc y de policarboxilato de zinc. Así la especificación No. 96 de ANSI/ADA establece que la velocidad máxima de erosión en ácido para el cemento de ionómero de vidrio debe situarse en 0.05 mm/hora.¹⁴

La solubilidad medida del cemento de ionómero de vidrio en agua durante las primeras 24 horas es alta y similar a la del cemento de silicofosfato. Esta desventaja del cemento se relaciona con la rápida liberación de sodio y fluoruro, ya que entra en contacto con el medio bucal lo que estimula su liberación en cantidades relativamente altas.¹²

Wang¹⁰ et al., explican que el contacto temprano con agua no influye en las propiedades de los cementos de ionómero de vidrio, contrario a las instrucciones publicadas por los fabricantes, por lo que no hay necesidad de colocarles una capa de resinas para cubrirlos de la humedad.

Wang⁷ et al., señalan que existen estudios previos donde se observó un aumento en la solubilidad de los cementos de ionómero de vidrio al disminuir el pH ambiental. Mientras que Walls menciona que los cementos de ionómero de vidrio presentan resistencia a la erosión a un pH mayor a 6, pero es propenso a la erosión a un pH 4. En este mismo reporte, se describe el empleo de cementos de ionómero de vidrio (Fuji IX y Ketac Molar) y notaron menores propiedades mecánicas con líquidos de pH 3 que con pH 5 y 7. Estos resultados concuerdan con otros estudios que se han realizado, donde reportan que existe una degradación del cemento de ionómero de vidrio en ácido acético con pH 3. Se ha indicado también, que los ionómeros de vidrio no se degradan a pH 5, mientras que a pH de 5.5 a 6.5 se provoca la desmineralización de la hidroxiapatita. Es por eso que indican el empleo de los cementos de ionómero de vidrio como material de restauración en pacientes con alto riesgo de caries.

Aliping-Mackenzie⁸ y cols., hacen referencia de que la dieta presenta un rol importante en la etiología de la erosión dental, a la cual se le ha dado mayor atención, sobre todo a los jugos frutales. En su investigación estudiaron la interacción entre cementos de ionómero de vidrio convencional, ionómeros de vidrio modificados con resina y compómeros con bebidas ácidas, con el objetivo de investigar cómo afecta a largo plazo su contacto con soluciones de bajo pH. Estos estudios demostraron que el cemento de ionómero de vidrio

convencional se disuelve completamente en jugos de manzana y naranja, pero sobrevive en Coca-Cola, con una reducción en su dureza después de un año. Mientras que los cementos modificados con resina y los compómeros sobreviven en jugo de naranja y manzana pero con una gran reducción en la superficie dura, en comparación con Coca-Cola.

Gömec²⁰ et al., realizaron una investigación para observar si la microdureza de la superficie de ciertos cementos de ionómero de vidrio (Fuji IX GP, Vitremer, Dyract AP, Prodigy) era influenciada por soluciones acuosas de ácido láctico (pH 3.61), ácido ortofosfórico (pH 1.95), ácido cítrico (pH 3.23) y ácido acético (pH 2.45) además de agua bidestilada. Los pH empleados en esta investigación son similares a los encontrados en la dieta como el yogurt, Coca-Cola, jugo de limón y vinagre. Las conclusiones demostraron que el ácido cítrico y el ácido acético reducían la microdureza, mientras que el ácido láctico y ortofosfórico incrementaban la microdureza de Fuji IX GP y el Vitremer; mientras que la microdureza de Dyract AP y Prodigy se redujo significativamente en la media ácida. Es decir, el ácido cítrico en comparación con el ácido fosfórico y ácido láctico es el medio más agresivo para los cementos de ionómero de vidrio ya que reduce sus propiedades mecánicas. Esto se debe a que la concentración de iones H^+ y la formación de complejos solubles entre los aniones ácidos y los cationes metálicos en el sistema del cemento, ayudan a controlar el grado de erosión del cemento de ionómero de vidrio en soluciones ácidas orgánicas. La disolución de los cementos de ionómero de vidrio en ácido acético es controlada por la difusión de la matriz del cemento, la cual depende de la concentración de iones H^+ . Mientras que la disolución de los cementos de ionómero de vidrio en el ácido cítrico depende de la difusión y la reacción entre los aniones ácidos y la superficie del cemento.^{18, 20, 21}

Fukasawa²¹ et al., demuestran que la inmersión del cemento de ionómero de vidrio en la solución buffer de ácido cítrico produce una severa erosión sobre la superficie, provocando que se disuelva más rápido la matriz del cemento. Esto demuestra que la reacción, entre los cationes metálicos de la matriz del cemento y los aniones del ácido cítrico de la sustancia buffer, ocurre en la superficie del cemento, mientras que la inmersión a largo plazo en soluciones buffer de ácido acético y ácido láctico, da lugar a la disolución completa de las partículas de vidrio y la presencia de gran cantidad de poros cerca de la superficie del cemento.

Gömec²⁰ et al., mencionan que existe un incremento del pH de soluciones lácticas donde fueron almacenados cementos de ionómero de vidrio convencionales y modificados con resina. Posteriormente en otra investigación Nicholson et al., observaron que las soluciones ácidas fosfóricas y lácticas son benignas para los cementos de ionómero de vidrio, ya que los materiales aumentan el pH del medio hacia la neutralidad. También explicaron que existe un acoplamiento entre el ácido láctico acuoso y la pérdida erosiva del cemento de ionómero de vidrio convencional. Esto se ocasiona porque entre la reacción del cemento y la solución de ácido láctico, se forma una pequeña cantidad de lactato de vidrio insoluble que impide su desgaste. Sin embargo, se han detectado daños y desgastes en las superficies oclusales y superficies sin

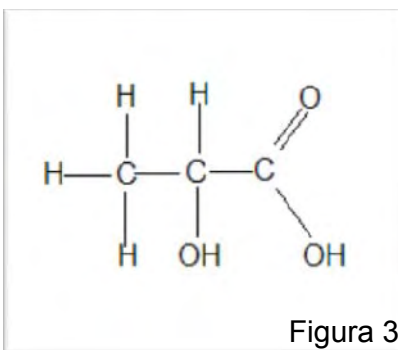
carga masticatoria de las restauraciones realizadas con estos materiales, lo que sugiere que los agentes químicos a los que son expuestos en la cavidad bucal influyen también en su degradación *in vivo*.

Mohamed-Tahir¹⁸ et al., mencionan que el incremento en la superficie áspera de los cementos de ionómero de vidrio provocada por los ácidos a los que fueron expuestos, los hace más susceptibles a la adhesión bacteriana, a la decoloración de la superficie y a la irritación gingival, provocándose un mayor riesgo en el incremento de caries y enfermedad periodontal.

2.6 ÁCIDOS ORGÁNICOS

2.6.1 *ÁCIDO LÁCTICO*²²

Ácido α -hidroxipropiónico; ácido de la leche.
 $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ (Figura 3).



