



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
PUEBLA**

**Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado**

**Facultad de Estomatología**

**TESINA**

**EFFECTO *IN VITRO* DEL HIPOCLORITO DE SODIO Y  
KERATOBACTER: REVISIÓN ACTUAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO O GRADO DE MAESTRO EN  
ESTOMATOLOGÍA CON TERMINAL EN ENDODONCIA**

**PRESENTA**

**L.E. MARÍA FERNANDA VEGA PORTELA**

**ID. 218450003**

**RESPONSABLE Y DIRECTOR METODOLÓGICO**

**D.C. CAROLINA SÁMANO VALENCIA**

**ID. 100526470**

**DIRECTOR DISCIPLINARIO**

**C.D.E.E ALEJANDRO GERARDO MARTÍNEZ GUERRERO**

**ID. 100526940**

**DIRECTOR EXTERNO**

**D.C. BERNARDINO ISAAC CERNA CRISTERNA**

**ID.44891**

**LECTOR**

**M.E.P ERIKA BEATRIZ ETCHEVERRY DOGER**

**ID:100426411**

**11 JUNIO 2020**





**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
PUEBLA**

**Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado**

**Facultad de Estomatología**

**TESINA**

**EFFECTO *IN VITRO* DEL HIPOCLORITO DE SODIO Y  
KERATOBACTER: REVISIÓN ACTUAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO O GRADO DE MAESTRO EN  
ESTOMATOLOGÍA CON TERMINAL EN ENDODONCIA**

**PRESENTA**

**L.E. MARÍA FERNANDA VEGA PORTELA**

**ID. 218450003**

**RESPONSABLE Y DIRECTOR METODOLÓGICO**

**D.C. CAROLINA SÁMANO VALENCIA**

**ID. 100526470**

**DIRECTOR DISCIPLINARIO**

**C.D.E.E ALEJANDRO GERARDO MARTÍNEZ GUERRERO**

**ID. 100526940**

**DIRECTOR EXTERNO**

**D.C. BERNARDINO ISAAC CERNA CRISTERNA**

**ID.44891**

**LECTOR**

**M.E.P ERIKA BEATRIZ ETCHEVERRY DOGER**

**ID:100426411**

**11 JUNIO 2020**



**BUAP**

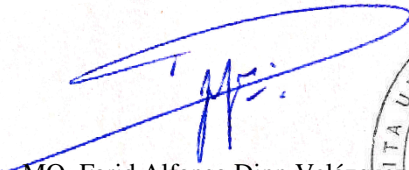
Oficio No. FESIEP/109/2020

**C. María Fernanda Vega Portela**  
**Matrícula: 218450003**  
**Alumno de la Maestría en Estomatología**  
**Con opción Terminal en Endodoncia**  
**De la Facultad de Estomatología**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**P R E S E N T E.**

*El que suscribe, **MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez**, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por este medio me permito informar a usted que esta Secretaría **aprueba la impresión de la Tesina titulada “Efecto in vitro del hipoclorito de sodio y keratobacter: revisión actual”**, misma que presentará para realizar su examen profesional y obtener el grado de **Maestro en Estomatología con Opción Terminal en Endodoncia**.*

*Sin más por el momento, deseándole lo mejor, le reitero mi distinguida consideración.*

Atentamente  
“Pensar bien, para vivir mejor”  
H. Puebla de Z., a 02 de junio de 2020.

  
MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez  
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA  
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS  
RECEPCIONAL**

Para obtener el Grado de: **Maestro(a) en Estomatología con opción terminal en Endodoncia**  
Registro CIFE: 2020013 Fecha: 6 Junio 2020

**Título de la Tesina: EFECTO IN VITRO DEL HIPOCLORITO DE SODIO Y KERATOBACTER:  
REVISIÓN ACTUAL**

**Nombre del alumno: MARIA FERNANDA VEGA PORTELA**

**Matrícula: 218450003**

**Domicilio:** CALLE ÁLVARO OBREGON 3 A, SANTA MARÍA TONANZINTLA, SAN ANDRÉS CHOLULA, PUE. CP.  
72840

**Tel: 2223874983**

**Fecha de ingreso a la Facultad: Enero 2018**

Firma: \_\_\_\_\_

**Director de tesis: D.C CAROLINA SÁMANO VALENCIA** Grado académico: **Doctor en Ciencias**  
Adscripción: **Facultad de Estomatología** ID: **100526470** Tel: 4448191822

Firma: \_\_\_\_\_

**Director disciplinario: C.D.E.E ALEJANDRO GERARDO MARTÍNEZ GUERRERO**

Grado académico: **Especialista en Endodoncia** Adscripción: **Facultad de Estomatología**  
ID: **100526940** Tel: 2223586344

Firma: \_\_\_\_\_

**Director metodológico: D.C CAROLINA SÁMANO VALENCIA** Grado académico: **Doctor en Ciencias**  
Adscripción: **Facultad de Estomatología** ID: **100526470** Tel: 4448191822

Firma: \_\_\_\_\_

**Director externo: D.C BERNARDINO ISAAC CERNA CRISTERNA** Grado académico: **Doctor en Ciencias**  
Adscripción: **Universidad Veracruzana** ID: **44891** Tel: 4442200331

Firma: \_\_\_\_\_

**Lector: M.E.P ERIKA BEATRIZ ETCHEVERRY DOGER** Grado académico: **Maestra en Estomatología**  
**Pediátrica** Adscripción: **Facultad de Estomatología** ID: **100426411** Tel: 2224920190

Firma: \_\_\_\_\_

**Nombre y firma de aprobación del Responsable de la Maestría en Estomatología con Opción  
terminal en Endodoncia**

CDEE. Alejandro Martínez Guerrero

Firma: \_\_\_\_\_

**La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología, autoriza la  
impresión de la Tesis.**

**MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez**

**Fecha:** 6 Junio 2020

**Sello** \_\_\_\_\_



## **AGRADECIMIENTOS**

“Aunque llegues último en una carrera, siempre estarás por delante de quienes nunca se atrevieron a correrla”

Anónimo.

Quiero dar las gracias a mi universidad BUAP, por haber aceptado que fuera parte de ella, me dio la bienvenida al mundo, las oportunidades que me ha brindado y el crecimiento profesional y personal es incomparable, esta ha sido una de las experiencias más satisfactorias y bonitas de mi vida.

Estoy agradecida con las personas que estuvieron conmigo y para mí durante toda la maestría.

En primer lugar, a mi familia, sin su apoyo en todo momento no hubiera sido posible que yo estuviera aquí hoy, gracias por la comprensión, la motivación y los sacrificios que han hecho por mí que se han sido con todo el amor e ilusión de verme crecer y alcanzar mis metas, tengo el privilegio de ser su hija y hermana los amo. Carlos gracias por apoyarme en mis decisiones, motivarme cuando estaba a punto de quebrarme, por hacerme ver que la persona a superar era yo misma e impulsarme dar lo mejor de mí ante cualquier situación, te amo.

A todos mis profesores durante la maestría, gracias por los consejos, las enseñanzas y los momentos que vivimos son una parte fundamental en mi desarrollo profesional.

A mi coordinador de maestría el Dr. Alejandro Martínez, por su liderazgo dando lo mejor para sus alumnos y para el posgrado, gracias por la confianza y la oportunidad de ser parte de esta familia, te agradezco todas enseñanzas y experiencias en la clínica, también los regaños, siempre lo tendré presente.

Gracias Dra. Brenda por la confianza que ha depositado en mí y todo lo que me ha enseñado, por ser base en mi formación, por las risas y el apoyo que siempre me dio en la clínica, el proyecto de investigación, es un gran ser humano y una gran Dra.

Dra Caro, gracias por darme la oportunidad de trabajar con usted y recurrir a su conocimiento científico, por tener tanta paciencia conmigo y con el desarrollo del proyecto, gracias a su disciplina y rectitud que me hicieron trabajar y aprender sobre la investigación, por la motivación cuando pensaba que todo estaba mal, gran parte de este proyecto fue posible por usted.

A mis compañeros de maestría Adri, Lalo y Josué que se han convertido en hermanos, gracias por tanta complicidad y apoyo que siempre tuvimos para lo bueno y para lo malo, al principio no pensábamos que seríamos el equipo que ahora somos, gracias por escuchar y aconsejar en los días buenos o malos en lo

académico o en lo personal, por las risas, los viajes las travesuras y experiencias, han sido muy importantes en este trayecto y estoy orgullosa de ustedes, los quiero.

Finalmente, gracias a Dios y a la vida que nos van guiando por los caminos correctos para tomar decisiones y oportunidad únicas.

# ÍNDICE

## CARÁTULA

Agradecimiento

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL.....	3
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL.....	5
II.I Irrigación.....	5
II.II Hipoclorito de sodio (NaOCl).....	8
II.III Ácido Etilendiaminotetracético (EDTA).....	10
II.IV Clorhexidina.....	10
II.V Ácido cítrico.....	11
II.VI Ácido Etidrónico.....	12
II.VII Keratobacter.....	12
II.VIII Keratobacter e hipoclorito de sodio.....	13
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS.....	26
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.....	27
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	30

## RESUMEN

El éxito del tratamiento de endodoncia ha consistido en la remoción de bacterias, biofilm, endotoxinas y material orgánico del sistema de conductos radiculares, durante el procedimiento la remoción quimiomecánica ha servido para la eliminación de los componentes del sistema de conductos, aunque su eliminación solo se reporte de un tercio de remanentes siendo incompleta debido a la compleja anatomía del sistema de conductos.

Para facilitar la irrigación se han probado diversos irrigantes, el más común es el hipoclorito de sodio (NaOCl) a concentraciones que van del 0.5% al 5.25%, el más ampliamente usado.

Varios estudios han enfocado su atención en el hipoclorito de sodio (NaOCl), se han estudiado diversas sustancias para potenciar su efecto en la degradación de tejido orgánico y efecto antibacteriano. Vale la pena mencionar que la presencia de surfactantes afecta la estabilidad de biofilm y aceleran la degradación de soluciones de NaOCl ya disponibles.

El cloruro de Benzalconio es un surfactante que se ha usado en combinación con NaOCl y ha reducido la carga bacteriana, recientemente se ha estudiado por *Peña López et al.*, una solución llamada Keratobacter (KB), que contiene ácido glicólico al 29%, cloruro de benzalconio que al combinarlo con NaOCl aumenta la degradación de tejido en menor tiempo.

Aún faltan investigaciones sobre esta solución para poder llevar su uso a la práctica diaria, por lo que la presente tesina tuvo como objetivo realizar una revisión actual de la información científica disponible del EFECTO *IN VITRO* DEL HIPOCLORITO DE SODIO Y KERATOBACTER SOBRE CULTIVOS CELULARES.

## INTRODUCCIÓN

La pulpa es un tejido blando, laxo dentro del órgano dentario que contiene nervios, vasos sanguíneos y provee de nutrición al diente, es vulnerable a caries profunda, excesivas intervenciones que dañan el tejido, trauma y lesión en el diente.

Las lesiones del tejido pulpar se conocen como pulpitis y pueden ser irreversibles, donde la única opción terapéutica sería el tratamiento endodóntico que se encarga de la extirpación de la pulpa dental y el posterior sellado de la cavidad pulpar con un material inerte (1).

El procedimiento para un tratamiento de conductos inicia desde el diagnóstico, plan de tratamiento, acceso, localización de conductos, instrumentación, irrigación y obturación. Una etapa importante en el procedimiento es la irrigación, la cual tiene como objetivo eliminar restos de pulpa vitales y necróticos y toxinas bacterianas a través de la preparación mecánica del conducto radicular mediante métodos de instrumentación e irrigación dejando el conducto lo más aséptico posible (1).

