



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**IRRIGACIÓN EN ENDODONCIA CON EDTA Y ÁCIDO  
CÍTRICO PARA LA ELIMINACIÓN DEL BARRILLO  
DENTINARIO Y SU EFECTO EN LA MICRODUREZA  
DE LA DENTINA.**

**TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL  
DIPLOMADO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**CIRUJANO DENTISTA**

**P R E S E N T A:**

**RODRIGO VARGAS AYALA**

**TUTORA: Esp. MARÍA DEL ROSARIO LAZO GARCÍA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A ese Ser supremo; Dios; a la Virgen María de Guadalupe, al Santísimo Sacramento y a San Juan Bautista de la Salle, porque al encomendarme a estos seres divinos obtuve tenacidad para continuar con el camino, sabiduría, fortaleza y se aumentó mi fe en los momentos en que quería desistir.

La dedico con mucho amor a mi madre, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y por enseñarme que todo se logra a base de esfuerzo y trabajo; dándome ahora la mejor herencia que se le puede otorgar a un hijo, una licenciatura, gracias mamá, te amo con todo mi corazón.

A mis abuelos, por siempre darme el amor más puro y más tierno que se le puede brindar a alguien, son para mí, un modelo de virtudes.

A Oli, Enrique, Pao y Ricardo, por su apoyo entusiasta, sus conocimientos, confianza y paciencia.

A todos mis amigos y amigas que me han brindado comprensión y compañía, principalmente a:

-Itzelo: no hay nada más importante que la amistad que perdura, en especial en un mundo que insiste en cambiar. Gracias por ser parte de mi vida todos estos años. Te amo mucho itzelita.

-A Celic, Tavsín, Arthur, Balu, Daye, Eddworld, Karlitha Nemo y Ardian: porque a pesar de estar en universidades diferentes y en otras ocupaciones, siempre estuvieron conmigo apoyándome.

-Ale Martínez: mi primera amiga de odontología.

-Mitch Guayu: gracias por tus risas, por tus freseadas y por todos los momentos juntos.

-Faboo: mi bro incondicional. Ojalá todo este tiempo haya sido tan fácil como completar la frase: "Ya acabé la Licenciatura: \_\_\_\_\_".

-Vale: mi Vale mi Vale: excelentes momentos contigo. ¿Aplicamos Trajas?

-Yels: gracias por estar siempre conmigo, por soportarme y por darme ese consejo siempre que acudí a ti.

-Luis: gracias por esas pláticas, los consejos, por animarme y sobre todo por ser un amigo incondicional.

-Rodogyl: gracias por ser tan buen amigo y compañero, por ayudarme en la clínica y gracias por todos los chistes y ocurrencias. Ya no seremos poor.

-Tere: gracias por darme tu amistad sincera, te quiero mucho.

-Manzo: gracias orejón por darme ánimos.

-Carlos: un amigo tan importante para mí, sin duda, un gran amigo y hermano.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por haber hecho mi sueño realidad y por todo lo que aprendí en sus aulas, por todo el conocimiento, por las risas, por la diversión, la alegría y los amigos.

A cada uno de mis profesores por cada día regalarme una enseñanza completamente nueva y fascinante. Gracias por haberme enseñado el camino de la práctica odontológica. Especialmente a la Esp. María del Rosario Lazo García por destinar su tiempo, su espacio, su consejo y sus observaciones para realizar este trabajo terminal.

A la C.D. y L.H. Martha Victoria Díaz Gómez por ser una excelente profesora, por siempre compartir sus conocimientos y por enseñarme que el Cirujano Dentista de excelencia debe poseer conocimientos de Odontología y de Cultura; sin duda, toda una enseñanza invaluable.

A la Mtra. María Luisa Cervantes Espinoza porque siempre tiene una sonrisa amable y una amistad incondicional.

A la C.D. Marisol Olmos, Fernando Enríquez y Sandra Marciano, por su paciencia y comprensión, por enseñarme a ser responsable y ético

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVOS</b> .....	3
<b>1. DENTINA</b> .....	4
1.1. Generalidades.....	4
1.2. Propiedades físicas.....	5
1.3. Composición química.....	8
1.4. Estructura histológica de la dentina.....	11
1.4.1. Unidades estructurales básicas.....	12
1.4.1.1. Túbulos dentinarios.....	12
1.4.1.2. Matriz intertubular.....	14
1.4.2. Unidades estructurales secundarias.....	14
1.4.2.1. Líneas de crecimiento o incrementales.....	14
1.4.2.2. Líneas de contorno de Owen.....	16
1.4.2.3. Calcosferitos.....	16
1.4.2.4. Espacios de Zcermack.....	18
1.4.2.5. Zona granulomatosa de Tomes.....	18
1.5. Morfología de los túbulos dentinarios.....	19
1.6. Pared de los túbulos dentinarios.....	23
<b>2. SOLUCIONES IRRIGANTES</b> .....	24
2.1. Descripción.....	24
2.2. Antecedentes históricos de la irrigación en Endodoncia.....	25
2.3. Objetivos de la irrigación.....	29
2.4. Importancia de la irrigación.....	29
2.5. Características del irrigante ideal.....	30
<b>3. CLASIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES</b> .....	32
3.1. Por su acción frente a microorganismos.....	32
3.1.1. Antisépticos.....	32
3.1.2. No antisépticos.....	34
3.2. Por su acción en la dentina.....	34
3.2.1. Desecantes.....	34
3.2.2. Detergentes.....	34
3.2.3. Quelantes.....	35
<b>4. BARRILLO DENTINARIO</b> .....	36
4.1. Antecedentes históricos.....	36
4.2. Descripción.....	37
4.3. Componentes de la capa de barrillo dentinario.....	38

<b>5. EL PROCESO DE QUELACIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>6. ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRACÉTICO (EDTA).....</b>	<b>41</b>
6.1. Antecedentes históricos.....	41
6.2. Estructura química.....	42
6.3. pH y concentración.....	43
6.4. Mecanismo de acción.....	44
6.5. Usos en la práctica clínica.....	44
6.5.1. Conductos estrechos.....	44
6.5.2. Irrigación final.....	45
6.5.3. Espectro antimicrobiano.....	45
6.6. Tiempo de acción .....	46
6.7. Productos comerciales.....	47
6.8. Asociaciones de EDTA con otros medicamentos.....	49
6.9. Biocompatibilidad.....	52
<b>7. ÁCIDO CÍTRICO.....</b>	<b>54</b>
7.1. Antecedentes históricos.....	54
7.2. Estructura química.....	54
7.3. pH y concentración.....	55
7.4. Mecanismo de acción. ....	56
7.5. Usos en la práctica clínica.....	58
7.5.1. Irrigación final.....	58
7.5.2. Espectro antimicrobiano.....	59
7.6. Tiempo de acción.....	62
7.7. Productos comerciales.....	62
7.8. Asociaciones de ácido cítrico con otros medicamentos.....	64
7.9. Biocompatibilidad.....	64
<b>8. BENEFICIOS CLÍNICOS DE LA REMOCIÓN DE LA CAPA DE BARRILLO DENTINARIO.....</b>	<b>67</b>
8.1. Estudios clínicos sobre la remoción del barrillo dentinario.....	67
8.2. Directrices: secuencia clínica de irrigación.....	69
8.3. Efecto de la irrigación de los conductos laterales.....	74
<b>9. COMPARACIÓN ENTRE EDTA Y ÁCIDO CÍTRICO.....</b>	<b>75</b>
<b>10. EFECTO DE LAS SOLUCIONES QUELANTES SOBRE LA MICRODUREZA DENTINARIA.....</b>	<b>77</b>
<b>11. EROSIÓN DENTINARIA POSTERIOR AL USO DE SOLUCIONES QUELANTES.....</b>	<b>84</b>

<b>CONCLUSIONES</b> .....	88
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	89
<b>ANEXO</b>	
<b>BIOSEGURIDAD</b> .....	92
A.1. Descripción.....	92
A.2. Norma NFPA 704.....	92
A.3. Hoja de seguridad del ácido etilendiaminotetracético.....	93
A.4. Hoja de seguridad del ácido cítrico.....	94

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento del sistema de conductos radiculares juega un papel de suma importancia en la odontología contemporánea, debido a que con la aplicación de las diferentes técnicas endodónticas se pretende conservar y preservar la mayor parte de los órganos dentarios; y en consecuencia, la función, equilibrio y estética de la cavidad oral.

El éxito de la terapéutica pulpar depende de varios factores como la instrumentación mecánica, y el uso de soluciones y agentes químicos para la desinfección, estos dos aspectos actúan de manera conjunta, y se les ha denominado Instrumentación químico-mecánica, cuyo objetivo principal es la extirpación del paquete vasculonervioso infectado y afectado por microorganismos –en el caso de pulpitis irreversible– y la desinfección de la cavidad pulpar y conductos radiculares que se encuentran invadidos por bacterias y bioproductos –en el caso de necrosis pulpar–.

La aparición de la capa de barrillo dentinario se ha asociado al trabajo biomecánico, la cual es una delgada capa que contiene diferentes materiales como fragmentos de dentina, procesos odontoblásticos y bacterias, ésta capa se adhiere a la pared del conducto radicular y puede ocluir la entrada de los túbulos dentinarios.

A lo largo de más de 30 años que se ha descrito la capa de barrillo dentinario ha existido la controversia de eliminarla o conservarla, sin embargo, en años recientes, se ha descrito el efecto benéfico de su remoción, por lo que se han empleado nuevas técnicas y nuevos productos que ayudan al Cirujano Dentista en su eliminación.



Los productos que se han descrito hasta el momento son soluciones irrigantes, cuyas características son la de poseer actividad quelante sobre la dentina, es decir, a nivel molecular existe un intercambio iónico, con el fin de reblandecer la capa de barrillo dentinario y así pueda ser removida fácilmente. Las sustancias que se encuentran en el comercio son principalmente el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y el ácido cítrico, los cuales pueden utilizarse en la práctica clínica a diferentes concentraciones y a diferentes pH. También para mejorar su efecto, se les ha añadido diferentes agentes tensoactivos.

Las soluciones quelantes son de gran ayuda en la terapéutica pulpar, pero deben utilizarse con responsabilidad, teniendo en cuenta su concentración, y el tiempo de acción recomendado, ya que si se utilizan de manera indiscriminada, pueden erosionar la dentina y provocar accidentes operatorios o posoperatorios.

Es importante conocer la composición química de la dentina, sus propiedades físicas; y conocer los diferentes tipos de dentina que existen.

Siempre hay que tomar en consideración que el paciente no debe tratarse como un objeto de pertenencia, o simplemente como estructuras dentales, ya sean sanas o afectadas por algún proceso patológico; la nobleza de la profesión de Cirujano Dentista radica en no dejar de lado la parte humana y sensible tanto de nuestros pacientes como del profesional mismo, actuando siempre bajo normas éticas y valores.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

-Analizar las propiedades de los agentes quelantes EDTA y ácido cítrico utilizados en la terapéutica pulpar contemporánea y conocer los efectos en la microdureza y rugosidad de la dentina después de la irrigación.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

-Conocer la dentina, su composición y sus propiedades físicas.

-Sensibilizar al lector sobre la importancia de la irrigación endodóntica, con el fin de eliminar la mayor parte de la microbiota patógena presente en los conductos radiculares infectados.

-Clasificar las diferentes soluciones irrigantes, de acuerdo a su acción frente a microorganismos y su acción sobre la dentina.

-Saber la composición de la capa de barrillo dentinario y los beneficios clínicos de su remoción.

-Conocer la estructura química; pH, concentración; el tiempo de acción del EDTA y del ácido cítrico y compararlos con base a la Biotolerancia de los tejidos, como pulpa, dentina y periápice.

## 1. DENTINA

### 1.1. Generalidades

La dentina también es llamada sustancia ebúrnea o marfil, es el eje estructural del diente, constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen del órgano dentario. La porción coronaria de la dentina está recubierta a manera de casquete por el esmalte, mientras que la región radicular está tapizada por el cemento. Interiormente, la dentina limita una cavidad denominada cámara pulpar, que contiene a la pulpa dental.

El espesor de la dentina [figura 1] varía según el órgano dentario, variando desde 1mm en los incisivos inferiores hasta 3mm en los caninos y molares. En cada diente, el espesor es mayor en los bordes incisales o cuspídeos y menor en la raíz; y debido al tipo de crecimiento aposicional que presenta la dentina, el espesor es mayor en dientes maduros que en los jóvenes. <sup>[1]</sup>



Figura 1. Ubicación de la dentina. Técnica por desgaste.

Tomado de internet: <http://goo.gl/0gK4eU>

## 1.2. Propiedades Físicas

### I.- Color

-Color blanco amarillento, puede variar de un individuo a otro, y también a lo largo de la vida. Por el alto grado de mineralización del esmalte, el color del diente lo aporta la dentina.

-El color de la dentina puede depender de varios factores:

A.- Grado de mineralización: los dientes primarios presentan un tono blanco azulado por el menor grado de mineralización.

B.- Vitalidad pulpar: los dientes desvitalizados presentan un color grisáceo.

C.- Edad: la dentina se vuelve progresivamente más amarillenta con la edad. A ello contribuye la aposición de dentina secundaria, depósito de calcosferitos intratubulares en las personas de edad avanzada. Por lo tanto, la dentina es también menos traslúcida.

D.- Pigmentos: pueden ser de origen endógeno o exógeno. Los pigmentos endógenos provienen por ejemplo, de la degradación de la hemoglobina, en caso de hemorragia pulpar por traumatismos, o fracturas dentarias, en cuyo caso, la corona del diente experimenta un ennegrecimiento. La acción medicamentosa también ocasiona tonos grisáceos. Los pigmentos exógenos pueden provenir de obturaciones metálicas o la dieta.

### II.- Traslucidez

-La Dentina es menos traslúcida que el esmalte, debido a su menor grado de mineralización, pero en las regiones apicales, donde el espesor de la dentina es mínimo, puede verse por transparencia el conducto radicular.

-Esta propiedad disminuye en el adulto. <sup>[1]</sup>

### III.- Dureza

-La dureza de la dentina está determinada por su grado de mineralización. Es mucho menor que la del esmalte y mayor que la del hueso y cemento. En estudios recientes se han establecido valores promedio de la microdureza de la dentina en dientes permanentes, la cual oscila de acuerdo con la escala de Knoop entre 70KHN (Knoop Heaviness Number) cerca de la unión amelodentinaria; y 20KHN cerca de la cámara pulpar. <sup>[1]</sup>  
<sup>[2]</sup>

### IV.- Radiopacidad

-Depende del contenido mineral y es menor que la del esmalte y superior a la del hueso y cemento. Por su baja radiopacidad, la dentina aparece en las radiografías sensiblemente más oscura que el esmalte.

### V.- Elasticidad

-La elasticidad tiene gran importancia funcional, ya que permite compensar la rigidez del esmalte, amortiguando las cargas masticatorias. Varía en función del porcentaje de sustancia orgánica y al agua que contenga. <sup>[1]</sup>  
-Los valores medios del módulo elástico de Young (relación entre carga y deformación)<sup>[3]</sup> para la dentina permanente oscilan entre 18 a 25GPa. (Giga Pascales)<sup>[1]</sup>

### VI.- Permeabilidad

-Tiene más permeabilidad que el esmalte, debido a la presencia de túbulos dentinarios, que permiten el paso de distintos elementos o solutos (medicamentos, microorganismos), que la atraviesan con relativa facilidad. Se han descrito dos mecanismos de transporte a través de los túbulos: difusión o por presión de fluidos intersticiales de la pulpa. En este último influye el diámetro y la longitud del túbulo.<sup>[1]</sup>

La permeabilidad intratubular, aun no se ha podido determinar con exactitud, por la presencia de múltiples ramificaciones laterales.

-El movimiento de los líquidos a través de los túbulos es tanto centrífugo (desde la pulpa) como centrípeto (desde la unión amelodentinaria). Éste movimiento es el responsable del estímulo hidrodinámico en el que se sustenta la teoría hidrodinámica de Brännström para explicar la sensibilidad dental. <sup>[1]</sup>

#### VII.- Coeficiente de expansión térmica

-Medida en la que cambia el volumen de un cuerpo al modificar la temperatura.

-Si la temperatura disminuye, el cuerpo se contraerá, y si aumenta, se dilata. <sup>[3]</sup>

-El coeficiente de expansión térmica de la dentina es  $7.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . <sup>[2]</sup>

#### VIII.- Conductividad Térmica

-Propiedad de los materiales que mide la capacidad de conducción del calor. <sup>[3]</sup>

-La conductividad térmica de la dentina es  $1.36 \times 10^{-3} \text{ cal/seg cm } ^{\circ}\text{C}$ . <sup>[2]</sup>

#### IX.- Densidad

-Relación que existe entre la masa de un cuerpo y su volumen. <sup>[32]</sup>

-La densidad de la dentina es de  $1.96 \text{ g/cm}^3$ . <sup>[2]</sup>

### 1.3. Composición química

La composición química de la dentina es la siguiente: 70% de materia inorgánica (principalmente, cristales de hidroxiapatita), 18% de materia orgánica (principalmente, fibras colágenas) y 12% de agua; existen variaciones entre las distintas regiones de la dentina, así como entre la coronaria y radicular. [1]

#### I.- Matriz orgánica

La matriz orgánica está constituida por varios componentes. El colágeno que es sintetizado por el odontoblasto [figura 2 A y B], representa el 90% de la matriz. El colágeno tipo I representa el 98% y los tipos III y IV el 1-2% y 1% respectivamente. Los tipos IV y VI en pequeñas proporciones.

El colágeno tipo III se segrega en casos de dentina opalescente y ocasionalmente está presente en la dentina peritubular; el tipo IV, en los momentos iniciales de la dentinogénesis, cuando existe una membrana basal que separa la dentina no mineralizada de los ameloblastos secretores y finalmente, los de tipo IV y VI se han descrito en distintas regiones de la pre dentina. [1]

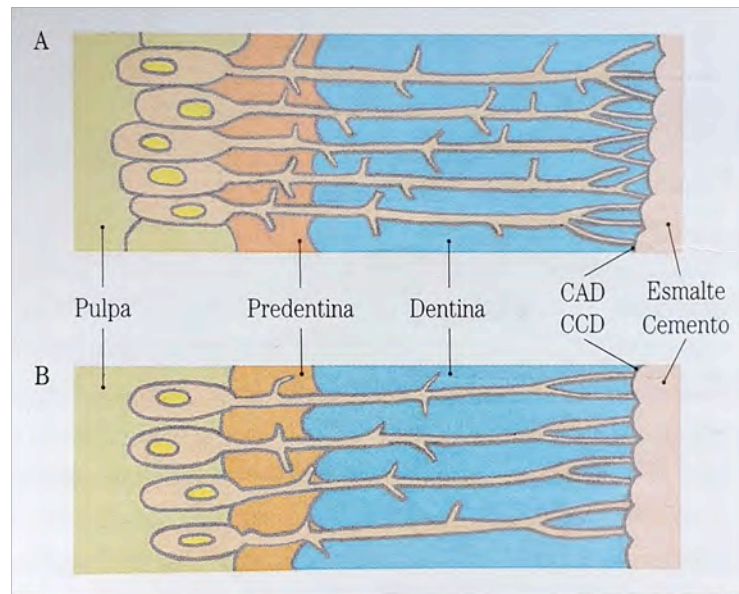


Figura 2. A. Ramificaciones terminales arboriformes de los odontoblastos coronarios. B. Ramificaciones terminales dicotómicas de los odontoblastos radicales.

Tomado de: Gómez MA, Campos A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2003.

