



**Benemérita Universidad  
Autónoma de Puebla**



**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**

**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA**

**TERMINAL EN ENDODONCIA**

**Tesina**

**“Efectividad en cuestión bactericida del quitosán a diferentes  
concentraciones como irrigante en la Endodoncia.”**

**PRESENTA:**

**Celina Ivette Flores Quintana**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ESTOMATOLOGÍA CON  
OPCIÓN TERMINAL EN ENDODONCIA**

**Responsable: D.I.D ESTHER VAILLARD JIMENEZ ID 100060799**

**Directora Metodológica: D.I.D ESTHER VAILLARD JIMENEZ**

**Director disciplinario: C.D.E.E ALEJANDRO MARTÍNEZ GUERRERO ID  
100526940**

**Asesora: C.D.E.E. SUSANA L. BERTHEAU SOLIS**

**Asesor externo: C.D.E.E BERTHA MARIANA LANDERO LARA**

**Lector: C.D.E.E Briseida Rojas Huerta**

**MAYO 2021**



# DICTAMEN



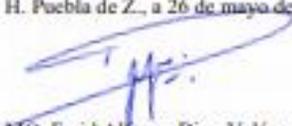
Oficio No. FESIEP/073/2021

**C. Celina Ivette Flores Quintana**  
**Matrícula: 219450001**  
**Alumno de la Maestría en Estomatología**  
**Con opción Terminal en Endodoncia**  
**De la Facultad de Estomatología**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**PRESENTE.**

*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 "Efectividad en cuestión bactericida del quitosán a diferentes concentraciones como irrigante en la Endodoncia", 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 26 de mayo de 2021.

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



Facultad de Estomatología | 31 Poniente 1304, Col. Velocines,  
Puebla, Pua. C. P. 72410  
01 (221) 229 50 00 Ext. 6408

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

Para obtener el Grado de: Maestro(a) en Estomatología con opción terminal en Endodoncia  
Registro CIFE: 2021029 Fecha: (26/05/21)

**Título de la Tesina "Efectividad en cuestión bactericida del quitosán a diferentes concentraciones como irrigante en la Endodoncia."**

**Nombre del alumno:** Celina Ivette Flores Quintana Matrícula: 219450001  
**Domicilio:** Calle Privada de Ochoa #5210 Colonia Rosario código postal 31030 Chihuahua, Chihuahua.  
**Tel:** 6142804032 **Fecha de ingreso a la Facultad:** Agosto 2019

Firma:

**Director de tesis y metodológico:** D.LD Esther Vaillard Jiménez  
**Grado académico:** Doctorado en investigación y docencia. **Adscripción:** Facultad de Estomatología ID: 100060799 TEL: 222 325 2889

Firma:

**Director disciplinario:** C.D.E.E Alejandro Martínez Guerrero **Grado académico:** Especialista en Endodoncia. **Adscripción:** Facultad de Estomatología ID: 100526940 Tel: 222 358 6344

Firma:

**Asesora:** C.D.E.E Susana L. Bertheau Solís **Grado académico:** Especialista en Endodoncia **Adscripción:** Facultad de Estomatología ID: 100322366 Tel: 222 352 9497

Firma:

**Asesora externa:** M.E.E Bertha Mariana Landero Lara **Grado académico:** Maestría en Endodoncia **Adscripción:** Facultad de Odontología UPAEP TEL: 222 336 3040

Firma:

**Lector:** CDEE. Briselda Guadalupe Rojas Huerta **Grado académico:** Especialista en Endodoncia **Adscripción:** Facultad de Estomatología. Tel: 246 126 6703

Firma:

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

CDEE. Alejandro Gerardo 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: (26/05/21)

Sello \_\_\_\_\_

## AGRADECIMIENTOS

**Agradezco a Dios por que siempre me acompaña en este camino, desde principio al final.**

**Agradezco a mi madre Isabel que, gracias a ella, este sueño se pudo hacer una realidad, cada día me ayudó a superarme, agradezco a mi hermana Pamela porque desde pequeña me enseñó, a siempre creer en mí, la base de una gran persona sin duda es su respaldo y eso son ellas para mí.**

**Agradezco a mi familia Quintana que me apoyan desde que tengo recuerdos, estamos en un mismo barco y no cualquier familia sabe cómo hacerlo.**

**Agradezco a mi familia poblana que desde antes de llegar a esta hermosa ciudad me ayudaron a dar el gran paso, Tere y Cristina, enormemente en deuda con ustedes.**

**Agradezco a mi coordinador que confió en mí desde el propedéutico, gracias por todo el aprendizaje que dejó en mí, tanto profesional como personal.**

**Gracias a mis maestros, cada uno de ellos en cada clínica me enseñaron a enfrentar nuevos retos, gracias porque en cada presentación de casos clínicos me hacían saber que podía hacerlo mejor, gracias por llevarme al límite para recordarme que en esta vida venimos a siempre superarnos para ser una mejor versión cada día y con cada paciente.**

**Gracias a mis “DreamTeam” cada clase, congreso y comida fuera de la escuela, nunca sería igual de único si no hubiera sido con ustedes.**

**Gracias a mi equipo de tesina, Dra. Vaillard, Dra. Bertheau, Dra. Landero y Dr. Martínez, que sin ustedes este trabajo no tendría sentido, gracias por su paciencia, dedicación de cada día y por siempre poner de su parte para explicar y corregir.**

# ÍNDICE

## Contenido

<b>Resumen ...</b>	<b>7</b>
<b>Introducción ...</b>	<b>8</b>
<b>Marco contextual ...</b>	<b>9</b>
<b>Marco conceptual ...</b>	<b>10</b>
❖ Características físico- químicas de las estructuras dentinarias...	<b>10</b>
❖ Irrigantes ...	<b>11</b>
❖ Quitosán ...	<b>14</b>
❖ Activadores ...	<b>15</b>
❖ Microbiología del ecosistema de conductos...	<b>16</b>
❖ Bioflim ..	<b>16</b>
❖ <i>Enterococcus Feacalis</i> ...	<b>17</b>
❖ Efectividad de Quitosán como irrigante..	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO III MARCO REFERENCIAL ...</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO IV METODOLOGÍA Y ANÁLISIS...</b>	<b>22</b>
❖ Criterios de exclusión ....	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN ...</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSIÓN ...</b>	<b>29</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA...</b>	<b>30</b>

## RESUMEN

**Introducción:** El tratamiento de conductos se lleva a cabo por medios mecánicos y químicos, se ha demostrado que aún con estos dos medios el sistema de conductos puede albergar bacterias y por ende provocar un fracaso del tratamiento. El hipoclorito de sodio es el irrigante estándar de oro, sin embargo, cuenta con desventajas como su toxicidad, por lo tanto, se han estudiado materiales para irrigación naturales y biocompatibles como el quitosán, que ha demostrado funcionar en comparación con el estándar de oro (el hipoclorito de sodio) en cuanto a efectos bactericidas y con materiales como el EDTA para la eliminación de la capa residual. El objetivo de la presente revisión de la literatura fue encontrar el porcentaje de quitosán más efectivo como irrigante en el área de la Endodoncia; Esta compilación fue realizada desde Abril 2019 a Diciembre del 2020. **Materiales y métodos:** De acuerdo a las variables la búsqueda de la literatura se analizó con el apoyo de la estrategia PICO, con búsqueda de palabras clave chitosan, irrigación y endodoncia, se seleccionaron estudios *In vitro*, irrigantes (hipoclorito de sodio, clorhexidina y diferentes diluyentes ácido acético y ácido cítrico), estudios dentro de los años 2015- 2020, se eliminaron artículos repetidos, en otro idioma diferente al inglés y artículos que no se pudieron obtener en ninguna plataforma. **Resultados:** Se encontraron 116 artículos de acuerdo con las palabras clave: chitosán, irrigación y endodoncia, se seleccionaron estudios *In vitro*, irrigantes (hipoclorito de sodio, clorhexidina y diferentes diluyentes ácido acético y ácido cítrico), se eliminaron 90 artículos que estuvieran repetidos en las distintas plataformas, en otro idioma y que no cumplieran con los criterios de selección y en selección final fueron 26 artículos. **Conclusiones:** La tendencia en los últimos 5 años es el porcentaje de quitosán en 0.2% con ácido acético al 1% para su dilución. Se llegó a la conclusión de que con base en los resultados de los estudios encontrados *In vitro* la concentración al 0.2% durante 3 minutos es efectivo; si éste se activa con láser diodo o *Endoactivator* ayuda a la eliminación de la capa residual, así como a la penetración del irrigante en los túbulos dentinarios.