Se ha estudiado el hipoclorito de sodio (NaOCl), clorhexidina y otras soluciones como irrigantes endodónticos, siendo el NaOCl a concentraciones que van del 0.5% al 5.25% el más ampliamente utilizado en la actualidad. Los irrigantes tienen la capacidad de acceder a las zonas más alejadas del conducto radicular principal. Sin embargo, su efectividad para remover el tejido orgánico puede mejorarse. De ahí que en la actualidad una gran cantidad de estudios están encaminados a la búsqueda de nuevos irrigantes y nuevas combinaciones de los mismos (2).

Recientemente se ha evaluado el efecto de la combinación de hipoclorito de sodio con Keratobacter, un surfactante compuesto de ácido glicólico al 29%, y una mezcla de surfactantes como cloruro de benzalconio para aumentar la degradación de tejido orgánico en el proceso de irrigación con buenos resultados. Esta evaluación se realizó en mucosa palatina de cerdo, pero actualmente no ha sido probada al interior de los conductos radiculares (3). La presente investigación se centrará en buscar los artículos disponibles sobre los irrigantes actuales como el NaOCl y nuevos irrigantes enfocándonos en el Keratobacter (KB) ya que es de interés posteriormente evaluar la viabilidad celular combinando ambos irrigantes en cultivos celulares simulando un tratamiento de conductos convencional y demostrar si es un compuesto apto para el uso en endodoncia.

## CAPÍTULO I MARCO CONTEXTUAL

La irrigación se define como la limpieza de una cavidad o herida del cuerpo. En el tratamiento de endodoncia tiene como objetivo disolver tejido orgánico e inorgánico, prevenir la formación de capa lodosa durante la instrumentación y degradarla si es necesario, estos agentes deben tener efecto antimicrobiano, el éxito de una endodoncia en la actualidad depende en 80% de la preparación química con irrigantes (1).

El proceso de instrumentación no actúa mecánicamente sobre toda la anatomía del conducto radicular, dejando remanentes de bacterias y restos de tejidos durante la limpieza mecánica en consecuencia el uso de un irrigante es necesario para desinfectar las áreas intactas.

El hipoclorito de sodio a su máxima concentración es considerado el irrigante ideal para el tratamiento de conductos, sin embargo, su capacidad de degradación de tejido orgánico puede mejorarse. Existen diversos irrigantes disponibles que se utilizan durante la terapia endodóntica, en la actualidad se continúa investigando las propiedades de sustancias para llegar a ser el irrigante ideal, se han lanzado al mercado nuevas sustancias como ácido cítrico, Keratobacter para esta aplicación.

En los últimos años varios productos combinados se han introducido para la irrigación de los conductos radiculares. Estos incluyen NaOCl mezclado con un surfactante y EDTA o ácido cítrico. Productos mezclados con surfactantes y / o agentes antibacterianos, tienen un papel en la mejora de los agentes antibacterianos y en el efecto de degradación del tejido. Varios estudios han demostrado que surfactantes también pueden tener un efecto antimicrobiano directo (4). Se ha sugerido la adición de un surfactante a NaOCl para mejorar la eliminación del colágeno aplicado de los conductos radiculares cuando está asociado con la agitación. El efecto de agregar agentes tensioactivos a la capacidad de degradación de tejido orgánico de NaOCl, con y sin agitación, se ha probado con resultados contradictorios y / o insatisfactorios. Además, la presencia de tensioactivos a lo largo del tiempo tiene un efecto negativo sobre el cloro libre disponible de NaOCl y, por lo tanto, sobre sus propiedades de degradación de tejidos. Una alternativa más reciente, basada en un estudio preliminar, es la adición de un agente de degradación auxiliar que contiene ácido glicólico y una mezcla de surfactantes (5).

El uso de productos combinados debe simplificar el procedimiento de irrigación y también eliminar la necesidad del uso de la irrigación final de NaOCl y EDTA disminuyendo erosión en las paredes del conducto y alterando la actividad antibacteriana del hipoclorito de sodio (4).

Un estudio reciente evalúa el efecto de la combinación del hipoclorito de sodio con Keratobacter (3) para aumentar la degradación de tejido orgánico en el proceso de irrigación obteniendo resultados favorables al aplicarlo en mucosa palatina de cerdos, por lo que existe la necesidad de llevar a cabo evaluaciones que demuestren de manera científica y objetiva el porcentaje de células viables después de la exposición de hipoclorito de sodio y Keratobacter en cultivos celulares de fibroblastos humanos y así beneficiar al endodoncista acortando tiempos en el tratamiento endodóntico, mejorando la desinfección de los conductos radiculares, y de los pacientes logrado así una opción más durante el tratamiento. Faltan estudios *in vitro* para poder pensar en la posible aplicación futura en pacientes.

## **CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL**

La pulpa es un tejido blando de origen mesenquimatoso, con células especializadas, que presentan 75% agua y 25% materia orgánica, así como fibras colágenas y sustancia fundamental, además de odontoblastos, dispuestos periféricamente en contacto directo con la matriz de la dentina (1).

Los fibroblastos son las células más numerosas en la pulpa. Parecen ser células de tejido específico, capaces de dar lugar a células comisionadas para establecer la diferenciación (p. ej., células similares a los odontoblastos). Estas células sintetizan colágeno tipos I y III, así como proteoglicanos. Producen y mantienen las proteínas de matriz de la matriz extracelular (MEC). Puesto que también son capaces de fagocitar y digerir el colágeno, los fibroblastos son los encargados de renovar el colágeno en la pulpa. Los fibroblastos pulpares parecen tomar parte activa en las vías de señalización en la pulpa dental (1).

Las bacterias son reconocidas como el principal factor etiológico en el desarrollo de lesiones en pulpa que luego pueden evolucionar a lesiones periapicales (6). El éxito del tratamiento de conductos depende de la eliminación completa de tejido pulpar, restos de dentina y microorganismos y eliminando el factor etiológico (7).

### **II.1 Irrigación**

La irrigación se define como la limpieza de una cavidad del cuerpo o herida con una sustancia medicada. Los objetivos de la irrigación en endodoncia son mecánicos, biológicos y químicos. Los mecánicos se refieren a eliminar residuos, lubricar el conducto, degradar tejido orgánico e inorgánico y prevenir la formación de la capa lodosa durante la instrumentación o disolverla si se ha formado (8). Las funciones biológicas de los irrigantes se relacionan con su efecto antimicrobiano, tienen alta eficacia contra microorganismos anaeróbicos y facultativos en estado planctónico y biopelículas, inactivan la endotoxina. Son cáusticos al tener contacto con tejidos vitales y tienen poco potencial de provocar reacciones anafilácticas.

Entre las propiedades ideales que debe tener un irrigante se encuentra la capacidad de remover el lodillo dentinario, ser efectivo germicida y fungicida, evitar la irritación de tejidos periapicales, ser estable, tener un efecto prolongado y sustentividad bacteriana después de su uso, ser activo en presencia de sangre, pus y derivados de tejido, no interferir con reparación de tejidos periapicales, evitar pigmentar la estructura dental, ser capaz de inactivar la colonia bacteriana, no presentar toxicidad, facilidad de manejo y ser asequible (8).

Los irrigantes usados en el tratamiento endodóntico generalmente se clasifican en irrigantes que disuelven tejido en donde el hipoclorito de sodio (NaOCl) está

presente, agentes antibacteriales que a su vez se clasifican en agentes bacteriostáticos como la clorhexidina, antibióticos y bactericidas como el hipoclorito de sodio y antibióticos, otro apartado incluye los agentes quelantes que son débiles como 1-hidroxietilen-1,1-bifosfonato (HEBP) y fuertes como ácido etilendiaminotetracético EDTA, finalmente una combinación de productos que presentan características de degradación como MTAD, QMix, SmearClear y Tetraclean (9).

Un reciente estudio de *Keine et al.*, (10) evalúa el ácido peracético (PAA) como irrigante endodóntico, es un agente oxidante que combina la eficacia antimicrobiana contra los microorganismos presentes en el conducto radicular y tiene la capacidad de eliminar la capa de frotis, el ácido peracético a una concentración de 1% exhibió una actividad antibacteriana similar al EDTA e NaOCl al 2.5% en conductos contaminados con *E. faecalis* cuando fue utilizado como irrigante final. PAA proporcionó una reducción similar en la microdureza y rugosidad de la dentina al ser comparado con el protocolo de irrigación NaOCl- EDTA- NaOCl causando menos erosión. Por lo tanto, concluyen que el 1% de PAA tiene potencial de ser utilizado como irrigante endodóntico, pero hacen falta más estudios sobre su aplicación (10).

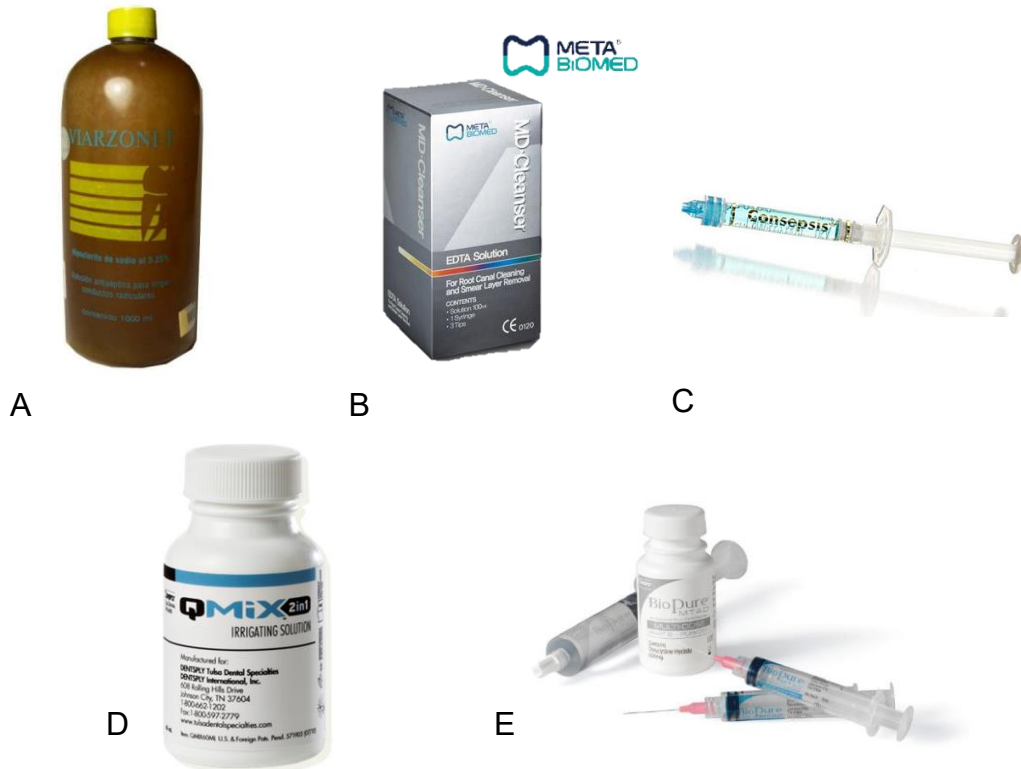


Fig. 1 Ejemplos de irrigantes usados en endodoncia. A) Hipoclorito de sodio. B) EDTA ácido etilendiaminotetracético, C) Clorhexidina, D) QMIX, E) MTAD. Tomadas de Cohen, Vías de la Pulpa (1) y Basrani, Update on endodontic irrigating solutions (8).