En la matriz orgánica de la dentina, se han detectado proteínas no colágenas que representan el 10% del total. Entre ellas las proteínas fosforiladas de la matriz, son glucoproteínas pequeñas relacionadas con las integrinas. Entre ellas destacan cuatro proteínas que se localizan preferentemente en la dentina aunque también lo hacen en la matriz ósea, son:

A.- Fosfoforina dentinaria (DPP)

-Tras el colágeno es el componente más abundante de la dentina.

B.- Sialoproteína dentinaria (DSP). [figura 3]

C.- Sialofosfoproteína dentinaria (DSPP).

D.- Proteína de la matriz dentinaria (DMP1). [1]



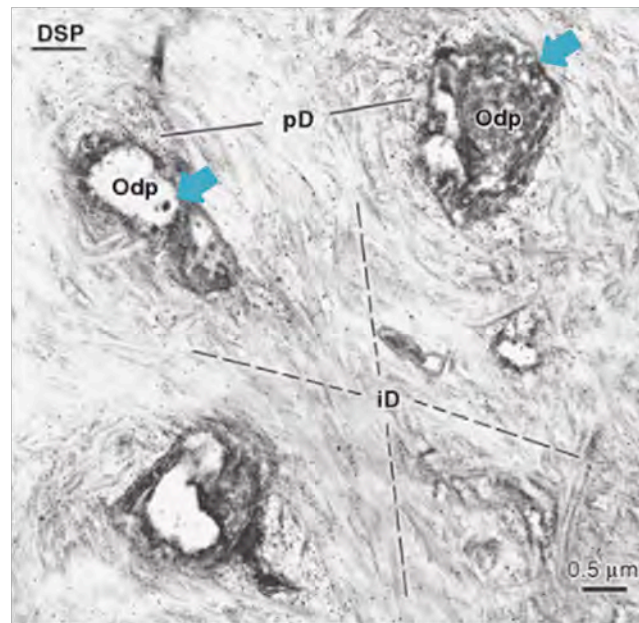


Figura 3. Acumulación de sialoproteína dentinaria (partículas negras) alrededor del proceso odontoblástico y cerca de la dentina peritubular. MO. Inmunofluorescencia con Oro Coloidal. 50x.

Tomado de: Ten Cate AR. Oral Histology. Development, Structure, and Function. 6<sup>th</sup> ed. USA: Mosby; 2004.

La sialofosfoproteína dentinaria y la proteína de la matriz dentinaria secretadas por los odontoblastos jóvenes se dividen mediante un proceso proteolítico mediado por una enzima denominada PHEX, para dar lugar, en el primer caso, a las proteínas DSP y DPP.

Los proteoglucanos formados por proteínas y glucosaminoglucanos (GAG), están presentes también en la matriz dentinaria. El condroitín sulfato (CS) es el GAG más frecuente.

También se han identificado en la matriz orgánica de la dentina proteínas del suero como la Albúmina, Fosfolípidos, Metaloproteinasas e incluso Amelogeninas y Factores de Crecimiento, posiblemente inmovilizados durante la dentinogénesis.

## II.- Matriz inorgánica

Compuesta por cristales de hidroxiapatita, similares químicamente a los del esmalte, cemento y hueso. Se diferencian de los cristales del esmalte en que los cristales de dentina son pequeños y delgados, más parecidos a los del tejido óseo. [1]

Dogan & Calt en 2001 reportaron que la concentración de los iones calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) y fósforo ( $\text{P}^{--}$ ) de la hidroxiapatita es de aproximadamente 1.67M. [4]

La dimensión de los cristales es  $36\mu\text{m}$  de longitud,  $25\mu\text{m}$  de anchura y  $10\mu\text{m}$  de altura. Los cristales se orientan de forma paralela a las fibras de colágeno de la matriz dentinaria, disponiéndose entre las fibras (70-75%) y también dentro de las mismas (25-30%), ya que ocupan los espacios entre las moléculas de colágeno que la forman.

En la fracción mineral, además de cristales de hidroxiapatita, hay cierta cantidad de fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos, como flúor ( $\text{F}^-$ ), cobre ( $\text{Cu}^{++}$ ), zinc ( $\text{Zn}^{++}$ ), hierro ( $\text{Fe}^{+++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^+$ ), etcétera. Así mismo, calcio ligado a componentes de la matriz orgánica como reservorio para la formación de cristales de hidroxiapatita. [1]

### 1.4. Estructura histológica de la dentina

La dentina está constituida por unidades estructurales básicas y unidades estructurales secundarias.

#### 1.4.1. Unidades estructurales básicas

##### 1.4.1.1. Túbulos dentinarios

-Se extienden desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria o cementodentinaria.

-Su longitud oscila entre 1.5 y 2 mm.

-La pared del túbulo está formada por dentina peritubular o tubular. [figura 4]

-Los túbulos alojan el proceso odontoblástico; entre el proceso odontoblástico [figura 5 y 6 A y B] y la pared del túbulo existe un espacio llamado espacio periprocesal, ocupado por el líquido dentinario o licor dentinario; los cuales son responsables de la vitalidad dentinaria.<sup>[1]</sup>

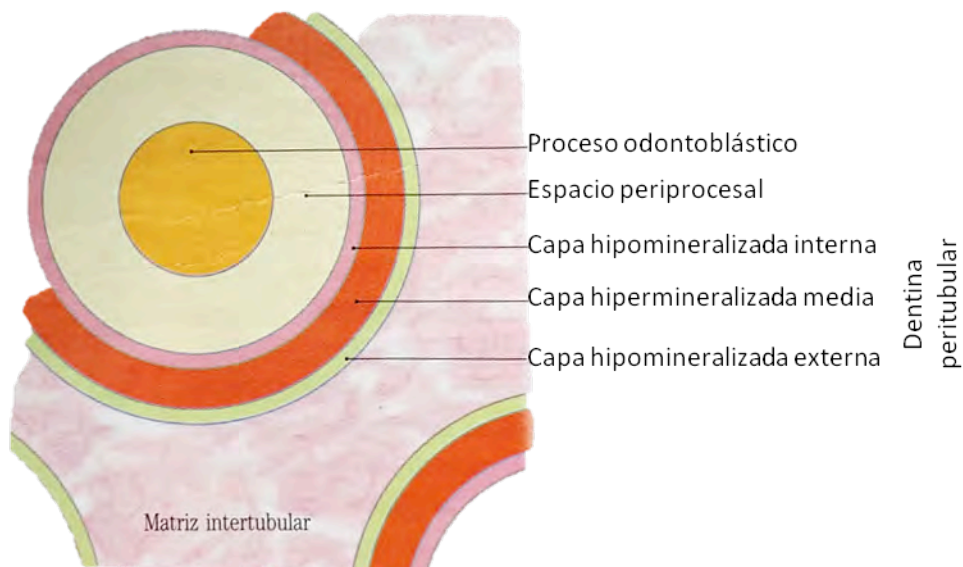


Figura 4. Diagrama de un túbulo dentinario en corte transversal

Tomado de: Gómez MA, Campos A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2003.



Figura 5. Túbulos dentinarios en corte longitudinal. Se observa dentina peritubular e intertubular. MEB. 2500x

Tomado de: Gómez MA, Campos A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2003.

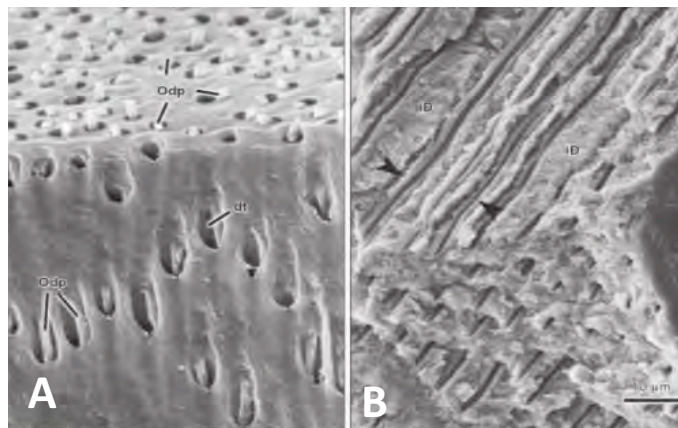


Figura 6. A. Procesos odontoblásticos dentro del túbulo dentinario. B. Dentina peritubular. MEB 1000x.

Tomado de: Ten Cate AR. Oral Histology. Development, Structure, and Function. 6<sup>th</sup> ed. USA: Mosby; 2004.

#### 1.4.1.2. Matriz intertubular

-Se distribuye entre las paredes de los túbulos dentinarios, su componente fundamental son fibras de colágeno que constituyen una malla fibrilar entre la cual y sobre la cual se depositan los cristales de hidroxiapatita semejantes a los existentes en la dentina peritubular. <sup>[1]</sup>

#### 1.4.2. Unidades estructurales secundarias

Son estructuras que se originan a partir de las unidades estructurales básicas por variaciones en la mineralización o como resultado de la interrelación de las unidades básicas con el esmalte o cemento periféricos.

##### 1.4.2.1. Líneas de crecimiento o incrementales.

La dentina crece continuamente por aposición, este tipo de crecimiento determina la formación de líneas incrementales.

##### I. Líneas de von Ebner

-También llamadas líneas menores de incremento de la dentina, o líneas de imbricación, o líneas de crecimiento de Ebner. [figura 7]

-La formación de dentina no es un proceso continuo, sino rítmico, con períodos de formación que se alternan con períodos de descanso. Estas fases de descanso aparecen como líneas que representan el límite entre las distintas fases alternativas de actividad y reposo en la dentinogénesis.

-Se originan cada 5 días, depositándose 4µm por día.

-Su trayecto es perpendicular a la de los túbulos dentinarios. <sup>[1]</sup>

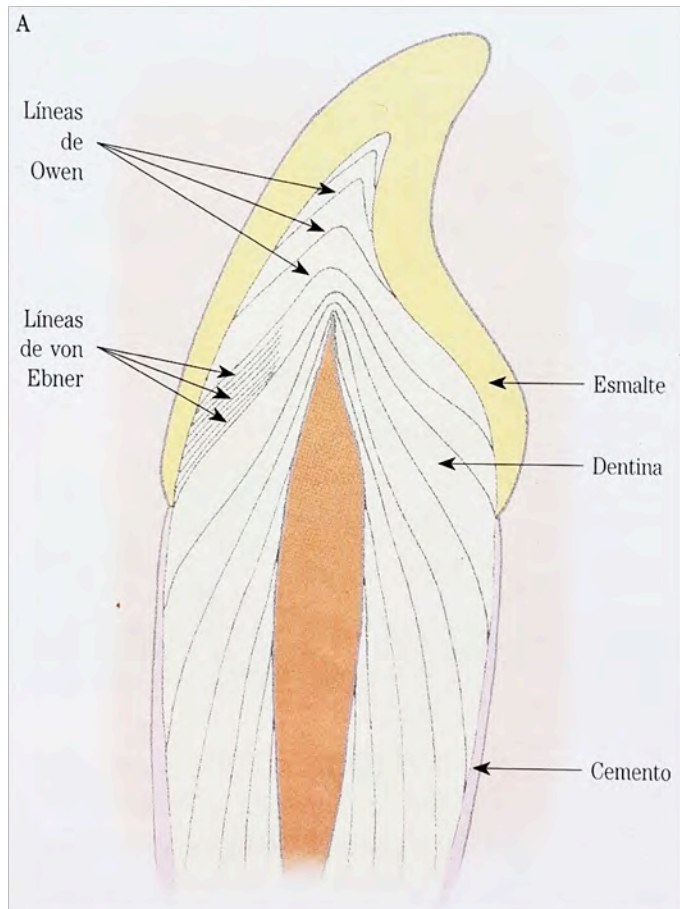


Figura 7. Líneas de contorno de Owen. Líneas de von Ebner. Corte longitudinal.

Tomado de: Gómez MA, Campos A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2003.

#### 1.4.2.2. Líneas de contorno de Owen

-Irregulares en espesor y espaciamiento entre ellas.

-Alteraciones en el proceso de calcificación de la Dentina.

-La primera línea de incremento y de Owen son próximas a la unión amelodentinaria formando un casquete.

-Las líneas de Owen en la región cervical y radicular se identifican como bandas convergentes hacia la superficie interna de la dentina.

-Líneas de hipomineralización más anchas que las de von Ebner.

-La línea de contorno más prominente es la línea neonatal y corresponde a una fase de reposo de 15 días.

-Períodos de nutrición inadecuada o de enfermedades quedan marcadas como líneas de contorno, debido a ello, el diente puede considerarse como un registro ideal para la evaluación del estado de salud del paciente. <sup>[1]</sup>

#### 1.4.2.3. Calcosferitos

Son núcleos donde se inicia la mineralización de la hidroxiapatita, y al fusionarse, forman dentina mineralizada. Si no se fusionan de manera correcta, forman la dentina interglobular o espacios de Zcermack. Se fusionan en frentes lineales que se homogenizan, resultando una dentina uniforme. <sup>[1]</sup> [figura 8 y 9]

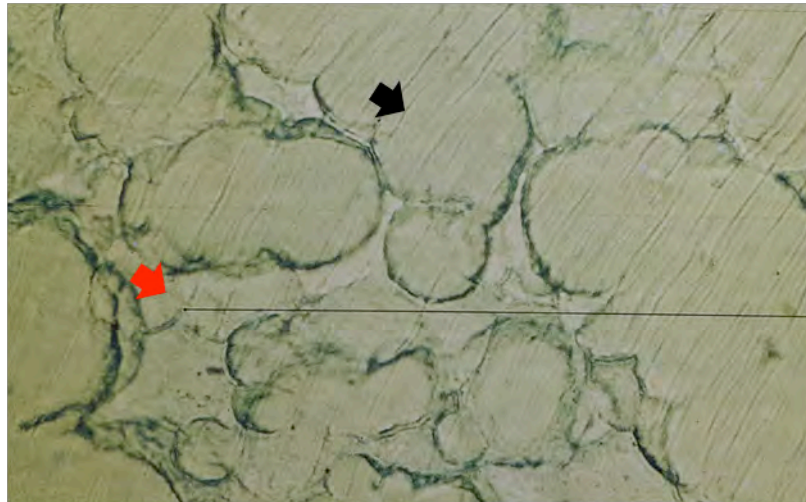


Figura 8. Espacios interglobulares de Czermack (rojo) limitados por calcosferitos (negro). Técnica por desgaste. 100x

Tomado de: Gómez MA, Campos A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2003.

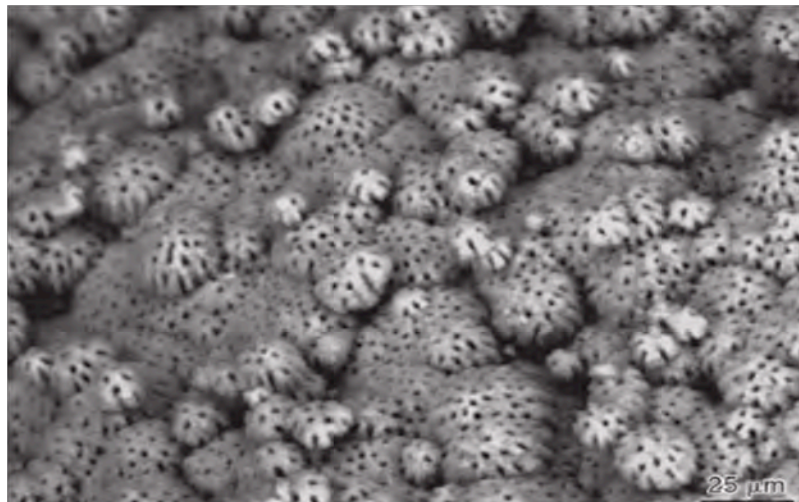


Figura 9. Dentina globular (Calcosferitos). MEB. 3500x

Tomado de: Ten Cate AR. Oral Histology. Development, Structure, and Function. 6th ed. USA: Mosby; 2004.



#### 1.4.2.4. Espacios de Zcermack

También denominada dentina interglobular. Aparecen en la periferia de la dentina coronaria y raramente en la dentina radicular. Se originan por defecto de la mineralización de la dentina debido a la falta de fusión de los calcosferitos.<sup>[1]</sup> [figura 10]

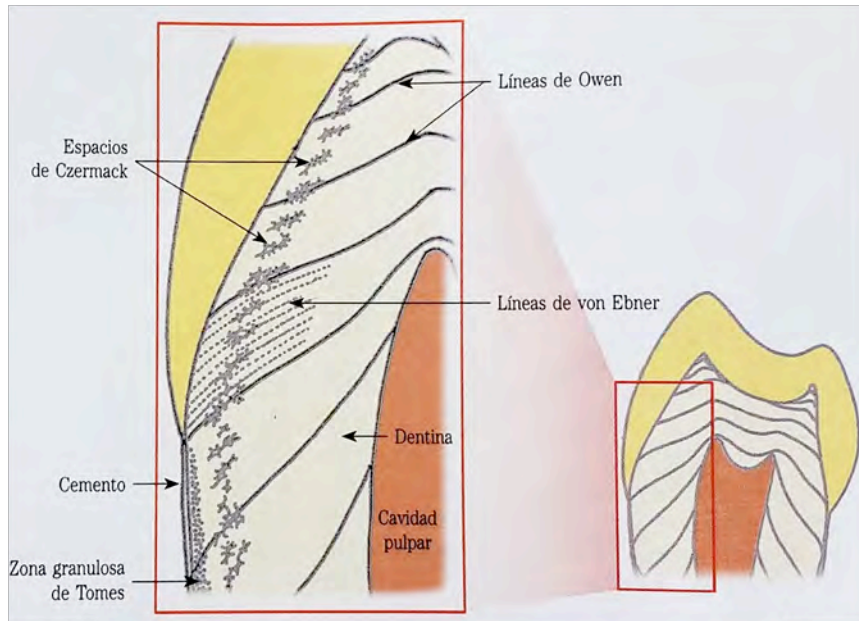


Figura 10. Diagrama de los espacios de Czermack próximos a la UAD dispuestos según las líneas incrementales

Tomado de: Gómez MA, Campos A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2003.

#### 1.4.2.5. Zona Granulomatosa de Tomes

Se encuentra en la periferia de la dentina radicular. Es una franja oscura de 500µm vecina a la unión cementodentinaria y paralela a ella. Formada por numerosas cavidades oscuras, pequeños espacios irregulares llenos de aire.<sup>[1]</sup>

### 1.5. Morfología de los túbulos dentinarios

Los túbulos de la región coronaria de la dentina siguen un trayecto doblemente curvo, en forma de “S” itálica, la curvatura más extrema de la “S” es de convexidad coronaria y la más interna, de convexidad apical. En la zona cuspídeas o incisales, el trayecto es recto. [figura 11 y 12]

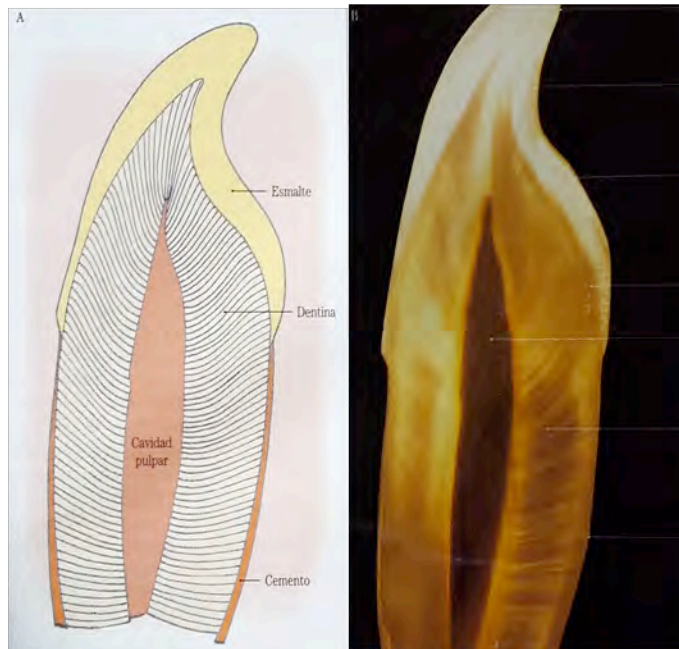


Figura 11. A. Recorrido de los túbulos Dentinarios. B. Corte longitudinal: se observa trayecto ondulado de los túbulos dentinarios desde la UAD hasta la cavidad pulpar. Técnica por desgaste. 5x

Tomado de: Gómez MA, Campos A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2003.