## INTRODUCCIÓN

La desinfección del sistema de conductos en el tratamiento de endodoncia es de suma importancia para el éxito a largo plazo, esto es dado por la morfología tan diversa que existe en los órganos dentarios. El irrigante es el que puede llegar a zonas más difíciles de contactar en comparación con el instrumento rotatorio. El hipoclorito de sodio es el más utilizado hasta la fecha, aunque tiene efectos positivos con respecto al tema de desinfección su desventaja principal es su toxicidad. Si se llega a extruir más allá del periápice causa efectos adversos y se le relaciona con las fracturas verticales de la raíz. La investigación de los materiales naturales va en crecimiento por su facilidad de conseguir y de experimentar. Es por eso que se plantea el uso del quitosán como irrigante, el cual, según la literatura, soluble es más efectivo que en estado sólido. Se ha comprobado que tiene efectos bactericidas, incluso contra bacterias resistentes como es el *Enterococcus faecalis*. Tal biopolímero produce daños en la pared celular y membrana citoplasmática de bacterias y hongos, además de una consecuente fuga de proteínas. Se investiga en una variedad de porcentajes en busca de la que más se adapte a los requisitos que se necesitan para la desinfección del conducto, se ha comparado con el estándar de oro el hipoclorito de sodio, con otras opciones como la clorhexidina y el EDTA, y en la mayoría de los estudios se encuentran resultados comparables y algunos mejores que los irrigantes ya utilizados, pero esta variedad de porcentajes va desde el 0.1- 3 %, es por eso que el objetivo de esta revisión es una búsqueda exhaustiva de la literatura especializada del porcentaje con mejores resultados en desinfección, penetración tubular y eliminación de capa residual. Se observó que el cambio de cantidad de gramos de quitosán disueltos en una solución como ácido acético o ácido cítrico, afecta directamente en la penetración tubular, por ende, quedan microorganismos dentro y disminuye su efecto de desinfección. Éste se ha utilizado con pasos de activación y ha presentado resultados favorables, es por esto por lo que si se encontrara un porcentaje ideal y se combinara con alguna técnica de activación, se podría maximizar la eficacia de los resultados.

## CAPÍTULO I: MARCO CONTEXTUAL

El procedimiento de desinfección es un paso crucial para el éxito del tratamiento de conductos. Esto se lleva a cabo mediante la desinfección químico- mecánica, la irrigación óptima es aquella que cuenta con un efecto bactericida, removiendo tejido inflamado y necrótico, biopelículas, debris y microorganismos. Con una instrumentación adecuada y una irrigación ideal se aumenta el éxito del tratamiento de endodoncia el cual se evalúa en función de la curación de la periodontitis apical.

El hipoclorito de sodio es el irrigante más utilizado en endodoncia considerado gold estándar, debido a sus propiedades antimicrobianas y su capacidad para degradar tejido orgánico, sin embargo, se han reportado desventajas como su alta toxicidad y potencial de dañar tejidos periradiculares, por lo que se han buscado alternativas naturales y biocompatibles que permitan una buena desinfección sin daño tisular.

El quitosán es el segundo biopolímero más abundante en la naturaleza, ha tenido aplicación en muchas áreas de la salud por sus propiedades antimicrobianas, antifúngicas y antivirales. Por lo que se puede considerar como un material prometedor para su uso como complemento para la desinfección en el tratamiento de endodoncia.

El campo de investigación de los materiales naturales ha ido en aumento, estos poseen varias ventajas como su biocompatibilidad con los tejidos y la facilidad de conseguirlos en un medio abundante. Es por eso, que se investigará el uso del Quitosán como agente irrigante en el procedimiento de endodoncia, el cual se ha utilizado a diferentes concentraciones en las investigaciones *In vitro*, sin encontrar en la literatura el porcentaje más eficaz en su actividad antimicrobiana, por lo cual se decide llevar a cabo esta investigación en la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, realizando una búsqueda de la literatura en el periodo de Abril del 2019 a Diciembre del 2020, para encontrar un panorama más específico del quitosán y el porcentaje más viable para el uso *In vivo*.

## CAPÍTULO II MARCO CONCEPTUAL

El procedimiento de endodoncia tiene como objetivo limpiar el sistema de conductos radiculares esto para eliminar agentes agresivos e irritantes como microorganismos, sus productos y restos necróticos del tejido pulpar. Se lleva a cabo por medios químico-mecánicos, con la finalidad de erradicar los microorganismos presentes, el procedimiento mecánico se realiza por parte de los instrumentos como limas manuales o en la actualidad limas rotatorias. Se ha demostrado que existe una amplia variedad de componentes anatómicos lo que nos da una complejidad alta, y se pueden encontrar partes del tejido necrótico dentro de istmos, aletas y aquí es donde entra en juego el componente químico, el cual tiene como objetivo llegar a estas partes anatómicas desinfectar y por arrastre limpiar. A esta solución se le denomina irrigante y se ha demostrado que su acción aumenta el éxito del procedimiento.(8)

La penetración tubular por bacterias es uno de los grandes problemas en endodoncia, ya que da como resultado bacterias activas después del tratamiento de conductos, y en consecuencia, una lesión apical recurrente, en otras palabras, una infección secundaria o un fracaso endodóntico. Es por esto por lo que el componente químico debe de penetrar en estos túbulos y tener el efecto bactericida y de arrastre deseado.

### **Características físico- químicas de las estructuras dentinarias**

La dentina es el eje estructural del diente. Es un tejido mineralizado con mayor volumen. En 1996, Pashley la describió como un compuesto biológico poroso, formado por una matriz de colágeno rellena de cristales de hidroxiapatita. La dentina presenta varias capas: una orgánica, que corresponde al 20% (de la cual, el 90% es colágeno tipo I, y el 10% restante lo constituyen proteínas no colágenas). El colágeno tipo I, es una proteína fibrosa e insoluble formada a partir de moléculas de tropocolágeno. La otra fase de la dentina es la inorgánica, que constituye el 70% del tejido, formada por hidroxiapatita, mejor conocida como apatita biológica, que

pertenece a la familia de los ortofosfatos de calcio sustituidos iónicamente, organizados en cristales de menor tamaño que el esmalte.

Histológicamente, la dentina está constituida por dos estructuras: los túbulos dentinarios y la matriz intertubular. Los túbulos dentinarios son estructuras cilíndricas que se localizan a lo largo de la dentina, recubiertos por dentina peritubular altamente mineralizada, que les proporciona rigidez. Dentro de los túbulos dentinarios, se encuentran las prolongaciones citoplasmáticas del odontoblasto o fibrillas de Thomes. A su vez, los túbulos dentinarios están rodeados por la matriz intertubular, que separa un túbulo dentinal de otros(9). Se ha encontrado que el diámetro del túbulo puede variar desde 1.0  $\mu\text{m}$  cerca del esmalte hasta las 4 o 5  $\mu\text{m}$  cerca de la pulpa, cerca del esmalte los números oscilaban entre 9,000 y 24,000 por milímetro cuadrado. A un milímetro de la pulpa, donde el diámetro del túbulo era 4  $\mu\text{m}$ , el número de túbulos era 64,000 y, más cerca de la pulpa, 70,000 por milímetro cuadrado(10).

### **Irrigantes**

Los irrigantes cumplen importantes funciones físicas y biológicas en el tratamiento endodóntico:

1. Limpieza o arrastre físico de restos de pulpa, sangre líquida o coagulada, virutas de dentina, plasma, exudados, restos alimentarios, etc., con el fin de evitar el taponamiento del conducto(1).
2. Acción detergente y de lavado por la formación de espuma y burbujas de oxígeno de los medicamentos usados(1).
3. Acción antiséptica o desinfectante, y lubricante propio de los fármacos empleados(1).
4. Acción blanqueante, debido a la presencia de oxígeno liberado(1).
5. La disolución de los agentes inorgánicos y orgánicos(1).

Las propiedades que debe tener una solución irrigadora ideal para cumplir con estas funciones son (1):

- Ser bactericida o bacteriostático, debe actuar contra hongos y esporas.
- Baja toxicidad, no debe ser agresiva para los tejidos perirradiculares.
- Solvente de tejidos o residuos orgánicos e inorgánicos.
- Baja tensión superficial.
- Eliminar la capa de desecho orgánico.
- Lubricante.
- Aplicación simple, tiempo de vida adecuado, fácil almacenaje, costo moderado, acción rápida y sostenida.

El estándar de oro hasta el día de hoy es el hipoclorito de sodio, la Asociación Americana de Endodoncia lo ha definido como un líquido claro, pálido, verde-amarillento, extremadamente alcalino y con fuerte olor clorino, que presenta una acción disolvente sobre el tejido necrótico y restos orgánicos y además es un potente agente antimicrobiano. (2)

Mecanismo de acción:

- a) Saponificación.
- b) Neutralización: neutraliza aminoácidos formando agua y sal.
- c) Cloraminación: forma cloraminas que interfieren en el metabolismo celular.