El régimen sugerido de irrigación actual consiste en colocar hipoclorito de sodio a su máxima concentración en la cámara pulpar mientras se realiza el desbridamiento mecánico, al completar el procedimiento se deben realizar un protocolo final que consiste en 3 ciclos de 20 segundos (1 minuto) de NaOCl al 5.25% y posteriormente ácido etilendiaminotetracético (EDTA) al 17% por un minuto y se procede a completar el tratamiento (4). Su principal desventaja es que ambas soluciones no pueden usarse juntas ya que disminuyen su efectividad.

Se han sugerido técnicas de agitación para acelerar la penetración de las soluciones irrigantes en las complejidades de la morfología del conducto radicular y áreas no preparadas por instrumentos de endodoncia, con el objetivo de mejorar el contacto de la solución con las superficies de las paredes de los conductos, particularmente en la porción apical o istmos (11) . Entre las técnicas para la activación de irrigantes en el conducto radicular se encuentran irrigación con aguja convencional (CI), la activación manual dinámica (MDA), suplementos para mejorar la distribución e intercambio de los irrigantes como los dispositivos ultrasónicos (PUI) o sónicos (SI) y dispositivos de presión apical negativa. Sin embargo, la agitación puede estar asociada con extrusión de soluciones más allá del ápice radicular lo que es indeseable y puede provocar dolor postoperatorio. *Decurcio et al.*,(11) demostraron en un meta análisis que la agitación asistida por máquina reduce el dolor postoperatorio en comparación con la irrigación con jeringa sola a las 24 y 48 horas. Las posibles razones para la disminución del dolor postoperatorio pueden estar relacionadas con el movimiento durante la irrigación en la dirección cervical dentro del sistema de conductos radiculares, así disminuyendo el riesgo o cantidad de extrusión y daño en la región periapical. Aunque en su revisión menciona como limitante que los estudios incluidos tenían diferencias en sistemas de irrigación, estado pulpar y condiciones clínicas reportadas, la evaluación del dolor postoperatorio se vio afectada por el estado del dolor preoperatorio y condición pulpar /periapical. Los estudios presentaron diferentes diagnósticos pulpares y periapicales, al mismo tiempo, en dos estudios que evaluaron dientes con periodontitis apical, usaron puntas para agitar las soluciones irrigantes y en ambos hubo una reducción de dolor periapical. Sin embargo, concluyen que la agitación redujo el dolor postoperatorio en todos los estudios. (11)

Entre los métodos para lograr una irrigación existe la irrigación convencional con jeringas (CI) es la técnica más utilizada permitiendo fácil control de la profundidad de penetración de la aguja y el volumen de irrigante administrado. Sin embargo, después de la aplicación de este método, es probable que las irregularidades inaccesibles del conducto alberguen desechos y bacterias; por lo tanto, la desinfección de los túbulos dentinarios es limitada. Para aumentar la profundidad

de penetración de los irrigantes en túbulos dentinarios y conductos laterales, se han desarrollado diferentes procedimientos y técnicas para activar el irrigante (12).

La irrigación activada por láser (LAI) es otro método para aumentar la activación del irrigante en los conductos radiculares. Se basa en una fuerte absorción de la radiación emitida por láseres; cuando los láseres se activan en agua o en irrigantes endodónticos a base de agua, se produce una cavitación acústica secundaria como resultado de la formación de grandes burbujas de vapor elípticas. Las ondas de presión altamente localizadas y la transmisión intensa son creadas por burbujas de vapor que se expanden y generan implosiones. Estos cambios en las burbujas generan movimiento de fluidos dentro del conducto. Se ha informado que el LAI usa láseres de infrarrojo medio como erbio: itrio -aluminio-granate (Er: YAG) y erbio, cromo: itrio, escandio, galio, granate ( Er, Cr: YSGG ) es efectivo para eliminar la capa de frotis. y desinfección mejorada del conducto radicular (12).

A continuación, se describirá la información principal encontrada sobre los irrigantes más utilizados, como el hipoclorito de sodio, e irrigantes nuevos como el Keratobacter y su efecto *in vitro* sobre cultivos celulares.

## **II.II Hipoclorito de sodio (NaOCl)**

El hipoclorito de sodio fue descrito por primera vez por *Dakin et al.*, (13) informando que era efectivo para las heridas de soldados de la primera guerra mundial. *Walker* en 1936 encontró que una solución de soda clorada es un buen solvente de materia orgánica (14). Las principales propiedades antimicrobianas con las que el hipoclorito de sodio cuenta son la capacidad de oxidar e hidrolizar proteínas celulares, puede liberar cloro para formar ácido hipocloroso y extraer fluidos osmóticamente de las células dándole la capacidad de degradar materia orgánica de los conductos radiculares (2).

El modo de acción del hipoclorito de sodio inicia al contactar proteínas, en esta etapa forma nitrógeno, formaldehído y acetaldehído en corto tiempo lo cual provoca que sus enlaces peptídicos se dividan y disuelvan proteínas, el hidrógeno de grupos amino -NH- se reemplazan por cloro formando cloraminas ayudando a la degradación de tejido necrótico. *Estrella et al.*, (15) muestran que el NaOCl tiene equilibrio dinámico degradando ácidos grasos y transformando sales de los mismos (jabón) y glicerol(alcohol), así logra reducir la tensión superficial de la solución obteniendo como resultado saponificación (15).

El hipoclorito de sodio forma una reacción de neutralización de amino ácidos, cuando el cloro se disuelve en agua y permanece en contacto con materia orgánica logrando ácido hipocloroso que actúa como solvente, libera cloro que combinado

con una amina forma cloraminas llevando a cabo la degradación e hidrólisis de amino ácidos (15).

El uso de Clorox® como fuente de hipoclorito de sodio se introdujo en el mercado por primera vez en 1954 por *Lewis*, en base a este producto *Marshall y Rosen* demostraron que tenía mayor efectividad que la solución salina normal en la degradación de tejido necrótico (16). Se han estudiado NaOCl, clorhexidina y solución salina como irrigantes endodónticos; *Byström* mostró que 0.5% y 5.0% de NaOCl eran efectivos para degradar materia orgánica de conductos radiculares (16). *Ringel et al.*, mostraron que NaOCl al 2.5% fue más efectivo comparado con la clorhexidina al 0.2%, concluyendo que el hipoclorito de sodio es mejor irrigante antimicrobiano que la clorhexidina (17). *Orsatvik y Haapasalo* (16) mostraron que son desinfectantes comparables. *Mc Comb et al.*, (17) compararon la propiedad de degradación del hipoclorito al 6% y 1% obteniendo como resultado que la concentración de 1% no fue tan efectiva como la concentración al 6% en la producción de conductos limpios durante la preparación quimiomecánica. El comportamiento del NaOCl sobre cultivos celulares demuestra que tiene la capacidad de degradar tejido orgánico cuando es probado en tejido palatino de porcino a una concentración de 6% los primeros 5 minutos (3), también se ha demostrado la degradación de tejido bovino cuando se ha utilizado una concentración de 5.8% en los primeros 5 minutos comparado con concentraciones de 1% a 4% en el mismo tiempo (18).

*Massimo et al.*, (19) realizaron una evaluación *in vitro* sobre el grado de degradación del tejido pulpar a través de diferentes protocolos de irrigación, tenían como objetivo evaluar *in vitro* conductos laterales artificiales y la velocidad de degradación del tejido pulpar, usaron cien conductos artificiales que contenían conductos laterales. Cada conducto lateral se llenó con tejido pulpar calibrado a 0.002mg, todos los conductos se irrigaron usando 5 diferentes protocolos. El grupo A: agua destilada como grupo control, grupo B: NaOCl precalentado, grupo C: NaOCl calentado dentro del conducto, grupo D: NaOCl activado por ultrasonido y grupo E: NaOCl calentado dentro del conducto con activación ultrasónica. Las muestras se pesaron con microbalanzas en tres fases diferentes, antes de la inserción del tejido pulpar en el conducto lateral, después de la inserción del tejido pulpar y, finalmente después de diferentes protocolos de irrigación (19).

Como resultados la degradación parcial del tejido pulpar dentro del conducto artificial solo ocurre usando el protocolo de NaOCl calentado dentro del conducto usando activación ultrasónica, los otros protocolos no pueden degradar el tejido. Concluyen que, para obtener resultados positivos a corto y largo plazo, es necesario utilizar técnicas y tecnologías que aumenten el grado de degradación de tejido dentro del sistema de conductos radiculares (19).

Entre otros agentes irrigantes se encuentran agentes quelantes, el EDTA es el más común usado en el tratamiento de endodoncia.

### **II.III Ácido etilendiaminotetracético (EDTA)**

Descrito por primera vez en 1935 por *Ferdinand Munz* quien preparó el compuesto a partir de etilendiamina, formaldehído y cianuro de sodio el etilendiaminotetracético (EDTA) se refiere al agente quelante con la fórmula química  $C_{10}H_{16}N_2O_8$ , este aminoácido se usa ampliamente para capturar iones metálicos divalentes y trivalentes como el  $Ca^{2+}$  y el  $Fe^{3+}$ , se une a los metales a través de cuatro grupos carboxilato y dos grupos amino. El EDTA forma complejos especialmente fuertes con Mn (II), Cu (II), Fe (III) y Co (III). En su síntesis produce la sal tetrasódica, que se puede convertir en las formas ácidas por acidificación (8).

El EDTA reacciona con los iones de calcio en la dentina y forma quelatos de calcio solubles. Se ha informado que el EDTA descalcificó la dentina a una profundidad de 20-30  $\mu m$  en 5 min, se usa normalmente en una concentración del 17% y puede eliminar las capas de lodillo cuando está en contacto directo con la pared del conducto radicular durante menos de 1 minuto. La adición de surfactantes a EDTA líquido, no proporcionó una mayor eliminación de la capa de lodillo (8). Su principal desventaja es detener la capacidad del hipoclorito de sodio de degradar tejido orgánico, clínicamente esto sugiere que el EDTA y el hipoclorito de sodio deben usarse por separado (8).

### **II.IV Clorhexidina**

Introducida en 1957, se ha utilizado para la desinfección y tratamiento de infecciones en piel, ojos y garganta. Su estructura molecular consiste en una polibiguanida de 2 anillos de clorfenol simétrico y dos grupos biguanida, conectados por cadena de hexametileno básico y estable como la sal (8).

El modo de acción consiste en un antimicrobiano de amplio espectro activo contra Gram positivo y Gram negativo, tiene la capacidad de unión electrostática a la carga negativa de la superficie de bacterias dañando la capa externa de la pared celular. Dependiendo de su concentración puede tener efecto bacteriostático en bajas concentraciones, o efecto bactericida en altas concentraciones actuando como detergente y daña la membrana celular. En contacto con otros agentes como el hipoclorito de sodio crea un subproducto formado de productos tóxicos de descomposición como es la paracloramina (PCA), que tiene valor cancerígeno en tejidos, su concentración va de 0.1% a 2% para no ser tóxico (1,8).

Una ventaja como irrigante es la presencia de sustantividad, tiene la capacidad de unirse a proteínas como la albumina, la captación de clorhexidina en dientes es reversible y conduce a actividad antimicrobiana sustancial. *Lin et al.*, atribuyen la sustantividad de la clorhexidina a su capacidad de adsorber sobre la dentina la primera hora, después de la primera hora su capacidad antimicrobiana aumenta con el tiempo. En endodoncia a una concentración del 2% es eficaz para eliminar biopelícula de *E. faecalis*, reduce eficazmente bacterias y la sustantividad previene la formación de colonias, como irrigante endodóntico su efectividad depende de su nivel de concentración, siendo mejor al 2% que al 0.12%, a diferencia del NaOCl carece de propiedad para degradar tejido, por lo que el NaOCl sigue siendo el irrigante ideal en endodoncia (8).