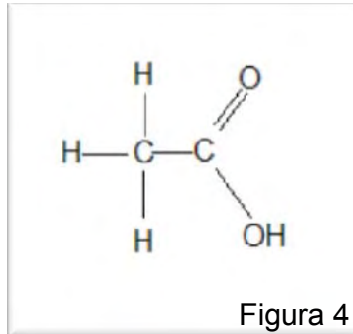
Propiedades: líquido siruposo incoloro o amarillento, inodoro e higroscópico, punto de ebullición 122°C (15mm); punto de fusión 18°C ; miscible en agua, alcohol, glicerina y furfural; insoluble en cloroformo, éter de petróleo, disulfuro de carbono. No puede destilarse a presión atmosférica sin descomposición; cuando está a una concentración superior al 50%, se convierte parcialmente en anhídrido láctico. Tiene un carbono asimétrico y dos isómeros enantiomórficos. La forma comercial es una mezcla racémica.

Obtención: a) por fermentación de almidón, suero de leche, melazas, patatas, y neutralización del ácido con carbonato de zinc o calcio a medida que se forma. La solución de lactatos se concentra y descompone con ácido sulfúrico; b) sintéticamente, por hidrólisis de lactonitrilo.

Usos: productos de lechería, como acidulante, productos químicos (sales, plastificantes, adhesivos, productos farmacéuticos); mordiente en el teñido de la lana; aditivo de alimentos de uso general, fabricación de lactatos.

2.6.2 ÁCIDO ACÉTICO²²

Ácido etanoico, ácido del vinagre, ácido metanocarboxílico.
CH₃COOH (Figura 4).



Ácido acético glacial es el nombre del compuesto puro (99.8% mínimo), que lo diferencia de las soluciones acuosas frecuentemente halladas y que reciben el nombre de ácido acético.

Propiedades: líquido claro e incoloro; olor muy picante. Punto de fusión 16°C; punto de ebullición 118°C (765 mm), 80°C (202 mm); viscosidad (20°C) 1.22 cP; punto de inflamación (vaso abierto) 43°C; índice de refracción 1.3715 (20°C). Miscible en agua, alcohol, glicerol y éter; insoluble en sulfuro de carbono; temperatura de autoignición 426°C. Combustible.

Obtención: a) oxidación catalítica de gases de petróleo en fase líquida y vapor; b) oxidación de acetaldehído; c) reacción del metanol con monóxido de carbono (con catalizador). Este es el método más económico y ha sido utilizado habitualmente durante algunos años; d) oxidación fermentativa del etanol.

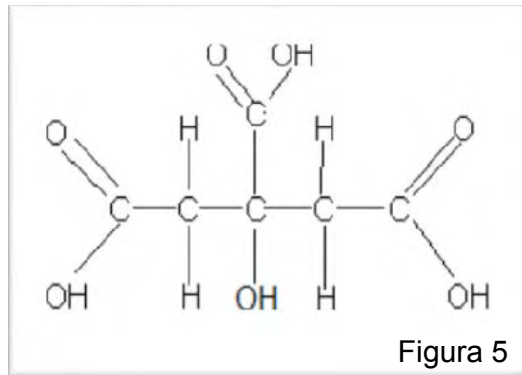
Peligros: moderado riesgo de incendio. El ácido acético puro es moderadamente tóxico por ingestión e inhalación, pero la sustancia diluida ha sido aprobada por la Administración de Alimentos y Fármacos (FDA, por sus siglas en inglés) para el uso en alimentos. Poderoso irritante de la piel y tejidos.

Usos: elaboración de anhídrido acético, acetato de celulosa y monómero de acetato de vinilo; ésteres acéticos; ácido cloroacético; producción de plásticos, productos farmacéuticos, colorantes, insecticidas, productos químicos para fotografía, aditivo de los alimentos (acidulante); coagulante del látex; acidificador de pozos de petróleo, estampado de telas.

2.6.3 ÁCIDO CÍTRICO²²

Ácido 2-hidroxi-1, 2, 3-propano-tricarboxílico.

HOOCCH₂C(OH)(COOH)CH₂COOH-H₂O (Figura 5)



Propiedades: cristales o polvo translúcidos, incoloro, inodoro, fuerte sabor ácido, la forma hidratada es fluorescente en aire seco. Punto de fusión 153°C (forma anhidra); se descompone antes de hervir. Soluble en alcohol, agua, éter. Combustible.

Procedencia: en células vivas, tanto animales como vegetales.

Obtención: por fermentación degradante de carbohidratos, incluida fermentación profunda; a partir del limón, lima, jugo de piña, melazas.

Calidades: las dos formas, hidra (hidratada) y anhidra (técnica).

Usos: preparación de citratos, extractos de aromas, confecciones; bebidas refrescantes; sales efervescentes; acidificante; agente dispersante; medicina; acidulante y antioxidante en alimentos, agente secuestrante; agente limpiador y pulimentador para acero inoxidable y otros metales; resinas alquídicas; mordiente; eliminación del dióxido de sulfuro de los gases de desecho de fusión; caída de los cítricos en la cosecha, productos lácteos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cementos de ionómero de vidrio han sido utilizados desde los años 70's y continuado hasta la actualidad como materiales de cementación, bases, forros y restauración. Sin embargo ha prevalecido una de sus desventajas dentro de sus propiedades físico-químicas, la erosión ante el ataque de sustancias ácidas encontradas en la dieta.

Estos cementos de restauración son más susceptibles a presentar erosión durante las primeras 24 horas de haber sido manipulado, durante este tiempo se debe completar la reacción química de endurecimiento, de lo contrario si entra de forma temprana en contacto con el medio bucal se impide la reacción y se ocasiona pérdida del material.

En la Norma No. 96 de ADA mencionan que la erosión de los cementos de ionómero de vidrio en presencia de ácido láctico es de 0.05 mm/hr, sin embargo en la cavidad bucal no solo encontramos esta solución que influya en la integridad de las restauraciones dentales, sino que existen otras más como el ácido acético y ácido cítrico.

La probabilidad que se presente erosión en los cementos de ionómero de vidrio es alta debido a que existe un alto consumo de sustancias ácidas como bebidas refrescantes, jugos de fruta, cítricos, ensaladas, entre otros alimentos, lo que influye directamente en la integridad de la restauración y en su tiempo de vida dentro de la cavidad bucal, dando como resultado la temprana erosión del material.

4. JUSTIFICACIÓN

Los avances en Odontología han aumentado y de igual manera el uso de los materiales de restauración, y en nuestro caso, el uso de los cementos de ionómero de vidrio como materiales de restauración. El cemento de ionómero de vidrio constantemente se ha actualizado y mejorado, al ser modificado con resinas, metales o aleaciones, pero aun así sigue conservando sus propiedades físico-químicas. Sin embargo, se ha mantenido una de sus desventajas, la erosión, que se presenta al estar en contacto con soluciones ácidas dentro de la cavidad bucal manifestada en las primeras horas después de haberse mezclado y como restauración.

Son pocos los estudios que valoran la pérdida de material de los cementos de ionómero de vidrio ante una exposición a pH constante, por lo que esta investigación servirá para conocer la capacidad erosiva del ácido láctico, el ácido acético y el ácido cítrico sobre tres marcas de ionómero de vidrio para de esta forma saber qué cantidad de material se pierde al estar en contacto con estos ácidos, así como qué ácido es más erosivo.