La acción bactericida y disolución de los tejidos puede ser modificada por tres factores: concentración, temperatura y pH(3). Estos factores también afectarán en su grado de toxicidad para los tejidos periapicales y pueden causar erosión de la pared dentinaria y de esta manera hacer más susceptible la fractura vertical de los órganos dentarios(4). En el momento que entra en contacto con los tejidos, sobre todo los periapicales, puede producir una grave reacción inflamatoria, con desarrollo de edema, equimosis y hematomas(5).

Se han utilizado alternativas en los irrigantes como:

- **Soluciones químicamente inactivas:** Solución salina, agua estéril y anestésicos.

- **Soluciones químicamente activas:** enzimas (papaína enzymol), ácidos (a. clorhídrico al 30%, a. Láctico al 50%), Álcalis (hidróxido de sodio, hidróxido de calcio en agua, hipoclorito de sodio).
- **Agentes quelantes:** EDTA, EDTAC, Tublicid.
- **Agentes oxidantes:** peróxido de hidrogeno 3% y peróxido de urea.
- **Agentes antimicrobianos:** clorhexidina 0.2-2%
- **Detergentes:** Tergentol, Duponol C, Zefirol.
- **Otros:** Cloramina T, Yodopax .4%, glutaraldehído, agua ozonificada.
- **Hipoclorito de Sodio**
  - Hasta el día de hoy el hipoclorito de sodio al 5.25% es el estándar de oro, fue desarrollado por el francés Berthollet en 1787 para blanquear telas. Luego fue aplicado a la desinfección, usándolo a la defensa de la salud contra gérmenes y bacterias.

En 1954, Lewis refiere el uso de hipoclorito de sodio de la marca comercial Clorox®, debido a que este producto contiene una concentración de 5.25% de cloro disponible. En 1970, Shih estudió *in vitro* la acción antibacteriana del hipoclorito de sodio al 5.25% sobre *E. faecalis* y *S. aureus*. Shih utilizó la marca comercial Clorox® y obtuvo resultados favorables (6).

El hipoclorito de sodio se enjuaga de los conductos con solución salina a presión para eliminar su toxicidad y evitar el contacto prolongado en las paredes ya que esto se relaciona con fracturas radiculares por el cambio estructural que provoca. Se ha investigado la manera de potencializar la penetración del irrigante, por medio de activación manual, ultrasonido o métodos más innovadores como es: el láser diodo, *Endoactivator*. El objetivo es eliminar las burbujas que se forman dentro del conducto y cuando éstas explotan se pegan a la pared y empujen el irrigante dentro de los túbulos dentinarios, el hipoclorito de sodio ha demostrado contar con buena penetración tubular, pero también existe una desproteínización de la colágena de la dentina al contacto prolongado.

Entre las soluciones naturales se puede encontrar al Té verde, morinda citrifolia y el quitosán, los cuales tienen efectos positivos con respecto a la desinfección y compatibilidad con el órgano dental y tejidos periapicales. El estudio de un material natural es de suma importancia porque se ha demostrado que son menos tóxicos y de esta manera se pueden evitar las desventajas que presenta el hipoclorito de sodio.

### Quitosán

Esta sustancia fue descubierta en el año 1859. Desde tiempos atrás la investigación de estos materiales que se extraen de la naturaleza ha incrementado. La quitina es el segundo polímero más abundante en la naturaleza, en los últimos años ha recibido considerable atención por la aplicación en los campos de la biomédica, alimento, ingeniería química, farmacéutica con excelentes propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales las cuales se limitan principalmente a valores de pH inferiores a 6. En la elaboración industrial, la quitina se extrae de los exoesqueletos de los crustáceos por tratamiento de desacetilización. Se presenta en forma de polvo, pasta o gel; este último se forma en un medio ácido acuoso por hidratación del polímero. Éste es efectivo contra *Enterococcus faecalis* el cual es el microorganismo más encontrado en lesiones endodónticas secundarias. Por lo que es razonable considerar sus ventajas en el uso de algunas terapias en el área de la odontología: es de bajo costo, es biodegradable y no es tóxico. (7). También se ha utilizado en varias concentraciones como irrigante y se ha comparado con el estándar de oro con resultados positivos e incluso refieren sustituir a él hipoclorito de sodio, este porcentaje varía de 0.1 – 3 % sin tener un porcentaje definitivo por utilizar, por lo cual la finalidad del presente estudio es concretar el porcentaje de quitosán y la solución que lo diluye, que sea eficaz contra las bacterias, para el uso como irrigante en endodoncia, por medio de un análisis de la literatura basándose en la estrategia PICO, donde la P en los estudios incluidos son dientes humanos anteriores y premolares que fueron extraídos por razones de ortodoncia, la I son las diferentes concentraciones utilizadas, los diferentes tiempos de irrigación y las formas de activación del irrigante, contra cepas de *Enterococcus faecalis* y *Candida*

*Albicans*, la C son los grupos de comparación quitosán a diferentes concentraciones, hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones y clorhexidina a diferentes concentraciones, por último la O son los resultados sobre qué concentración del quitosán es más efectivo en comparación con el estándar de oro.

### **Activadores**

Se han diseñado un gran número de dispositivos para la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, todo esto con la finalidad de tener una limpieza del sistema de conductos más efectiva, facilitando que éste pueda alcanzar las zonas de difícil acceso, donde los instrumentos manuales y rotatorios no pueden llegar. La activación de los irrigantes demostró mejorar la eficacia de los irrigantes del conducto radicular, no sólo dentro del conducto radicular sino también en las complejidades anatómicas del sistema del conducto radicular y los túbulos dentinarios.

Los tipos de activación varían en técnica y en aparatología, anteriormente la activación se llevaba a cabo con una punta de gutapercha, donde fue comparada según se encuentra en la literatura, con el tratamiento sin activar el hipoclorito de sodio, y los resultados indicaron que el movimiento que se realizaba en el irrigante ayudaba a eliminar la capa residual y llegar a más lugares del sistema de conductos, la investigación continua, con avances en la técnica y material para la activación, encontramos: la activación sónica, ultrasónica, con láser, Xp, endo finisher, *endoactivation* entre otros.

La irrigación ultrasónica pasiva es la más utilizada en la actualidad, sin embargo, aparatología nueva como es el Xp endo finisher ha demostrado mayor penetración del irrigante.

La combinación de algún tipo de activación en conjunto con un nuevo irrigante es un área para seguir estudiando, de esta manera mejorando la desinfección del sistema de conductos.

## **Microbiología del ecosistema de conductos**

En la cavidad bucal existen aproximadamente 1010 microorganismos, con más de 700 diferentes especies de bacterias que buscan un nicho de nutrición; cuando existe algún trauma o lesión por caries, penetran y comienzan a invadir el espacio del sistema de conductos, las cuales desempeñan un papel importante en la patogénesis de las lesiones pulpares y perirradicales. Comienzan con bacterias aerobias y después anaerobias las cuales en comparación con las bacterias del ambiente bucal exterior son una pequeña cantidad.

El ambiente de una pulpa necrótica beneficia la supervivencia de los microorganismos, presentan una flora polimicrobiana caracterizada por una amplia variedad de combinaciones de bacterias, un promedio de 4-7 especies por conducto, predominantemente anaerobias y aproximadamente igual proporción de bacterias Gram positivas y Gram negativas.

### **Biofilm**

Según la OMS, el Biofilm se puede definir también como un ecosistema bacteriano proliferante y enzimáticamente activo. Los biofilms se unen a superficies inertes, tanto biológicas como sintéticas. Dentro de las biológicas optan preferentemente por tejidos necróticos. Existen microorganismos que viven en el Biofilm y son 1000 veces más resistentes a los agentes antimicrobianos. Una biopelícula es definida como una población microbiana adherida a un sustrato orgánico o inorgánico rodeada de productos extracelulares la cual forma una matriz intermicrobiana.

De las bacterias más resistentes a la medicación intracoducto e irrigación está el *Enterococcus Feacalis*.

### ***Enterococcus Feacalis***

Es un microorganismo oportunista cuya presencia en los conductos radiculares representa un problema terapéutico significativo. Es una bacteria Gram positiva, anaerobia facultativa, que habita en el tracto gastrointestinal de humanos y otros mamíferos. Este organismo pertenece al grupo de las bacterias del ácido láctico (LAB), que son capaces de crecer en un amplio rango de temperaturas. Como otras

spp. del género *Enterococcus*, *E. faecalis* pueden causar infecciones comprometidas en humanos, especialmente en ambiente de hospital. La existencia de enterococos se potencia porque ha tenido la habilidad de adquirir resistencia a prácticamente todos los antibióticos en uso.