Pocos estudios han evaluado la capacidad de CHX para penetrar en los túbulos dentinarios, especialmente cuando se usa pasivamente. Recientemente, QMix 2 en 1, e Irritrol Two-In-One se han desarrollado como nuevos irrigantes endodónticos para la eliminación de la capa de frotis con actividad antibacteriana. Ambas soluciones contienen EDTA, CHX, un detergente tensioactivo y agua. Una búsqueda en la literatura no identificó ningún estudio que evaluara la profundidad de penetración de QMix e Irritrol cuando se usaban como irrigantes. *Meltem et al.*, en su estudio sobre la eficacia de diferentes métodos de irrigación en la penetración de túbulos dentinarios usando clorhexidina, QMix e irritrol demostraron que QMix logró mayor penetración usando irrigación ultrasónica pasiva que la clorhexidina en la porción apical y no tuvo diferencias significativas comparado con Irritrol, en el grupo de Irritrol la irrigación sónica pasiva fue superior que la irrigación convencional en el tercio medio de la raíz (12).

## **II.V Ácido Cítrico**

El ácido cítrico, un agente quelante, reacciona con los metales para formar un quelato soluble no iónico, se ha aplicado en superficies radiculares afectadas por enfermedades periodontales. Además, se ha propuesto como agente acondicionador para tejidos dentales duros ya que presenta una adecuada estabilidad química, muestra efectos antimicrobianos contra los anaerobios facultativos (20). Se sugirió el uso de ácido cítrico como solución de irrigación del conducto radicular debido a sus propiedades como la capacidad de eliminación del componente inorgánico de la capa de lodillo dentinario y la capacidad de descalcificación de la dentina. Cuando se compara con ácido fosfórico, ácido poliacrílico o ácido láctico, es más eficaz en la eliminación de la capa de lodillo dentinario. *Scelza et al.*, (20) evaluaron el efecto del ácido cítrico y EDTA en la eliminación de la capa de frotis y demostraron que el ácido cítrico no causó erosión dentinal, por lo tanto, se mencionó que el ácido cítrico no podía debilitar la dentina radicular. *Arslan et al.*, (20) concluyen que el uso de concentraciones de ácido cítrico

del 10%-50% en diferentes periodos de tiempo (1 min) no mostraron diferencias significativas sobre la resistencia a la fractura de raíces tratadas endodónticamente, esta propiedad podría dar ventajas al ácido cítrico para su uso en el futuro.

## **II.VI Ácido Etidrónico**

Presentado para uso terapéutico como el etidronato disódico, fue el primero de los bifosfonatos germinales (normalmente referidos simplemente como bifosfonatos) en ser introducidos en clínica para la práctica y el manejo y trastornos relacionados con resorción ósea. *Girard et al., Zehnder et al.*, (21) mencionan que el ácido etidrónico es un quelante biocompatible que se puede utilizar en combinación con hipoclorito de sodio sin pérdida a corto plazo de las propiedades deseadas de cualquiera de los compuestos, es menos agresivo con la dentina que el EDTA; por lo tanto, puede acondicionar la dentina del conducto radicular para mejorar la adhesión posterior de un cemento sellador usado durante el proceso de obturación. El ácido etidrónico es un irrigante acuoso con la capacidad de reducir la tensión mecánica en instrumentos rotatorios cuando fue aplicado en conductos radiculares simulados estandarizados en dentina humana durante diversos estudios mismos en los que se ha encontrado que la mezcla de NaOCl 2.5% / ácido etidrónico 9% parece ser la combinación más aceptada, debido a que no presenta un efecto inmediato sobre las propiedades químicas del NaOCl (21).

## **II.VII Keratobacter**

Keratobacter (KB) es una formulación comercialmente disponible que ha sido preparada para ser usada en asociación con hipoclorito de sodio favoreciendo la eliminación de materia orgánica. Su composición está hecha a base de ácido glicólico (29%) que favorece la desmineralización y lisis de materia orgánica, así como una mezcla de surfactantes donde se incluye el cloruro de benzalconio y otros componentes (3). El informe sobre el estudio realizado mezclando hipoclorito de sodio con Keratobacter estableció que se produjo una reacción exotérmica con aumento de temperatura de hasta 42° C a partir de una temperatura ambiente de 27°C después de 3 minutos de mezcla, lo que explica el aumento de la actividad de degradación de tejido (18, 22). La mezcla de Keratobacter con hipoclorito de sodio lleva a la formación de cloraminas, un desinfectante y efervescencia logrando la degradación de tejido después de 5 a 10 minutos de incubación *in vitro* comparado con el efecto de cada irrigante por separado (3). KB ha sido propuesto como un acondicionador para irrigantes endodónticos que tiene agentes activos antimicrobianos, desmineralizantes y tensioactivos más una viscosidad de semi-líquido a líquido (5).

El cloruro de benzalconio es un surfactante (detergente) catiónico con gran afinidad por proteínas de membrana, usado para mejorar las propiedades de humectación y se ha encontrado que exhibe una reducción de 70% en la acumulación de biopelícula. El potencial antibacteriano del *Keratobacter* se basa en los cambios provocados sobre la resistencia iónica de las membranas celulares debido a su contenido de moléculas anfipáticas como nitrógeno cuaternario asociado a un sustituto hidrófobo, que es capaz de reducir la tensión superficial y aumenta la superficie hidrofóbica, insoluble en agua y sustratos de crecimiento (23, 24).

## **II.VIII Keratobacter e Hipoclorito de Sodio**

El hipoclorito de sodio en endodoncia parece ser el irrigante más efectivo debido a su excelente eficacia antimicrobiana, eliminación de biofilm, degradación de tejido orgánico y remoción de desechos. Se ha descubierto que la eliminación de la capa de frotis depende del flujo de irrigación y acción química del ion ( $OCl^-$ ) hipoclorito, mientras la penetración y la profundidad que llega a alcanzar el irrigante depende de la tensión superficial (15, 25). La eficacia antimicrobiana está asociada con la concentración y acción oxidante del ácido hipocloroso no disociado, la degradación de la materia orgánica está determinada por reacciones químicas del HOCL altamente inestable con ácidos grasos y la proteína amina.

Entre sus principales características destacan ser el irrigante de elección, efecto antimicrobiano, excelente agente para la degradación orgánica, lubricante y efecto inmediato, como todo agente químico tiene limitación como su citotoxicidad en caso de extrusión, no presenta sustentividad, es corrosivo y es efectivo solo para materia orgánica (8).

Algunos de los factores que afectan la capacidad de un irrigante para penetrar el conducto radicular apical incluyen la anatomía interna de un conducto, la presencia de dentina o tejido de pulpa, el modo de administración de la solución, así como la velocidad de flujo, diseño de la aguja para irrigar, la presión negativa ejercida y la agitación de un irrigante a través de técnicas de irrigación activa (26).

Existen alternativas para que el propio irrigante pueda mejorar sus propiedades penetrantes, como la combinación con surfactantes, los surfactantes se difunden en agua y adsorben en interfaces entre aire y agua, reducen la energía superficial del agua y aumentando su humectación en una superficie. Los estudios que examinaron la adición de surfactantes a los irrigantes han informado resultados exitosos mediante observaciones en profundidad, penetración del irrigante, mayor permeabilidad de dentina, mejor limpieza y desinfección del conducto y mejor degradación de tejido pulpar (27). Se ha sugerido la adición de surfactantes al

NaOCl para mejorar la eliminación del colágeno aplicado de los conductos radiculares cuando está asociado con la agitación. Por otro lado, puede generar efectos negativos a lo largo del tiempo sobre el cloro libre disponible de NaOCl, por lo tanto, sobre las propiedades de degradación de tejido, efectos que deben ser estudiados (5).

La tensión superficial de cualquier líquido disminuye según la concentración de surfactante, las moléculas de surfactante se mueven hacia la interfaz de líquido/aire hasta que presenta saturación. Esta concentración de surfactante que conduce a la saturación se llama concentración micelar crítica (CMC) activando las mejores propiedades de humectación, su uso en el área de odontología esta implementada en ácido etilendiaminotetracético y resinas ortodóncica (28).

Un estudio preliminar de *Peña López et al.*, muestra que se ha considerado una prueba para la capacidad de degradación de tejidos blandos para mezclas de hipoclorito de sodio con Keratobacter, esta asociación funcionó mejor que las soluciones por separado (3). En el estudio se obtuvieron 140 muestras de la mucosa palatina porcina y se pesaron usando una balanza de alta precisión, al azar las muestras se dividieron en 4 grupos experimentales y en base a la solución de prueba usada que fue agua destilada, hipoclorito de sodio al 6%, Keratobacter y una mezcla 9:1 vol./vol. de hipoclorito de sodio con Keratobacter; después de 5,10,15 y 20 minutos de inmersión de las soluciones a 27°C las muestras se ponderaron a un evaluador cegado. El peso de los diferentes puntos de tiempo se analizó con la prueba de análisis de varianza Bonferroni. Los resultados demostraron que la degradación completa de tejido no ocurrió en ninguna muestra, el mayor porcentaje de degradación se produjo en los 0 a 5 minutos para el grupo de hipoclorito de sodio y Keratobacter en un 22% seguido por el uso de Keratobacter en un 18.5% por el mismo periodo de tiempo. El hipoclorito de sodio presentó degradación de tejido similar durante el periodo de tiempo que comprende de 10 a 15 minutos resultando en 7.8% y 6.8% de 15 a 20 minutos. Las diferencias de peso más importantes fueron al tiempo de 5, 10 y 15 minutos de incubación. No existieron diferencias estadísticas significativas al comparar la prueba a los 20 minutos, por lo tanto, se concluye que esta mezcla aumentó la degradación de mucosa palatina *in vitro*. De acuerdo al fabricante el pH de Keratobacter no mezclado corresponde a 4, pero cabe mencionar que clínicamente el pH de una solución en el interior del conducto dependerá de la relación de mezcla de diferentes soluciones y otros fluidos presentes. Los estudios preliminares *in vitro* mostraron una reacción exotérmica de 42°C, partiendo desde 27°C después de 3 minutos de mezcla lo que explica el aumento de degradación de tejido en las muestras (3, 6, 13). La mezcla de Keratobacter e hipoclorito de sodio forma cloraminas, desinfectante y efervescencia

lo que mejora el enjuague de restos intraconducto. Se indica que la eficacia del Keratobacter debe ser investigado en pacientes (3).

En el estudio más reciente sobre NaOCl y KB (5), tuvieron como objetivo evaluar la degradación de mucosa palatina de porcino sobre surcos artificiales en conductos radiculares preparados, irrigando con NaOCl, NaOCl y KB, realizando un protocolo de irrigación final con EDTA con y sin irrigación ultrasónica pasiva (PUI). El estudio se llevo a cabo de la siguiente manera las muestras de mucosa palatina porcina se estandarizaron en peso y se colocaron en surcos artificiales previamente preparados en dientes extraídos de incisivos centrales maxilares humanos, se reposicionaron las raíces y asignaron aleatoriamente en 6 grupos de prueba (n=20) y un grupo control de agua destilada (n=3). Las muestras del grupo de prueba se dividieron posteriormente al azar en subgrupos (n = 10). Estos diferían en la solución de irrigante utilizada: hipoclorito de sodio solo al 3%, o una mezcla de NaOCl y KB 9: 1 vol. / vol. 1 (NaOCl + KB) y realizaron protocolos de irrigación (5).

Evaluaron el contenido de cloro libre disponible del NaOCl mediante valoración yodométrica, mientras que las mezclas de NaOCl + KB se usaron inmediatamente después de su preparación.