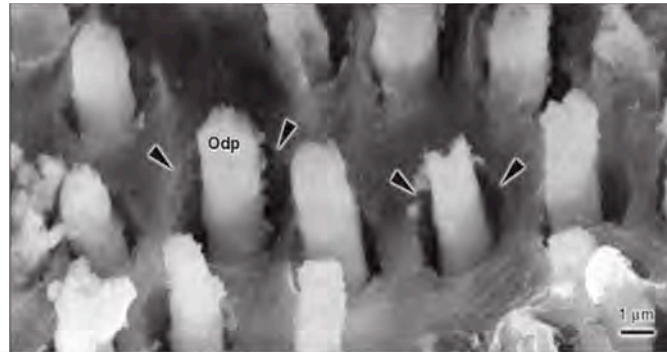


Figura 12. Procesos odontoblásticos dentro del tubo dentinario. MEB 1000x.

Tomado de: Ten Cate AR. Oral Histology. Development, Structure, and Function. 6<sup>th</sup> ed. USA: Mosby; 2004.

En la región radicular, los túbulos describen una sola curvatura de convexidad apical; en la proximidad del ápice son rectos.

En zonas de dentina próximas a la pulpa existen 45,000 a 65,000 túbulos dentinarios por  $\text{mm}^2$  y en las regiones externas de dentina 15,000 a 20,000 por  $\text{mm}^2$ .

El diámetro de los túbulos varía, siendo más anchos en la proximidad de la pulpa ( $5\mu\text{m}$ ) y estrechos en la zona periférica ( $1.7\mu\text{m}$ ). Existen megatúbulos que incrementan la permeabilidad, son de 5 a  $50\mu\text{m}$  de diámetro y se ubican próximos a los cuernos pulpares. A la obliteración gradual de la luz tubular a consecuencia de la edad se conoce como esclerosis fisiológica.

Los túbulos dentinarios presentan ramificaciones colaterales o túbulos secundarios delgados, de  $1\mu\text{m}$  de diámetro que se conectan con los túbulos vecinos. <sup>[1]</sup>

Pashley en 1982 determinó que los factores físicos que controlan la permeabilidad de los túbulos dentinarios son:

- Área de difusión superficial
- Espesor de dentina
- Temperatura
- Tamaño y la carga de los túbulos dentinarios
- Variaciones en las proporciones de iones Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) y Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

[1]

Armitage en 1983 reportó la presencia de bacterias en los túbulos dentinarios en dientes que habían cursado con infección, las cuales se encontraban a la mitad de la distancia entre la pared del conducto radicular y la unión cemento-dentinaria. Posteriormente, Ando en 1990 ratificó que las bacterias y sus bioproductos presentes en conductos infectados, pueden invadir los túbulos dentinarios. [5]

En 1995 Sen y colaboradores examinaron 10 dientes extraídos con pulpas necróticas mediante microscopía electrónica de barrido y reportaron que existe penetración bacteriana dentro de los túbulos dentinarios de hasta  $150\mu\text{m}$ . [5] [figura 13 y 14]

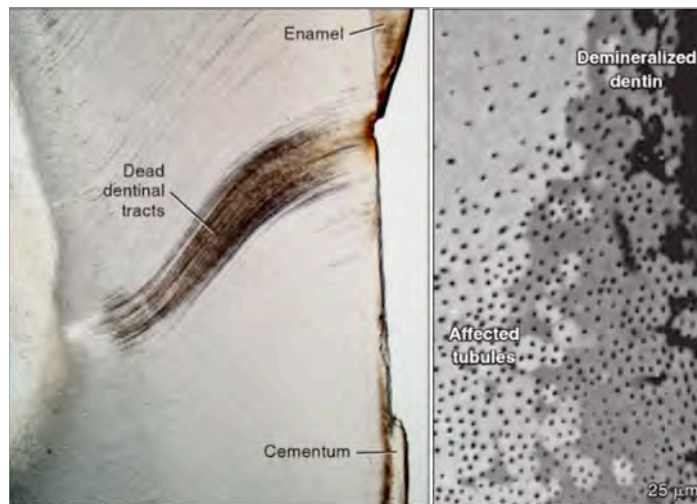


Figura 13. Avance de los microorganismos a través de los túbulos dentinarios. MO. 250x.

Tomado de: Ten Cate AR. Oral Histology. Development, Structure, and Function. 6<sup>th</sup> ed. USA: Mosby; 2004.

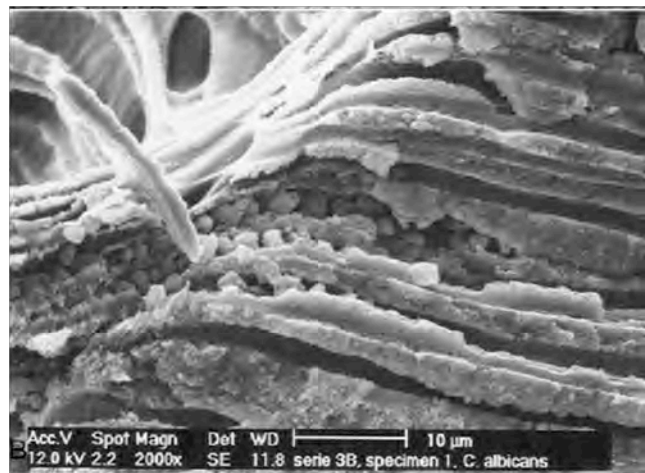


Figura 14. Conducto radicular y túbulos dentinarios con presencia de microorganismos. MEB. 3000x.

Tomado de: Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y Fundamentos. 2<sup>a</sup> ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012.

## 1.6. Pared de los túbulos dentinarios

Rodeados por un anillo o pared denominado dentina peritubular, dentina tubular o matriz peritubular de hasta  $1\mu\text{m}$  de espesor. [figura 15]

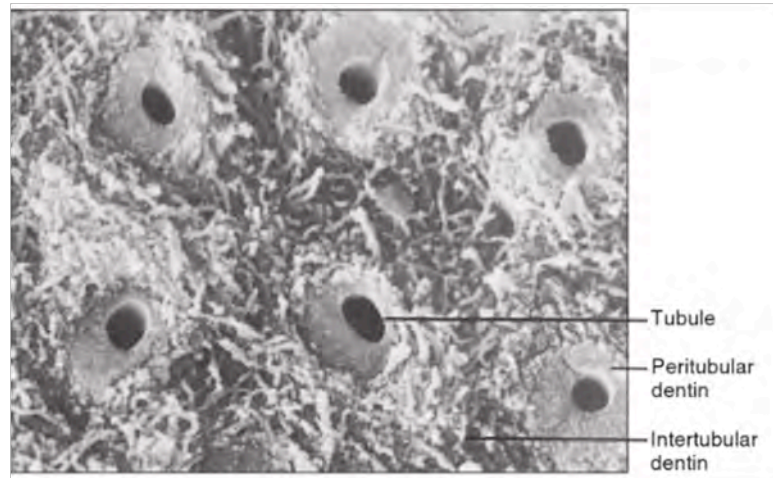


Figura 15. Dentina peritubular alrededor de túbulos dentinarios vacíos. MEB. 1000x.

Tomado de: Ten Cate AR. Oral Histology. Development, Structure, and Function. 6<sup>th</sup> ed. USA: Mosby; 2004.

La dentina peritubular se produce cuando se termina de completar la mineralización de la dentina intertubular.

Esta dentina carece de colágeno y en ocasiones presenta colágeno tipo III. El componente orgánica está formada por glucoproteínas, proteoglucanos y lípidos. Es altamente mineralizada, con cristales de hidroxapatita ricos en magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y Fosfato Cálculo Amorfo. <sup>[1]</sup>

## 2. SOLUCIONES IRRIGANTES

### 2.1. Descripción

El reto para alcanzar el éxito en la terapéutica pulpar reside en la variedad de factores a los que el Cirujano Dentista o el Especialista se enfrentará; como la habilidad de eliminar todo tipo de microorganismo que se encuentre dentro del sistema de conductos radiculares. <sup>[6]</sup> [figura 16]

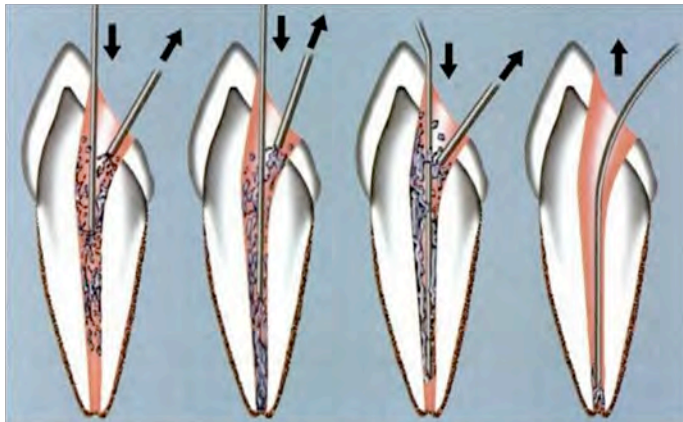


Figura 16. Técnica de irrigación: desde cervical hasta apical.

Tomado de: Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia: Técnica y Fundamentos. 1ª ed. México: Editorial Médica Panamericana; 2002.

Lo fundamental en la preparación del conducto radicular es el trabajo mecánico desarrollado a través de los instrumentos endodónticos, pero, la instrumentación de los conductos radiculares, sea cual sea la técnica empleada, sólo elimina parte de su contenido. Por lo que es innegable la importancia de la irrigación y el empleo de soluciones irrigantes. <sup>[7]</sup>

Los instrumentos no pueden alcanzar las múltiples irregularidades del sistema de conductos radiculares. La limpieza y desinfección de las paredes de los conductos, ya sea el principal, laterales y accesorios, principalmente

frecuentes en la zona apical es un objetivo reservado especialmente para las soluciones irrigantes.

Se ha reconocido que las bacterias son el principal agente etiológico para el desarrollo de lesiones pulpaes y periapicales, por lo que el éxito de la terapéutica pulpar depende de la completa extirpación y disolución químico-mecánica del tejido pulpar, de la eliminación de la capa de barrillo dentinario y de la acción frente a microorganismos. [8]

La irrigación se define como el lavado o enjuague de cualquier cavidad del cuerpo o herida ya sea con agua, alguna solución o fluido medicado.

Se denomina aspiración al proceso de remoción de los fluidos y gases del cuerpo con un dispositivo de succión.

La desinfección es el proceso de inhibición de los microorganismos viables, en función de su capacidad para reproducirse. Frecuentemente este término se relaciona con los desinfectantes químicos, que reducen el número de microorganismos presentes sin dañar la salud o la calidad de los instrumentos y equipo, es decir, realizan un saneamiento del medio. [7]

## 2.2. Antecedentes históricos de la irrigación en Endodoncia

Desde mediados del siglo XIX, los responsables de la salud se preocuparon por el mantenimiento de un medio aséptico. Así data desde Semmelweis, [figura 17] que en 1847 introdujo la solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) en medicina para el lavado de manos. [9]



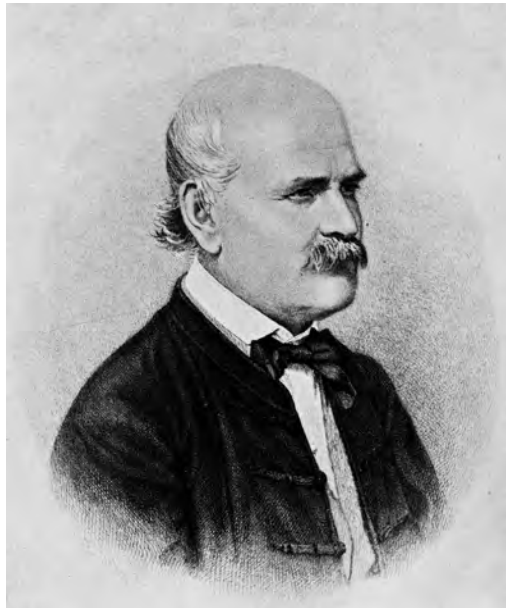


Figura 17. Ignaz Semmelweis en un grabado de 1860.

Tomado de internet: <https://goo.gl/l8drUx>

Schreirer en 1893, retiró tejido necrótico mediante la introducción de potasio o sodio en los conductos radiculares.

Dakin en 1915, al término de la Primera Guerra Mundial comenzó a utilizar el Hipoclorito de Sodio al 0.5% para manejo de heridas bajo el nombre de "Solución Dakin".<sup>[10]</sup>

Se han utilizado diferentes sustancias ácidas, con el fin de eliminar bacterias y sus subproductos dentro del sistema de conductos radiculares. En un principio, se pensaron que eran buenos y efectivos, pero, al tomarse en cuenta los estudios de biocompatibilidad, muchas de esas soluciones irrigantes fueron descartadas, debido a sus componentes tóxicos, cancerígenos, teratogénicos o simplemente su ineffectividad.

En 1936 se desarrollaron técnicas de irrigación con soluciones cloradas, las cuales fueron introducidas al campo de la Endodoncia por el Dr. Blass.

En 1941, Grossman demostró que el hidróxido de sodio tenía un potente efecto disolvente de tejido orgánico, demostró que el ácido hipocloroso presente en el hidróxido de sodio es el responsable de la acción detergente, actuando sobre los ácidos grasos, saponificándolos y transformándolos en jabones solubles; éste ácido también es el responsable de la deshidratación y solubilización proteica. [figura 18]



Imagen 18. Retrato del Dr. Grossman.  
Tomado de internet: <http://goo.gl/EuLKvy>

En ese mismo año, se introdujo a la Endodoncia el uso de la soda clorada, es decir, el hipoclorito de sodio al 2.5% que, tenía la habilidad de disolver tejido

pulpar de manera más efectiva que las soluciones usadas hasta el momento, como ácido clorhídrico al 30% o hidróxido de sodio al 20%.<sup>[8]</sup>

En 1943, el Dr. Louis Grossman introdujo técnicas de irrigación en la terapéutica pulpar, resaltando su importancia como una acción para alcanzar el éxito del tratamiento de conductos.

En 1961, Stewart y colaboradores introdujeron Glyoxide; un compuesto formado por peróxido de urea al 10%, con actividad antimicrobiana y un vehículo glicerinado como lubricante.

Leonardo en 1967 evaluó la eficacia del Tergentol, que contiene lauril dietilenglicol-éter sulfato de sodio a 0.125g, demostrando que no se obtiene suficiente desinfección de los conductos radiculares.<sup>[11]</sup>

Hasta 1971 se investigó de manera científica la acción disolvente del hipoclorito de sodio. En 1974 Bombana y cols; Aun & Paiva en 1982 y Schmidt en 2005, de manera separada, concluyeron que la concentración ideal de hipoclorito de sodio a ser utilizada está en un rango del 0.5% al 2.5%, demostrando que concentraciones superiores a estos valores no presentan mejor capacidad bactericida, pero sí mayor grado de agresión de los tejidos periapicales, en caso de su extrusión accidental. Los autores demostraron, que el tiempo mínimo en el que el Hipoclorito de Sodio debe de estar en contacto con los tejidos es de 15 minutos para generar disolución de la sustancia orgánica.<sup>[10]</sup>

En 1980, Parsons, utilizó clorhexidina como solución irrigante en la terapéutica pulpar, debido a sus propiedades antibacterianas y su efecto residual.

Goldman en 1988, utilizó ácido cítrico como solución irrigante, debido a su reacción con los iones metálicos, formando un quelato soluble aniónico, que en la remoción de la capa de barrillo dentinario tenía un efecto similar a la del EDTA. <sup>[11]</sup>

### 2.3. Objetivos de la Irrigación

Los objetivos de la irrigación en Endodoncia se pueden resumir en tres aspectos: biológico, químico y mecánico. Y se desglosan de la siguiente manera:

#### A.- Biológico

- Efecto antimicrobiano eficaz frente a microorganismos anaerobios, anaerobios y anaerobios facultativos
- Habilidad para inactivar y neutralizar los productos bacterianos.

#### B.- Químico - Mecánico

- Lubricar los instrumentos para facilitar su paso y su capacidad de corte.
- Limpieza de las paredes del conducto para eliminar la capa de barrillo dentinario que ocluye los túbulos dentinarios y los conductos accesorios.
- Disolución de tejido pulpar vital o necrótico. <sup>[12]</sup>

### 2.4. Importancia de la Irrigación

Los instrumentos manuales y rotatorios carecen de la habilidad de adaptarse a la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares. Estudios sobre su morfología han demostrado que los conductos raramente son de forma

cónica o rectos y que además tienen canales laterales, deltas apicales, foraminas y anastomosis transversales.

En el intento de compensar esas deficiencias se vuelve fundamental el papel de la irrigación y aspiración del sistema de conductos radiculares. [6]

## 2.5. Características del irrigante ideal

La solución irrigante debe cumplir con requisitos para poderla utilizar dentro del sistema de conductos radiculares, debe ser

- Ser germicida y fungicida de manera eficaz.
- No irritante de los tejidos periapicales, concepto denominado Biocompatibilidad.
- No inducir una respuesta inmune celular.
- No ser antigénico, tóxico, carcinogénico ni teratogénico para las células y tejidos periapicales.
- No tener efectos adversos en las propiedades físicas de la dentina expuesta.
- Mantenerse estable en solución.
- Tener un efecto antimicrobiano prolongado, también llamado sustantividad o efecto residual.
- Que no se desactive en presencia de sangre, exudado seroso o purulento y derivados proteicos del tejido.
- Tener una tensión superficial baja, con el fin de que cubra la mayor cantidad de superficie.
- No interferir en la reparación de los tejidos periapicales.
- No teñir la estructura dental.
- Poder eliminar completamente la capa de barrillo dentinario y poder desinfectar la dentina subyacente y los túbulos dentinarios.
- Tener efervescencia, ya que la liberación de gases en un medio acuoso mantiene en suspensión la suciedad removida a través de la

instrumentación en el interior del conducto, impidiendo que se deposite en las porciones más apicales.

-No tener efectos adversos en la capacidad del sellado de los materiales de obturación.

-Ser de aplicación práctica y fácil.

-Tener un precio accesible.

Hasta el día de hoy, no se conoce una sustancia única que reúna todas las características antes mencionadas. Es necesario comprender el objetivo de cada fase de la terapéutica pulpar, para seleccionar la solución irrigante adecuada para el momento. <sup>[8]</sup>

### 3. CLASIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES

#### 3.1. Por su acción frente a microorganismos

##### 3.1.1. Antisépticos

###### A. Hipoclorito de sodio

-Sustancia más utilizada en la terapéutica pulpar como auxiliar de la instrumentación.

-Reúne muchas de las propiedades deseables de un Irrigante, se ha descrito como el irrigante más ideal.

-A pesar de que se ha utilizado durante casi un siglo, aún sigue vigente en la terapéutica pulpar.

-Tiene actividad antimicrobiana de amplio espectro frente a microorganismos y biopelículas incluyendo especies difíciles de erradicar como *Enterococcus*, *Actinomyces* y *Candida*.

-Disuelve material orgánico: tejido pulpar y colágeno.