En el área de la Endodoncia se ha investigado la resistencia de este microorganismo y se tienen dos teorías: Una señala que *Enterococcus faecalis* posee la habilidad de colonizar e infectar los túbulos dentinarios, lo que complica su eliminación a través de la limpieza mecánica y química, dado el diámetro reducido de estas estructuras anatómicas, junto con la capacidad que estas bacterias presentan para unirse al colágeno. Otra posible causa es la potencial resistencia que estas bacterias podrían tener al hidróxido de calcio, medicación antibacteriana más comúnmente utilizada lo que permitiría a estos microorganismos permanecer en estado quiescente. La resistencia de este microorganismo puede estar influenciada por los efectos de taponamiento de la dentina, de modo que el aumento de pH no se puede lograr dentro de los túbulos dentinarios, en cuyo interior puede habitar esta bacteria.

### **Efectividad de Quitosán como irrigante**

El campo de investigación de los materiales naturales ha ido en aumento, estos poseen varias ventajas como su biocompatibilidad con los tejidos y la facilidad de conseguirlos en un medio abundante. Es por eso, por lo que se va a investigar el uso del Quitosán como agente irrigante en el procedimiento de endodoncia. El cual, después de la celulosa, es la sustancia más abundante en la naturaleza, lo que hace que su uso sea muy interesante desde el punto de vista ecológico y económicamente viable(11), es eficaz esto significa que cumple el efecto esperado, en este caso la eliminación de bacterias y penetración tubular.

El quitosán cuenta con un potencial antimicrobiano, que ha sido comprobado incluso contra el *Enterococcus faecalis*. Sus propiedades antimicrobianas se limitan principalmente a valores de pH inferiores a 6. La quitina es el segundo polímero más abundante en la naturaleza, por lo que es razonable considerar sus ventajas en el uso de algunas terapias en el área de odontología: es de bajo costo, es

biodegradable, biocompatible y tiene bioadhesión para el cuerpo humano y no es tóxico(12).

En su actividad antimicrobiana, tal biopolímero produce daños en la pared celular y membrana citoplasmática de bacterias y hongos, además de una consecuente fuga de proteínas. Todo esto aumenta la permeabilidad de la membrana celular. Al ocurrir la internalización de productos oligoméricos en el citoplasma de la bacteria, se producirá una síntesis incompleta del ARN; finalmente, la aglutinación de los componentes citoplasmáticos, aunado a la modificación de los valores de pH, producirá la muerte del microorganismo(13). Hay que recordar que su composición química se forma por monómeros de glucosamina y N-acetil glucosamina unidos a través de enlaces glicosídicos  $\beta$ -. El quitosán se ha modificado químicamente en el grupo amino o en los grupos hidroxilo para producir derivados que contienen restos catiónicos u otros restos hidrófilos e hidrófobos. Se observa que un quitosán de peso molecular promedio ( $M_w > 60$  kDa) inhibe el crecimiento de varios grupos de bacterias Gram positivas y Gram negativas, como se informó en estudios anteriores(14).

Si bien la especificidad de la cepa puede ser el factor principal que influye en la actividad anti-biopelícula del quitosán, aún pueden estar en juego factores y mecanismos específicos. El efecto del quitosán en la adhesión bacteriana tiene dos teorías de trabajo: la primera utiliza el principio de especificidad de cepa como su componente básico, y establece que la naturaleza electrostática del quitosán permite que las cadenas de polímeros más grandes interactúen y se unan a más células bacterianas, lo que conduce a la formación de puentes entre las células y la floculación bacteriana; la segunda gira en torno a la concentración de quitosán, y afirma que las concentraciones más bajas probablemente se unen a la superficie bacteriana cargada negativamente y causan aglutinación, en tanto que las concentraciones más altas producen una carga positiva que mantiene a las bacterias en suspensión(15).

Debido a la escasa solubilidad del quitosán en medio acuoso, las modificaciones sintéticas se han llevado a cabo principalmente en medio ácido-acuoso o en

condiciones heterogéneas, donde el polímero se disuelve sólo parcialmente en el medio de reacción (15). Es soluble en ácidos orgánicos diluidos, como ácido acético, ácido fórmico, ácido succínico, ácido láctico y ácido málico(16). El grado de desacetilación controla la solubilidad del quitosán. Cuanto mayor es la desacetilación, más fácil es disolverse en solventes como ácidos diluidos o ácidos débiles, donde se presenta como una especie protonada (a través de los grupos amina). El grado de protonación también está relacionado con el grado de desacetilación; dicha protonación junto con su estructura permiten que el quitosán, interactúe o inactive las especies microbianas(17). Además, da pie a que la quelación y la hidrofobicidad del quitosán jueguen un papel importante y alteren la permeabilidad de la pared celular. En vista de estos modos de acción, está claro que el quitosán soluble es más efectivo que el quitosán sólido.

### **CAPÍTULO III MARCO REFERENCIAL**

La presencia de capa residual dentro del conducto radicular apoya la adhesión y colonización de microorganismos. Estudios anteriores han demostrado que sólo el 40% al 60% de los casos pueden tener un cultivo negativo después de limpiar y dar forma a los conductos(18). Para la desinfección del conducto radicular el procedimiento de endodoncia se apoya en soluciones, irrigantes para la eliminación de componentes orgánicos e inorgánicos. Las variaciones en las formulaciones químicas de diversos irrigantes también podrían tener un impacto diferente con la pulpa, los tejidos necróticos y los microorganismos. Harrison y colaboradores evaluaron el efecto antimicrobiano del hipoclorito de sodio el cual es el estándar de oro hasta el momento, en este estudio se utilizó a 2,62% y 5.25% sobre las especies *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*, en períodos de 15 a 120 segundos. Concluyen que después de 45 segundos con la exposición de hipoclorito de sodio al 5.25% y en 60 segundos al 2.62% es eficaz contra el *Enterococcus faecalis*, la especie *Candida albicans* fue eliminada después 15 segundos de contacto con las soluciones. La exposición durante un lapso tan largo en la dentina estará íntimamente relacionada con la desmineralización de ésta y posibles fracturas de la

raíz(19). La investigación de alternativas naturales como irrigantes nos hace llegar a el quitosán el cual es un polisacárido natural, proveniente de desacetilización de la quitina, el cual es el más abundante después de la celulosa. Pankaj Yadav *et al.* Comparan el efecto antimicrobiano contra los microorganismos que más se encuentra en infecciones secundarias: *Enterococcus feacalis* y *Candida albicans*, el quitosán se utilizó a concentraciones de 0.25% y 0.5% contra el hipoclorito de sodio y la clorhexidina al 2%, ésta última no es muy recomendable por la decoloración que causa en la estructura dentaria, entre sus resultados el hipoclorito de sodio al 3% y el quitosán al 0.25 y 0.5% eliminaron con éxito la biopelícula, clasificaron la efectividad antimicrobiana: quitosán al 0.5% seguido al porcentaje de 0.25% y ninguna de estas dos concentraciones provocó citotoxicidad, otros autores apoyan esta conclusión con respecto a que el efecto citotóxico del quitosán sólo se presenta inicialmente y disminuye conforme el tiempo(20)(21).

Zeliha Uğur Aydin *et al*, Badr M *et al.* Utilizaron el quitosán en concentración de 0.2% compárandolo con el estándar de oro al 5.25%, donde refieren las marcadas desventajas del hipoclorito de sodio, en el artículo de Aydin utilizan ácido cítrico para la preparación del quitosán, ése se ha relacionado con el efecto bactericida y algún efecto citotóxico, sin embargo concluyen en los dos artículos que el quitosán tiene efectos mínimos en citotoxidad por lo cual es una alternativa de agente irrigante efectivo(22)(23). Por lo contrario otro autor utilizó el quitosán al 0.2% y 1% comparándolo con diferentes soluciones como: clorhexidina 2%, biopure MTAD e hipoclorito de sodio al 3% contra el microorganismo *Enterococcus feacalis*, por medio de zonas de inhibición, concluyen que el quitosán al 0.2% no mostró ninguna inhibición, pero al 1% fue tan eficaz como el hipoclorito de sodio al 3% (24). Concuerda con Witedja *et al.* Donde prepararon la solución de quitosán en diferentes concentraciones de 1% al 3% y con diferentes solventes como el ácido acético 1% y ácido cítrico al 10% las dos soluciones fueron agitadas magnéticamente por 24 horas. Dentro de sus resultados refieren que la concentración de quitosán al 1% con cualquiera de los dos disolventes fue efectivo contra los microorganismos en estado planctónico, concluyen que estas dos preparaciones son efectivas contra el *Enterococcus feacalis* en diferentes tiempos de contacto, donde el acetato de

quitosán a los 15 minutos obtuvo resultados, el ácido de quitosán fue eficaz después de 30 a 60 minutos de contacto(25).