Para la técnica con presión positiva (PP): irrigaron con 3 ml de la solución de irrigante durante 60 segundos seguido de 1 ml de EDTA al 17% por 60 segundos y finalmente 3 ml de solución de irrigante por 30 segundos.

Se usó EndoActivator (SA), con una punta cónica de tamaño 25 / 04, 22 mm, ajustada a 10 000 ciclos por minuto, colocada a 2 mm de la longitud de trabajo, los conductos se irrigaron de la siguiente manera: 3 ml de solución de irrigante por 30 segundos, activación durante 30 segundos y 1 ml de EDTA al 17% durante 30 segundos, activación durante 30 segundos y 3 ml de solución de irrigante por 30 segundos (5).

Irrigación ultrasónica pasiva (PUI), con sistema Irrisafe usando una punta de tamaño 25 y 21 mm de longitud, montado en una unidad ultrasónica con un ajuste de potencia de 3. La colocación de la punta de la aguja de irrigación y los tiempos de irrigación / activación fueron idénticos al grupo SA. Las soluciones fueron colocadas a 2mm de la longitud de trabajo con una aguja de salida lateral 27 G en todos los grupos. El volumen total de irrigante utilizado para la irrigación final fue de 7 ml (3 ml de solución de irrigante + 1 ml de EDTA + 3 ml de solución de irrigante). Finalmente, los conductos se secaron con puntas de papel, las raíces se desmontaron y las muestras de mucosa palatina se trataron y pesaron tres veces.

Como resultado el peso basal promedio no fue estadísticamente diferente entre los grupos, todos los grupos de prueba presentaron una degradación significativa del

tejido, mientras que no ocurrió una degradación significativa del tejido en el grupo de control de agua destilada. La degradación completa no ocurrió en ningún grupo. El porcentaje medio de reducción de peso fue el siguiente: NaOCl + KB PP 49.42 (20.11); NaOCl PP 22.83 (14.48); NaOCl + KB SA 54.67 (20.39); NaOCl SA 48.59 (19.5); NaOCl + KB PUI 59.22 (34.29); NaOCl PUI 53.08 (19.78). NaOCl con PP presentó una reducción de peso significativamente menor en comparación con los grupos experimentales restantes. No se encontraron diferencias significativas al comparar los grupos experimentales restantes. En general, los subgrupos NaOCl + KB se asociaron con mayores cambios de peso en comparación con los subgrupos NaOCl solos (5).

Aún no existe mucha evidencia acerca del uso de Keratobacter ya que es un producto que recientemente empieza a ser investigado, Una posible ventaja adicional del uso de NaOCl + KB es que mejora la degradación del tejido, ésta se puede lograr simultáneamente a lo largo de todos los procedimientos de preparación mecánica, mientras que la agitación de NaOCl es posible solo después de que se completa la conformación mecánica (5). Por lo tanto, el estudio de sus ingredientes es importante para respaldar su uso, existe evidencia de la combinación de algunos de los componentes del Keratobacter como el cloruro de benzalconio y ácido glicólico combinados con el hipoclorito de sodio.

La combinación de cloruro de benzalconio e hipoclorito de sodio reduce la carga bacteriana en mayor medida que el hipoclorito de sodio al usarse solo y permite mayor difusión hacia la dentina tubular que el hipoclorito de sodio. *Bukiet et al.*, demostraron que esta combinación redujo el ángulo de contacto de hipoclorito de sodio en el 50% pero no modificó su eficacia antibacteriana al combinarlo (28)

*Estévez et al.*, (29) estudiaron el efecto de la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) sobre la degradación orgánica de tejido usando hipoclorito de sodio con y sin surfactantes, encontraron que la adición de surfactantes aumentó la degradación de la mucosa palatina porcina usada en el estudio. Este es el primer estudio que compara diferentes tiempos de agitación de irrigación ultrasónica pasiva dentro de un sistema cerrado y estableció que un mayor tiempo de agitación (30 segundos) resultó en una mayor degradación de tejido orgánico, sin embargo, este puede no ser el caso si se prueban tiempos extendidos porque puede haber un efecto meseta donde la agitación se nivela (29). La solución con surfactante añadido y usada con PUI por 15 segundos se desempeñó de manera similar que la usada con PUI por 30 segundos sin surfactantes añadidos, por lo tanto, el uso de una preparación de tensión superficial disminuida puede permitir tiempos de activación ultrasónica cortos clínicamente. En conclusión, la adición de un surfactante a la activación de NaOCl con PUI, cuando se usa EDTA como intermediario y NaOCl como la solución principal aumentó la degradación de la mucosa palatina, sin embargo, no se

encontraron diferencias significativas al comparar las diferentes soluciones de NaOCl con 30 segundos de agitación PUI (29)

De igual manera *Faria et al.*, (30) demostraron que al usar gel de NaOCl adicionado con surfactantes existió menor profundidad de penetración en túbulos dentinarios comparado con la solución de NaOCl adicionada con surfactantes. La adición de surfactantes no aumentó la profundidad de penetración, mientras que el uso de PUI aumentó significativamente la penetración de NaOCl en los túbulos dentinarios.

En un estudio de *Jaramillo et al.*,(23) se estudió la adherencia microbiana y el crecimiento de la biopelícula en superficies recubiertas con cloruro de benzalconio cualitativamente, el estudio se llevó a cabo con un modelo de disco de dentina y cuantitativamente con un modelo de biofilm de mini celdas de flujo (23). Además, se observó la viabilidad celular y biovolumen total mediante técnica LIVE/DEAD. El efecto repelente de las superficies recubiertas con cloruro de benzalconio se comparó con hipoclorito de sodio. Se obtuvieron resultados mediante microscopio electrónico de barrido, las imágenes de modelo de disco de dentina revelaron que se formaron biopelícula dispersos en superficies con hipoclorito de sodio y recubiertas con cloruro de benzalconio. De lado contrario se formaron biopelículas en dentina sin recubrimiento, fueron visibles distribuidas en varillas y cocos. Sobre el sistema de mini celdas con células el flujo el escaneo con láser confocal confirmó que las biopelículas formadas en las superficies revestidas con hipoclorito y cloruro de benzalconio mostraron menos adherencia en 2 horas y acumulación de biovolumen a las 24 y 96 horas en comparación con los controles de recubrimiento. Las mediciones de viabilidad celular mostraron que en los controles no revestidos las mediciones eran altas y los recubiertos con cloruro de benzalconio del 88%, sin embargo, la viabilidad celular era reducida en superficies recubiertas con hipoclorito de sodio con 59%. El estudio ilustra que el revestimiento superficial con una solución surfactante cuyo contenido es cloruro de benzalconio no causa daño a la membrana celular, pero puede interferir con los mecanismos celulares de adhesión, actualmente el cloruro de benzalconio tiene utilidad clínica como medicación antibiofilm garantizada (23).

Otro estudio de *Baron et al.*, (31) usó 64 dientes anteriores recién extraídos para realizar tres experimentos, los dientes se prepararon con instrumentación rotatoria y dividieron en 4 grupos con un total de muestra n=16, los grupos fueron inoculados con *E. Faecalis* cultivado durante 21 días antes de su uso, el grupo de control positivo no fue irrigado, el grupo de hipoclorito de sodio se irrigó con 5ml a una concentración de 6% y el grupo de hipoclorito de sodio y cloruro de benzalconio se irrigó con 5ml, el hipoclorito a una concentración de 6% y cloruro de benzalconio de 0.008%. El grupo de control negativo solo recibió el medio de cultivo y no se irrigó. Obtuvieron un muestreo con puntas de papel de los conductos antes de la irrigación

la cual fue la muestra 1 (S1) para los 4 grupos y para dos grupos después de la irrigación la muestra 2 (S2) y así determinaron la formación de colonias restantes. Después del muestreo todos los dientes se dividieron a la mitad y se evaluó la viabilidad bacteriana, así como, la unidad formadora de colonias y la penetración de los túbulos dentinarios mediante el uso de tinción con colorante vital fluorescente y láser confocal de microscopia de escaneo (31).

Como resultados se obtuvo una comparación de preirrigación y muestras de puntas de papel posteriores a la irrigación de los 2 grupos irrigados, se observó reducción significativa en la carga bacteriana con una carga significativamente menor en el grupo de hipoclorito de sodio y cloruro de benzalconio que en el grupo de NaOCl, el 68.8% de las muestras de hipoclorito de sodio y cloruro de benzalconio mostraron eliminación completa de bacterias del conducto radicular. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos.

Concluyeron que la adición de cloruro de benzalconio al hipoclorito de sodio redujo significativamente la cantidad de bacterias restantes dentro del conducto después de la irrigación en comparación con hipoclorito de sodio solo (31).

*Bukiet et al.*, (28) estudiaron el uso de cloruro de benzalconio con concentraciones que van de 0% al 1%, estas concentraciones fueron mezcladas en 2.5% de hipoclorito de sodio y probadas midiendo el ángulo de contacto de las soluciones en una superficie de dentina no deshidratada usando el método de gota sésil estática.

Posteriormente se usó la técnica de caída de pendiente para determinar la energía superficial de las soluciones y calcularon la concentración micelar crítica (hace referencia a las moléculas de surfactante que se mueven hacia la interfaz del líquido/aire hasta lograr saturación) de cloruro de benzalconio mezclado con hipoclorito de sodio. Cuando el hipoclorito de sodio al 2.5% se mezcló con cloruro de benzalconio en la concentración micelar crítica se probó y midió en 3 parámetros: contenido de cloruro libre, citotoxicidad mediante pruebas de 929 fibroblastos cultivados en medio esencial mínimo suplementado con un 10% de suero bovino fetal, 100 UI / ml de penicilina, 100 mg / ml estreptomina y 0,25 mg / ml de anfotericina B (Bio-Science, Walkersville, MD) y se sembraron a 30,000 células / cm<sup>2</sup>. en placas de 96 pozos (Falcon 3072; Becton Dickinson, Oxford, Reino Unido). Las placas de 96 pozos fueron colocadas en una incubadora húmeda con una atmósfera de 5% de CO<sup>2</sup> y 95% de aire antes de su uso. Después de 24 horas, el medio de las placas de 96 pozos se retiró y se reemplazó por 100 ml del medio de prueba. La prueba se obtuvo mediante diluciones en serie (v / v) de 2 irrigantes del conducto radicular en medio de cultivo, 2,5% NaOCl y 2,5% NaOCl + 0,008% cloruro de benzalconio.

Los 2 líquidos se probaron sin diluir o diluidos a 1:10, 1:100, 1:1000 o 1: 10,000. El medio se dejó en contacto con las células objetivo durante 10 minutos antes de realizar la prueba. Cada dilución se probó en una placa separada, porque el cloruro es volátil y puede evaporarse, modificando el resultado del estudio. Un ensayo de succinil deshidrogenasa (metil-tiazol-difeniltetrazolio) se realizó en los 96 pozos después de 10 minutos de incubación (es decir, 24 horas + 10 minutos) después del comienzo del experimento). El medio fue removido y reemplazado inmediatamente con 100 ml / pocillo de 0,5 mg / ml 3- (4,5- se disolvió en dimetiltiazol-2-il) -2, (-bromuro de difenil tetrazolio). Después de la incubación durante 2 horas a 37 °C, los sobrenadantes se descartaron y los cristales de formazán se solubilizaron con dimetilsulfóxido (100 ml / pozo) (Sigma Chemical Co). La absorbancia de cada placa de 96 pozos se determinó utilizando un espectrofotómetro automático de microplacas (E 960; Bioblock, Estrasburgo, Francia) a 550  $\mu\text{m}$ . Las absorbancias de los pozos que contienen el mismo medio fueron comparadas con los del medio de control para determinar el porcentaje de viabilidad celular. El control positivo fue fenol (0,64 mg / ml), y el control negativo fue el propio medio. Los experimentos se realizaron por triplicado, considerando el efecto antibacteriano contra *E. Faecalis*. Se obtuvieron resultados en el ángulo de contacto y energía superficial que disminuyó significativamente con el aumento del cloruro de benzalconio. La concentración micelar crítica de la combinación fue de 0.008% en esta concentración la adición de cloruro de benzalconio no tuvo efecto en el contenido libre de cloro, la citotoxicidad o eficacia antibacteriana de la mezcla. Por lo tanto, concluyen que la adición de cloruro de benzalconio al hipoclorito de sodio en la concentración micelar crítica redujo el ángulo de contacto en un 51.2% y la energía de la superficie por 53.4% sin afectar el contenido de cloruro libre, citotoxicidad o propiedades antibacterianas de la mezcla (28).