De esa manera se podrá seleccionar el material más apropiado para cada caso clínico que se presente en la práctica odontológica; ya que con la cantidad de marcas en el mercado es imposible saber cuál es más recomendable y cuál presenta mayor resistencia ante un ambiente ácido dentro de la cavidad bucal.

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

- Conocer la capacidad erosiva de diferentes soluciones ácidas encontradas en la dieta, como son el ácido cítrico, ácido láctico y ácido acético, sobre los cementos de ionómero de vidrio para reconstrucción.

5.2 ESPECÍFICOS

- Valorar la cantidad de material perdido de ChemFlex™ Dentsply al ser expuesto a ácido láctico, ácido cítrico y ácido acético.
- Evaluar la cantidad de material perdido de GC Gold Label Glass Ionomer Universal Restorative, al exponerse a ácido láctico, ácido cítrico y ácido acético.
- Valuar la cantidad de material perdido de Ketac™ Molar Easymix 3M ESPE al ser expuesto a ácido láctico, ácido cítrico y ácido acético.
- Comparar los resultados y determinar qué ácido influye más sobre la erosión del cemento de ionómero de vidrio.

6. HIPOTESIS

- Si se exponen las muestras de cada uno de los cementos de ionómero de vidrio ante el ácido cítrico durante 24 horas continuas, la erosión del material, medido en $\mu\text{M/hr}$, será mayor comparado con el ácido láctico y el ácido acético.

7. VARIABLE DEPENDIENTE

- Erosión.

8. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Ácidos orgánicos: ácido láctico, ácido acético y ácido cítrico.
- Marcas comerciales de ionómero de vidrio para restauración.

9. MATERIAL Y EQUIPO

9.1 CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO:

- ChemFlex™ Dentsply (Figura 6)



Figura 6

- GC Gold Label Glass Ionomer Universal Restorative 2 (Figura 7)



Figura 7

- Ketac™ Molar Easymix 3M ESPE (Figura 8)



Figura 8

9.2 EQUIPOS

- Aparato para provocar la erosión ácida (Figura 9)



Figura 9

- Micrómetro de profundidad, con precisión de $\pm 0.01\text{mm}$ y que la punta de la aguja tenga un extremo plano de 1mm. (Figura 10)



Figura 10

- Cámara ambiental a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ (Figura 11)



Figura 11

- Estufa de temperatura controlada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ (Figura 12)



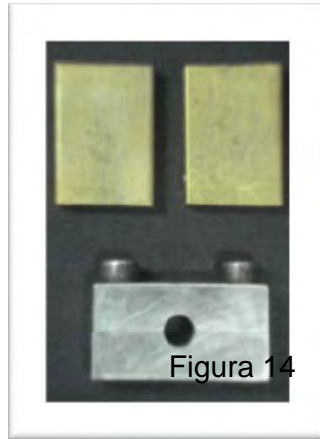
Figura 12

- Cronómetro (Figura 13)



Figura 13

- Molde de dos piezas y placas (Figura 14).



- Prensa (Figura 15)



- Agitador magnético (Figura 16)



- Potenciómetro (Figura 17)

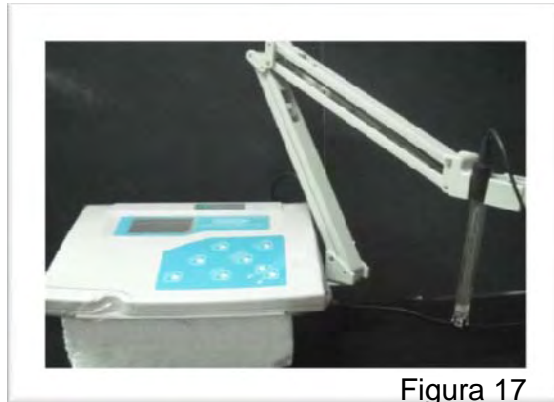


Figura 17

9.3 REACTIVOS

- *Ácido láctico*
- *Ácido acético*
- *Ácido cítrico*

10. MÉTODO

10.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

10.1.1 CONDICIONES AMBIENTALES

Todas las muestras se prepararon a una temperatura de $23 \pm 1^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $60 \pm 5\%$.

10.1.2 REQUISITOS DE LA INSPECCIÓN

Se utilizó la inspección visual para determinar el cumplimiento de:

9 Componentes:

- Líquido. Cuando se sometió a ensayo, el líquido no tenía precipitados o filamentos dentro de su envase. No había señales visibles de gelación.
- Polvo. Cuando se sometió a ensayo, el polvo no tenía materias extrañas.

10 Cemento no fraguado:

- Cuando se mezcló y se realizó el ensayo, el cemento presentó una consistencia homogénea y lisa.

10.1.3 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES

Se prepararon disoluciones de ácido láctico, acético y cítrico 20mM en 6L de agua tridestilada. Una vez realizada la mezcla se midió su pH con el potenciómetro dejándola a un pH de 2.7 ± 0.02 de lo contrario se ajustaba hasta obtener el pH deseado con ácido clorhídrico o hidróxido de sodio.

Las soluciones fueron preparadas 18 horas antes de ser utilizadas, permitiendo con esto la hidrólisis de los ácidos.

10.1.4 MÉTODO DE MEZCLADO

Los cementos se prepararon conforme a las instrucciones del fabricante. Se mezcló una cantidad suficiente de cada cemento garantizando la preparación

de cada muestra a partir de una sola mezcla. Se preparó una mezcla fresca para cada una de las muestras de ensayo.

- GC Gold Label Glass Ionomer Universal Restorative 2 (Figura 18): Se emplearon dos cucharillas rasas de polvo y dos gotas de líquido.

Con la ayuda de una espátula de acero inoxidable se mezcló la primera porción de polvo con el líquido durante 10 segundos, se añadió la segunda porción de polvo y se mezcló perfectamente durante 20 segundos.

Una vez realizada la mezcla se llenó el molde de acero inoxidable (de 6 mm±0.1 mm de altura y 4 mm±0.1 mm de diámetro), y se cubrieron los extremos con papel Mylar.

Inmediatamente se colocó el molde y las placas dentro de la prensa, que sirvieron para sujetar las muestras, apretando firmemente y colocando todo el conjunto en la cámara a 37°C.



Figura 18. Método de mezclado de GC Gold Label Glass Ionomer Universal Restorative 2

- ChemFlex™ Dentsply (Figura 19): Se empleó una medida rasa de la cuchara verde, y se dispensó una gota del líquido.

Con la ayuda de una espátula de acero inoxidable se dividió el polvo en dos partes y se inició mezclando la primera parte con el líquido durante 5 segundos, se añadió la segunda parte y se mezcló durante 10 segundos.

Una vez obtenida la mezcla se llenó el molde de acero inoxidable, se cubrieron los extremos con papel Mylar para colocar el conjunto en la prensa y en la cámara a 37°C durante una hora.