Se ha contrapuesto con ácido etilendiaminotetraacético EDTA, el cual se utiliza como irrigación final para retirar la capa residual, M. Sarkees *et al.* utilizaron como quelante al quitosán en una concentración de 0.2% a diferentes tiempos, en este artículo sí se utilizó irrigación previa con hipoclorito de sodio, y concluyen que el tiempo de exposición al quelante no debe de sobrepasar los 5 minutos y que este producto natural puede sustituir al EDTA al 17%(26). Correlativo con otros autores como Esin Ozlek *et al.*, y Kellin Pivatto en sus estudios donde se utiliza el EDTA al 17% contra quitosán en su concentración al 0.02%, donde el primero presenta en sus resultados que el quitosán tiene un efecto antibiofilm, esto significa un efecto bactericida y además ayuda al cemento sellador a penetrar mejor dentro de los túbulos dentinarios y obtiene un mejor sellado, y el segundo concluye que la citotoxicidad del quitosán va disminuyendo después de las 6 horas y a las 24 horas, además de un efecto inhibidor contra las MMP-2 y MMP-9.(27)(28).

En un estudio donde sólo se comparó el quitosán como irrigante en concentraciones de 0.1%, 0.2%, 0.37% por tiempos diferentes que fueron 3 y 5 minutos por grupo, se observó erosión en quitosán al 0,2% y 0,37% durante 5 min. Concluyen Silva *et al.*, que al 0.2% durante una irrigación de 3 minutos es efectivo y provoca una erosión mínima(29).

En el campo de endodoncia el irrigante se activa para aumentar su penetración tubular y ayudar a que llegue a aquellas partes anatómicas que el instrumento rotatorio no tocó, este material natural tiene pocos estudios utilizado en conjunto de un instrumento que lo active, Ganesh Arathi *et al.* presenta en su artículo la penetración tubular de la clorhexidina al 2% era más eficaz que el quitosán al 2% sin agitación.(30) Otros autores han descrito que con la agitación ultrasónica la penetración tubular por parte del quitosán al 2% es deficiente, esto relacionado con factores como son la viscosidad que es de 39Cps y la tensión superficial de 2027 mN/m, pero en comparación con otro irrigante como la clorhexidina que tampoco tiene una buena penetración fue menor que éste. Sin embargo el hipoclorito de

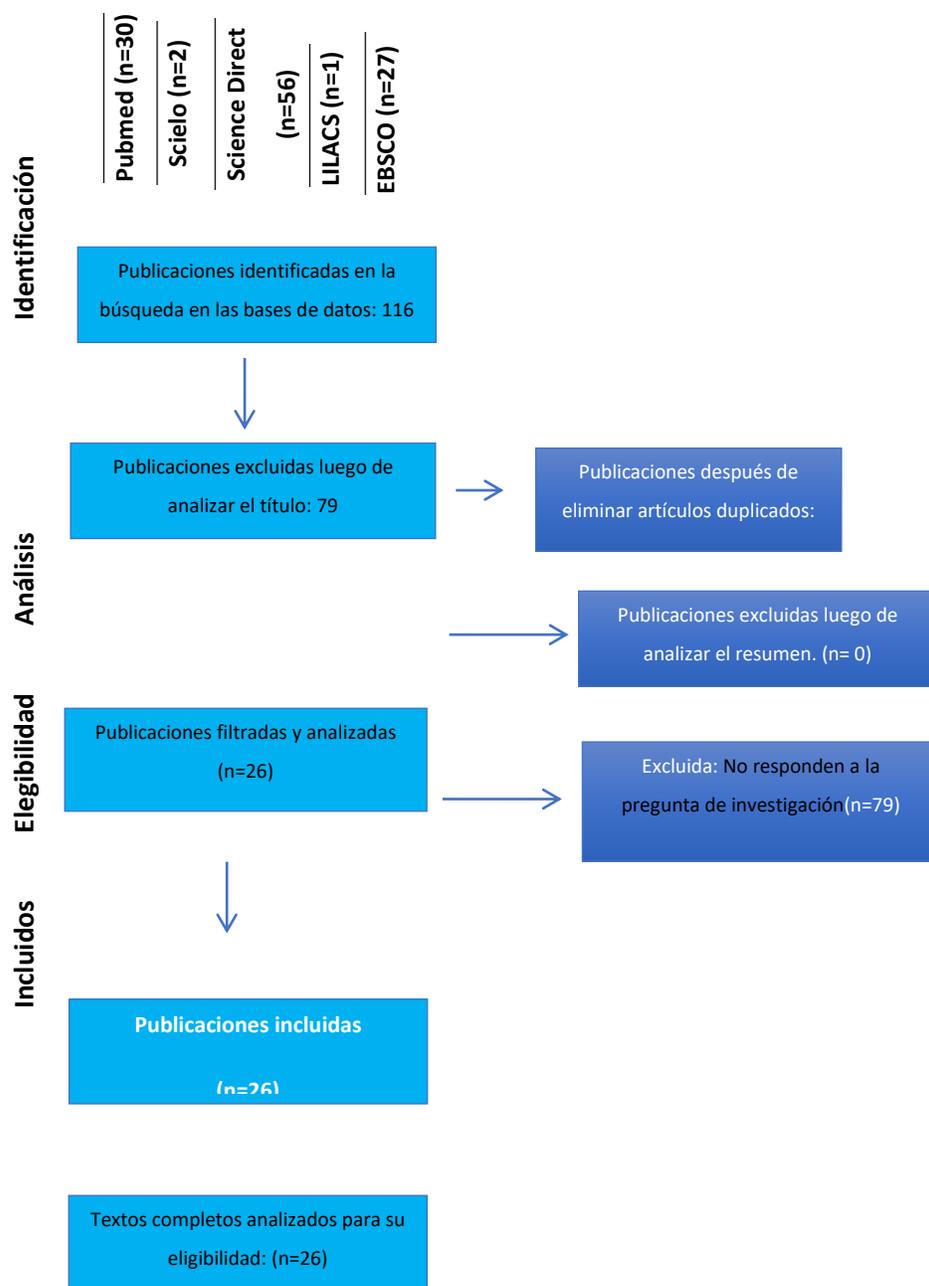
sodio tiene una viscosidad de 60 Cps y utilizado con activación ultrasónica su penetración tubular es mejor que las soluciones anteriores Por otra parte el láser diodo es una alternativa que demostró ayudar en la eliminación de la capa residual y la penetración tubular al quitosán al 0.2% (30)(31).

## **CAPÍTULO IV METODOLOGÍA Y ANÁLISIS**

Esta revisión acerca de la efectividad del quitosán a diferentes concentraciones como irrigante durante el tratamiento de endodoncia, se realizó de Abril del 2019 a Diciembre del 2020. El propósito es identificar el porcentaje de quitosán más efectivo contra los microorganismos del conducto radicular y compararlo con el estándar de oro el hipoclorito de sodio y algunos irrigantes utilizados en el área como clorhexidina y EDTA, para de esta manera tener una solución de uso alternativo al momento de realizar un tratamiento de endodoncia.

La estrategia de búsqueda fue en base de datos como PubMed, Scielo, Science Direct, Lilacs y EBSCO, la búsqueda fue manual, con palabras clave: chitosan, Irrigations y endodontics, con el operador booleano “AND”, solo se agregaron artículos en inglés. Los artículos encontrados en Scielo 2 artículos, PUBMED 30 artículos, Science Direct 56 artículos, Lilacs 1 artículo, EBSCO 27 artículos como se muestra en el diagrama de flujo figura 1.

**Figura no. 1: Diagrama de flujo de elección, eliminación y selección final de los artículos encontrados.**



La selección de los artículos y la eliminación se basó en la lectura de los títulos y resúmenes, posterior de esto se completó la lectura de todo el texto y se seleccionaron sólo los artículos relevantes sobre el tema, textos completos, estudios

*In vitro*, población en dientes unirradiculares y efectos bactericidas contra microorganismos como *E. faecalis* y *C. albicans*.

### Criterios de exclusión

Se eliminaron los artículos en idioma diferente al inglés, artículos que no presentaron texto completo, aquellos artículos que se salieran del rango de año 2015-2020. Se analizaron a fondo para decidir si cumplían con los parámetros de este trabajo y los estudios que no cumplieron fueron excluidos. Se utilizó la estrategia PICO.

Dentro de los resultados en la búsqueda de la literatura se observó una tendencia del uso del quitosán en un porcentaje al 0.2%, con resultados favorables y comparables con el hipoclorito de sodio en concentraciones del 3%. En el cuadro no.1 se incluyen dos artículos que utilizan activación y presentan resultados de penetración tubular mayor, a la irrigación sin algún tipo de activación.