*Guastalli et al.*, (32) al evaluar el efecto de la presencia de surfactantes sobre las formas activas de cloro molecular libre (FAC), pH, viscosidad y tensión superficial de las preparaciones de NaOCl encontraron que la degradación del cloro libre disponible fue más rápida en presencia de surfactantes, hubo una disminución gradual del pH con el tiempo, pero la viscosidad permaneció estable. La tensión superficial de los productos estudiados disminuyó con el tiempo. Todo esto fue estudiado usando tres soluciones que contienen surfactantes como Chlor-Xtra 6%, Hypocelle 4% y White King, usaron 2 soluciones sin surfactantes Vista al 6% e Hypocelle al 4%, todas estas soluciones se almacenaron en botellas de plástico cerradas y se protegieron de la luz a una temperatura constante de 20°C por 213 días. La FAC se midió usando examen yodométrico, mientras que el pH, la tensión superficial y la viscosidad fueron medidas usando un medidor de pH, método de caída y reómetro respectivamente, La influencia del tipo de solución y la presencia de surfactante se comparó con la ayuda de regresión lineal de modelos para

analizar FAC. El análisis de varianza fue usado para evaluar el efecto del paso del tiempo y el tipo de solución en la tensión superficial y el efecto de la presencia o ausencia de surfactante en las soluciones.

Concluyeron que la presencia de surfactantes aceleró la degradación de FAC en todas las soluciones de NaOCl afectadas. Los cambios de pH y viscosidad fueron menores mientras que la tensión superficial mostró una disminución significativa (32).

*Dragan et al.*, (33) informaron acerca de los efectos de múltiples aditivos como polietilenglicol, cloruro de benzalconio (95%) y formiato de etilo (97%), sobre la tensión superficial, pH y viscosidad de la solución de hipoclorito de sodio al 5.25%. Usando enfoques estadísticos avanzados en análisis multivariado no supervisado, para cuantificar la variabilidad de las propiedades fisicoquímicas de la solución de NaOCl modificada. 25 soluciones de NaOCl fueron modificadas con aditivos en diferentes rangos de concentraciones, las soluciones se homogeneizaron y los parámetros fisicoquímicos se midieron inmediatamente. Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos se midieron en 22°C y 37°C.

Los resultados revelaron que el pH y la tensión superficial fueron parámetros significativos, cuatro componentes principales se asociaron con características determinadas, el polietilenglicol mostró propiedad humectante que dependía del tensioactivo catiónico y no catiónico, el efecto antimicrobiano influenciado por el formiato de etilo mostró que el tensioactivo catiónico, cloruro de benzalconio había disminuido significativamente la tensión superficial.

Los resultados estadísticos concluyeron que la solución de irrigación de NaOCl al 5.25% debe modificarse con una mezcla de 0.1% de cloruro de benzalconio, 1% de formiato de etilo y 7% polietilenglicol para obtener un pH bajo y tensión superficial disminuida (33).

El ácido glicólico (GA) o ácido hidroxiacético pertenece al grupo de ácidos alfa hidroxílicos donde también se encuentra el ácido cítrico (CA). El GA tiene solo dos carbonos en su estructura molecular y se puede disolver fácilmente en agua (34). El GA es utilizado en la farmacéutica cosmética de la piel como un monómero en la preparación de polímeros biocompatibles como PLGA (ácido láctico co-glicólico) que se utilizan en bioingeniería de tejidos. Tiene la capacidad de inducir síntesis de colágeno, proliferación de fibroblastos y es biodegradable (35). En odontología, estudios recientes demostraron que GA es adecuado para el grabado del esmalte y dentina en procedimientos restaurativos y tan eficiente como el EDTA para eliminar la capa de frotis de las paredes de los conductos radiculares. Además, los

resultados citotóxicos indican que GA tiene efectos menos tóxicos en los fibroblastos en comparación con EDTA (34).

*Dal Bello et al.*, (35) en su estudio de 2019 tuvieron como objetivo determinar el efecto de GA en cuanto a microdureza, rugosidad y distribución de contenido mineral, eliminación de capa de frotis y citotoxicidad cuando es usado como irrigante final.

Para lograrlo usaron dientes extraídos unirradiculares con ausencia de caries, fisuras y sin tratamiento de endodoncia previos, estas muestras fueron almacenadas en solución salina a 4°C, el tamaño de la muestra se calculó con software Minitab y resultó en 5 para microdureza, 3 para rugosidad y 3 para capa de frotis.

Para medir la microdureza y rugosidad se usaron 60 dientes que fueron decoronados en la unión cemento-esmalte, se determinó su longitud de trabajo por medio de una lima K #10 que se introdujo en el órgano dentario hasta que se visualizó en el apice y se redujo 1mm la longitud, posteriormente usaron limas manuales K hasta un diámetro #45 para instrumentar y se irrigó con NaOCl 5ml al 2.5% entre cada lima con una aguja 25 / .04 colocada a 2mm de la longitud de trabajo y la irrigación final se realizó con agua destilada. Las raíces se seccionaron longitudinalmente en el área bucal y lingual así se dividieron en grupos para estudiar la microdureza y rugosidad (n=60), se pulieron con discos de fieltro y las muestras se colocaron al azar en 6 grupos (n=10) y se sumergieron por 1 minuto en 50 ml de cada solución a probar, el primer grupo fue agua destilada (pH 6.8), EDTA al 17% (pH 7.17), CA (pH 1.58), GA al 5% (pH 2.17), GA al 10% (pH 2.10) y GA al 17% (pH 2.09) y se enjuagaron con 5 ml de agua destilada, la microdureza se midió con penetrador Knoop con carga 25g por 15 segundos y se realizaron 3 hendiduras en cada muestra, la primera de 1000µm desde la entrada del conducto radicular y otras 2 a 200µm entre sí.

Como resultado se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la solución de irrigación final; el ácido glicólico al 17% mostró mayor reducción en la microdureza que se necesita para acceso y acción de instrumentos endodónticos, así como el ácido cítrico, por lo tanto, GA al 5% y 10%, EDTA al 17% resultaron mejores que GA al 17% que prueba puede provocar cambios minerales en la dentina (35)

La rugosidad de todos los grupos aumentó significativamente, GA al 17% mostró rugosidad media-alta comparada con EDTA, CA y similar al GA al 5% y 10%, las superficies rugosas benefician en procedimientos clínicos durante la unión micromecánica de materiales adhesivos.

En cuanto a la eliminación de la capa de frotis analizada con microscopía electrónica de barrido (SEM) se seleccionaron 30 incisivos extraídos decoronados en la unión cemento-esmalte. Prepararon 2 ranuras longitudinales en la superficie vestibular y lingual sin penetrar el conducto radicular, se limpiaron las piezas con ultrasonido por 5 minutos y los ápices se sellaron con resina compuesta. La preparación del conducto se realizó con instrumento Reciproc R25 e instrumentación manual hasta lima K #40 con protocolo de irrigación de 5ml de NaOCl al 2.5% entre cada lima con aguja 25/.04 colocada a 2 mm de la longitud de trabajo e irrigación final con 5ml de agua destilada. Se dividieron las muestras en 6 grupos e irrigaron por 1 minuto en 50 ml de cada solución a probar, el primer grupo fue agua destilada (pH 6.8), EDTA al 17% (pH 7.17), CA (pH 1.58), GA al 5% (pH 2.17), GA al 10% (pH 2.10) y GA al 17% (pH 2.09) con aguja 25/.04 a 2 mm de la longitud de trabajo, se enjuagaron con 10 ml de agua destilada y secaron con puntas de papel, dividieron las raíces en 2 utilizando la parte más visible (35).

Para estudiarlas deshidrataron las piezas en desecados a 60°C por 72 horas y las recubrieron de oro, se analizaron en SEM 2000x con 5 puntajes, el puntaje 1: sin capa de frotis y túbulos dentinarios abiertos, el puntaje 2: pequeñas cantidades de la capa de frotis y túbulos dentinarios abiertos, puntaje 3: capa delgada de frotis y túbulos dentinarios parcialmente abiertos y puntaje 5: cubierta completa con capa de frotis, eligieron una capa del tercio medio de cada grupo para analizarlo en espectroscopia para determinar la relación atómica de calcio, fósforo, sodio, cloro, magnesio y zinc utilizando un EDS para el análisis químico y determinar la presencia de precipitado en las paredes.

En los resultados encontraron que hubo diferencias significativas entre el agua destilada y otros grupos, GA mostró resultados similares a EDTA y CA, pero ninguna fue capaz de eliminar por completo la capa de frotis, sobretodo en el tercio apical, los elementos calcio, fósforo y sodio que son componentes de la dentina se detectaron estables y sin alteración (35).

El ensayo citotóxico de fibroblastos fue realizado con células de fibroblastos (linaje, 3T3), se cultivaron en DMEM. Suplementado con suero fetal bovino (FBS) al 10, 100  $\mu$ g/ml - 1 de estreptomycin y 100 mg/ml de penicilina a 37 ° C en una incubadora humidificada en una atmósfera que contiene 5% de CO<sub>2</sub>. Las células confluentes se separaron con 0,25% de tripsina y 0,05% de EDTA durante 5 minutos, y las alícuotas se cultivaron. Se sembraron en placas de 96 pozos (1 x 10<sup>4</sup> células / pocillo). Después de 24 h, el medio de cultivo se retiró y las células se trataron con 100-  $\mu$  L de alícuotas de 17% de EDTA, 10% CA y 17% GA en diferentes diluciones con DMEM (1/2, 1/4, 1/10 y 1 / 100) por períodos de 20 minutos y 1 hora. La viabilidad celular se determinó mediante ensayos de 3- (4, 5 - dimetiltiliazol-2-il) - 2,5-difeniltetrazoliumbromuro (MTT). Se preparó MTT, como una

solución de trabajo de 0,5 mg / ml en medio completo justo antes de su uso. Después de los periodos de tiempo ensayados, los medios de cultivo se eliminaron y 100-  $\mu$  L MTT-solución se añadió a cada pozo. Las células se incubaron en una atmósfera humidificada de 5% de CO<sup>2</sup> en aire a 37 ° C durante 4 hrs.

Después de la incubación, se retiró el MTT y se colocaron 100  $\mu$ l de DMSO y en cada pozo para disolver los cristales de formazán producidos dentro de las células. Las placas se agitaron durante 5 minutos, la solución azul se transfirió a una placa de 96 pozos, y la densidad óptica de la solución contenida en cada pozo se leyó a una longitud de onda de 540 nm en un lector automático de microplacas. Cada experimento se realizó utilizando 3 cultivos para cada grupo y se repitió 3 veces. El contenido de formazán de cada pozo se calculó como un porcentaje del grupo de control (célula tratada con DMEM, sin ningún irrigante) (35).