Figura 19. Método de mezclado de ChemFlex™ Dentsply

- Ketac™ Molar Easymix (Figura 20): Se dispensaron dos medidas de polvo rasas y dos gotas de líquido. Posteriormente se realizó la mezcla del polvo y el líquido durante 30 segundos.

Una vez realizada la mezcla se llenó el molde y se colocó dentro de la prensa apretando firmemente para colocarlo después en la cámara a 37°C durante una hora.



Figura 20. Método de mezclado de Ketac™ Molar Easymix

Por cada solución se prepararon 5 muestras de cada cemento 24 horas antes de colocarlas en el aparato de erosión ácida.

10.1.5 ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Transcurrida una hora, se retiró el molde y se pulieron las superficies planas de los extremos de las muestras con ayuda de papel lija de carburo de silicio grano 600 (Figura 21).

Una vez pulidas las muestras, se transfirieron a un molde con algodón húmedo tapándolo herméticamente y se colocó dentro de la Estufa de temperatura controlada a 37°C durante 23±0.5 horas.



Figura 21. Acondicionamiento de las muestras

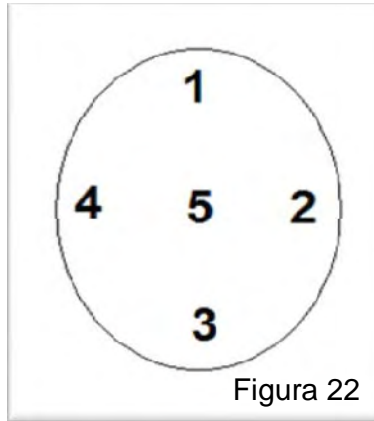
10.2 APARATO DE EROSIÓN ÁCIDA

El aparato para provocar la erosión ácida²³ es un dispositivo encaminado a mantener un flujo constante de líquido sobre la superficie de la muestra de ensayo de cemento. Consiste en una fuente constante de líquido que alimenta a ocho salidas de líquido separados 1mm, con una bomba de recirculación y una reserva de aproximadamente 10 L de capacidad. El flujo de líquido de cada salida fue chorro fue de 120 +/- 4mL/min.

Las muestras se colocan sobre ocho aberturas de una bandeja plástica situada de manera tal que cada muestra de ensayo se encuentre exactamente 10+/- 0.2mm por debajo de la correspondiente salida.

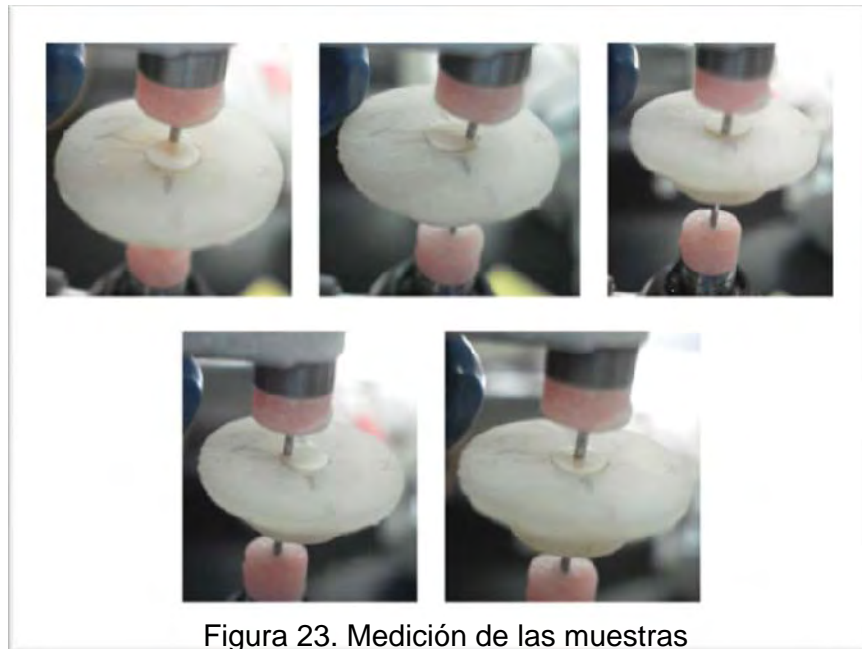
10.3 PROCEDIMIENTO

Inmediatamente después del acondicionamiento de las muestras se midió la profundidad D_1 de las muestras de ensayo dentro de los moldes con la ayuda del micrómetro, tomando el valor medio de cinco lecturas en diferentes puntos de la superficie de la muestra de ensayo como se muestra en la Figura 22 y Figura 23.



Posteriormente se llenó el recipiente del aparato para provocar la erosión ácida con 6 L de la solución correspondiente de ácido y se inició la circulación del líquido, previamente se colocaron las muestras de ensayo en el portamuestras del aparato de erosión ácida. Se accionó el cronómetro y se permitió que el aparato funcionara 24 horas continuas.

Transcurridas las 24 horas, se midió la profundidad, D_2 , tomando como referencia cinco lecturas y de esta forma se calculó la velocidad de erosión de cada una de las muestras.



10.4 TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Se calculó la velocidad de erosión, R , en micras por hora, a partir de la ecuación siguiente:

$$R = \frac{D_2 - D_1}{t}$$

Donde:

D_1 y D_2 , son las profundidades en milímetros.

t , es el tiempo de la erosión, en horas.

10.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se obtuvo con el programa SigmaStat.3.5, 2006. Mediante este análisis se logró la comparación que existe entre las tres marcas de ionómero de vidrio y los tres ácidos orgánicos empleados en el ensayo.

11. RESULTADOS

Con la finalidad de obtener resultados comparables, entre las soluciones de ácido láctico, ácido acético y ácido cítrico se prepararon cinco muestras de cada uno de los cementos, ChemFlex™ Dentsply, GC Gold Label Glass Ionomer Universal Restorative 2 y Ketac™ Molar Easymix 3M ESPE; logrando al final un total de 45 muestras de las cuales se conoce su profundidad inicial (D_1) y final (D_2) obteniendo de esta forma los siguientes resultados:

Las Tablas 2 a 4 presentan los resultados de Fuji II con los diferentes ácidos.

Tabla 2. FUJI (ÁCIDO LÁCTICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D_1)	LECTURA FINAL (D_2)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.877	5.764	4.71
2	5.877	5.756	5.02
3	6.015	5.861	6.42
4	5.860	5.752	4.52
5	5.649	5.447	8.42
PROMEDIO			5.82
DESVIACIÓN ESTANDAR			1.64

Tabla 3. FUJI (ÁCIDO ACÉTICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D_1)	LECTURA FINAL (D_2)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.799	5.601	8.25
2	5.871	5.659	7.56
3	5.976	5.695	11.73
4	5.854	5.644	8.73
5	5.884	5.798	3.56
PROMEDIO			7.97
DESVIACIÓN ESTANDAR			2.93

Tabla 4. FUJI (ÁCIDO CÍTRICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D_1)	LECTURA FINAL (D_2)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.985	5.623	15.08
2	5.963	5.690	11.38
3	5.812	5.360	18.82
4	5.865	5.551	13.10
5	5.678	5.557	5.07
PROMEDIO			12.69
DESVIACIÓN ESTANDAR			5.08

Las Tablas 5 a 7 muestran los resultados de ChemFlex con los ácidos.