**Cuadro no. 1 estudios con porcentaje de quitosán al 0.2%.**

Nombre del artículo	Autores y año	Tipo de estudio	Quitosán %	Variables	Resultados
<b>Experimental comparative study and fracture resistance simulation with irrigation solution of 0.2% chitosan, 2.5% NaOCl and 17% EDTA.</b>	Ernani, Trimurni Abidin 2015	<i>In vitro</i>	0.2%	Ver la resistencia y distribución de fracturas en dientes irrigados con quitosano de alto peso molecular a una concentración del 0.2%, solución de NaOCl al 2.5% y solución de EDTA al 17% con el método de elementos finitos (FEM).	No afectó la distribución del patrón de fractura de los dientes tratados endodóticamente tanto experimentalmente como en la prueba de análisis FEM.
<b>In vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of chitosan and other endodontic irrigants against <i>Enterococcus faecalis</i>.</b>	Shenoi PR, Morey ES, 2016	<i>In vitro</i>	0.2%	Comparar la eficacia antimicrobiana de BioPure MTAD, 0,2% de quitosano, 1% de quitosano, 2% clorhexidina e hipoclorito de sodio al 3% contra <i>Enterococcus faecalis</i>	El 0,2% de quitosano no mostró zonas de inhibición, el 1% de quitosano fue tan eficaz como el 3% de NaOCl (P = 0,352).
<b>Effect of phytic acid, ethylenediaminetetraacetic acid,</b>	Vineeta Nikhil, 2016	<i>In vitro</i>	0.2%	Evaluar el efecto de las soluciones de ácido fítico, (EDTA) y quitosano sobre la	El EDTA provocó una mayor reducción de la microdureza de la dentina que el quitosano, mientras que el ácido fítico redujo menos.

and chitosan solutions on microhardness of the human radicular dentin				microdureza de la dentina radicular humana.	
<b>**The effect of combined use of chitosan and PIPS on push-out bond strength of root canal filling materials.</b>	Ugur Aydina, 2016	<i>In vitro</i>	0.2%	Comparar la fuerza de unión de los materiales de obturación del conducto radicular con la dentina después de la irrigación con EDTA, quitosano y la combinación de irrigación de quitosano y PIPS.	El quitosán 0.2% con irrigación láser reveló la mayor fuerza de unión en un tercio apical en comparación con otros grupos (p <.05).
<b>Effectiveness of Various Endodontic Irrigants on the Micro-Hardness of the Root Canal Dentin: An in vitro Study.</b>	Suparna Ganguly Saha 2017	<i>In vitro</i>	0.2%	Evaluar el efecto de varios irrigantes hipoclorito de sodio al 3%, 17% EDTA, 0,2% de quitosano y 6% de jugo de morindacitrifolia sobre la microdureza de la dentina del conducto radicular.	Un 6% de MCJ y un 3% de NaOCl que tienen importantes propiedades antibacterianas, antifúngicas, antiinflamatorias y de eliminación de la capa de frotis mostraron un efecto insignificante sobre la microdureza de la dentina del conducto radicular.
<b>Effect of three final irrigation protocols on the smear layer removal from the middle third of endodontically treated teeth: a qualitative analysis.</b>	Miranda, Jean Soares; 2017	<i>In vitro</i>	0.2%	Evaluación de la capacidad selladora de los túbulos dentinarios de dientes tratados endodónticamente con diferentes soluciones quelantes.	Hubo una mayor remoción de la capa de frotis cuando se utilizó EDTA al 17%, seguido de ácido cítrico al 10%, quitosano al 0,2% y alcohol al 70%.
<b>Effect of chitosan on sealer penetration into the dentinal tubules.</b>	B Kesim, A.K. 2018	<i>In vitro</i>	0.2%	comparar la efectividad del riego final con la penetración de quitosano, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y ácido cítrico (CA) en los túbulos dentinarios.	El quitosano, EDTA y CA mejoraron significativamente el porcentaje de SP para los tercios coronales.
<b>Assessment of toxicity and oxidative DNA damage of sodium hypochlorite, chitosan and propolis on fibroblast cells.</b>	Zeliha UĞUR AYDIN, 2018	<i>In vitro</i>	0.2%	Evaluar y comparar la citotoxicidad y genotoxicidad en líneas celulares de fibroblastos humanos de hipoclorito de sodio, quitosano y propóleo como soluciones de irrigación.	Según el resultado de este estudio, el quitosano y el propóleo son más fiables en términos de toxicidad que el NaOCl.
<b>A comparative scanning electron microscopy evaluation of smear layer removal with chitosan and MTAD.</b>	H Zhou, 2018	<i>In vitro</i>	0.2%	Comparar la eficacia del quitosano y MTAD para la eliminación de la capa de frotis del conducto radicular mediante microscopía electrónica de barrido (SEM).	El quitosano fue más eficaz en la eliminación de la capa de frotis que el MTAD, especialmente en el tercio apical.
<b>Comparison of antibacterial effect and smear layer removal of</b>	Rana Amr Mahmoud Elkhashab	<i>In vitro</i>	0.2%	Evaluar la remoción de la capa residual comparando algunos	El uso de alternativas a base de hierbas como soluciones de irrigación del conducto radicular podría resultar ventajoso

herbal versus traditional irrigants – An in vitro study.	2018				irrigantes contra el hipoclorito de sodio.	considerando varias propiedades desfavorables del NaOCl.
Chitosan: A Natural Substitute of EDTA Solution for Final Irrigation in Endodontics Treatment.	A M Sarkees, 2019	<i>In vitro</i>	0.2%		Evaluar la cantidad de iones de calcio quelados y la eficiencia de remoción de la capa de residual después de la irrigación final del conducto con tres soluciones diferentes.	El 0,2% de quitosano es un sustituto natural del 17% de EDTA con una aplicación segura durante 24 h.
**Scanning electron microscopic evaluation of smear layer removal at the apical third of root canals using diode laser, endoActivator, and ultrasonics with chitosan: An in vitro study.	Sathish Abraham, 2019	<i>In vitro</i>	0.2%		Comparar el efecto del láser de diodo, endoActivator y ultrasonidos pasivos para la eliminación de la capa de frotis en el tercio apical de los conductos radiculares con 0,2% de quitosano.	El láser de diodo y el endoActivator con 0,2% de quitosano demostraron ser mejores en la eliminación de la capa de frotis en comparación con la irrigación ultrasónica pasiva.
Cytotoxicity of Chelating Agents Used In Endodontics and Their Influence on MMPs of Cell Membranes.	Kellin Pivatto, 2020	<i>In vitro</i>	0.2%		Evaluar la citotoxicidad y capacidad de inhibir MMP-12 y MMP-9 del quitosán y del ácido acético.	Los resultados demostraron que CH y AA tenían un efecto citotóxico inicial, el cual disminuyó a las 6, 12 y 24hrs. Además, el CH a concentraciones de 50 mM, 5 mM y 0,5 mM tuvo un efecto inhibidor sobre MMP-2 y MMP-9., estadísticamente similar al EDTA (P> 0.05).
A chitosan-based irrigant improves the dislocation resistance of a mineral trioxide aggregate-resin hybrid root canal sealer.	Esin Ozlek, 2020	<i>In vitro</i>	0.2%		Eficacia de la irrigación del conducto radicular con quitosano sobre la resistencia a la dislocación de un sellador del conducto radicular (MTA Fillapex).	El presente estudio demuestra que el quitosano puede contribuir a un mejor sellado del sistema del conducto radicular.

(\*\*) Son estudios que utilizaron algún tipo de activación para el irrigante.