-En la terapéutica pulpar se utiliza a diferentes concentraciones, desde 0.5% a 6%, siendo la concentración al 2.5% capaz de erradicar *Enterococcus faecalis* en 15 minutos.

-pH alcalino, de 11.4 <sup>[7]</sup> [figura 19]



Figura 19. Solución de hipoclorito de sodio

Tomado de internet: <http://goo.gl/Z0fYho>

## B. Clorhexidina

- Es una bisbiguanida.
- Antimicrobiano de amplio espectro, efectivo contra bacterias Gramm Negativas (*Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella endodontialis*); Gramm Positivas (*Actinomyces israelii*) y anaerobios estrictos (*Peptostreptococcus anaerobius*).
- Tiene moléculas de carga catiónica, es decir, positiva, por lo que se adhiere a la porción aniónica o negativa de la membrana celular bacteriana, causando su lisis debido a un desequilibrio osmótico.
- Tiene un efecto duradero debido a su unión a la hidroxiapatita donde se une al anión Fosfato, también se une a proteínas como albúmina.
- Se utiliza en gel o solución al 2%.
- Ayuda a la regeneración de los tejidos, sin tener efectos tóxicos o irritantes. [7]

## C. Agua de cal

- Solución en la que el hidróxido de calcio es parcialmente solubilizado en agua destilada.
- Elevado poder bactericida.
- pH de 12.4, por lo que neutraliza el medio ácido.
- Actividad hemostática.
- Favorece la reparación apical, por lo que se recomienda en el tratamiento de apexificaciones. [13]

## D. Yoduro de Potasio

- Excelente efecto antimicrobiano
- Baja citotoxicidad
- Poco uso debido a que pigmenta dentina y produce alergia



### 3.1.2. No antisépticos

#### A. Suero fisiológico

- Minimiza la irritación e inflamación a los tejidos.
- Lubricante.
- No tiene efecto sobre la materia orgánica. <sup>[13]</sup>

#### B. Agua destilada

- Se utiliza cuando se desea eliminar el remanente de la solución irrigante utilizada con anterioridad dentro del sistema de conductos. <sup>[13]</sup>

### 3.2 Por su acción en la dentina

#### 3.2.1. Desecantes

##### A. Etanol

- En soluciones concentradas de alcohol al 70 ó 90% como irrigante final para secar el sistema de conductos y eliminación de remanentes de otras soluciones irrigantes.
- Baja tensión superficial, permitiendo una buena difusión a través del conducto. <sup>[13]</sup>

#### 3.2.2. Detergentes

- Sustancias químicas semejantes al jabón.
- Funcionan como puente de enlace entre los lípidos y agua.
- Compuestos por moléculas bipolares, con un extremo con afinidad por el agua y el otro por los lípidos.
- Tensoactivos, bajan la tensión superficial de las paredes dentinarias, penetrando en todas las concavidades y túbulos dentinarios.
- Dentro de los túbulos, se combinan con los residuos de la capa de barrillo dentinario, atrayéndolos hacia la superficie y los mantienen en suspensión, para ser removidos con la posterior aspiración endodóntica.

-Dependiendo de la polarización que la molécula del detergente presente, ésta puede ser clasificada en aniónica, neutra y catiónica.

-Se les puede añadir una carga a la molécula de la solución irrigante, siendo la más común en uso la carga positiva, ya que se une a la porción negativa de la membrana lipídica bacteriana, causando desequilibrio osmótico y lisis bacteriana.

-Los detergentes dotados de carga son muy eficaces, debido a la formación de una interfase de la misma carga entre la superficie y los desechos, haciendo que por repulsión de la carga de igual signo, las partículas englobadas no consigan depositarse nuevamente.

-Algunos ejemplos como:

-Detergentes Aniónicos, con carga negativa

-Lauril Sulfato de Sodio.

-Éter Lauril Dietilenglicol diluido en sulfato de sodio (Tergentol).

-Detergentes Catiónicos, con carga positiva

-Cloruro de Benzalconio.

-Cloruro de Cetil Piridina.

-Cetil Trimetil Amonio.

-Salvazol.<sup>[8]</sup>

### 3.2.3. Quelantes

Indicadas para la preparación biomecánica de los conductos estrechos o calcificados. Inocuos para los tejidos periapicales. Recomendados en Biopulpectomía y Necropulpectomía.

Se utilizan de manera alternada con hipoclorito de sodio para eliminar la capa de barrillo dentinario. Las soluciones quelantes de mayor uso en la terapéutica pulpar son el ácido Etilendiaminotetracético (EDTA) y el ácido cítrico, entre otros.<sup>[9]</sup>

## 4. BARRILLO DENTINARIO

### 4.1. Antecedentes históricos

McComb y Smith en 1975 fueron los primeros en describir la presencia del barrillo dentinario en las paredes de los conductos instrumentados endodónticamente, mediante microscopía electrónica de barrido, enfatizando su eliminación mediante el empleo de soluciones quelantes.<sup>[14]</sup> [figura 20 y 21]

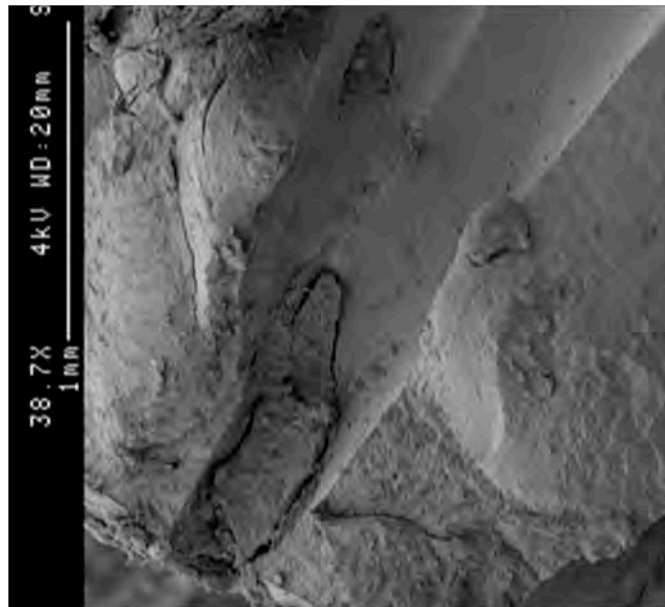


Figura 20. Presencia de barrillo dentinario después de la instrumentación químico mecánica en el tercio apical. MEB. 5000x

Tomado de: Park E, Shen Y, Haapasalo M. Irrigation of the apical root canal. Endod Topics. 2013; 27: 54-73.

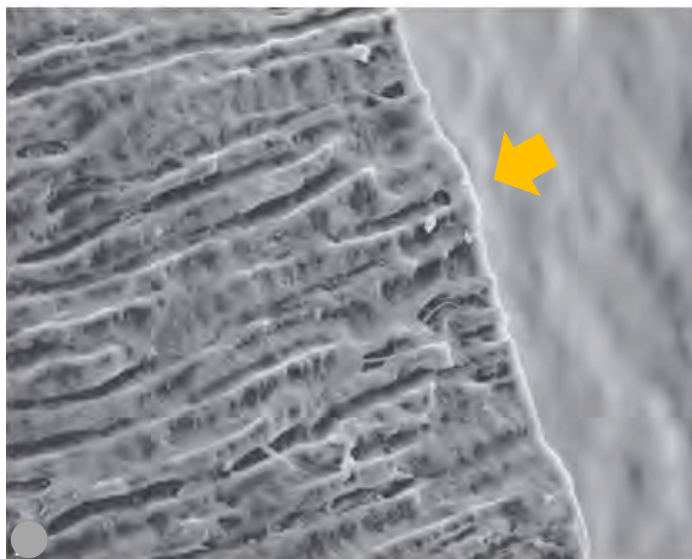


Figura 21. Capa de barrillo dentinario que ocluye la entrada de los túbulos dentinarios, en corte longitudinal. MEB. 2000x  
Tomado de: Ingle J, Bakland L, Baumgartner JC. Ingle's Endodontics 6. 1<sup>st</sup> ed. India: BC Decker; 2008.

#### 4.2. Descripción

La capa de barrillo dentinario se conoce con muchos nombres, entre los cuales destacan barro dentinario, capa residual, lodo dentinario, smear layer y se define como una capa delgada, amorfa, con un grosor aproximado de 0.5 a 2 $\mu$ m que cubre la superficie dentinaria, con lo que obstruye y ocluye la entrada de los túbulos dentinarios. Es producto de la instrumentación endodóntica y cubre la dentina intertubular de las paredes de los conductos dentinarios ya preparados. <sup>[15]</sup>

Frecuentemente, parte de la capa de barrillo dentinario es empujada varios micrómetros dentro de los túbulos dentinarios por acción de los instrumentos, ya sean manuales o rotatorios; pudiendo ocasionar oclusión parcial o total de los mismos, comprometiendo la calidad final del tratamiento de conductos. [figura 22]

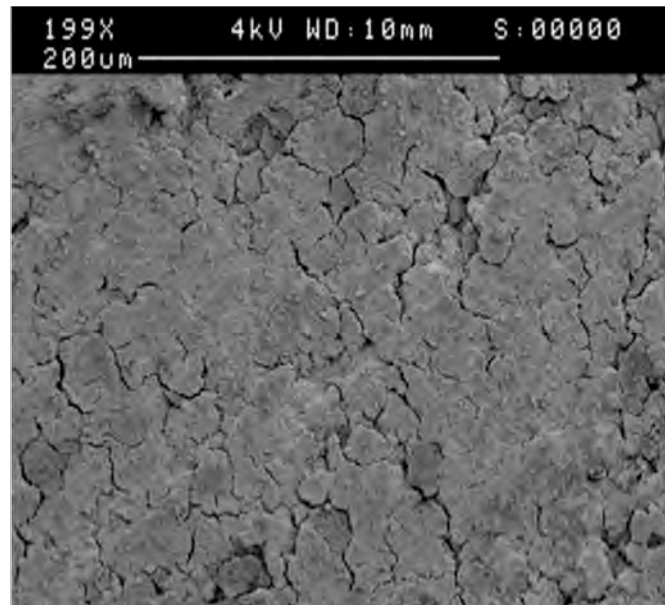


Figura 22. Capa de barrillo dentinario que cubre la totalidad de la pared del Conducto Radicular. MEB. 5000x

Tomado de: Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. Endod Topics. 2012; 27: 35-53.

La capa de barrillo dentinario que se forma en un diente con pulpitis irreversible es diferente a la formada en un diente con necrosis pulpar y lesión periapical, ya que ésta última contiene bacterias y materiales antigénicos, por lo que es imprescindible eliminarla, con el fin de evitar reinfecciones.<sup>[1][14]</sup>

#### 4.3. Componentes de la capa de barrillo dentinario

La capa de barrillo dentinario contiene:

- Partículas inorgánicas: hidroxiapatita.
- Partículas orgánicas: fragmentos pulpares, fibras colágenas.
- Procesos odontoblásticos.
- Microorganismos y biofilm. [figura 23 A y B]
- Células sanguíneas extravasadas.<sup>[6]</sup>

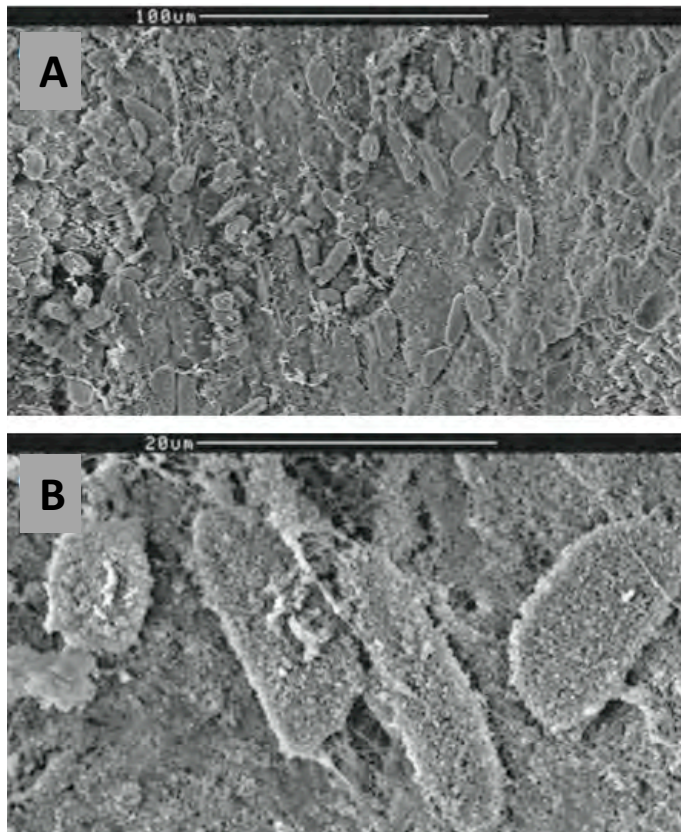


Figura 23A. Se muestra la capa de barrillo dentinario que contiene microorganismos, específicamente bacilos. MEC 2500x  
23B. Acercamiento en MEB. a 5000x

Tomado de: Park E, Shen Y, Haapasalo M. Irrigation of the apical root canal. Endod Topics. 2013; 27: 54-73.

## 5. EL PROCESO DE QUELACIÓN

Quelantes: sustancias que tienen la capacidad de fijar iones metálicos de una molécula a otra. Presentan en un extremo de sus moléculas, radicales libres, los cuales se unen a los iones metálicos y actúan sustrayéndolos del complejo molecular al cual se encuentran enlazados.

En Endodoncia, los quelantes sustraen los iones calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) de la hidroxiapatita de la dentina, reemplazándolos por iones sodio ( $\text{Na}^-$ ) que se combinan con la dentina, formando sales más solubles, con lo que la reblandecen y favorecen la limpieza de las paredes y la instrumentación. <sup>[16]</sup>

Grupo de coordinación es el formado por un grupo químico y un ion metálico unidos mediante enlace covalente coordinado o dativo. La reacción formada por grupos de coordinación recibe el nombre de “quelación”, y las sustancias, moléculas o iones que son capaces de formar más de un enlace o grupo coordinado con un ion metálico se denominan “agentes quelantes”. Los compuestos de coordinación resultantes de la unión entre el quelante y el ion metálico reciben el nombre de “quelatos”.

En el quelato, diferentes grupos químicos, al menos dos, presentes en la molécula del agente quelante, establecen enlace coordinado con el ion metálico, quedando éste envuelto por la molécula del quelante, que actúa como una pinza. Se dice así que el agente quelante “fija” al ión metálico y lo separa de la molécula en la que se encuentre, actuando como una pinza.

La reacción conocida como quelación da como resultado compuestos estables y solubles, principalmente, debido a la unión entre los compuestos que presentan iones metálicos en su porción central y periféricamente un par de electrones libres. <sup>[17]</sup>

## 6. ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRACÉTICO EDTA

### 6.1. Antecedentes históricos

Callahan en 1894 recomendó el uso de ácido sulfúrico al 40% para instrumentar conductos calcificados. <sup>[18]</sup>

En 1935 Ferdinand Munz describió un compuesto que contenía etilendiamina con ácido cloroacético, el cual fue sintetizado y conocido como la primer sustancia quelante. <sup>[19]</sup>

Grossman en 1946 sugirió el uso de Ácido Clorhídrico. <sup>[18]</sup>

En 1953 Nikiforuck & Screebny, Julissa & Photo en 1954 propusieron el uso de agentes quelantes derivados del ácido orgánico EDTA. <sup>[18]</sup>

El EDTA fue inicialmente introducido en la Endodoncia por Nygaard-Ostby en 1957. El autor recomendaba la aplicación del EDTA al 15% con pH 7.3 para facilitar la preparación de conductos muy estrechos y calcificados.

Nygaard Ostby, [figura 24] en 1957, utilizó el ácido etileno diamino tetracético en forma de sal disódica con alta capacidad para formar compuestos no iónicos y solubles, y con gran numero de iones calcio, con la siguiente fórmula:

Hidróxido de Sodio 5/N..... 9.25mL  
Sal disódica de EDTA..... 17.0g  
Agua destilada ..... 100.0mL  
pH 7.3



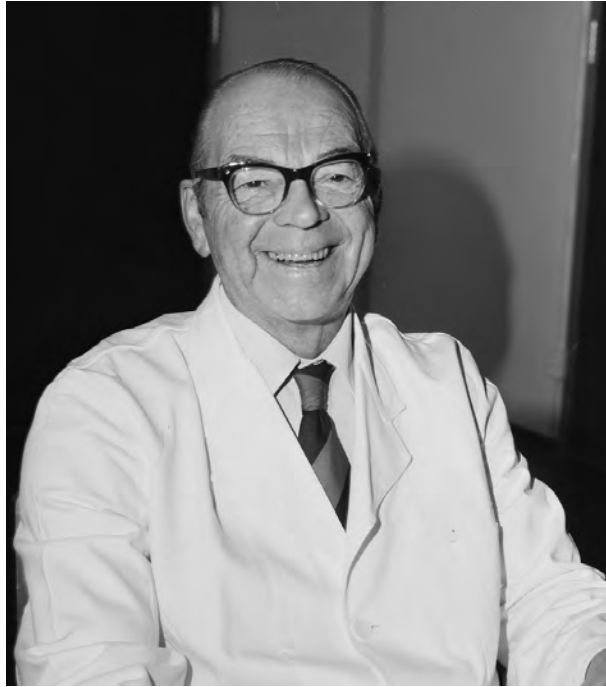


Figura 24. Dr. Nygaard Ostby en 1970.  
Tomado de internet: <https://goo.gl/sh2OUn>

## 6.2. Estructura química

Ácido orgánico compuesto por cuatro grupos carboxílicos, derivado del etano por aminación de sus grupos metilo y posterior diacetilación de cada uno de sus grupo amino.

Sus grupos carboxílicos reaccionan químicamente con los iones metálicos de la dentina a través de las reacciones covalentes y coordinadas.

Su fórmula química es  $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]_2$ ; esto le confiere propiedades como ser incoloro y soluble en agua. <sup>[19]</sup> [figura 25]

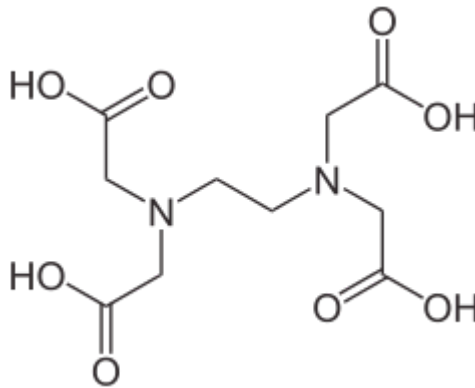


Figura 25. Estructura química del ácido etilendiaminotetracético (EDTA).

Tomado de internet: <https://goo.gl/ss57jw>

El EDTA, por la disposición espacial de sus átomos y grupos químicos, al actuar como agente quelante, llega a coordinarse octaédricamente con iones metálicos mediante el establecimiento de seis grupos coordinados, por lo que se dice que es un agente quelante hexadentado. <sup>[17]</sup>

### 6.3. pH y concentración

Es una sustancia fluida y soluble en agua con pH ligeramente alcalino, oscilando entre 7.1 y 7.3. Se emplea a concentración entre 10 y 19%, siendo más común al 17%.