Al finalizar este análisis encontraron que la viabilidad se redujo a casi 0% y en cuanto a la citotoxicidad el EDTA al 17% presentó más efectos citotóxicos en comparación con CA al 10% y GA al 17% por lo que en este estudio se concluye que GA tuvo efectos similares en capa de frotis en todas sus concentraciones y sin diferencias en el tercio medio comparando las 3 concentraciones, GA tiene la capacidad de eliminar la capa de frotis incluso al 5%. No observaron áreas de erosión en el estudio con SEM por lo que no hubo alteraciones químicas ni formación de precipitados.

Según lo mencionado concentraciones de GA al 5% y 10% fueron tan efectivas como al 17% en la remoción de la capa de frotis por lo que deben tenerse en cuenta en futuras investigaciones usando irrigación sónica y ultrasónica (35).

El estudio de ácido glicólico de *Dal Bello et al.*, del 2020 sobre la caracterización del mismo muestra que la tensión superficial del GA fue similar al EDTA y CA. En términos de tensión superficial, GA mostró resultados disminuidos en soluciones de mayor concentración y demostró estabilidad de pH en todo momento, y concluyen que los efectos sobre la relación colágeno/apatita presentados por GA dependen de la concentración, y su acción no tuvo alteraciones sobre la resistencia a la flexión de la dentina (36).

*Pereira et al.*, (34) evaluaron la irrigación con GA, probaron valores de pH de 1.2 y 5 para GA comparado con EDTA, concluyeron que ambos irrigantes causaron una reducción significativa en la microdureza de la dentina y presentaban un potencial similar para erosionar las paredes de la dentina radicular y eliminar la capa de frotis, sin embargo, al comparar la relación colágeno/apatita se observó un cambio más significativo para GA a un pH 5. Concluyen que GA tiene capacidades similares al

EDTA. El uso de GA con un pH bajo parece no afectar con grandes cambios la relación colágeno/apatita, pero se necesitan más estudios para establecer un protocolo clínico ideal (34).

**Tabla1.** Irrigantes con uso en endodoncia.

<b>NaOCl:</b>	El irrigante ideal en endodoncia para la degradación de tejido orgánico, las principales propiedades antimicrobianas con las que el hipoclorito de sodio cuenta son la capacidad de oxidar e hidrolizar proteínas celulares, puede liberar cloro para formar ácido hipocloroso y extraer fluidos osmóticamente de las células dándole la capacidad de degradar materia orgánica de los conductos radiculares
<b>EDTA</b>	Actualmente agente quelante usado como irrigante en tratamientos de endodoncia para eliminar tejido inorgánico, reacciona con los iones de calcio en la dentina y forma quelatos de calcio solubles. EDTA descalcificó la dentina a una profundidad de 20-30 $\mu\text{m}$ en 5 min, se usa normalmente en una concentración del 17% y puede eliminar las capas de lodillo cuando está en contacto directo con la pared del conducto radicular durante menos de 1 minuto.
<b>CLORHEXIDINA</b>	Solución usada para la desinfección y tratamiento de infecciones de ojos, piel su modo de acción consiste en un antimicrobiano de amplio espectro activo contra Gram positivo y Gram negativo, tiene la capacidad de unión electrostática a la carga negativa de la superficie de bacterias dañando la capa externa de la pared celular. En contacto con otros agentes como el hipoclorito de sodio crea un subproducto formado de productos tóxicos de descomposición como es la paracloramina (PCA), que tiene valor cancerígeno en tejidos, su concentración va de 0.1% a 2% para no ser tóxico. Presenta sustantividad, tiene la capacidad de unirse a proteínas como la albumina, la captación de clorhexidina en dientes es reversible y conduce a actividad antimicrobiana sustancial En endodoncia a

	una concentración del 2% es eficaz para eliminar biopelícula de <i>E. faecalis</i> .
<b>ÁCIDO CÍTRICO</b>	De las nuevas soluciones irrigantes propuestas es un agente quelante, reacciona con los metales para formar un quelato soluble no iónico, se propone como solución de irrigación del conducto radicular debido a sus propiedades como la capacidad de eliminación del componente inorgánico de la capa de lodillo dentinario y la capacidad de descalcificación de la dentina en concentraciones del 1% al 50%
<b>ÁCIDO ETIDRÓNICO</b>	El ácido etidrónico es un quelante biocompatible que se puede utilizar en combinación con hipoclorito de sodio sin pérdida a corto plazo de las propiedades deseadas de cualquiera de los compuestos, es menos agresivo con la dentina que el EDTA; por lo tanto, puede acondicionar la dentina del conducto radicular para mejorar la adhesión posterior de un cemento sellador usado durante el proceso de obturación
<b>KERATOBACTER</b>	Es una formulación comercialmente disponible que ha sido preparada para ser usada en asociación con hipoclorito de sodio favoreciendo la eliminación de materia orgánica. Su composición está hecha a base de ácido glicólico (29%) que favorece la desmineralización y lisis de materia orgánica, así como una mezcla de surfactantes donde se incluye el cloruro de benzalconio y otros componentes

### CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

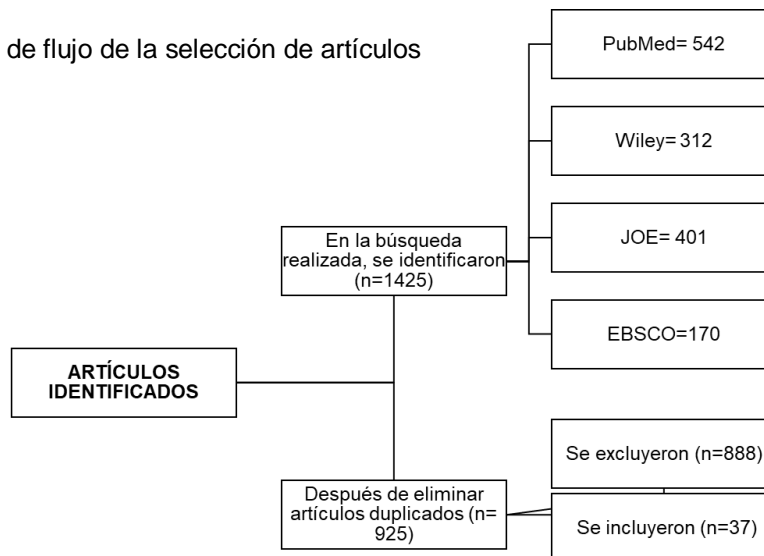
Esta revisión sistemática acerca de los irrigantes actualmente usados durante el tratamiento de conductos radiculares y nuevas soluciones en el tratamiento de endodoncia se realizó de Enero 2019 a Abril 2020. El propósito es identificar los irrigantes más comunes en endodoncia y si existen nuevas propuestas sobre irrigantes en endodoncia que aumenten la efectividad de los actualmente utilizados.

Se realizó una estrategia de búsqueda en bases de datos como MEDLINE, EBSCO, Wiley y el Journal of Endodontics la búsqueda fue manual a partir de palabras clave y se contemplaron libros de texto sobre endodoncia.

Las palabras clave que se usaron en estas plataformas fueron: Irrigación, Irrigantes en endodoncia, nuevos irrigantes en endodoncia, Hipoclorito de sodio, Keratobacter, Cloruro de benzalconio, Ácido glicólico, EDTA, Ácido cítrico, se encontraron 1,426 artículos, se eliminaron artículos repetidos, posteriormente fueron revisados y seleccionados. (Fig. 2).

Un revisor seleccionó los artículos en base a títulos y resumen, seguido de la lectura del texto completo de los artículos para identificar estudios relevantes. Esto se realizó tomando en cuenta las características del estudio (Nombre del primer autor, país, estudios en inglés, estudios *in vitro*, metodología del estudio, número de muestras evaluadas y resultados obtenidos) donde se usaron los irrigantes empleados en endodoncia. Los 37 artículos seleccionados se compararon con otro entre sí con otros irrigantes, estudios donde estudiaran irrigantes cuya degradación de tejido fuera significativa al compararlo con otras sustancias y eliminaron artículos repetidos de las bases de datos, artículos que no estuvieran relacionados con irrigación, nuevos irrigantes, degradación de tejido, reporte de caso o con endodoncia.

Fig 2. Diagrama de flujo de la selección de artículos



## CAPÍTULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En la actualidad los irrigantes usados durante el tratamiento de endodoncia se usan para la degradación de tejido tanto orgánico como inorgánico, eliminar la capa de frotis y agentes bacterianos; los más comúnmente usados son el NaOCl y EDTA como irrigante final. El NaOCl es actualmente el irrigante gold estándar, su uso se ha establecido desde la primera guerra mundial para curar las heridas de guerra (13), *Estrella et al.*, muestran que el NaOCl tiene equilibrio dinámico degradando ácidos grasos y transformando sales de los mismos (jabón) y glicerol(alcohol), así logra reducir la tensión superficial de la solución obteniendo como resultado saponificación (15). Contacta con proteínas, en esta etapa forma nitrógeno, formaldehído y acetaldehído en corto tiempo lo cual provoca que sus enlaces peptídicos se dividan y disuelvan proteínas, el hidrógeno de grupos amino -NH- se reemplazan por cloro formando cloraminas ayudando a la degradación de tejido necrótico. Sus principales ventajas son el ser un efectivo agente antimicrobiano, lubricante para los instrumentos utilizados y la disolución de tejido orgánico, estas son propiedades que se buscan en un irrigante ideal. Entre sus principales desventajas se encuentra su falta de sustentividad, corrosión y la limitante en dilución de solo tejido orgánico (8).

El EDTA, es un quelante usado como solución irrigante que remueve la parte mineralizada de la capa de frotis, la solución descalcificante debe tener características como remover la porción inorgánica de capa de frotis, remover lodillo dentinario después de la aplicación de NaOCl, contribuir a eliminar bacterias de conductos, baja toxicidad y desmineralizar 20-50  $\mu\text{m}$  la dentina, lo que hace del EDTA el quelante ideal para el tratamiento endodóntico actualmente, actúa con la extracción de superficie bacteriana de proteínas y se combina con iones metálicos de la membrana celular que llevan a muerte bacteriana. Tiene la ventaja de que al ser combinado con NaOCl no es citotóxico, pero la desventaja de disminuir la capacidad del NaOCl en cuanto a la degradación de tejido por lo que se recomienda sea usado después de la aplicación de NaOCl (8).

Por las características de estos irrigantes se ha buscado y considerado la combinación de diferentes soluciones para poder usarlas juntas y no por separado evaluando sus propiedades y la interferencia en cuanto a su modo de acción, biocompatibilidad, citotoxicidad para posteriormente ser aplicadas clínicamente, se han estudiado irrigantes como ácido cítrico que tiene capacidad de eliminar el componente inorgánico de la capa de lodillo dentinario y no causa erosión dentinal, ácido etidróico, un quelante biocompatible que puede ser usado con NaOCl sin pérdida a corto plazo de las propiedades deseadas de cualquiera de los dos compuestos y acondiciona la dentina del conducto radicular para mejorar la adhesión, cloruro de benzalconio y ácido glicólico. Recientemente se ha estudiado

un nuevo irrigante llamado Keratobacter que contiene tanto ácido glicólico como cloruro de benzalconio y se estudió en combinación con NaOCl para observar la degradación de tejido orgánico.

El estudio preliminar de *Peña López et al.*, sobre el NaOCl mezclado con KB, recordando que está compuesto de cloruro de benzalconio y ácido glicólico al 29% (3) muestra una habilidad de degradación entre estas dos sustancias, considerando esta asociación con un mejor desempeño que por separado, en el estudio el mayor porcentaje de degradación de tejido medido por la pérdida de peso de la muestra, ocurrió dentro de los primeros 5 minutos, lo consideran de relevancia ya que durante el tratamiento de endodoncia el reemplazo de irrigante es regular y esto puede favorecer la eliminación de tejido orgánico. Una posible ventaja adicional del uso de NaOCl + KB es que la mejora de la degradación del tejido se puede lograr simultáneamente a lo largo de todos los procedimientos de preparación mecánica, mientras que la agitación de NaOCl es posible solo después de que se completa la conformación mecánica (5).

