



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**BARRILLO DENTINARIO: ASPECTOS CLÍNICOS EN
ENDODONCIA. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

TANIA CASASOLA GÓMEZ

**TUTOR: C.D. JAIME VERA CUSPINEIRA
ASESORA: C.D. PAOLA CAMPOS IBARRA**

MÉXICO, D.F.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Gracias a

A Dios, por permitirme llegar y disfrutar de este momento, por enseñarme que confiando en él no hay nada de que preocuparme. Pues me bendice siempre.

A mi mamá por brindarme su amor y apoyo incondicional, gracias por guiarme, por la compañía y por los consejos.

A mi papá, por el esfuerzo que realizó para poder brindarme la oportunidad de estudiar y terminar la licenciatura, siendo la mejor herencia que me puede brindar.

A mis tíos: Higinio, Ernesto, Javier, Pilar y en especial a mi tío Gabriel, porque siempre he contado con su cariño y apoyo.

A mi tutor, C.D. Jaime Vera y asesora C.D. Paola Campos por su apoyo y orientación durante la realización del presente trabajo.

Al C.D. Jesús Díaz de León Azuara por su tiempo y paciencia, durante la realización de éste trabajo.

A todos mis profesores por haberme transmitidos sus conocimientos y por el tiempo que me dedicaron.

A la UNAM, por permitirme llegar hasta aquí y ser parte de ella.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
2	PROPÓSITO	6
3	OBJETIVOS	6
	3.1 Objetivo General	6
	3.2 Objetivos Específicos	6
4	COMPLEJO DENTINO PULPAR	7
	4.1 Dentina	8
	4.1.1 Características generales	8
	4.1.2 Composición y conformación	11
	4.2 Pulpa dental	19
5	TRATAMIENTO DE CONDUCTOS	23
	5.1 Necesidad del tratamiento de conductos	23
	5.2 Cambios en la estructura de la dentina asociados al tratamiento de conductos	24
6	BARRILLO DENTINARIO	27
	6.1 Formación del barrillo dentinario en el momento de la instrumentación del conducto radicular	28
	6.2 Estructura del barrillo dentinario	29
	6.3 Estructura de los túbulos dentinarios y su relación con el barrillo dentinario	30

7 EFECTO DEL BARRILLO DENTINARIO EN EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS	31
8 IRRIGACIÓN DE CONDUCTOS Y BARRILLO DENTINARIO	34
8.1 Características de los irrigantes	36
8.2 Tipos de irrigantes	37
8.2.1 Hipoclorito de sodio (NaOCl)	37
8.2.2 Ácido etilendiaminotetracético (EDTA)	47
8.2.3 Ácido cítrico	54
8.2.4 MTAD	57
8.2.5 Régimen de irrigación para eliminar el barrillo dentinario	62
9 MEDICACIÓN INTRACONDUCTO Y SU RELACIÓN CON EL BARRILLO DENTINARIO	63
10 CONCLUSIONES	64
11 FUENTES DE INFORMACIÓN	65



1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de conductos radiculares es un método seguro y eficaz para preservar los órganos dentarios manteniéndolos como una unidad estética y funcional dentro del aparato estomatognático.

Para que el tratamiento de conductos sea exitoso, es preciso conocer los efectos de éste sobre la estructura del diente y en el mismo tratamiento; entre los efectos adversos que podemos encontrar, es la formación de una capa de desechos durante la etapa de instrumentación biomecánica de los conductos radiculares, conocida como “Barrillo dentinario”, siendo inevitable e inherente su formación.

Existen dos posturas al respecto: la eliminación o no del barrillo dentinario del sistema de conductos, y las consecuencias que esta capa de desechos provoca. Sin embargo, y teniendo en cuenta su composición y conformación, en los últimos años diversos autores como: Torabinejad M, Turpin YL, Walton R, Rodríguez I, entre otros, se inclinan más por la necesidad de eliminarlo ya que la consideran un factor en el fracaso del tratamiento endodóncico.