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

El hipoclorito de sodio fue utilizado en concentraciones del 1% hasta el 5.25% en los artículos que se incluyeron, este irrigante es el más utilizado por sus ventajas bactericidas y de disolución de tejido orgánico, en sus desventajas presenta toxicidad y una estrecha relación con las fracturas radiculares. Conforme a lo anterior, es necesario desarrollar alternativas biológicamente compatibles con el

organismo, con efecto bactericida y que se pueda utilizar dentro del sistema de conductos, garantizando la capacidad de penetrar dentro de los túbulos dentinarios.(32) El quitosán se ha estudiado en muchos campos industriales, químicos y de salud, donde demuestra la capacidad para matar bacterias resistentes como el *Enterococcus faecalis*, por ser un compuesto natural, por lo tanto es fácil la experimentación con él. Se ha investigado en distintas concentraciones y con diferentes componentes para su cambio de estado de polvo, líquido o gel.(13) En el área de la Endodoncia se necesita para la irrigación en estado líquido. Autores como Uppalavanna Witedja *et al.* Mezclaron el quitosán al 0.2% con ácido acético y ácido cítrico del 1-3%, y en sus resultados obtuvieron que el quitosán con ácido acético en 15 minutos era efectivo contra microorganismos difíciles de erradicar como el *Enterococcus faecalis*.(25) Esta actividad microbiana está en relación directa con el pH, la mayoría de los estudios encontrados presentaban un pH de 3.2, sólo en uno de los artículos se presentó un pH de 3.5 con ácido acético y de 3.2 cuando éste se diluía con ácido cítrico al 10%(25)(29)(21)(22). En la literatura la preparación del quitosán varía en cuestión del material para diluir, presentando dos ácidos: el acético y el cítrico, como se mencionó anteriormente este ácido también va a modificar el pH. En su mayoría se encuentra el quitosán diluido con ácido acético al 1%, éstos se relacionan con el efecto bactericida que se le da al quitosán, asimismo varía en el tiempo en el que se mezclan, dos de los artículos encontrados realizan esta mezcla magnética por 24 horas(25)(33), por el contrario, los artículos restantes llevaron a cabo la mezcla magnética por 2 horas, con la finalidad de obtener una solución homogénea. Polliana Vilaça Silva *et al* experimentaron para encontrar el tiempo que causa un efecto en la dentina sin erosionar o provocar algún efecto adverso, e informan que por 3 minutos a una concentración de quitosán al 0.2% con ácido acético al 1% es efectivo(29), otros autores en sus experimentos *In vitro* utilizaron la irrigación por un periodo de 3 minutos con 5 ml de quitosán, por debajo de este tiempo se encontraron dos artículos que realizaban la irrigación durante 1 minuto(34), sin embargo en estudios anteriores como el de U. Witedja *et al.* el quitosán con ácido acético era eficaz hasta los 30 y 60 minutos. Pankaj Yadav *et al.* en su protocolo de

irrigación hacen tres irrigaciones de 10 minutos cada una, con un tiempo total 30 minutos, una extensa diferencia en tiempos de contacto del irrigante con la dentina en comparación con los autores anteriores(25)(29). Asimismo se encontró un artículo que irrigó la mitad de tiempo que el anterior, Suparna Ganguly Saha *et al.* quienes irrigaron el conducto por 15 minutos(33), y cuando se activaba el irrigante con algún método, éste amplía su difusión dentro del sistema de conductos. Se encontraron escasos artículos donde el irrigante de quitosán se utilizara en combinación, cuando esto era así el tiempo era más amplio en contacto irrigante - dentina, según el estudio de Jean Miranda *et al.* donde se activó con ultrasonido por un tiempo de 30 minutos, en otro estudio donde fueron varios los métodos para activación utilizaron el ultrasonido por 25 segundos, con láser diodo por 20 segundos y con *EndoActivator* por 30 segundos, donde los dos últimos fueron los que arrojaron efectos positivos(35)(31). Ugur Aydina *et al.* también utilizó el láser pero por 5 minutos más que el estudio anterior (25 segundos), presentando una buena penetración tubular(36), por lo contrario al uso anterior del *Endoactivator* en otro artículo se utilizó durante 2 minutos, donde demostró que el quitosán 0.2% mostró una actividad anti- biofilm. Si los tiempos se extrapolan a la clínica, la capacidad de utilizar el irrigante por un menor tiempo, reduciría los tiempos de trabajo, y por ende reducirían costos(37). Sólo uno de los estudios menciona los efectos sobre las paredes dentinales, donde refieren si existe efecto o no dependiendo el tiempo del irrigante en contacto con la dentina, pero en su mayoría sólo se limitan a medir su efecto bactericida.

En la mayoría de la literatura encontrada se utilizó el quitosán al 0.2% con resultados favorables, de acuerdo con el cuadro no.1, el estudio de B Kesim *et al.*, agrega otro beneficio de esta concentración, la eliminación de la capa residual, por ende mayor penetración del cemento al momento de la obturación, probablemente relacionado a una mayor viscosidad y peso molecular, por lo contrario a concentraciones más altas las moléculas del quitosán tienden a cambiar la solución, sin embargo en este estudio se combinó con irrigación de hipoclorito de sodio al 2.5%. Otro autor también combinó los irrigantes: clorhexidina al 2% y 1% + el quitosán al 0.2%, clorhexidina al 2% + quitosán al 2% , clorhexidina al 1% con quitosán al 1%, en el cual concluyen

que la última combinación es la que tiene un efecto bactericida efectivo contra *Enterococcus faecalis*(38). Es crucial hablar de la tensión superficial, ésta se define como: “la fuerza entre moléculas que produce una tendencia a que disminuya el área de la superficie de un líquido”. Esta fuerza tiende a limitar la capacidad de un líquido para penetrar en un tubo capilar. La tensión superficial reducida de CHX (39,8 mN / m) en comparación con el quitosano con ácido acético como disolvente (2027 mN / m)(39) puede explicar la limitada penetración tubular del quitosán sin un medio de activación.

En cuestión de microdureza esta concentración la redujo, sin ser significativo a comparación de otras soluciones como es el EDTA(34)(40), por lo contrario Vineeta Nikhil *et al* en sus resultados presenta que el EDTA provocó una mayor reducción de microdureza en comparación con el quitosán a 0.2% y el ácido cítrico(41), utilizado como un quelante, el quitosán al tener un efecto bactericida tiene la posibilidad de remplazar al hipoclorito de sodio y al EDTA por lo que se ha revisado en la literatura, esta actividad antimicrobiana ha sido discutida por varios autores, contra el *Enterococcus faecalis* que es uno de los microorganismos que más encontramos en infecciones secundarias(42), en concentraciones de 0.25 y 0.5 % las zonas de inhibición fueron mayores para el porcentaje de 0.5% con un pH de 3.5, comparándolo con el efecto bactericida del hipoclorito al 3% y clorhexidina al 2%, por lo contrario el estudio de Pratima R Shenoi *et al.*, menciona que el quitosán al 1% puede ser efectivo y puede reemplazar al hipoclorito de sodio y a la clorhexidina a la misma concentración que el autor anterior(24)(21).

Varios autores compararon el quitosán al 0.2% contra el EDTA al 17%, en cuanto a citotoxicidad e inhibición MMP-2, MMP-9 este agente actuó muy similar al EDTA, este material por lo tanto retira la capa residual del conducto y ayuda a una mejor penetración del cemento sellador. Sin embargo, estudios como el de Miranda, Jean Soares *et al* tienen como resultados que el EDTA al 17% sigue como la elección de irrigación final por lo que en su comparación con el quitosán al 0.2% no mostro ventajas, incluso el ácido cítrico al 10% sólo obtuvo mejores resultados que el anterior(35). Por lo contrario a lo anterior M Sarkees *et al.* refiere que este irrigante

natural se puede dejar hasta 24 horas en contacto con la superficie sin algún efecto secundario adverso, y que la eliminación de capa residual se daba en 5 minutos de aplicación del quitosán al 0.2%, incluso proponen que éste puede sustituir al EDTA 17%(26).

El láser diodo es una alternativa que demostró ayudar al quitosán al 0.2% en la eliminación de la capa residual y la penetración tubular en comparación con la activación ultrasónica (39)(31). También se ha utilizado la terapia fotodinámica con resultados favorables por maximizar el efecto bactericida del quitosán en una concentración de 0.30%.

## **Conclusión.**

Por lo anterior se puede concluir según la literatura, que el quitosán al 0.2% con ácido acético al 1%, en conjunto de una activación con láser diodo, aumenta los resultados favorables y el éxito de los tratamientos. Es necesario considerar que el presente estudio es una revisión de la bibliografía que se basó en estudios *in vitro*. A pesar de seguir los mismos pasos que se utilizan en la práctica clínica dentro de sus materiales y métodos, los resultados no pueden extrapolarse *in vivo*, pero pueden servir como datos de referencia para futuras evaluaciones.