De acuerdo con Nikiforuk & Sreebny, el pH ideal de las soluciones de EDTA para la descalcificación dentinaria, debe ser próximo al neutro, o sea 7.5. Holland y cols. mencionan que entre las sales derivadas del EDTA la que presenta pH de 7.7, es la sal trisódica; según estos autores, por ese motivo es la que debe usarse cuando se busca un efecto descalcificante más acentuado. <sup>[10]</sup>

## 6.4. Mecanismo de acción

La hidroxiapatita es un componente fundamental de la materia inorgánica de la dentina, resultado de la agrupación de cristales de hexa fosfato cálcico dihidratado,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , y otros iones metálicos en proporciones menores, como Cobre ( $\text{Cu}^{++}$ ), Zinc ( $\text{Zn}^{++}$ ).<sup>[17]</sup>

Si a la dentina se le adiciona un agente quelante como el EDTA en solución, éste se unirá a los minerales presentes al entrar en contacto con la hidroxiapatita. De esta forma, se producirá un desequilibrio en la constante de solubilidad de la dentina, haciendo que una porción de dentina se solubilice, obteniéndose así el reblandecimiento de la misma.<sup>[10]</sup>

El EDTA tiene una actividad autolimitante, una vez que todas sus moléculas se unieron a los iones Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) y la solución en sí misma quedó saturada, el efecto quelante ya no ocurrirá.<sup>[19]</sup>

## 6.5. Usos en la práctica clínica

### 6.5.1. Conductos estrechos

-En conductos curvos, el EDTA debe ser utilizado sólo después de la preparación, porque éste puede aumentar el riesgo de transportar el foramen apical.

-Es importante ser cuidadoso con la utilización en conductos calcificados, ya que su acción es indiscriminada tanto sobre la dentina de la pared del conducto como sobre la calcificación. Como sucede a menudo con el tratamiento de un conducto calcificado, es necesario que se fuerce un instrumento afilado, y el reblandecimiento de la dentina puede llevar a desvíos y hasta perforaciones iatrogénicas de los conductos.

-Es más seguro que se fuerce el instrumento con algún otro irrigante no quelante y una vez alcanzada la longitud de trabajo, utilizar EDTA, para facilitar la ampliación del conducto.<sup>[8]</sup>

### 6.5.2. Irrigación final

-Se recomienda su uso en la irrigación final para disolver la capa de barrillo dentinario y así abrir los túbulos dentinarios. <sup>[10]</sup> [figura 26 A y B]

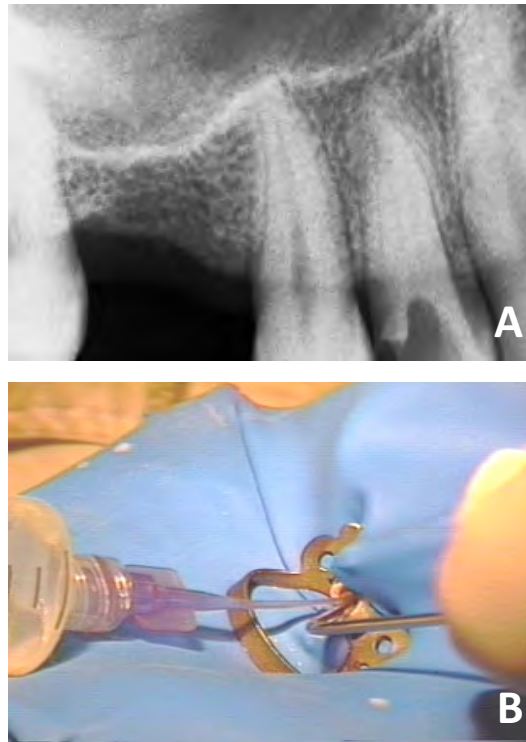


Figura 26. Usos del EDTA:  
26 A.- En conductos estrechos  
26 B.- Como irrigación final.

Tomado de internet: <http://goo.gl/qrxDw8>

### 6.5.3. Espectro antimicrobiano

-En contacto directo por tiempo prolongado, el EDTA puede extraer las proteínas de la superficie de las bacterias, combinándolas con los iones metálicos de su envoltura celular, lo que provoca lisis bacteriana y necrosis. <sup>[19]</sup>

-Tiene un pequeño efecto sobre ciertas especies como *Streptococcus*  $\alpha$ -hemolíticos (*Streptococcus viridans*) y *Staphylococcus aureus* y posee un alto efecto antimicótico. [tabla 1]

-Kotula & Bordacova en 1970, mostraron *in vivo*, que EDTA al 10% durante 30 minutos reduce considerablemente la población bacteriana del conducto radicular. [10]

Tabla 1. Efecto Antimicrobiano del EDTA 17% durante 30 minutos [10]	
Microorganismo	Susceptibilidad
Streptococo $\alpha$ -hemolíticos: <i>Streptococcus viridans</i>	++++
<i>Staphylococcus aureus</i>	++++
<i>Candida albicans</i>	++++
<i>Aspergillus fumigatus</i>	+++

-Sin embargo, el Dr. Ingle afirma que el efecto antimicrobiano se debe a que facilita la limpieza y remoción del tejido infectado, mediante la eliminación de la capa de barrillo dentinario; permitiendo así que agentes como hipoclorito de sodio y clorhexidina puedan penetrar más allá de los túbulos dentinarios. [20]

### 6.6. Tiempo de acción

La acción del EDTA sobre dentina se ha comprobado por medio de microscopía con luz polarizada. Fehr & Otsby, en 1963, observaron que la magnitud de desmineralización por EDTA, fue proporcional al tiempo de aplicación. Mostrando que la aplicación de EDTA sobre la dentina durante 5 minutos desmineralizaba una capa de 20 a 30 $\mu$ m, y por 48 horas, la profundidad era de aproximadamente 50  $\mu$ m. [10]

El tiempo de trabajo necesario para remover completamente la capa de barrillo dentinario es de 2 a 3 minutos, saturándose a los 15 minutos. [12]

En 1965, Weinreb & Meier, observaron la eficacia de soluciones de EDTA con respecto a tiempo de aplicación, concluyeron que 5 aplicaciones de 3 minutos cada una, son más eficientes que una aplicación continua de 15 minutos consecutivos. Los mismos autores mencionan que la agitación mecánica de los instrumentos aumentó 2 veces y media la eficacia del producto; por eso recomiendan aplicar el quelante por 2 minutos, a continuación usar un instrumento durante 1 minuto. <sup>[10]</sup>

Crumpton y colaboradores en 2005 demostraron que la capa de barrillo dentinario fue removida eficientemente de las paredes dentinarias utilizando 1mL de EDTA al 17% durante 1 minuto; también demostraron que no mostró efectos adversos como erosión dentinaria. <sup>[21]</sup>

Mello y cols. en 2009 realizaron un estudio cuyo objetivo era comparar 2 diferentes técnicas de irrigación con EDTA al 17% y su influencia en la eliminación de la capa de barrillo dentinario. Mostraron que la irrigación continua con 5mL de EDTA remueve mejor la capa de barrillo dentinario en comparación con la técnica de enjuagar y dejar actuando la solución dentro del conducto. La irrigación continua durante 3 minutos demostró ser más eficaz para cumplir con el objetivo; debido a que el flujo y succión del irrigante durante 3 minutos contribuye a la eliminación o remoción de la capa de barrillo dentinario, llevándolo a la zona coronal, donde puede ser eliminado fácilmente al momento de la succión. <sup>[22]</sup>

## 6.7. Productos comerciales

El EDTA se comercializa en México en diferentes presentaciones como solución, en crema o en gel y en diferentes concentraciones. A continuación se enlistan las diferentes casas comerciales que tienen a la venta el EDTA: <sup>[23]</sup> [tabla 2] [figura 27 y 28]

Tabla 2. Productos Comerciales de EDTA <sup>[23]</sup>			
Concentración	Forma Farmacéutica	Nombre Comercial	Marca Comercial
19%	Crema	MD-Chel Cream	MetaBiomed
18%	Solución	Ultracid	Ultradent®
17%	Solución	File EZE	Ultradent®
17%	Solución	MD-Cleanser	MetaBiomed®
17%	Solución	EDTA 17%	Viarden®
17%	Solución	EDTA Solution	Pulpdent®
17%	Gel	File Rite	Pulpdent®
17%	Solución	Largal Ultra	Septodont®
17%	Solución	EDTA	Clarben®
17%	Crema	Proclinic	Proclinic®
15%	Gel	Prep-Rite RC	Pulpdent®



Figura 27. Jeringa de EDTA 18% Ultradent®

Tomado de internet: <https://goo.gl/dQ4Dc4>



Figura 28. Largal ultra. Septodont®

Tomado de: Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y Fundamentos. 2ª ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012.

## 6.8. Asociaciones de EDTA con otros medicamentos

Con el objetivo de reunir las mejores propiedades del EDTA y otras soluciones irrigantes, se ha propuesto su asociación con otros agentes.

No existe una sustancia que por sí sola, pueda ofrece las mejores condiciones bactericidas para el tratamiento del sistema de conductos radiculares de los dientes desulpados e infectados o con lesión periapical crónica.

El perfeccionamiento técnico y científico de los métodos endodónticos es el propósito de muchos investigadores para encontrar una técnica más eficaz con relación al aspecto bactericida. [10]



En 1959, Hill sugirió adicionar Cetavión (detergente catiónico – bromuro de cetiltrimetil amonio) al EDTA, lo que mejoró la tensión superficial y la acción bactericida de ese producto denominado EDTA-C.<sup>[10]</sup>

También se la ha asociado Lauril-Éter Sulfato de Sodio, tensoactivo que disminuyen la tensión superficial formando EDTA-T.<sup>[17]</sup> [figura 29 y 30]



Figura 29. Presentación de EDTA-T en cartuchos para carpule.

Tomado de internet:  
<http://www.formulaeacao.com.br/>



Figura 30. Presentación de EDTA-C en gotero  
Tomado de internet: <https://goo.gl/IGK7Sc>

Se denomina REDTA a la asociación entre EDTA con cetavión e hidróxido sódico; ésta asociación proporcionó resultados excelentes en la limpieza de la pared dentinaria y la eliminación de residuos orgánicos del conducto. <sup>[12]</sup>

El origen de los agentes quelantes en forma de gel o pasta data de 1961, cuando el Dr. Stewart propuso una combinación de Peróxido de Urea con Glicerol. Posteriormente, se utilizó Peróxido de Urea con EDTA. <sup>[19]</sup>

El peróxido de urea en base de glicerina anhidra “Glyoxide” fue introducido como auxiliar en la preparación biomecánica de los conductos radiculares. Con la ventaja de ser bactericida y lubricante gracias a la glicerina presente en su composición. Posteriormente al peróxido de urea se le adicionó EDTA, se creó una nueva fórmula bajo el nombre comercial de RC-Prep, cuya composición es EDTA con peróxido de urea y Carbowax (el carbowax es polietilenglicol). <sup>[10]</sup> [figura 31]



Figura 31. RC-Prep: EDTA con peróxido de urea y carbowax  
Tomado de internet: <http://goo.gl/Ffk216>

En 2011 fue introducido QMix, utilizado como última irrigación del sistema de conductos, posterior al uso de hipoclorito de sodio. Contiene EDTA, clorhexidina y detergente, lo que le confiere baja tensión superficial. Ofrece igual poder de eliminación de la capa de barrillo dentinario que EDTA 17%.<sup>[19]</sup>

### 6.9. Biocompatibilidad

Para que el empleo del EDTA sea efectivo, su aplicación debe hacerse con limas finas, introduciéndolo lo más profundamente posible, por lo que es relativamente fácil que se produzca su extrusión a través del foramen apical, hacia los tejidos periapicales.

En caso de producirse esta contingencia, el EDTA sólo ejerce acción descalcificante e irritativa sobre el hueso periapical y sana en un período de 3 a 4 días, sin que afecte los tejidos no calcificados. No obstante, se recomienda que, tras el uso de EDTA en los conductos, éstos deben ser irrigados con una solución de hipoclorito de sodio al 2.5% o agua bidestilada para eliminar el EDTA.

El EDTA produce mínima reacción inflamatoria al contacto con tejido blando; y al contacto con tejido óseo, reacciona en forma similar al de la dentina. <sup>[10]</sup>

## 7. ÁCIDO CÍTRICO

### 7.1. Antecedentes Históricos

El Ácido Cítrico fue ampliamente estudiado sobre el esmalte y la dentina desde 1963.

Loel en 1975 utilizó ácido cítrico a concentración de 50% alternado con hipoclorito de sodio al 5% durante la instrumentación y observó que era una excelente combinación de agentes con capacidad de remoción de tejido necrótico. Reportó que el ácido cítrico preparó la dentina para la subsecuente obturación con cementos selladores.

Tidmarsh en 1978 reportó que la irrigación con ácido cítrico al 50% era efectiva en la remoción de la capa de barrillo dentinario.

Wayman y colaboradores en 1979 revelaron que el uso de ácido cítrico al 50% era más efectivo en la limpieza químico mecánica que el uso de hipoclorito de sodio y solución salina. [24]

Garberglio Y Becce en 1994 evaluaron el ácido cítrico para la remoción de la capa de barrillo dentinario, encontrando que la removía de manera satisfactoria, en comparación con el hipoclorito de sodio al 1 y 5%; y EDTA al 0.2% [8]

### 7.2. Estructura química.

El nombre químico del ácido cítrico es ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico. [25] cuya fórmula es  $(C_6H_8O_7)$  [8].

Su capacidad desmineralizante es proporcionada por los tres grupos carboxílicos que pierden protones ante la presencia de iones metálicos, como el Calcio ( $Ca^{++}$ ) de la superficie dentinaria.

Como producto final de la desmineralización de la dentina, se forman sales de citrato de calcio. <sup>[8]</sup> [figura 32]

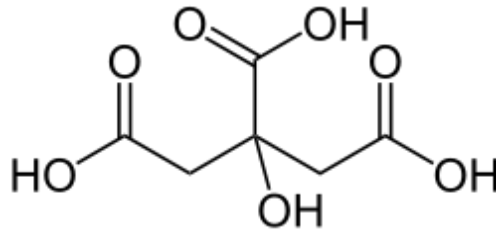


Figura 32. Estructura química del ácido cítrico  
Tomado de internet: <https://goo.gl/gdsLmC>

### 7.3. pH y concentración

Hennequin y cols. en 1994 reportaron que no existe diferencia significativa entre el ácido cítrico con un pH de 0.8 y un pH de 1.3 al momento de la eliminación de iones calcio y fósforo de la dentina; pero encontraron mejores resultados de desmineralización dentinaria utilizando un pH de 1.1 y concluyeron que el pH de la solución era un factor decisivo para remover la capa de barrillo dentinario, más que la concentración. <sup>[24]</sup>

Faruk en 2003 realizó un estudio para determinar la eficacia de varias concentraciones de ácido cítrico con diferentes valores de pH para remover la capa de barrillo dentinario de las paredes dentinarias; obteniendo que a bajas concentraciones (5 y 10%) con valores bajos de pH (0.8 - 1.3) removieron la capa de barrillo dentinario de manera más efectiva; no mostró diferencias significativas en cuanto a la efectividad con el uso a altas concentraciones (25 y 50%), ya fuera con pH ácido o neutralizados (6.5). <sup>[24]</sup>

#### 7.4. Mecanismo de acción

El ácido cítrico es una solución irrigante clasificado como un quelante que por su bajo pH reacciona con los iones metálicos en los cristales de hidroxiapatita produciendo un quelato metálico al remover los iones de calcio de la dentina formando un anillo.

Como resultado, la dentina se reblandece cambiando las características de solubilidad y permeabilidad del tejido especialmente la dentina peritubular rica en hidroxiapatita, incrementando el diámetro de los túbulos dentinarios expuestos. <sup>[13]</sup>

Zaccaro y cols. reportaron que el proceso de quelación del ácido cítrico es dependiente de tiempo; analizaron la concentración de iones calcio extraídos en intervalos de tiempo de 3, 10 y 15 minutos con irrigación continua a concentración de 10%, reportando una diferencia significativa entre los 3 y 10 minutos. <sup>[4]</sup> [tabla 3]

Tabla 3. Promedio $\pm$ (ppm) de Calcio después de 3, 10 y 15 minutos <sup>[4]</sup>			
Irrigante	3 minutos	10 minutos	15 minutos
Ácido Cítrico 10%	78.2 $\pm$ 8.98	166.2 $\pm$ 12.09	196.8 $\pm$ 30.84

Hennequin y cols. en 1994 reportaron mediante reacciones químicas el mecanismo de acción del ácido cítrico al contacto con la dentina y matriz; una reacción inicial en la que la solución de ácido cítrico se reprecipita (se vuelve una sal), por la exposición de fibras de colágeno de la matriz dentinaria; y por exposición de fosfoproteínas fosforiladas como fosforina dentinaria y sialoproteína dentinaria, se induce la formación de citrato de calcio a partir del ácido cítrico, deteniéndose así la actividad Quelante. <sup>[26]</sup> [figura 37 A, B y C]



Figura 37A. Presencia de túbulos dentinarios desobliterados después de irrigación con ácido cítrico al 5%. MEB. 5000x

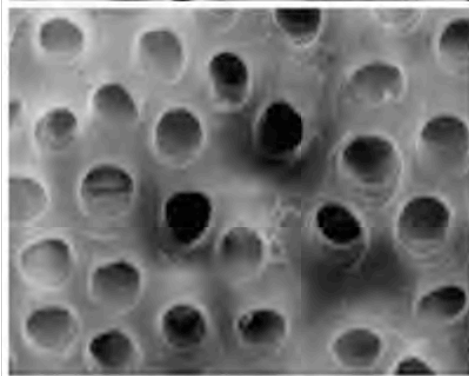


Figura 37B. Después de irrigación con ácido cítrico, se observan cristales de citrato de calcio. MEB. 5000x



Figura 37C. Presencia de cristales de citrato de calcio. MEB. 5000x

Tomado de: Haznedaroglu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 96: 340-4.



## 7.5. Usos en la práctica clínica

### 7.5.1. Irrigación final

En 1984, Baumgartner introdujo una técnica donde se utilizaba el ácido cítrico como solución irrigante alternado con hipoclorito de sodio y concluyó que esta combinación resultaba efectiva en la eliminación de detritos de la pared dentinaria. <sup>[8]</sup>

Scelza en 1986, concluyó que el ácido cítrico al 10% es eficiente cuando es aplicado de 15 a 30 segundos y su acción es potenciada cuando se asocia con el hipoclorito de sodio al 1%.<sup>[8]</sup>

En Endodoncia, la irrigación con solución del 10 al 50% ha sido efectiva para remoción de calcio. Se ha recomendado como irrigante final debido a su habilidad para remover la capa de barrillo dentinario que se genera durante la instrumentación; para removerla se requiere de la combinación con NaOCl (solvente orgánico) y sustancias activas que actúen sobre el componente inorgánico, como agentes quelantes. <sup>[13]</sup> [figura 33 A y B]

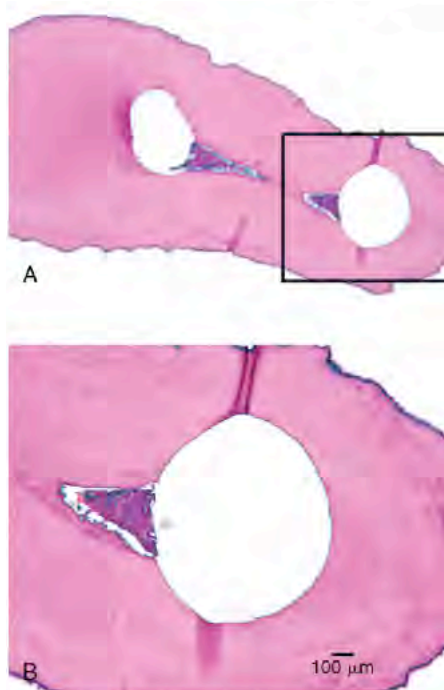


Figura 33.

- A. Fragmentos de tejido potencialmente infectado en el istmo del conducto radicular. En corte transversal. MO. 10x
- B. Acercamiento a 50x con MO.

Tomado de: Hargreaves K, Cohen S. Cohen Las Vías de la Pulpa. 10ª ed. Madrid, España: Elsevier Mosby; 2008.