Para la eliminación del barrillo dentinario, es necesario hacer uso de diferentes sustancias, la importancia de éstas radica en conocer su modo de actuar y los posibles efectos que éstas tienen sobre el diente, ya sea de manera aislada o al usarse en complemento con otras soluciones.



2. PROPÓSITO

Adentrar al lector en el conocimiento, composición y manejo del barrillo dentinario. Además de la necesidad de su eliminación dentro del tratamiento de conductos.

3. OBJETIVOS

GENERAL

Describir los aspectos clínicos del barrillo dentinario en endodoncia.

ESPECÍFICOS

- Definir el tratamiento de conductos y su relación con el barrillo dentinario.
- Puntualizar como se forma el barrillo dentinario, su composición y estructura.
- Conocer las sustancias que sirven para eliminar el barrillo dentinario, modo de acción y su efecto sobre la dentina.
- Describir el efecto del barrillo dentinario en la medicación intraconducto.

4. COMPLEJO DENTINOPULPAR

Gómez M, y cols.¹ Mencionan que la dentina y la pulpa conforman una **unidad estructural**, debido a que las prolongaciones de los odontoblastos están incluidas en la dentina; conforman una **unidad funcional**, ya que la pulpa mantiene la vitalidad de la dentina, y la dentina protege a la pulpa; además, comparten un origen embrionario común, ambas derivan del ectomesénquima que forma la papila del germen dentario. Por estas razones se considera a la dentina y la pulpa, un **complejo dentino-pulpar. (Fig. 1)**

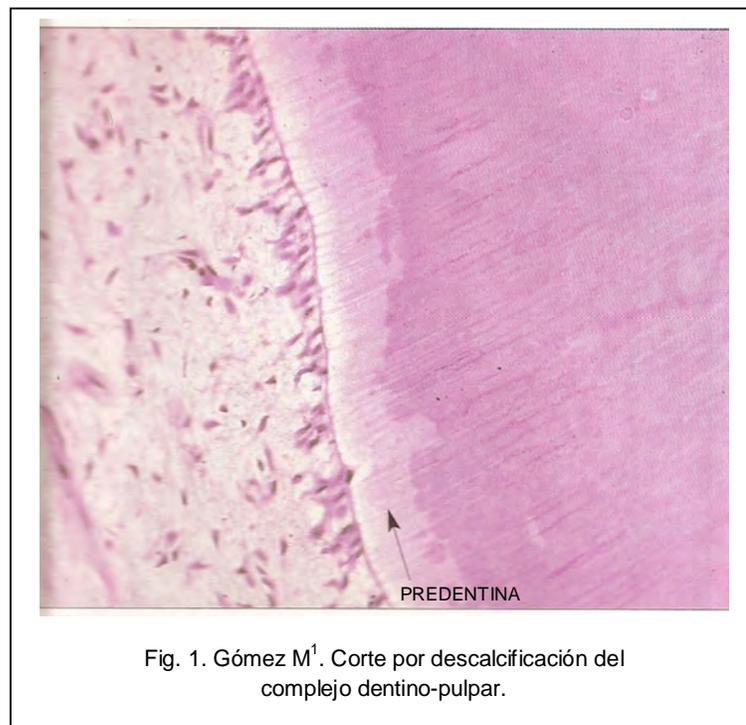


Fig. 1. Gómez M¹. Corte por descalcificación del complejo dentino-pulpar.



4.1 DENTINA

4.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Gómez M.¹ Menciona que nos podemos referir a la dentina, como sustancia ebúrnea o marfil; es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria.

En la porción coronaria la dentina está recubierta a manera de casquete por el esmalte, mientras que en la región radicular se encuentra tapizada por el cemento. Interiormente, la dentina delimita una cavidad denominada cámara pulpar, la cual contiene a la pulpa dental.¹

La dentina está compuesta de una matriz orgánica de fibras de colágeno y mineral de hidroxiapatita.