Tabla 5. CHEMFLEX (ÁCIDO LÁCTICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D₁)	LECTURA FINAL (D₂)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.934	5.678	10.68
2	5.780	5.440	14.18
3	5.989	5.616	15.56
4	5.687	5.615	3.01
5	5.852	5.584	11.18
PROMEDIO			10.92
DESVIACIÓN ESTANDAR			4.87

Tabla 6. CHEMFLEX (ÁCIDO ACÉTICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D₁)	LECTURA FINAL (D₂)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.827	5.546	11.70
2	5.852	5.698	6.42
3	5.719	5.539	7.51
4	5.834	5.632	8.39
5	6.025	5.829	8.18
PROMEDIO			8.44
DESVIACIÓN ESTANDAR			1.98

Tabla 7. CHEMFLEX (ÁCIDO CÍTRICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D₁)	LECTURA FINAL (D₂)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.966	5.357	25.34
2	5.877	5.330	22.81
3	5.702	5.105	24.88
4	5.806	5.251	23.13
5	5.867	5.290	24.03
PROMEDIO			24.04
DESVIACIÓN ESTANDAR			1.09

Los resultados del comportamiento de Ketac Molar se observan de las Tablas 8 a la 10.

Tabla 8. KETAC MOLAR (ÁCIDO LÁCTICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D₁)	LECTURA FINAL (D₂)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.783	5.724	2.46
2	5.967	5.914	2.23
3	5.693	5.607	3.58
4	5.802	5.757	1.88
5	5.905	5.800	4.37
PROMEDIO			2.9
DESVIACIÓN ESTANDAR			1.04

Tabla 9. KETAC MOLAR (ÁCIDO ÁCETICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D₁)	LECTURA FINAL (D₂)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.943	5.902	1.70
2	5.659	5.616	1.78
3	5.878	5.840	1.58
4	5.789	5.764	1.02
5	5.966	5.923	1.78
PROMEDIO			1.57
DESVIACIÓN ESTANDAR			0.32

Tabla 10. KETAC MOLAR (ÁCIDO CÍTRICO)			
MUESTRA	LECTURA INICIAL (D₁)	LECTURA FINAL (D₂)	EROSIÓN (micras/h)
1	5.868	5.657	8.80
2	5.873	5.678	8.12
3	5.676	5.470	8.58
4	5.772	5.583	7.85
5	5.983	5.774	8.67
PROMEDIO			8.41
DESVIACIÓN ESTANDAR			0.40

La Tabla 11 y las Figuras 24 y 25 revelan los resultados por cemento y solución de forma resumida.

Tabla 11. EROSIÓN ÁCIDA ($\mu\text{m}/\text{h}$)			
	ÁCIDO LÁCTICO	ÁCIDO CÍTRICO	ÁCIDO ACÉTICO
FUJI	5.82 ± 1.64	12.69 ± 5.08	7.97 ± 2.93
CHEMFLEX	10.92 ± 4.87	24.04 ± 1.09	8.44 ± 1.98
KETAC MOLAR	2.90 ± 1.04	8.41 ± 0.40	1.57 ± 0.32