## Bibliografía

1. Walton, R.E., Torabinejad M. Endodoncia. Principios y práctica. 2ª Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana, editor. Mexico; 1997.
2. Anonymous. Glossary of Endodontic Terms 2016. Gloss Endod Terms [Internet]. 2015;9:43. Available from: <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/aae/endodonticglossary2016/#/0>
3. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002;13(2):113–7.
4. Mai S, Kim YK, Arola DD, Gu L sha, Kim JR, Pashley DH, et al. Differential aggressiveness of ethylenediamine tetraacetic acid in causing canal wall erosion in the presence of sodium hypochlorite. *J Dent [Internet].* 2010;38(3):201–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2009.10.004>
5. Fruttero A. Revisión actualizada de las soluciones irrigadoras endodónticas. 2004;1–23.
6. Shih M, Marshall FJ, Rosen S. The bactericidal efficiency of sodium hypochlorite as an endodontic irrigant. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1970;29(4):613–9.
7. Freile-Pelegrín Y, Madera-Santana TJ. Biodegradable polymer blends and composites from seaweeds. *Handb Compos from Renew Mater.* 2017;1–8(April):419–38.
8. Clarkson RM, Moule AJ. Annual costs of hypochlorite used for endodontic irrigation exclusively were obtained from general and specialist endodontic practices to give some idea. *Aust Dent J.* 1998;43(4):1–7.
9. A. G de ferraris M. CM. *Histología y embiorología bucodental.* Panamericana editorial medica, editor. Madrid España; 1999.
10. Garberoglio R, Brannstrom M. Scanning electron of human microscopic investigation. *Arch Oral Biol.* 1976;21:355–62.
11. Peter MG. Pure and Applied Chemistry Applications and Environmental Aspects of Chitin and Chitosan applications and environmental aspects. *J Macromol Sci Part A Pure Appl Chem.* 1995;32(4):629–40.
12. Akincibay H, Şenel S, Ay ZY. Application of chitosan gel in the treatment of chronic periodontitis. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2007;80(2):290–6.
13. Muzzarelli RAA, El Mehtedi M, Bottegoni C, Gigante A. Physical properties imparted by genipin to chitosan for tissue regeneration with human stem cells: A review. *Int J Biol Macromol [Internet].* 2016;93:1366–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.03.075>

14. Ernani E, Abidin TM, Indra I. Experimental comparative study and fracture resistance simulation with irrigation solution of 0.2% chitosan, 2.5% NaOCl and 17% EDTA. *Dent J (Majalah Kedokt Gigi)*. 2015;48(3):154.
15. Costa EM, Silva S, Veiga M, Tavaría FK, Pintado MM. A review of chitosan's effect on oral biofilms: Perspectives from the tube to the mouth. *J Oral Biosci* [Internet]. 2017;59(4):205–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2017.07.001>
16. Rabea EI, Badawy MET, Stevens C V., Smagghe G, Steurbaut W. Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules*. 2003;4(6):1457–65.
17. Kishen A, Applications C. *Nanotechnology in Endodontics*. Nanotechnology in Endodontics. 2015.
18. Murray PE, Farber RM, Namerow KN, Kuttler S, Garcia-Godoy F. Evaluation of *Morinda citrifolia* as an Endodontic Irrigant. *J Endod*. 2008;34(1):66–70.
19. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod*. 2005;31(9):669–71.
20. Pivatto K, Pedro FLM, Guedes OA, da Silva AF, Piva E, Pereira TM, et al. Cytotoxicity of chelating agents used in endodontics and their influence on MMPs of cell membranes. *Braz Dent J*. 2020;31(1):32–6.
21. Yadav P, Chaudhary S, Saxena RK, Talwar S, Yadav S. Evaluation of antimicrobial and antifungal efficacy of chitosan as endodontic irrigant against *Enterococcus Faecalis* and *Candida albicans* biofilm formed on tooth substrate. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(3):e361–7.
22. Uğur Aydın Z, Akpınar KE, Hepokur C, Erdönmez D. Assessment of toxicity and oxidative DNA damage of sodium hypochlorite, chitosan and propolis on fibroblast cells. *Braz Oral Res*. 2018;32:e119.
23. Badr M, Elhafez E. Comparison of Antibacterial Effect and Smear Layer Removal of Herbal versus Traditional Irrigants - An in vitro Study. *Egypt Dent J*. 2020;66(3):1863–71.
24. Shenoi PR, Morey ES, Makade CS, Gunwal MK, Khode RT, Wanmali SS. In vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of chitosan and other endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis*. *Gen Dent*. 2016;64(5):60–3.
25. Witedja U, Suwartini T, Prahasti A, Widyarman A. Comparing the effectivities of chitosan citrate and chitosan acetate in eradicating *Enterococcus faecalis* biofilm . *Sci Dent J*. 2018;2(1):1.
26. Sarkees M, Maarrawi K Al. Chitosan: A Natural Substitute of EDTA Solution for Final Irrigation in Endodontics Treatment. 2020;697–703.
27. Camacho-Alonso F, Julián-Belmonte E, Chiva-García F, Martínez-Beneyto

- Y. Bactericidal Efficacy of Photodynamic Therapy and Chitosan in Root Canals Experimentally Infected with *Enterococcus faecalis*: An in Vitro Study. *Photomed Laser Surg.* 2017;35(4):184–9.
28. Ozlek E, Rath PP, Kishen A, Neelakantan P. A chitosan-based irrigant improves the dislocation resistance of a mineral trioxide aggregate-resin hybrid root canal sealer. *Clin Oral Investig.* 2020;24(1):151–6.
  29. SILVA, Polliana Vilaça, Débora Fernandes Costa GUEDES, Jesus Djalma PÉCORA AM da C-F. Time-dependent effects of chitosan on dentin structures. *Braz Dent J [Internet]*. 2012;23(4):357–61. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L366249987%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/bdj/v23n4/a08v23n4.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1590/S0103-64402012000400008>
  30. Arathi G, Rajakumaran A, Divya S, Malathi N, Saranya V, Kandaswamy D. Comparison of penetrating depth of chlorhexidine and chitosan into dentinal tubules with and without the effect of ultrasonic irrigation. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2019;23(3):389–92.
  31. Sathish Abraham, Sneha Dhruvkumar Vaswani, Harshal Balasaheb Najan DLM, Aradhana Babu Kamble SDC. Scanning electron microscopic evaluation of smear layer removal at the apical third of root canals using diode laser, endoActivator, and ultrasonics with chitosan: An in vitro study. *Journal Conserv Dent.* 2019;22:149–52.
  32. Cordero AP, Rojas Sierra J, Rodriguez Ruiz J, Arrieta Álvarez I, Arrieta Álvarez Y, Rodríguez Carrascal A. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN Actividad antibacteriana de soluciones ácidas de quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón Antibacterial activity of chitosan acid solutions obtained from shrimp exoskeleton. *Rev Colomb Biotecnol.* 2014;XVI(1):104–10.
  33. Saha SG, Sharma V, Bharadwaj A, Shrivastava P, Saha MK, Dubey S, et al. Effectiveness of various endodontic irrigants on the micro-hardness of the root canal dentin: An in vitro study. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(4):ZC01–4.
  34. Kesim B, Burak AK, Ustun Y, Delikan E, Gungor A. Effect of chitosan on sealer penetration into the dentinal tubules. *Niger J Clin Pract.* 2018;21(10):1284–90.
  35. Miranda JS, Marques É de A, de Landa FV, Leite APP, Leite FPP. Effect of three final irrigation protocols on the smear layer removal from the middle third of endodontically treated teeth: A qualitative analysis. *Dent Press Endod.* 2017;7(2):72–7.
  36. Aydin U, Aksoy F, Tosun S, Ozsevik AS. The effect of combined use of chitosan and PIPS on push-out bond strength of root canal filling materials. *J Adhes Sci Technol.* 2016;30(18):2024–31.

37. Ozlek E, Rath PP, Kishen A, Neelakantan P. A chitosan-based irrigant improves the dislocation resistance of a mineral trioxide aggregate-resin hybrid root canal sealer. *Clin Oral Investig*. 2020;24(1):151–6.
38. Jaiswal N, Sinha DJ, Singh UP, Singh K, Jandial UA, Goel S. Evaluation of antibacterial efficacy of Chitosan, Chlorhexidine, Propolis and Sodium hypochlorite on *Enterococcus faecalis* biofilm: An in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(9):e1066–74.
39. Arathi<sup>1</sup> G, Rajakumaran<sup>1</sup> A, Divya<sup>1</sup> S, Malathi<sup>2</sup> N, Saranya<sup>2</sup> V, Kandaswamy<sup>1</sup> D, et al. Comparison of penetrating depth of chlorhexidine and chitosan into dentinal tubules with and without the effect of ultrasonic irrigation. *J Oral Maxillofac Pathol*. 2019;23:389–92.
40. Pimenta JA, Zaparolli D, Pécora JD, Cruz-Filho AM. Chitosan: Effect of a new chelating agent on the microhardness of root dentin. *Braz Dent J*. 2012;23(3):212–7.
41. Nikhil V, Jaiswal S, Bansal P, Arora R, Raj S, Malhotra P. Effect of phytic acid, ethylenediaminetetraacetic acid, and chitosan solutions on microhardness of the human radicular dentin. *J Conserv Dent*. 2016;19(2):179–83.
42. Bhagat V, Haque M, Bin Simbak N, Husain R. Stress among Medical Students and Advantages of Metallisation Therapy in General: A Review of Literatures. *Adv Hum Biol*. 2018;8(May-August):59–63.