La adición de ácidos al NaOCl que es una sustancia alcalina, reduce su valor de pH por lo que potencialmente reduce su capacidad de degradación del tejido orgánico mientras aumenta su eficacia antimicrobiana. Según la información del fabricante y del estudio realizado por *Peña López et al.*, (3,5) el pH de KB es de 4 sin mezclar y resaltan que el pH intraconducto dependerá de la relación de mezcla de las soluciones, el efecto de amortiguación de materia orgánica e inorgánica y otros fluidos.

Los resultados preliminares del estudio de *Peña López et al.*, (3) mostraron una reacción exotérmica que ocurre en las mezclas de NaOCl y KB con un aumento de hasta 42°C desde una temperatura ambiente de 27°C después de 3 minutos. Lo que explica el aumento de degradación tisular de las mezclas.

La mezcla de KB con NaOCl conduce a la formación de cloraminas que contribuyen como desinfectante, la degradación no ocurrió por completo en ninguna de sus muestras, por lo que sugieren la reposición regular de irrigantes para mejorar degradación (3).

Varios estudios informan sobre el uso de surfactantes en combinación con NaOCl reportando una reducción significativa en la tensión superficial que permite mayor capacidad de degradación de tejido, pero sin diferencias significativas en sus estudios (18, 23, 31, 35).

*Clarkson et al.*, (37) probaron la capacidad de degradación de tres marcas diferentes de hipoclorito de sodio disponibles en Australia e informaron que los productos con surfactantes degradaron la pulpa porcina en un tiempo más corto que el NaOCl a la

misma concentración, esto sustenta el uso de un surfactante en nuestro estudio como lo es el KB.

*Dal Bello et al.*, (35) en su estudio sobre ácido glicólico (GA) como irrigante final concluyó que GA tiene potencial para su uso como agente de enjuague final en endodoncia, obtuvo resultados sobre microdureza que muestran que una concentración de GA al 17% presentó microdureza sobre la dentina, pero a concentraciones de 5% y 10% resultaron mejores probando que GA provoca cambios minerales en la dentina, en cuanto a la rugosidad a una concentración de 17% mostró rugosidad alta comparada con EDTA y ácido cítrico (CA) que puede dar beneficios para la unión micromecánica de adhesivos, también la observación que realiza sobre la eliminación de la capa de frotis fue benéfica para GA mostrando resultados similares EDTA y ácido cítrico (CA), ninguno de los irrigantes utilizados logró eliminar por completo la capa de frotis sin embargo, GA tuvo un efecto similar en todas las concentraciones usadas lo que demuestra que realmente tiene la capacidad de eliminación incluso al 5%, según lo mencionado por el estudio, la concentración al 17% como las concentraciones 5% y 10% fueron tan efectivas como al 17% por lo que deben tenerse en cuenta en investigaciones futuras sin embargo, los datos para evaluar características adicionales de GA, como el nivel de pH, la tensión superficial y los efectos sobre las fibrillas de colágeno de la dentina, la resistencia a la flexión y la promoción de la adhesión de cementos endodónticos, así como los métodos de activación sónica y ultrasónica son necesarios para confirmar estas aplicaciones.

Este estudio es de relevancia para ésta revisión ya que existe muy poca literatura sobre el uso de GA como irrigante endodóntico, al observar que se han obtenido resultados favorables podemos inferir que el uso de GA como irrigante y al ser parte de la composición de KB que ya ha sido probado podría generar buenos resultados en la degradación de tejido orgánico como los cultivos celulares de fibroblastos y observar su comportamiento con NaOCl que ha demostrado ser el irrigante ideal para los procedimientos endodónticos (35).

Investigaciones futuras deben realizarse con diseños dirigidos hacia la investigación *in vitro* como en cultivos celulares de fibroblastos, usando los irrigantes como KB e NaOCl, de acuerdo con la revisión realizada es necesario realizar investigaciones para conocer mejor el uso de estos irrigantes para posteriormente emplearlo en la práctica clínica y deben contemplar aspectos como degradación, temperatura, efectos sobre dentina, irrigación dinámica, toxicidad y su uso contra especies bacterianas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Hargreaves KM, Cohen S. *Vías de la Pulpa*, 10th ed. Barcelona, España; 2011.
2. Harrison JW, Hand RE. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25 % sodium hypochlorite.
3. Peña López A, Conde AJ, Estevez R, Valencia de Pablo O, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Sodium Hypochlorite and a Preparation Containing Glycocholic Acid and Surfactants Have a Synergistic Action on Organic Tissue Dissolution In Vitro. *J Endod.* 2018; 44(5):813–5.
4. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *J Endod.* 2006; 32 (5):389–98.
5. Estevez R, Loro G, Conde AJ, Pe A. The effect of a preparation containing glycocholic acid and / or agitation on the tissue dissolution ability of sodium hypochlorite. 2020 ; 1–5.
6. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1965; 20 (3):340–9.
7. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res.* 1981; 89(20):321–8.
8. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Top.* 2012; 27:74–102.
9. Kandaswamy D VN. Root canal irrigants. *J Conserv Dent Ed.* 2010; 13(4):256–64.
10. Keine KC, Kuga MC, Coaguila-Ilerena H, Palma-dibb RG, Faria G. Peracetic acid as a single endodontic irrigant : effects on microhardness, roughness and erosion of root canal dentin. 2019 ;( October):1–6.
11. Decurcio DA, Rossi-fedele G, Estrela C, Pulikkotil SJ. Machine-assisted Agitation Reduces Postoperative Pain during Root Canal Treatment: A Systematic Review and Meta-analysis from Randomized Clinical Trials. *J Endod.* 2019; Available from: doi.org/10.1016/j.joen.2019.01.013
12. Kermeog F. Efficacy of different irrigation methods on dentinal tubule penetration of Chlorhexidine, QMix and Irritrol : A confocal laser scanning microscopy study. 2018; 1–7.
13. Trepagnier CM, Madden RM, Lazzari EP. Quantitative study of sodium hypochlorite as an in vitro endodontic irrigant. *J Endod.* 1977; 3(5):194–6.
14. Walker A. A Definite and Dependable Therapy for Pulpless Teeth\*\*Read before the Section on Histology, Physiology, Pathology, Bacteriology and Chemistry (Research) at the Seventy-Seventh Annual Session of the American Dental Association, New Orleans, La., Nov. 6, 1935. *J Am Dent Assoc [Internet].* 1936; 23(8):1418–25.
15. Estrela CR, Estrela CR, Barbin EL, Spano JC, Marchesan M a, Pecora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J [Internet].* 2002; 13:113–7.

16. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1971; 31(1):96–103.
17. Ringel, A., Patterson, S., Newton, C., Miller, C. y Mulhern, J. (1982). In vivo evaluation of chlorhexidine gluconate solution and sodium hypochlorite solution as root canal irrigants. *Journal of Endodontics*,8(5): 200-204.
18. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: Effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod [Internet].* 2010;36(9):1558–62
19. Amato M, Pantaleo G, Abtella D, Blasi A, Gagliani M, Iandolo A. An *in vitro* evaluation of the degree of pulp tissue dissolution through different root canal irrigation protocols. *J Conserv Dent* 2018; 21:175-9.
20. Hakan Arslan, Cagatay Barutçigil, Ertugrul Karatas, Huseyin Sinan Topcuoglu, Kubra Yesildal Yeter, Ibrahim Ersoy, Leyla Benan Ayrancı Effect of citric acid irrigation on the fracture resistance of endodontically treated roots Year : 2014 | Volume : 8 | Issue : 1 | Page : 74-78.
21. S. Lottanti, H. Gautschi, B. Sener, M. Zehnder, Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer <sup>a</sup> 2009 International Endodontic Journal International Endodontic Journal, 42, 335–343, 2009
22. Rossi-Fedele G, De Figueiredo JAP. Use of a bottle warmer to increase 4% sodium hypochlorite tissue dissolution ability on bovine pulp. *Aust Endod J.* 2008; 34(1):39–42.
23. Jaramillo DE, Arriola A, Safavi K, Chávez De Paz LE. Decreased bacterial adherence and biofilm growth on surfaces coated with a solution of benzalkonium chloride. *J Endod.* 2012; 38, (6):821–5.
24. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. *J Endod [Internet].* 2010; 36(5):793–6.
25. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Habahbeh N, Qualtrough A, Worthington H, et al. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2004; 37(7):438–46.
26. Vera J, Hernández EM, Romero M, Arias A, Van Der Sluis LWM. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical two millimeters of large root canals: An in vivo study. *J Endod.* 2012; 38(10):1340–3.
27. Pecora JD, Sousa-Neto MD, Guerisoli DMZ MM. Effect of reduction of the surface tension of different concentrations of sodium hypochlorite solutions on radicular dentine permeability. *Braz Dent J.* 1998; 3:38–40.
28. Bukiet F, Couderc G, Camps J, Tassery H, Cuisinier F, About I, et al. Wetting properties and critical micellar concentration of benzalkonium chloride mixed in sodium hypochlorite. *J Endod.* 2012; 38(11):1525–9.
29. Estevez R, Conde AJ, Pablo OV De, Torre F De, Rossi-fedele G, Cisneros R. Effect of Passive Ultrasonic Activation on Organic Tissue Dissolution from Simulated Grooves in Root Canals Using Sodium Hypochlorite with or without Surfactants and EDTA. *J Endod [Internet].* 2017;1–5.

30. Faria, G., Viola, K., Coaguila-Llerena, H., Oliveira, L., Leonardo, R., Aranda-García, A. and Guerreiro-Tanomaru, J., 2018. Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*, 52(3), pp.385-392.
31. Baron A, Lindsey K, Sidow SJ, Dickinson D, Chuang A, McPherson JC. Effect of a Benzalkonium Chloride Surfactant-Sodium Hypochlorite Combination on Elimination of *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2016; 42(1):145–9.
32. Guastalli AR, Clarkson RM. The Effect of Surfactants on the Stability of Sodium Hypochlorite Preparations. *J Endod*. 2015; 1–5. doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.009
33. Dds O Dragan, Tomuta I, Casoni D, Sarbu C, Dds RC, Frentiu T. Influence of Mixed Additives on the Physicochemical Properties of a 5.25 % Sodium Hypochlorite Solution : An Unsupervised. *J Endod*. 2017; doi.org/10.1016/j.joen.2017.08.006
34. Pereira D, Correia D, Farina AP, Barcellos R, Souza MA, Borba M, et al. Effect of a new irrigant solution containing glycolic acid on smear layer removal and chemical / mechanical properties of dentin. 2020; 1–8.
35. Bello YD, Porsch HF, Farina AP, Souza MA, Silva EJNL, Bedran-Russo AK, et al. Glycolic acid as the final irrigant in endodontics: Mechanical and cytotoxic effects. *Mater Sci Eng C [Internet]*. 2019; 100:323–9.
36. Bello YD, Farina AP, Souza MA, Cecchin D. *Materials Science & Engineering C Glycolic acid : Characterization of a new final irrigant and effects on flexural strength and structural integrity of dentin*. 2020; 106(July 2019).
37. Clarkson RM, Kidd B, Evans GE, Moule AJ. The Effect of Surfactant on the Dissolution of Porcine Pulpal Tissue by Sodium Hypochlorite Solutions. *J Endod* 2012; 38(9):1257–60.