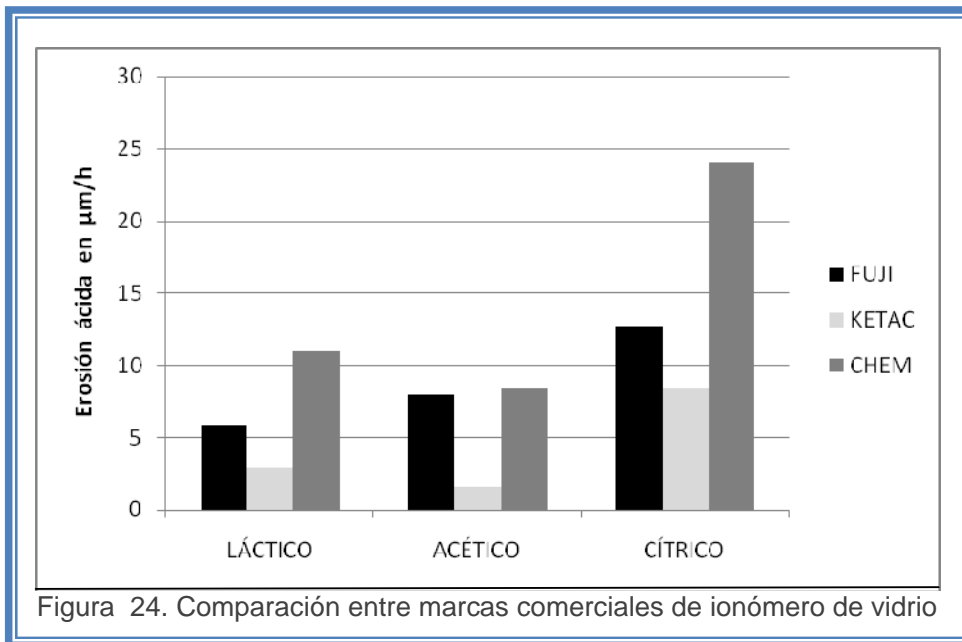


Figura 24. Comparación entre marcas comerciales de ionómero de vidrio

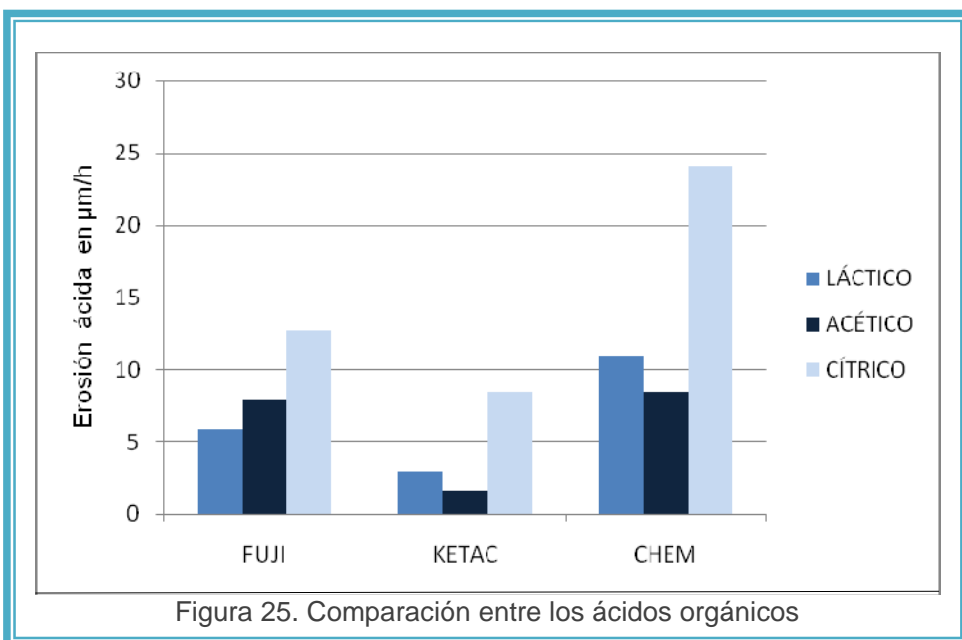


Figura 25. Comparación entre los ácidos orgánicos

10.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

No existen diferencias estadísticamente significativas entre Fuji/ácido láctico contra Fuji/ácido acético, y Fuji/ácido cítrico contra Fuji/ácido acético; pero si existen diferencias estadísticamente significativas entre Fuji/ácido láctico y Fuji/ácido cítrico. Entre Fuji/ácido láctico contra KetacM/ácido láctico, Fuji/ácido láctico contra KetacM/ácido acético, y Fuji/ácido láctico contra KetacM/ácido cítrico no existen diferencias estadísticamente significativas. Mientras que entre Fuji/ácido láctico contra ChemFlex/ácido láctico, y Fuji/ácido láctico contra ChemFlex/ácido acético no existen diferencias estadísticamente significativas; pero si existe diferencia estadísticamente significativa entre Fuji/ácido láctico contra ChemFlex/ácido cítrico.

Entre Fuji/ácido acético contra KetacM/ácido cítrico y Fuji/ácido acético contra KetacM/ácido láctico no existen diferencias estadísticamente significativas; pero entre Fuji/ácido acético contra KetacM/ácido acético si existen diferencias estadísticamente significativas. Mientras que entre Fuji/ácido acético contra ChemFlex/ácido acético y Fuji/ácido acético contra ChemFlex/ácido láctico no existen diferencias estadísticamente significativas; pero entre Fuji/ácido acético contra ChemFlex/ácido cítrico si existen diferencias estadísticamente significativas.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre Fuji/ácido cítrico contra KetacM/ácido cítrico, Fuji/ácido cítrico contra ChemFlex/ácido acético y Fuji/ácido cítrico contra ChemFlex/ácido láctico. Pero si existen diferencias estadísticamente significativas entre Fuji/ácido cítrico contra ChemFlex/ácido cítrico, Fuji/ácido cítrico contra KetacM/ácido acético y Fuji/ácido cítrico contra KetacM/ácido láctico.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre KetacM/ácido láctico contra KetacM/ácido acético y KetacM/ácido láctico contra KetacM/ácido cítrico. Mientras que si existen diferencias estadísticamente significativas entre KetacM/ácido cítrico contra KetacM/ácido acético. Entre KetacM/ácido láctico contra ChemFlex/ácido cítrico y KetacM/ácido láctico contra ChemFlex/ácido láctico si existen diferencias estadísticamente significativas; mientras que no existe diferencia entre KetacM/ácido láctico contra ChemFlex/ácido acético.

Si existen diferencias estadísticamente significativas entre KetacM/ácido acético contra ChemFlex/ácido cítrico, KetacM/ácido acético contra ChemFlex/ácido láctico, y KetacM/ácido acético contra ChemFlex/ácido acético. Mientras que no existen diferencias estadísticamente significativas entre KetacM/ácido cítrico contra ChemFlex/ácido láctico, y KetacM/ácido cítrico contra ChemFlex/ácido acético; mientras que si existe diferencia entre KetacM/ácido cítrico contra ChemFlex/ácido cítrico.

Al comparar ChemFlex/ácido láctico contra ChemFlex/ácido cítrico y ChemFlex/ácido cítrico contra ChemFlex/ácido acético encontramos que si existen diferencias estadísticamente entre ellos. Mientras que no existe

diferencia estadísticamente significativa entre ChemFlex/ácido láctico contra ChemFlex/ácido acético.

12. DISCUSION

El cemento de ionómero de vidrio es un material que ha sido empleado desde hace más de treinta años como cemento, material de restauración, sellador de foseas y fisuras, forro y base, y más recientemente ha sido empleado en la técnica de tratamiento de restauración atraumático (ART²⁴); pero como todos los materiales empleados en la práctica odontológica presenta desventajas, una de ellas es la erosión del material.

En la cavidad bucal existen cambios de acidez debido a los alimentos que se consumen a diario, y por consiguiente causan erosión en los materiales de restauración presentes en los dientes. Una de las desventajas del cemento de ionómero de vidrio es la baja capacidad de soportar cambios de pH y estar ante soluciones acuosas presentando la pérdida del cemento durante sus primeras 24 horas en el ambiente bucal.

Rios²⁵ y cols., explican que la erosión involucra la remoción química del tejido duro superficial del diente por ácidos de bebidas y jugos de fruta, y por desordenes alimenticios y reflujo gástrico. La erosión dental causa una pérdida alta de tejido resultando en la necesidad de la rehabilitación oral.

Nomoto y McCabe²⁶, mencionan que en el ambiente oral, los cementos están inmersos en soluciones acuosas y las observaciones clínicas han demostrado que la erosión es continua todo el tiempo. Una de las propiedades más importantes para determinar la durabilidad de los cementos en la boca es su resistencia a la disolución o desintegración. La erosión ácida ocurre en la cavidad oral por la ingesta de comida ácida o por la desintegración de los polisacáridos de los ácidos en diferentes áreas de la boca.

Ehlen²⁷ y cols., mencionan que algunos de los estudios observados soportan una asociación entre el consumo de bebidas ácidas y la erosión dental. En esta misma referencia, se menciona que Larsen y Nyvad investigaron el potencial erosivo *in vitro* de las bebidas, agua mineral y jugos de naranja, comparando su capacidad erosiva y buffer de las bebidas; reportando que la erosión fue mínima en bebidas con un pH cercano a 4.2 pero llega a ser más evidente a pH de 4.0.

El objetivo de esta investigación fue comparar la erosión *in vitro* de tres marcas de ionómero de vidrio para restauración sometiéndolos a diferentes ácidos orgánicos: ácido láctico, ácido cítrico y ácido acético a un pH de 2.7 ± 0.02 , durante 24 horas continuas.

Wongkhantee²⁸ et al., realizaron un estudio *in vitro* cuyo objetivo fue medir los cambios en la superficie dura del esmalte, dentina y materiales de restauración dental después de su inmersión en varios ácidos de comidas y bebidas que representan las dietas populares, y que tienen el potencial de causar erosión ácida en la cavidad oral. Sus resultados indicaron que la bebida de Cola (pH = 2.74) causó una reducción en los valores de dureza del esmalte, seguido por bebidas deportivas (pH=3.78) y jugo de naranja (pH=3.75), pero no en la

dentina. También encontraron una reducción significativa en los valores de dureza de los composites de microrelleno y la resina modificada con ionómero de vidrio después de su inmersión en la bebida de Cola. Sin embargo, los valores de dureza del composite universal, el composite de resina modificado con poliácido y el ionómero de vidrio convencional no cambiaron significativamente.