### 7.5.2. Espectro antimicrobiano

En 1994, Georgopoulou evaluó la efectividad antimicrobiana del ácido cítrico al 25% y del hipoclorito de sodio al 2.5% en intervalos de 5, 15 y 60 minutos. El experimento reveló que el ácido cítrico demostró tener propiedades antimicrobianas contra bacterias anaeróbicas, como *Streptococcus milleri*, *Streptococcus sanguinis*, aunque menos efectivo que el hipoclorito de sodio al 2.5%.<sup>[8] [24]</sup>

Yamaguchi en 1996 demostró que soluciones de ácido cítrico a concentraciones de 25% y 50% tienen un potente efecto antimicrobiano [tabla 4] [figura 34] contra *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sanguinis*, *Lactobacillus casei*, *Actinomyces naeslundii*, *Prevotella niger*, *Peptostreptococcus anaerobius*, *Bifidobacterium bifidum*, *Eubacterium lentum*, *Propionibacterium avidum*, *Veillonella parvula* y *Fusobacterium nuceatum*.<sup>[14]</sup> [tabla 5] [figura 35]

Tabla 4. Efecto antimicrobiano del ácido cítrico <sup>[14]</sup>												
	S. aureus	S. sanguis	L. casei	A. naeslundii	P. niger	P. anaerobius	B. bifidum	E. lentum	P. avidum	V. parvula	P. endodontialis	F. nucleatum
10%	+	+	+	++	+	++	+	++	+++	+	+	+++
25%	++	+	+	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++
50%	++	++	++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++

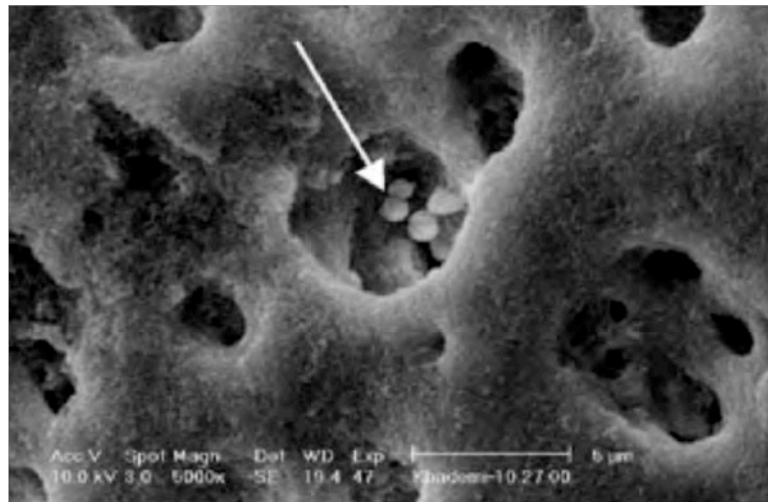


Figura 34. Presencia de microorganismos dentro de los túbulos dentinarios en un diente con necrosis pulpar. MEB. 5000x.

Tomado de: Torabinejad M, Handysides R, Khademi A, Bakland L. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002; 94: 658-66.

Tabla 5. Biología de los Microorganismos que son lábiles al contacto con Ácido cítrico <sup>[14]</sup>		
Microorganismo	Pared Celular	Condiciones Atmosféricas
<i>Staphylococcus aureus</i>	G+	Anaerobio facultativo
<i>Streptococcus sanguis</i>	G+	Anaerobio facultativo
<i>Lactobacillus casei</i>	G+	Anaerobio
<i>Actinomyces naeslundii</i>	G+	Anaerobio
<i>Peptostreptococcus anaerobius</i>	G+	Anaerobio
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	G+	Anaerobio
<i>Eubacterium lentum</i>	G+	Anaerobio
<i>Veillonella párvula</i>	G-	Anaerobio
<i>Porphyromonas endodontialis</i>	G-	Anaerobio
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	G-	Anaerobio

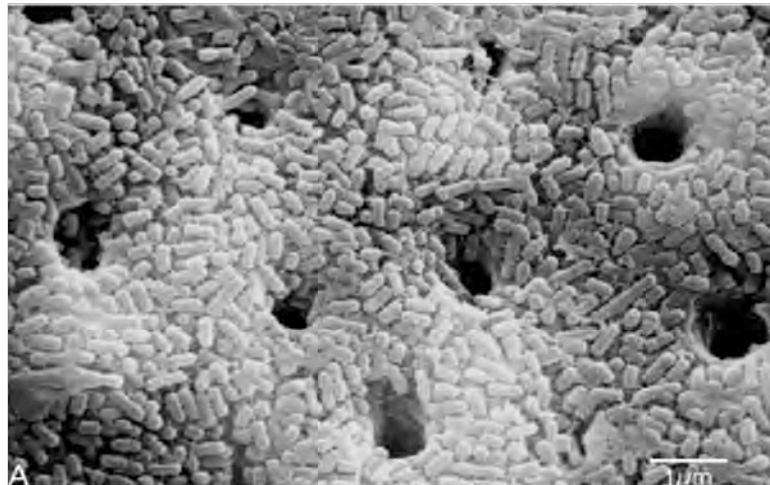


Figura 35. Superficie de un conducto radicular con presencia de microorganismos en forma de bacilos (*Porphyromonas* spp.) en corte transversal. MEB. 3000x.

Tomado de: Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y Fundamentos. 2<sup>ª</sup> ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012.

## 7.6. Tiempo de acción

Scelza en 2000, comprobó que el ácido cítrico al 10% provee un gran número de túbulos dentinarios sin barrillo dentinario después de un ciclo de irrigación de 4 minutos. Posteriormente en 2003, reportó que la irrigación con ácido cítrico al 10% por 3 minutos extraía la misma cantidad de iones calcio de la dentina, en comparación un ciclo de irrigación de 15 minutos con EDTA. <sup>[15]</sup>

Pierro y colaboradores en 2004 realizaron un estudio donde demostraron que los intervalos de tiempo en donde había una mayor extracción de iones metálicos de la dentina era cuando se irrigaba con ácido cítrico al 10% durante 3 minutos. También se evaluaron a 10 y 15 minutos, pero no existió diferencia significativa de túbulos dentinarios desobliterados, por lo que concluyeron que una irrigación por 3 minutos era suficiente para remover gran parte de la capa de barrillo dentinario. <sup>[15]</sup>

## 7.7. Productos comerciales

El ácido cítrico se comercializa en México en solución a diferentes concentraciones. A continuación se enlistan las diferentes casas comerciales que tienen a la venta ácido cítrico: <sup>[23]</sup> [tabla 6] [figura 36]

**Tabla 6. Productos Comerciales del ácido cítrico [23]**

Concentración	Forma Farmacéutica	Nombre Comercial	Marca Comercial
40%	Solución	Cytrisol	Prevest DentPro®
20%	Solución	Citric Acid 20%	Ultradent®
40%	Solución	Cytrynowy	Kwas®



Figura 36. Ácido cítrico 20%. Ultradent®  
Tomado de internet:<https://goo.gl/VlzWSt>

### 7.9. Asociaciones de ácido cítrico con otros medicamentos

Torabinejad presentó en 2009 una solución con efecto quelante y antimicrobiano, llamado MTAD BioPure de la casa comercial Dentsply®, compuesta por ácido cítrico al 10%, doxiciclina y detergente. Mostró similar eficacia para eliminar la capa de barrillo dentinario que la solución de EDTA al 17% . Su eficacia antibacteriana es similar al hipoclorito de sodio al 5.25% y es menos citotóxico. <sup>[12]</sup> [figura 38]. En México no fue comercializado; y debido a que no presentó eficacia superior a otras soluciones, salió del mercado internacional.



Figura 38. MTAD BioPure. Dentsply®

Tomado de: Hargreaves K, Cohen S. Cohen Las Vías de la Pulpa. 10ª ed. Madrid, España: Elsevier Mosby; 2008.

### 7.10. Biocompatibilidad

A partir de 1979, el ácido cítrico fue utilizado por Wayman y cols. como solución irrigante del conducto radicular; los autores afirmaron que el ácido cítrico es uno de los ácidos más aceptables desde el punto de vista biológico.

Scelza y Malheiros en 2001 y 2005 respectivamente, realizaron estudios *in vitro*, los cuales demostraron que el ácido cítrico al 10% es más tolerado por los tejidos periapicales, en comparación con el EDTA al 17% y el EDTA-T al 17%. <sup>[27]</sup>

Zaccaro y Santos en 2009 en un estudio para evaluar la respuesta inflamatoria de 2 diferentes sustancias descalcificantes de uso endodóntico, como EDTA al 17%, y ácido cítrico al 10%; utilizaron ratas en las que crearon defectos mandibulares que comunicaban desde bucal a lingual, posteriormente los defectos óseos fueron rellenados con Fibrinol empapados con 50µL de las 2 soluciones irrigantes y se evaluó el número de células inflamatorias a diferentes intervalos de tiempo, a 1, 7, 14 y 28 días. Los resultados fueron los siguientes: <sup>[27]</sup> [tabla 7]

<b>Tabla 7. Conteo de células inflamatorias (número de células por área). Respuesta tisular periapical al contacto con soluciones quelantes <sup>[27]</sup></b>								
<b>Descripción</b>	<b>Ácido Cítrico al 10%</b>				<b>EDTA al 17%</b>			
<b>Estadística</b>	<b>1d</b>	<b>7d</b>	<b>14d</b>	<b>28d</b>	<b>1d</b>	<b>7d</b>	<b>14d</b>	<b>28d</b>
Muestra	5	5	5	5	5	5	5	5
Promedio	413.9	939.5	1045.8	824.6	1088.4	1432.8	1590.2	1001.2
Mínimo	221	368.2	845	579.6	856	997.8	1352.6	844
Media	372.3	1048.2	1094	824.6	1104	1154.6	1472.6	1038
Máximo	633.4	1275.4	1141	1000.6	1384	2016.8	2180.8	1077

En los 4 diferentes intervalos de días, el ácido cítrico al 10% mostró la aparición de pocas células inflamatorias por área en los cortes histológicos, en comparación con EDTA, que tuvo rangos altos de células en los defectos óseos. Así mismo, el estudio evaluó los niveles de extracción de iones calcio de las 2 sustancias, observándose igual eficacia entre las 2 soluciones. Los autores concluyeron que el EDTA y el ácido cítrico se comportan igual durante el proceso de quelación de dentina al obtener cantidades similares de iones calcio; pero se debe tener en cuenta la biocompatibilidad del ácido cítrico en el uso clínico, con el fin de evitar agresiones a los tejidos periapicales, debido a que los resultados arrojan menor número de células inflamatorias con el ácido cítrico, lo que sugiere que existe mayor tolerancia tisular. <sup>[27]</sup>



Pappen en 2009 explicó que la baja toxicidad del ácido cítrico se debe a su bajo efecto proinflamatorio, ya que en solución dentro del conducto, despiden mínimas concentraciones de óxido nítrico, el cual es un modulador inflamatorio. Así como Krebs ya lo había explicado en 1970, el ácido cítrico juega un papel importante a nivel celular.

El ácido cítrico tiene es un constituyente importante del ciclo del ácido tricarbóxico o ciclo de Krebs\*, el cual es crucial en la regulación de la energía celular, de la homeostasis y el metabolismo celular; por lo que se puede concluir que el ácido cítrico, al ser parte de las células, es mejor tolerado por los tejidos periapicales. [27]

---

\*Ciclo de Krebs

-El Ciclo del Ácido tricarbóxico también es conocido como Ciclo de Krebs .

-Se define como una serie cíclica de ocho reacciones que oxidan completamente una molécula de acetil CoA (producto de la oxidación del piruvato en condiciones aeróbicas), dando dos moléculas de CO<sub>2</sub>, generando energía, ya sea como ATP o en forma de equivalentes reductores como NADH o FADH<sub>2</sub>.

-El ciclo es aerobio, por lo que la ausencia de oxígeno conduce a una inhibición total o parcial del ciclo.

El ciclo se desarrolla en todas las células de los mamíferos que contengan mitocondrias, excluyendo a los eritrocitos.

-Funciones del Ciclo de Krebs

-Proporcionar una vía final común para la oxidación de Hidratos de Carbono, Lípidos y Proteínas, debido a que la glucosa, ácidos grasos y aminoácidos se metabolizan en acetil CoA.

-Proporcionar energía en forma de ATP, NADH, FADH<sub>2</sub>; por lo que es la principal vía para generar energía en los mamíferos. [28]

## **8. BENEFICIOS CLÍNICOS DE LA REMOCIÓN DE LA CAPA DE BARRILLO DENTINARIO**

La influencia de la capa de barrillo dentinario en el éxito del tratamiento de conductos no ha sido determinada definitivamente, es importante el uso de técnicas y productos que la eliminen;<sup>[29]</sup> debido a que con esto se reduce la microbiota y sus toxinas y se incrementa la capacidad de sellado de los cementos obturadores, lo que reduce el potencial de supervivencia de las bacterias.<sup>[4]</sup>

Se recomienda que después de la preparación químico mecánica, se utilice como irrigación final soluciones de EDTA o ácido cítrico para la desobliteración de los túbulos dentinarios, aumentando la permeabilidad dentinaria.<sup>[12]</sup>

La capa de barrillo dentinario al ser removida del sistema de conductos radiculares:

- aumenta el efecto de los agentes desinfectantes sobre la dentina.
- mejora la capacidad de sellado y adhesión del cemento sellador.<sup>[6]</sup>

### **8.1. Estudios clínicos sobre la remoción de la capa de barrillo dentinario**

Nakabayashi y cols. propusieron en 1982 que el ácido cítrico al 10% es efectivo en la remoción de la capa de barrillo dentinario y eliminación de la matriz dentinaria exponiendo las fibras colágenas para mejor desinfección.<sup>[30]</sup> [figura 39]

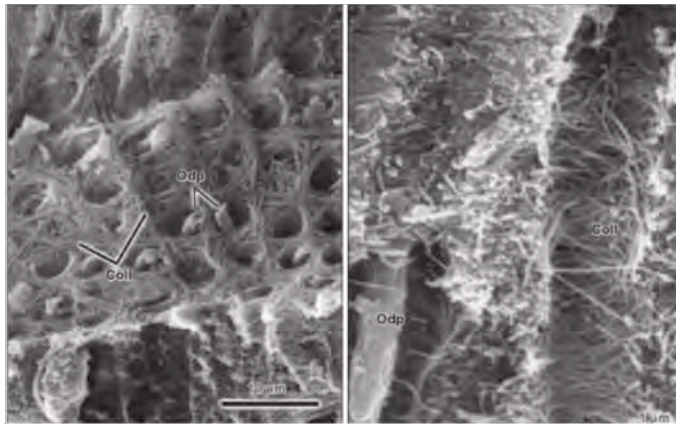


Figura 39. Entramado de colágena y procesos odontoblásticos dentro del túbulo dentinario. MEB 1000x.

Tomado de: Ten Cate AR. Oral Histology. Development, Structure, and Function. 6<sup>th</sup> ed. USA: Mosby; 2004.

Akpata en 1982 explicó que las bacterias contenidas en la capa de barrillo dentinario, al ser impactada por los instrumentos hacia el interior de los túbulos dentinarios, podría contribuir en el desarrollo o persistencia de lesiones periapicales. [22]

Pashley en 1984 propuso que la capa de barrillo dentinario contiene bacterias o sus productos que puede convertirse en un reservorio de agentes irritantes. [4]

Ørstavik & Haapasalo en 1990 demostraron la importancia de la remoción de la capa de barrillo dentinario y la presencia de túbulos dentinarios libres, disminuyendo el tiempo en el que los agentes irrigantes deban estar en contacto con las paredes dentinarias. [15]

Por otro lado, Drake en 1994 propuso no remover la capa de barrillo dentinario producida durante el tratamiento de conductos, ya que probablemente funcionaría como un agente que bloquea la entrada de bacterias desde el exterior. [4]

Taylor en 1997 concluyó que la eliminación de la capa de barrillo dentinario facilitaría la apertura de los túbulos dentinarios, haciendo más efectiva la medicación Intraconducto. [15]

## 8.2. Directrices: secuencia clínica de irrigación

Existe controversia con respecto al protocolo de irrigación ideal, al volumen y concentración de las soluciones utilizadas, el tiempo en que se deben utilizar las soluciones dentro del conducto para conseguir el desbridamiento del sistema de conductos radiculares de manera exitosa. [22]

Debido a que la capa de barrillo dentinario contiene material orgánico e inorgánico, éste no puede ser eliminado por una sola solución irrigante. Se requiere usar una secuencia de irrigación con hipoclorito de sodio y un agente quelante o ácido que disuelvan el tejido inorgánico. [6] [figura 40 Ay B]

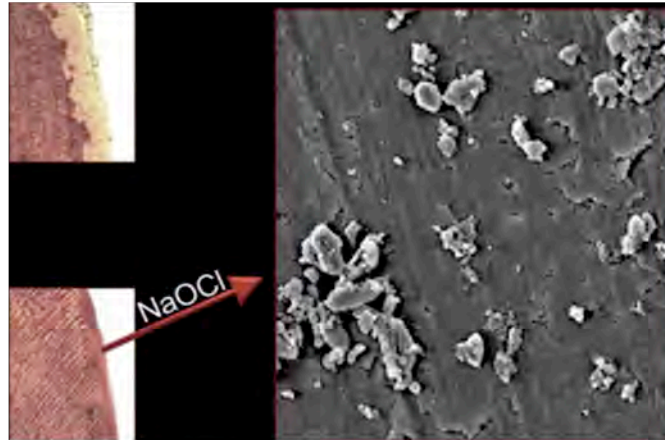


Figura 40A. El hipoclorito de sodio no remueve la capa de barrillo dentinario por sí solo. MEB. 1000x

Tomado de: Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. Endod Topics. 2012; 27: 35-53.

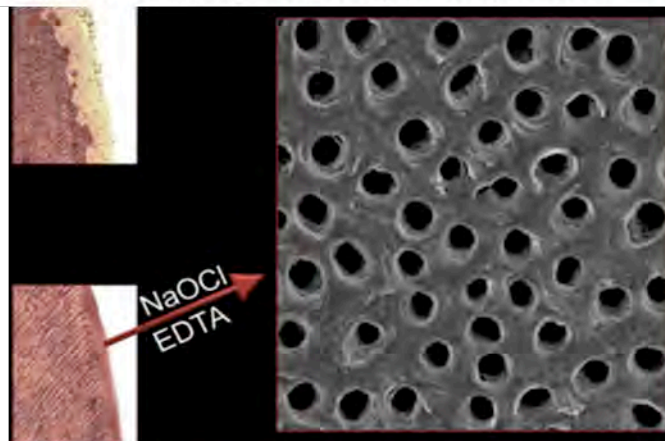


Figura 40B. Un protocolo con hipoclorito de sodio seguido de EDTA remueve completamente la capa de barrillo dentinario . MEB. 1000x

Tomado de: Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. Endod Topics. 2012; 27: 35-53.

En conductos radiculares de dientes con necrosis pulpar e infección odontogénica, se recomienda dejar actuar la última irrigación de hipoclorito de sodio o clorhexidina por un tiempo para que penetre por los conductos accesorios abiertos por el empleo de la solución quelante y obtener una mayor eficacia antibacteriana.<sup>[12]</sup>

Se recomienda no combinar ningún tipo de solución irrigante. Por ejemplo, al combinar EDTA con hipoclorito de sodio, se disminuye el poder disolvente orgánico del mismo.<sup>[12]</sup>

Grawehr en 2003 estudió la interacción del EDTA con hipoclorito de sodio, y concluyó que el EDTA conservó su efecto quelante al combinarse con hipoclorito de sodio. Sin embargo el EDTA causó que el hipoclorito de sodio disminuyera su efecto disolvente tisular; por lo que Grawehr recomienda su uso alternado.<sup>[19]</sup>

Teixeira en 2005 realizó un estudio en el que evaluó el efecto de la aplicación de EDTA e hipoclorito de sodio para eliminar la capa de barrillo dentinario, y concluyó que era un protocolo de desbridamiento eficiente.<sup>[22]</sup>

Zehnder en 2005 propuso que una irrigación de manera alternada con una solución descalcificante e hipoclorito de sodio debía de ser un protocolo estándar para la remoción de la capa de barrillo dentinario.<sup>[22]</sup>

El protocolo de irrigación sugerido por Zehnder en 2006, consistía en el uso de NaOCl seguido de EDTA y Clorhexidina. Posteriormente en 2007, Basrani estudió sus interacciones químicas; reportando la formación del precipitado insoluble de color naranja llamado Paracloroanilina (PCA), debido a una reacción ácido-base y donación de protones; siendo tóxico al producir cianosis.<sup>[19]</sup>

Es por eso que se recomienda el uso de las soluciones irrigantes de manera alternada con suero fisiológico o agua bidestilada para impedir que interactúen.

Khademi y colaboradores en 2008 explicaron que existen diferentes factores que pueden influir en la eficacia de las soluciones irrigantes cuando se pretende usarlas como irrigación final para remover la capa de barrillo dentinario, como el calibre del instrumento maestro apical, el calibre y longitud de la aguja utilizada para irrigar, el tiempo utilizado para aplicar las soluciones irrigantes y el volumen de irrigante utilizado<sup>[22]</sup> [figura 41 y 42]



Figura 41. Agujas de irrigación en conductos radiculares: calibres 27G (hasta tercio medio) y 30G (hasta tercio apical); con orificio de salida lateral.

Tomado de: Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y Fundamentos. 2ª ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012.



Figura 42. Aguja de seguridad calibre 30G. MEB 5000x

Tomado de: Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y Fundamentos. 2ª ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012.

Ozdemir en 2012, estudió el efecto de la combinación de agentes quelantes con hipoclorito de sodio como irrigación final para remover la capa de barrillo dentinario. Concluyó que mayor duración de éste régimen de irrigación produce excesiva erosión de la superficie dentinaria. Por lo que es recomendable el uso clínico cauteloso de las soluciones quelantes, utilizando uno de los siguientes protocolos:

A.- Agentes quelantes a bajas concentraciones hasta por 10 minutos de irrigación

-Ácido cítrico 10%

-EDTA 5%

B.- Agentes quelantes a altas concentraciones hasta por 1 minuto.

-Ácido cítrico 50%

-EDTA 17% [25]



### 8.3. Efecto de la irrigación de los conductos laterales

Los conductos laterales pueden ser encontrados en cualquier parte del sistema de conductos radiculares, en la furcación, en tercio cervical, a la mitad de la raíz o en el tercio apical, son más frecuentemente observados cercanos al ápice, llamados deltas apicales.

Los conductos laterales son más largos que los túbulos dentinarios, con un diámetro de 10 a 200 $\mu$ m, contienen tejido vital como tejido conjuntivo y vasos sanguíneos. Otra diferencia importante con respecto a los túbulos dentinarios es que los conductos laterales pasan a través de la capa de cemento y conectan directamente el canal radicular con el espacio del ligamento periodontal. Debido a su dirección, no pueden ser instrumentados de manera mecánica, por lo que se tiene que recurrir a la limpieza química.

En dientes con infección, las lesiones laterales pueden ser un signo prodrómico su existencia, y se puede presumir que contienen bacterias. [6]

[figura 46]

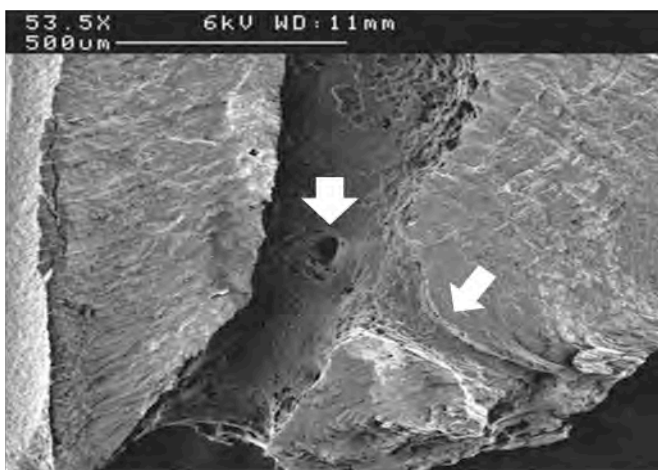


Figura 46. Presencia de deltas apicales. MEB. 5000x

Tomado de: Park E, Shen Y, Haapasalo M. Irrigation of the apical root canal. Endod Topics. 2013; 27: 54-73.

## 9. COMPARACIÓN ENTRE EDTA Y ÁCIDO CÍTRICO

En años recientes, se ha discutido qué producto es el que ejerce mayor eliminación de la capa de barrillo dentinario, parece que las soluciones de EDTA al 17% y de ácido cítrico al 10%, presentan un efecto semejante y suficiente, sin desmineralizar en exceso la dentina intertubular y peritubular.

[12]

Wayman y cols. en 1979 demostraron que se obtienen mejores resultados en la remoción de la capa de barrillo dentinario cuando se utiliza un protocolo de irrigación de ácido cítrico 19% en secuencia con hipoclorito de sodio 5.25%.

[29]

Ando en 1985 reportó que el ácido cítrico es menos citotóxico para los tejidos periapicales en comparación con el EDTA. [6]

Meryon, en 1987, citó que el ácido cítrico elimina la capa de barrillo dentinario mejor que muchos otros ácidos utilizados en el tratamiento de conductos, sobresaliendo sobre el ácido fosfórico, ácido láctico y ácido poliacrílico, pero está al mismo nivel de efectividad que el EDTA. [29]

Carlik en 2000, investigó la influencia del tratamiento de dentina radicular con tres sustancias irrigantes ácidas en el sellado marginal apical de obturaciones endodónticas, observó que el grupo de dientes sometido al tratamiento con EDTA-C fue el que presentó más filtración apical y que aquellos que fueron sometidos a tratamiento con ácido cítrico presentaron poca infiltración, proporcional al aumento de la concentración (10, 15 y 20%).

[8]

Scelza en el 2000, ya que confirmó que el Ácido Cítrico al 10% y el EDTA son igual de eficientes en la permeabilización de los túbulos dentinarios a los 4 minutos de su uso. <sup>[17]</sup> En 2001 reportó que la solución de ácido cítrico al 10% es más biotolerado que el EDTA al 17%. <sup>[15]</sup>

Kishor en 2013 reportó de manera verbal que el ácido cítrico tiene un efecto desmineralizante más potente en comparación con el EDTA a concentraciones similares. <sup>[19]</sup>

## **10. EFECTO DE LAS SOLUCIONES QUELANTES SOBRE LA MICRODUREZA DENTINARIA**

### 10.1. Descripción

En estudios de décadas pasadas se utilizó el test de penetración de Knoop para medir la microdureza; y el método de penetración de Vicker (Vicker's method) era utilizado para medir la dureza de la dentina. La determinación de la microdureza provee de manera indirecta evidencias sobre ganancia o pérdida de minerales en los tejidos duros dentales.

La escala Knoop utiliza un indentador piramidal de diamante que hace hendiduras para determinar la microdureza mecánica de materiales frágiles o láminas delgadas. La unidad de medida es Knoop Heaviness Number (KHN) <sup>[3]</sup>

La dureza de la dentina varía de 25 a 80KHN en la escala de Knoop, según su localización. A nivel de la unión cementodentinaria y en las proximidades de la superficie del conducto radicular es mas blanda. Pero de manera generalizada, se encuentra en promedio en una escala de dureza de 42.

Investigaciones de Lewisntein en 1981, Tulga en 2000, Kuramoto en 2002, han demostrado que el Método de Vicker resulta práctico e idóneo para evaluar los cambios en la superficie de tejidos duros dentales que han sido tratados con agentes químicos. <sup>[32]</sup> [figura 43, 44 y 45 A y B]



Figura 43. Indentador de Vicker's

Tomado de: Unverdi A, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and Citric Acid Solutions on the Microhardness and the Roughness of Human Root Canal Dentin. JOE. 2005; 31 (2): 107-110.

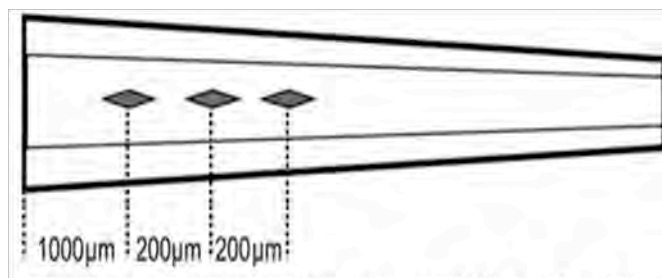


Figura 44. Ilustración esquemática de las muescas que hace el indentador de Vicker's sobre la dentina.

Tomado de: Cruz-Filho A, Sousa-Neto M, Novak R, Gariba R, Pascoal L, Djalma J. Effect of Chelating Solutions on the Microhardness of Root Canal Lumen Dentin. JOE. 2011; 38 (3): 358-62.

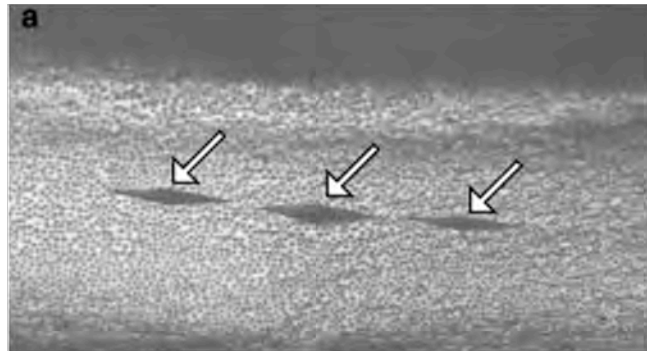


Figura 45A. Fila de 3 indentaciones en la pared dentinaria. MO. 10x

Tomado de: Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. Endod Topics. 2012; 27: 35-53.

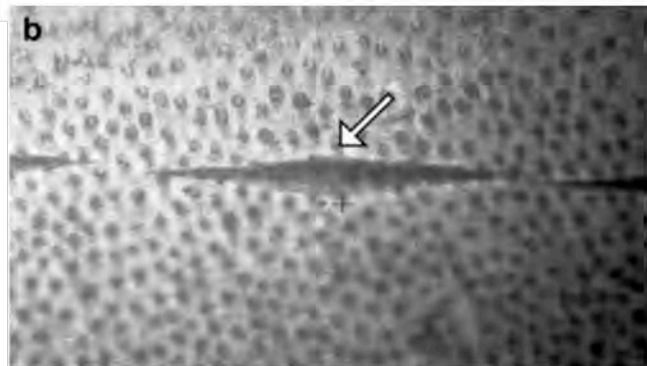


Figura 45B. Acercamiento a una indentación en la pared dentinaria. MO. 40x

Tomado de: Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. Endod Topics. 2012; 27: 35-53.

El EDTA dentro del sistema de conductos, actuará sobre la pared dentinaria, produciendo reducción de 1.6% de dureza Knoop de la dentina. <sup>[10]</sup>

Cohen en 1970 afirmó que el efecto quelante del EDTA induce a un reblandecimiento desfavorable de los componentes inorgánicos de la dentina, y al combinarse con hipoclorito de sodio, que disuelve la materia orgánica y las fibras colágenas, disminuye aún más la microdureza de la dentina.

White y cols. en 2002 reportaron reducción del 59% en la microdureza de la dentina después de alternar EDTA al 17% con hipoclorito de sodio al 5.25%.

Slutzky y colaboradores en 2002, coincidieron con White y cols. en que se disminuye la dureza de la dentina después del tratamiento con soluciones de EDTA e hipoclorito de sodio. <sup>[29]</sup>

La acción quelante del ácido cítrico, provoca en la dentina un efecto desmineralizante de su porción inorgánica, con pérdida de iones calcio de hidroxiapatita, también aumentó de la rugosidad superficial, debido a que los túbulos dentinarios se vuelven permeables al eliminar la capa de barrillo dentinario.

Haznedaroglu & Ersev en 2001 demostraron que el ácido cítrico 50% con pH de 1.1 remueve de manera exitosa la capa de barrillo dentinario, pero causa desmineralización excesiva, ensancha la entrada de los túbulos dentinarios y remueve la dentina peritubular, lo que promueve un reblandecimiento considerable de la misma. <sup>[24]</sup>

En un estudio realizado por Unverdi y cols. en 2005 utilizaron 90 dientes extraídos, se irrigaron con diferentes soluciones Quelantes y se dividieron en 3 grupos: <sup>[29]</sup>

-Grupo I

-Irrigados con EDTA 17% con pH 7.7 por 150 segundos.

-Seguido de enjuague con hipoclorito de sodio 5.25% por 150 segundos.

-Grupo II

-Irrigados con ácido cítrico 19% con pH 1.3 por 150 segundos.

-Seguido de enjuague con hipoclorito de sodio 5.25% por 150 segundos.

-Grupo III

-Grupo control, irrigado con agua destilada.

Posteriormente cada grupo fue dividido en dos subgrupos de 15 dientes cada uno; los grupos Ia, IIa y IIIa fueron utilizados para determinar la microdureza superficial de la dentina radicular mediante el método Vicker. Se realizaron indentaciones con punta diamantada a 0.5mm de separación de la pared del canal radicular en los tercios apical, medio y cervical; con una fuerza de 300g durante 20 segundos; los resultados se promediaron y se convirtieron a Números Vicker.

Los dientes de los grupos Ib, IIb y IIIb fueron utilizados para determinar la rugosidad superficial de la dentina radicular mediante escaneo computarizado.

Los valores de microdureza dentinaria son los siguientes para los 3 grupos: <sup>[29]</sup> [tabla 8]



<b>Grupo</b>	<b>Muestra</b>	<b>Valores de microdureza</b>
EDTA 17%	n= 15	53.11
Ácido cítrico 19%	n= 15	46.35
Control agua destilada	n= 15	69.73

La microdureza evidencia la ganancia o pérdida de mineralización del tejido dentinal; el ácido cítrico como solución quelante produjo mejores resultados disminuyó 23.38 los valores de microdureza de la dentina, lo que tiene efectos benéficos en la rápida preparación y negociación de los canales radiculares estrechos; aunque el mayor grado de reblandecimiento dentinal, influirá en las propiedades físicas y químicas de su estructura. <sup>[29]</sup>

Los valores de aspereza dentinaria son los siguientes para los 3 grupos: <sup>[29]</sup>

[tabla 9]

<b>Grupo</b>	<b>Muestra</b>	<b>Valores de aspereza</b>
EDTA 17%	n= 15	0.50
Ácido cítrico 19%	n= 15	0.70
Control agua destilada	n= 15	0.39

La comparación de los cambios en la aspereza dentinaria después de haber sido irrigada con soluciones quelantes indica que el incremento de la aspereza en la dentina tratada con ácido cítrico fue significativamente mayor que en la tratada con EDTA. <sup>[29]</sup>

Quian y cols. en 2011 evaluaron los efectos de la secuencia de irrigación y el tipo de agente desmineralizante sobre la erosión de la pared dentinaria. Encontraron que el uso de hipoclorito de sodio 5.25% utilizado por 1 a 5 minutos seguido de agentes Quelantes como EDTA 17% o ácido cítrico 10% utilizados como irrigación final causaban una erosión mínima. En cambio, el uso de hipoclorito de sodio 5.25% utilizado por 5 minutos seguido de agentes quelantes por 5 minutos, hubo apertura de los túbulos dentinarios de 8.0 a

8.7µm con EDTA 17% y de 8.0 a 9.3µm con ácido cítrico 10%. Y si además se utilizaba hipoclorito de sodio después de la solución quelante, la superficie dentinaria queda erosionada hasta 18.1µm con EDTA y >30µm con ácido cítrico, comprometiendo severamente la estructura dentinaria. [6]

Basrani y Haapasalo en 2013 sugirieron un protocolo de irrigación cuyo objetivo es no interferir en el módulo elástico y fuerza flexural de la dentina, al no ser dañino para la matriz dentinaria y las fibras de colágeno; utilizando diferentes agentes de manera alterna, siendo el protocolo de la siguiente manera: [Diagrama 1]

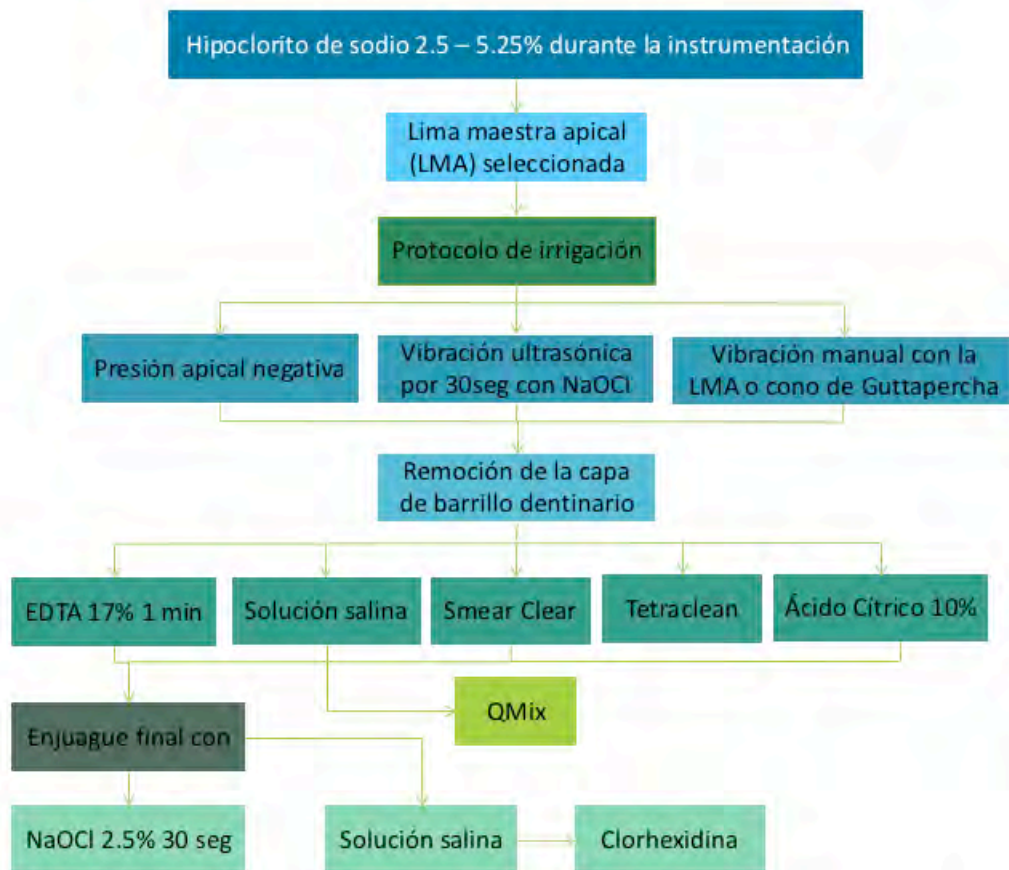


Diagrama 1: Protocolo de Irrigación final recomendado  
Tomado de: Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. Endod Topics. 2013; 74-102.