Peez y Frank²⁹ realizaron otro estudio para evaluar el tiempo de dependencia de las funciones físico-mecánicas de Ketac™ Molar Easymix comparado con otros ionómeros de vidrio de restauración. Realizaron pruebas de erosión ácida de acuerdo a ISO FDIS 9917-1c, preparando muestras de 5mm de diámetro y 2mm de profundidad almacenadas durante 24 horas a una temperatura de 36°C y posteriormente se colocaron en 30mL de una solución erosiva durante 24 horas. La solución erosiva estaba compuesta por 0.1mol/L de ácido láctico/solución buffer de lactato de sodio. La profundidad de las muestras fue medida después de su inmersión en la solución. Obtuvieron resultados en donde el cemento de ionómero de vidrio Ketac™ Molar Easymix tuvo diferencias significativas comparado con los otros materiales y principalmente con Vitro Molar que presentó la más alta erosión.

Al igual que el anterior estudio, éste se realizó de una manera similar ya que se prepararon muestras para cada cemento almacenándolas durante 24 a 37°C y posteriormente se colocaron en el aparato que provoca erosión ácida durante 24 horas, midiéndoles la profundidad inicial y final. Los resultados obtenidos demuestran que el cemento Ketac™ Molar Easymix presentó diferencias significativas en comparación con los cementos de GC Gold Label 2 y ChemFlex, este último presentó la más alta erosión al estar en contacto con los tres ácidos orgánicos.

Comparando los resultados de esta investigación se puede decir que el ácido cítrico fue la solución ácida con mayor poder erosivo sobre los cementos de ionómero de vidrio empleados, Ketac™ Molar Easymix, ChemFlex y GC Gold Label 2.

Nomoto³⁰ y cols., mencionan que existen dos métodos para realizar las pruebas de erosión, el método volumétrico que mide la profundidad de erosión de los cementos en la cavidad llenada con el cemento; ésta es una simplificación al método propuesto por Walls en 1985, y es usado por ISO para los cementos a base de agua. El método gravimétrico, el segundo método, involucra medir el peso residual de la solución en la que el cemento fue inmerso después de evaporarse la solución; éste es empleado en los laboratorios para el ensayo de solubilidad y desintegración y en la especificación de la ISO para los materiales selladores de canales radiculares y la especificación N° 8 de ADA. Estos autores emplearon soluciones de ácido láctico al 0.02M y una solución buffer de lactato de sodio/ácido láctico al 0.1M a un pH de 2.74. Realizaron muestras de diferentes cementos de ionómero de vidrio (Ketac-Cem Maxicap, Ketac-Cem mezclado manual, Fuji I, Fuji II y Ketac Fil Aplicap), y policarboxilato. Inicialmente midieron su profundidad y después de 24 horas de sumergidas en las soluciones, obtuvieron el porcentaje de peso perdido. Sus resultados obtenidos demuestran que el porcentaje de peso

perdido para el ionómero de vidrio fue más pequeño que para los cementos de policarboxilato.

Czarnecka³¹ et al., realizaron un estudio cuyo objetivo era determinar el cambio de pH en agua (pH 5.9) y ácido láctico (pH 2.7) con cementos de ionómero de vidrio. En el agua los valores de pH (6.5 a 6.9) no variaron significativamente y no se detectaron grandes cantidades de iones de aluminio, fósforo, sodio y silice, el calcio liberado por los cementos fue poco, además que mantuvieron su masa durante 6 semanas. En contraste, en el ácido láctico en una semana fue grande el cambio, se observó un pH de 4.5, se encontró calcio liberado en cantidades considerables, además el cemento presentó una erosión marcada, además había presencia de mayor cantidad de sodio, aluminio, fósforo, silice y fluoruro.

En estudios realizados por Nicholson²⁴ et al., se ha observado que los ionómeros de vidrio poseen una propiedad con beneficios clínicos sobre la caries secundaria, llamada capacidad buffer de la solución del ácido láctico. Se sabe que los buffers tienen la habilidad de alterar el pH de ácidos, moviéndolos hacia un valor estable cercano al neutral. Se ha demostrado que los cementos a base de agua alteran el pH de las soluciones alcalinas hacia un pH neutral en un periodo de una semana. Finalmente se observó que los pH de las soluciones se elevaron a los 30 segundos de iniciado el proceso y a los 10 minutos el pH de las soluciones ácidas expuestas a los cementos tuvieron cantidades elevadas de pH en rangos de 0.7 a 1.2 unidades dependiendo del cemento.

Mientras que en otro estudio Nicholson³² y cols., concluyeron que una variedad de cementos de ionómero de vidrio, incluyendo una resina modificada, así como el fosfato de zinc y un cemento de policarboxilato son capaces de incrementar el pH de soluciones de ácido láctico en donde son almacenadas. Estos cambios se acompañaron de un incremento en la masa para los ionómeros de vidrio y para el policarboxilato de zinc; sin embargo el fosfato de zinc muestra una reducción en su masa.

Las soluciones empleadas en esta investigación fueron ácido láctico, ácido acético y ácido cítrico, las tres al 0.02M y a un pH inicial en un rango de 2.68 – 2.75 al iniciar su circulación, 24 horas después se midió el pH final con un potenciómetro observando que los niveles del pH se elevaron, obteniendo valores de pH de 2.75 a 2.81.

Nomoto y McCabe²⁶ llevaron a cabo un estudio similar a éste ensayo, valorando diferentes tipos de cementos de ionómero de vidrio; entre ellos, Fuji II, fosfato de zinc y policarboxilato. Sus resultados demostraron que al medir la profundidad pérdida de las muestras del cemento de policarboxilato fue mayor que la de los cementos de fosfato de zinc pero mayor que la de los cementos de ionómero de vidrio después de 24 horas de inmersión en las soluciones de ácido láctico y la solución buffer de lactato de sodio y ácido láctico al 0.02M a un pH de 2.74 durante 1, 3, 5 y 7 días. De acuerdo a sus resultados la pérdida de profundidad del cemento Fuji II fue de 2 $\mu\text{m}/\text{día}$ en ácido láctico, mientras que los resultados en esta investigación demuestran que la erosión del

cemento fue de 5.82 $\mu\text{m/hr}$, mayor comparado con los resultados de Nomoto y McCabe.

Wang¹⁰ et al., afirman que el contacto temprano del agua no influye en la fuerza de los cementos de ionómero de vidrio, contrario a las instrucciones publicadas por los fabricantes, por lo que no hay necesidad de colocarles una capa de resinas para cubrirlos de la humedad. Mientras que por lo observado en este estudio, podemos decir que la pérdida de material del ionómero de vidrio depende de las soluciones a las cuales se encuentra expuesta, como observamos los ácidos son perjudiciales para el éxito de los tratamientos y de la permanencia del ionómero de vidrio en la cavidad bucal.

Walls⁷ et al., encontraron que los cementos de ionómero de vidrio presentan resistencia a la erosión aun $\text{pH} > 6$, pero es propenso a la erosión a un $\text{pH} 4$. Esta afirmación se puede aseverar, ya que los pH manejados en éste estudio fueron de un rango de 2.68 a 2.75 resultando en la pérdida de material después de 24 horas a la que fueron expuestas los cementos de ionómero de vidrio. Para los cementos Fuji II la erosión del material fue de 5.82 a 12.69 $\mu\text{m/hr}$, para los cementos ChemFlex la erosión fue de 8.44 a 24.04 $\mu\text{m/hr}$, mientras que para los cementos Ketac Molar la erosión fue de 1.57 a 8.41 $\mu\text{m/hr}$ menor comparado con los otros cementos y expuesto a los mismos ácidos orgánicos (ácido láctico, ácido cítrico y ácido acético).

13.CONCLUSIONES

En pacientes con alto consumo de bebidas ácidas, flujo salival disminuido o con respiración bucal se incrementa el riesgo de erosión dental y por consiguiente la pérdida de materiales de las restauraciones.

Los ácidos a los que fueron expuestos los cementos de ionómero de vidrio son comúnmente empleados en los hábitos alimenticios, observando que son perjudiciales para los materiales empleados en la cavidad bucal. Se puede afirmar que el ácido cítrico es el agente más agresivo al cual pueden estar expuestos estos cementos, seguido por el ácido láctico y ácido acético, por lo que los hábitos dietéticos ácidos de los pacientes afectan la durabilidad de los materiales de restauración en el ambiente oral.

Se concluye que los agentes químicos a los que son expuestos los cementos de ionómero de vidrio influyen en su integridad dentro de la cavidad bucal, es decir, que los hábitos dietéticos de los pacientes afectan la durabilidad y éxito de las restauraciones dentales, por lo que es necesario disminuir estas sustancias en la dieta normal de ciertos pacientes.

14. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Barrancos Money. *Operatoria Dental*. 3ª ed. Edit. Médica Panamericana. Argentina. 2002.
2. Narciso Baratieri L. *Procedimientos preventivos y restauradores*. Edit. Quintessence. Brasil. 1993.
3. Sturdevant. *Operatoria Dental. Arte y ciencia*. 3ª ed. Edit. Mosby. Madrid, España. 1996.
4. Barceló Santana F.H., Palma Calero J.M. *Materiales Dentales: conocimientos básicos aplicados*. Editorial Trillas. México 2003.
5. *Cemento de ionómero de vidrio, 3M ESPE*.
6. Macchi R.L. *Materiales Dentales*. 3ª ed. Editorial Medica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 2000.
7. Wang XY, Jin AYU, Ngo HC. Influence of environmental calcium/phosphate and pH on glass ionomers. *Eur J Oral Sci*; 115: 224-229. 2007
8. Aliping-Mckenzie M, Linden RWA, Nicholson JW. The effect of Coca-Cola and fruit juices on the surface hardness of glass-ionomers and "compomers". *Journal of Oral Rehabilitation*, 31; 1046-1052. 2004
9. O'Brien William J., PhD, FADM. *Dental Materials and their selection*. Quintessence Publishing Co. Inc. United States of America. 2002.
10. Wang XY, Yap AUJ, Ngo HC. Effect of early water exposure on the strength of glass ionomer restoratives. *Operative Dentistry*, Sep-Oct; 31 (5): 584-9. 2006
11. Ellakuria J, Triana R, Mínguez N, Soler I, Ibaseta G, Maza J, García-Godoy F. Effect of one-year water storage on the surface microhardness of resin-modified versus conventional glass-ionomer cements. *Dental Materials*, 19; 286-290. 2003
12. Anusavise K J., PhD, DMD. *Ciencia de los materiales dentales de Phillips*. 11ª ed. Elsevier. Madrid, España. 2004.
13. Phillips R.W., M.S., D.Sc. *La ciencia de los materiales dentales de Skinner*. 9ª ed. Interamericana McGraw-Hill. México. 1993
14. Craig R.G., Ward M.L. *Materiales de odontología restauradora*. 10 ed. Harcourt Brace. Madrid, España. 1998.
15. Hotta M, Hirukawa H, Aono M. The effect of glaze on restorative glass-ionomer cements: evaluation of environmental durability in lactic acid solution. *Journal of Oral Rehabilitation*. 22; 685-689. 1995
16. Silva KG, Pedrini D, Delbem ACB, Cannon M. Effect of pH variations in a cycling model on the properties of restorative materials. *Operative Dentistry*, Jul-Aug; 32(4): 328-335. 2007
17. Serrano-Granger J, Herrera D. La placa dental como biofilm. ¿Cómo eliminarla?. *RCOE* 2005;10(4):431-439.
18. Mohamed-Tahir MA, Yap AUJ. Effects of pH on the surface texture of glass ionomer based/containing restorative materials. *Operative Dentistry*, 29-5, 586-591. 2004
19. Barrancos M.J., Barrancos P.J. *Operatoria dental, Integración clínica*. 4ª edición. Médica Panamericana. Buenos Aires. 2006.
20. Gömec Y, Dorter C, Ersev H, Guray Efes B, Yildiz E. Effects of dietary acids on surface microhardness of various tooth-colored restoratives. *Dental Materials Journal*, 23 (3); 429-435, 2004.

21. Fukasawa M., Matsuya S., Yamane M. The mechanism for the erosion of glass-ionomer cements in organic-acid buffer solutions. *J Dent Res* 69(5): 1175-1179, May, 1990.
22. Sax I. N, Lewis R. J. Diccionario de química y de productos químicos de Hawley. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 1993.
23. Asociación Dental Americana, Especificación No. 96 para Cementos Dentales a Base de Agua. Versión oficial en español de la Norma Europea EN 29917, de enero de 1994.
24. Nicholson J., Aggarwal A., Czarnecka B., Limanowska-Shaw H. The rate of change of pH of lactic acid exposed to glass-ionomer dental cements. *Biomaterials*. 21: 1989-1993, 2000.
25. Rios D., Marques H., Fávaro L., Magalhães A., de Andrade Moreira M., Rabelo M. In situ effect of an erosive challenge on different restorative materials and on enamel adjacent to these materials. *Journal of Dentistry*. 36: 152-157, 2008.
26. Nomoto R., McCabe J. A simple acid erosion test for dental water-based cements. *Dental Materials*. 17: 53-59, 2001.
27. Ehlen L., Marshall T., Qian F., Wefel J., Warren J. Acidic beverages increase the risk on in vitro tooth erosion. *Nutrition Research*. 28: 299-303, 2008.
28. Wongkhantee S., Patanapiradej V., Maneenut C., Tantbirojn D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. *Journal of Dentistry*. 34: 214-220, 2006.
29. Peez R., Frank S., The physical-mechanical performance of the new Ketac™ Molar Easymix compared to commercially available glass ionomer restoratives. *Jornal of Dentistry*. 34: 582-587, 2006.
30. Nomoto R., Uchida K., Momoi Y., McCabe J. Erosion of water-based cements evaluated by volumetric and gravimetric methods. *Dental Materials*. 19: 240-244, 2003.
31. Czarnecka B., Limanowska-Shaw H., Nicholson J. Buffering and ion-release by a glass-ionomer cement under near-neutral and acidic conditions. *Biomaterials*. 23: 2783-2788, 2002.
32. Nicholson J., Czarnecka B., Limanowska-Shaw H. A preliminary study of the effect of glass-ionomer and related dental cements on the pH of lactic acid storage solutions. *Biomaterials*. 20: 155-158, 1999.