## **11. EROSIÓN DENTINARIA POSTERIOR AL USO DE SOLUCIONES QUELANTES**

En la Irrigación en Endodoncia, para eliminar las bacterias dentro de los túbulos dentinarios y dentro de la capa de barrillo dentinario, se han utilizado agentes quelantes; lo ideal es que al contacto de estos agentes con la dentina mantenga las características físicas de la dentina lo más intactas posible y sin ningún signo de alteración. <sup>[19]</sup>

La preocupación sobre los aspectos mecánicos, en particular el debilitamiento dentinario tras la irrigación con algún agente quelante, ha llevado a realizar numerosos estudios que evalúan la erosión dentinaria y los posibles efectos a futuro. Se ha observado que se incrementa la posibilidad de que surjan fracturas verticales de la raíz cuando el tiempo de exposición es prolongado.

En un estudio, Pashley demostró en 1980 que después de 60 minutos de haber irrigado un conducto radicular con hipoclorito de sodio y una última irrigación con EDTA, se detectó erosión sobre la pared dentinaria y la fuerza flexural de especímenes de 200  $\mu\text{m}$  de espesor de dentina decreció 90%. <sup>[6]</sup>

Cuando se utiliza hipoclorito de sodio como primera solución irrigante, la hidroxiapatita que recubre al colágeno, forma una barrera que protege a las fibras colágenas, por lo que el efecto del hipoclorito de sodio es mínimo. Sin embargo, cuando se utilizan soluciones desmineralizantes, la hidroxiapatita más próxima es rápidamente disuelta, lo que provoca exposición de las fibras de colágeno subyacentes.

Si el hipoclorito de sodio es utilizado nuevamente, éste puede atacar las proteínas de las fibras colágenas, y en un corto período, puede causar destrucción significativa de toda la trama de colágena presente en la superficie dentinaria, alterando las propiedades físicas de la dentina. <sup>[6]</sup> [figura 47 y 48]

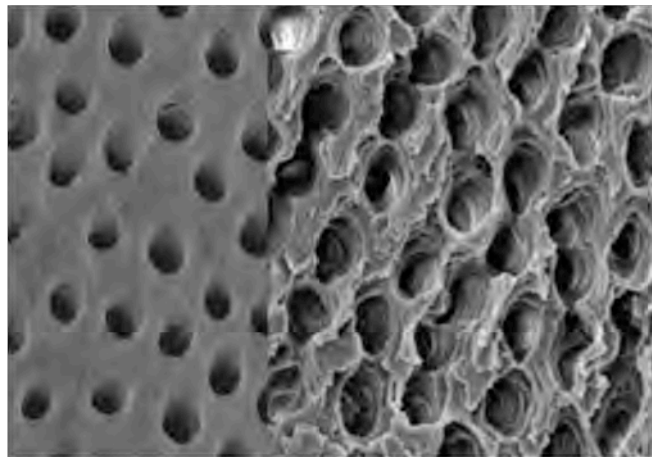


Figura 47. Dentina sin barrillo dentinario a la izquierda. A la derecha se observa erosión dentinaria por exposición de más de 15 minutos a EDTA. MEB. 2000x

Tomado de: Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. Endod Topics. 2012; 27: 35-53.

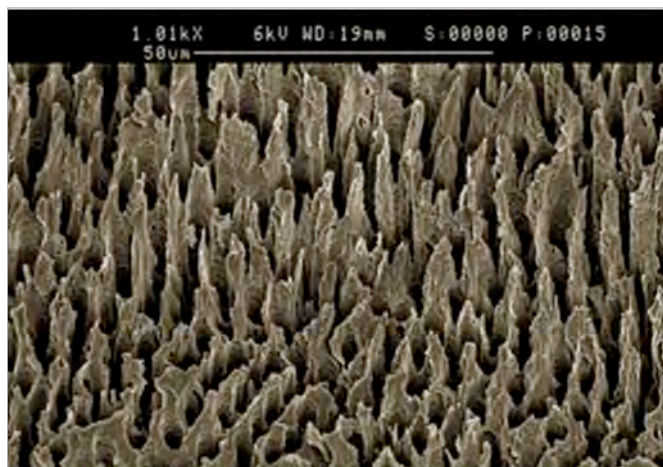


Figura 48. Vista inclinada de la Erosión dentinaria después de 5 minutos con EDTA + NaOCl. MEB. 500x

Tomado de: Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion. JOE. 2011; 37 (10): 1437-41

Panighi en 1992 explicó que los agentes quelantes tienen capacidad para reblandecer las paredes dentinarias, lo que trae consigo beneficios clínicos como una rápida preparación y negociación de los conductos radiculares que se encuentren estrechos; pero hizo hincapié en que el grado de reblandecimiento y desmineralización pueden tener efectos adversos sobre las propiedades físicas y químicas de la dentina, pudiendo provocar perforaciones durante la instrumentación o fracturas posoperatorias ante la carga masticatoria. <sup>[4]</sup>

Torabinejad en 2003 explicó que la aplicación de EDTA por más de un minuto dentro del conducto y con un volumen de más de 1mL se asocia con erosión de la dentina, pudiendo causar accidentes. <sup>[21]</sup>

Zhang, Sobhani y Ozdemir en el 2010, reportaron que las Soluciones Irrigantes utilizados en el Tratamiento de Conductos Radiculares pueden causar alteraciones en la composición química de la dentina, y este efecto

puede incrementar si se altera el tiempo de aplicación o si existen variaciones en la concentración de los agentes.

Los cambios en en la composición química de la dentina surgen debido a que existen cambios en las fases orgánicas e inorgánicas al contacto con los agentes irrigantes. Por lo tanto, las características de la dentina como la microdureza, permeabilidad y solubilidad cambian, y en consecuencia, se afecta la resistencia ante fracturas. <sup>[31]</sup>

Hapasado & Qian en 2011, realizaron un estudio donde demostraron que cuando se utiliza hipoclorito de sodio al 5.25% como primer solución irrigante del conducto radicular por periodos de 1 minuto, seguido de una ultima irrigación con soluciones quelantes, como EDTA 17% o Ácido Cítrico 10%, causaron una erosión mínima. En contraste, cuando se utilizó hipoclorito de sodio 5.25% durante 5 minutos, seguido de solución quelante por 5 minutos, observaron que el área promedio de apertura de los túbulos dentinarios fue de 8.0 a 8.7  $\mu\text{m}$  con EDTA, y de 8.0 a 9.3  $\mu\text{m}$  con ácido cítrico; lo que sugiere que se tiene que tomar en cuenta los tiempos de irrigación para no dañar la microestructura dentinaria. <sup>[6]</sup>

## Conclusiones

El objetivo principal de la terapéutica pulpar consiste en la eliminación completa de los diferentes componentes que se encuentran dentro del sistema de conductos radiculares, como tejido pulpar, microorganismos y sus bioproductos.

La irrigación es un paso de gran importancia en el tratamiento del sistema de conductos, ya que del buen uso y selección del agente irrigante depende el éxito clínico.

Es necesario conocer las propiedades físicas y composición química de la dentina; el mecanismo de acción, tiempo de trabajo y los usos clínicos de las soluciones quelantes como EDTA y ácido cítrico para promover un uso adecuado, obteniendo éxito en la terapéutica pulpar y evitar accidentes como reblandecimiento excesivo de la dentina y fracturas posoperatorias.

## Referencias Bibliográficas

- 1.- Gómez MA, Campos A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2003.
- 2.- Barrancos J. Operatoria Dental Integración Clínica. 4ª ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2006.
- 3.- Barceló F, Palma C. Materiales Dentales; conocimientos básicos aplicados. 3ª ed. México: Editorial Trillas; 2010
- 4.- Zaccaro M, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T. 10% citric acid and 17% EDTA on root canal dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 95: 234-6
- 5.- Torabinejad M, Handysides R, Khademi A, Bakland L. Clinical implications of the Smear layer in endodontics: A review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002; 94: 658-66.
- 6.- Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. Endod Topics. 2012; 27: 35-53.
- 7.- Hargreaves K, Cohen S. Cohen Las Vías de la Pulpa. 10ª ed. Madrid, España: Elsevier Mosby; 2008.
- 8.- De Lima ME. Endodoncia. De la Biología a la Técnica. 1ª ed. Caracas: AMOLCA; 2009.
- 9.- Fruttero AP. Revisión actualizada de las soluciones irrigadoras endodónticas. [En Línea] 2003; 1-23. Disponible en: <http://goo.gl/tMhmp4>
- 10.- Estrela C. Ciencia Endodóntica. 1ª ed. São Paulo: Artes Médicas Latinoamericanas; 2005.
- 11.- Villa L. Irrigación en Endodoncia. [Tesis de Maestría en Endodoncia] [En Línea]. Porto, Brasil: Universidad Fernando Pessoa, 2012. Disponible en: <http://goo.gl/2c4qv8>
- 12.- Canalda-Sahli C, Brau-Aguadé E. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 1ª ed. Barcelona: Masson; 2001
- 13.- Rivas R. Notas para el Estudio de Endodoncia. 2000. [Sitio Web] Disponible en: <http://goo.gl/ak5I3z>
- 14.- Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root Canal irrigation with Citric Acid Solution. JOE. 1996; 22 (1): 27-9
- 15.- Zaccaro M, Pierro V, Scelza P, Pereira M. Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on Smear layer removal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004; 98: 499-503.
- 16.- Garritz A, Gasque L, Martínez A. Química Universitaria. 1ª ed. México: Editorial Pearson Education; 2005.
- 17.- Segura JJ, Jiménez A, Llamas R, Jiménez A. El ácido etilen diamino tetraacético (EDTA) y su uso en endodoncia. Endod. 2007; 15 (2): 90-7.
- 18.- Cruz A, Sousa-Neto M, Saquy PC, Pécora JD. Evaluation of the Effect of EDTAC, CDTA and EGTA on Radicular Dentin Microhardness. J Endod. 2001; 27: 183-4.



- 19.- Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics*. 2013; 74-102.
- 20.- Ingle JI, Bakland LK. *Endodoncia*. 5ª ed. México:McGrawHill Interamericana; 2004.
- 21.- Khedmat S, Shokoubinejad N. Comparison of the Efficacy of Three Chelating Agents in Smear Layer Removal. *JOE*. 2008; 34 (5): 559-602.
- 22.- Mello I, Alvarado B, Yoshimoto D, Skelton MC, Antoniazzi JH. Influence of Final Rinse Technique on Ability of Ethylenediaminetetraacetic Acid of Removing Smear Layer. *JOE*. 2010; 36 (3): 512-4
- 23.- Macchi RL. *Materiales Dentales*. 4ª ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- 24.- Haznedaroglu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96: 340-4.
- 25.- Soares IJ, Goldberg F. *Endodoncia. Técnica y Fundamentos*. 2ª ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012.
- 26.- González-López S, Camejo-Aguilar D, Sánchez-Sánchez P, Bolaños-Carmona V. Effect of CHX on the Decalcifying Effect of 10% Citric Acid, 20% Citric Acid, or 17% EDTA. *JOE*. 2006; 32 (8): 781-4.
- 27.- Zaccaro M, Da Silva VS, Alves M, Da Silva LE, Scelza P. Evaluation of Inflammatory Response of EDTA, EDTA-T, and Citric Acid in Animal Model. *JOE*. 2010; 36 (3): 515-9
- 28.- O'Neale J, Benyon S. *Lo esencial en Metabolismo y Nutrición*. 2ª ed. España: Editorial Elsevier Mosby; 2004.
- 29.- Unverdi A, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and Citric Acid Solutions on the Microhardness and the Roughness of Human Root Canal Dentin. *JOE*. 2005; 31 (2): 107-110.
- 30.- Pashley D, Carvalho R. Dentin permeability and dentine adhesion. *Journal of Dentistry*. 1997; 25 (5): 355-72
- 31.- Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik O, Durmaz V, Nagas E. Effect of Ethylenediaminetetraacetic Acid on Root Fracture with Respect to Concentration at Different Time Exposures. *JOE*. 2012; 38 (8): 1110-1113.
- 32.- Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the Effect of Endodontic Irrigation Solutions on the Microhardness and the Roughness of Root Canal Dentin. *JOE*. 2004; 30 (11): 792-5
- 33.- Ficha de Seguridad del Ácido Etilendiaminotetracético.
- 34.- Ficha de Seguridad del Ácido Cítrico.
  
- 35.- Lehninger A, Nelson D, Cox M. *Principios de Bioquímica*. 5ª ed. Madrid: Editorial Omega; 2008.
- 36.- Garritz A, Gasque L, Martínez A. *Química Universitaria*. 1ª ed. México: Editorial Pearson Education; 2005.
37. Soares IJ, Goldberg F. *Endodoncia. Técnica y Fundamentos*. 2ª ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012.

- 38.- Pashley D, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: Effects os Smear layer removal. *J of Prtosthet Dent*. 1981; 46 (5): 531-37.
- 39.- Tuncer AK, Tuncer S. Effect of Different Final Irrigation Solutions on Dentinal Tubule Penetration Depth and Percentage of Root Canal Sealer. *JOE*. 2012; 38 (6): 860-3.
- 40.- Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in Root Canal Therapy Reconsidered. *JOE*. 2005; 31 (11); 817-20.
- 41.- Cruz-Filho A, Sousa-Neto M, Novak R, Gariba R, Pascoal L, Djalma J. Effect of Chelating Solutions on the Microhardness of Root Canal Lumen Dentin. *JOE*. 2011; 38 (3): 358-62.
- 42.-Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of Smear Layer on Sealing Ability of Canal Obturation: A Systematic Review and Meta-analysis. *JOE*. 2007; 33 (2): 96-104.
- 43.- Davis J, Jeansonne B, Davenport W, GARDiner D, TheEffect of Irrigation with Doxycycline or Citric Acid on Leakage and Osseous Wound Healing. *JOE*. 2002; 29 (1): 31-5.
- 44.- De-Deus G, Namen F, Galan J, ehnder M. Soft Chelating Irrigation Protocol Optimizes Bonding Quality of Resilon/Epiphany Root Fillings. *JOE*. 2008; 34 (6): 703-5.
- 45.- Wayman B, Koop W, Pinero G, Lazzari E. Citric and lactic acids as roots canal irrigants in vitro. *JOE*. 1979; 5 (9): 258-65.
- 46.- Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion. *JOE*. 2011; 37 (10): 1437-41
- 47.- Poggio C, Dogna A, Colombo M, Rizzardi F, Chiesa M, Scribante A, Alberti G. Decalcifying Effect of Different Ethylendiaminetetraacetic Acid Solutions and Tetraclean on Root Canal Dentin. *JOE*. 2012; 38 (9): 1239-43.
- 48.- Park E, Shen Y, Haapasalo M. Irrigation of the apical root canal. *Endod Topics*. 2013; 27: 54-73.
49. Soares IJ, Goldberg F. *Endodoncia: Técnica y Fundamentos*. 1ª ed. México: Editorial Médica Panamericana; 2002.
- 50.- Ten Cate AR. *Oral Histology. Development, Structure, and Function*. 6<sup>th</sup> ed. USA: Mosby; 2004.
- 51.- Ingle J, Bakland L, Baumgartner JC. *Ingle's Endodontics 6*. 1<sup>st</sup> ed. India: BC Decker; 2008.
- 52.-Espinoza MT. *Farmacología y Terapéutica en Odontología. Fundamentos y Guía Práctica*. 1a ed. México: Editorial Médica Panamericana; 2012.

## ANEXO

### BIOSEGURIDAD

#### Descripción

La bioseguridad se compone de un conjunto de normas y medidas preventivas destinadas a mantener el control de factores de riesgo laborales procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos, logrando la prevención de impactos nocivos frente a riesgos propios de la actividad profesional diaria, asegurando que el desarrollo o producto final de dichos procedimientos no atente contra la seguridad de los trabajadores de salud y del medio ambiente.

#### Norma NFPA 704

La Norma NFPA 704 establecida por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego y explica el Rombo Materiales Peligrosos. El rombo se utiliza para comunicar el riesgo de los materiales peligrosos. [figura 49]



Figura 49. Rombo National Fire Protection Association. Etiqueta de seguridad. Clasificación de riesgos.

Tomado de internet: <http://goo.gl/MIRUvq>

## Hoja de seguridad del Ácido Etilendiaminotetracético

### Datos generales de la sustancia química

- Nombre comercial: EDTA.
- Nombre químico: Ácido Etilendiaminotetracético.
- Peso molecular: 292.12.
- Sinónimos: Edatamil, Ácido Edético, Endrate, Ácido Tetrino.
- Fórmula química:  $((\text{HOCOCH}_2)_2 \text{NCH}_2)_2$ .

### Componentes riesgosos

- Carcinógenos o teratógenos: no.
- Grado de riesgo:
  - Para la salud: ligera (1).
  - Inflamabilidad: ligera (1).
  - Reactividad: ninguna (0).

### Propiedades físicas

- Temperatura de ebullición: 247 °C.
- Solubilidad en agua: 0.5g7L a 25 °C.

### Datos de reactividad

- Sustancia estable.
- Incompatibilidad (sustancias a evitar): Agentes oxidantes, bases fuertes, cobre y aluminio.

### Riesgos para la salud

- Ingestión accidental: irritación moderada del tracto digestivo.
- Contacto con los ojos: irritación ocular moderada.
- Contacto con la piel: irritación dérmica moderada.
- Inhalación: irritación moderada en el tracto respiratorio. <sup>[33]</sup> [figura 50]

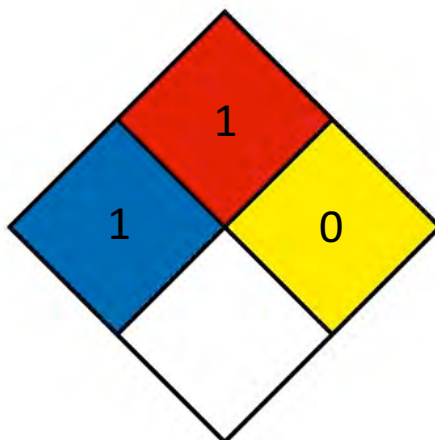


Figura 50. Etiqueta de seguridad. Clasificación de riesgos: EDTA

Tomado de internet: <http://goo.gl/jGG0lf>

## Hoja de seguridad del ácido cítrico

### Datos generales de la sustancia química.

- Nombre comercial: ácido cítrico.
- Nombre químico: ácido cítrico citrux.
- Sinónimos: ácido propanetricarboxílico, hidrocero.
- Fórmula química:  $H_3C_6H_5O_7$ .

### Componentes riesgosos

- Carcinógenos o Teratógenos: no.
- Grado de riesgo:
  - Para la salud: moderada (2).
  - Inflamabilidad: ligera (1).
  - Reactividad: ninguna (0).

### Propiedades físicas

- Temperatura de ebullición: 175 °C.
- Solubilidad en agua: 59.2g7L a 25 °C.

### Datos de reactividad

- Sustancia estable.
- Incompatibilidad (sustancias a evitar): agentes oxidantes.

### Riesgos para la salud

- Ingestión accidental: irritación moderada del tracto digestivo, deficiencia del calcio.
- Contacto con los ojos: altamente irritante, puede ser abrasivo.
- Contacto con la piel: Irritación dérmica moderada, prurito.
- Inhalación: irritación moderada en el tracto respiratorio con síntomas de tos o hipoxia. <sup>[34]</sup> [figura 51]

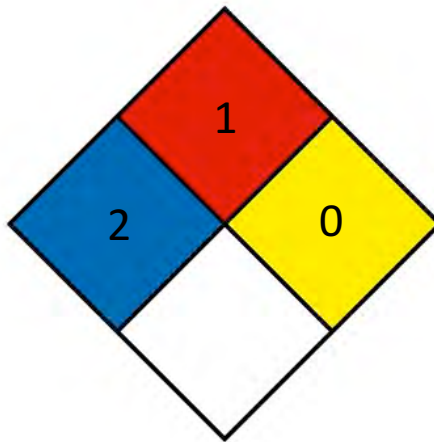


Figura 51. Etiqueta de seguridad. Clasificación de riesgos: ácido cítrico

Tomado de internet: <http://goo.gl/Kp6HNF>