Basándose en su periodo de desarrollo, la dentina se clasifica en tres capas:

- ***Dentina primaria.***

Es el componente principal de la corona y raíz; consta de ***dentina del manto***, que se deposita primero, a lo largo de la unión amelodentinaria, en una banda de aproximadamente 150 μ m de espesor, según Avery.² Se llama así por que sirve de recubrimiento al resto de la dentina. Las fibras de colágeno de esta dentina son más gruesas (fibras de Von Korff) que las fibras de la dentina circunpular, algunas tienen un diámetro de hasta 0,1 a 0,2 μ m.^{1,2}

La dentina del manto está ligeramente menos mineralizada y contiene menos defectos de desarrollo que la dentina circunpular.¹ De igual manera la dentina de manto presenta un número aumentado de túbulos pues contiene las ramificaciones terminales de los mismos.¹



La dentina del manto está separada de la dentina circunpular por una zona de formación de dentina alterada denominada **dentina globular** (se llama así, debido a que presenta espacios globulares, que son áreas hipomineralizadas), se cree que esta dentina es resultado de una mineralización deficiente; la dentina globular solo existe en la corona, sin embargo, puede extenderse en ocasiones al interior de la raíz.²

La segunda capa de la dentina primaria es la **dentina circunpular**, que tiene un espesor aproximado de 6-8mm en la corona y un poco menos en la raíz; las fibras de colágeno de la matriz en esta dentina llegan a medir de 50 a 200nm[†], siendo 10 veces más pequeñas que las fibras de la dentina del manto.²

- **Dentina secundaria o fisiológica.**¹

Se forma cuando los dientes inician su función oclusal y las raíces están casi formadas. Se deposita más lentamente que la dentina primaria y sus líneas de incremento están separadas 11,5 m[†]. Los túbulos de la dentina primaria y secundaria normalmente se continúan a menos que el depósito de dentina secundaria sea irregular.²

- **Dentina terciaria**

También llamada reparativa o de respuesta, debido a que se forma adyacente a un área donde caries o traumatismos mecánicos afectan a la pulpa (zonas de activación odontoblástica) para protegerla.³

* El nanómetro es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro. $1\text{ nm} = 1 \times 10^{-9}\text{ m}$. Miller CD, Heeren VE, Hornsby EJ, Mathematical deas, 8^a ed., Massachusetts, E.U.A., Addison Wesley Educational Publishers Inc., 1997, Pp. 857.

† m → micro = .000001m Miller CD, Heeren VE, Hornsby EJ, Mathematical deas, 8^a ed., Massachusetts, E.U.A., Addison Wesley Educational Publishers Inc., 1997, Pp. 857.



Puede depositarse rápidamente, formando dentina irregular, con túbulos escasos y entrelazados, y posibles inclusiones celulares; este tipo de dentina presenta odontoblastos, fibroblastos y células sanguíneas.

Cuando la dentina de reparación se asemeja más a hueso que a dentina se denomina **osteodentina**.²

PRE DENTINA

Es una capa de dentina sin mineralizar, de 20 a 30µm de ancho, se encuentra en el borde pulpar, es la dentina neoformada, antes de la calcificación y maduración. Está compuesta de fibras de colágeno que se calcifica a medida que los odontoblastos depositan una nueva banda de fibras de colágeno tipo I y II. Los odontoblastos se sitúan en la superficie de la dentina en formación; las prolongaciones odontoblásticas se encuentran en los túbulos y penetran en la dentina desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria.²

Durante la formación de la dentina primaria, se depositan y calcifican diariamente 4 m de pre dentina; después de la oclusión y función, esta actividad disminuye hasta 1 a 1,5 m por día.²



4.1.2 COMPOSICIÓN Y CONFORMACIÓN

La dentina otorga el color al diente, que generalmente es amarillo, en contraste con el esmalte, sin embargo puede presentar variaciones de acuerdo a la edad y de un individuo a otro.²

La dentina es menos **translúcida** 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.¹

La **dureza**¹ de la dentina está determinada por su grado de mineralización. Presenta 20% menos minerales que el esmalte, por lo que la dentina es menos dura que el esmalte, aunque ligeramente más dura que el hueso y el cemento. Los valores promedios de la microdureza de la dentina en dientes permanentes varía entre 0,57 y 1,13 GPa[‡].

La **elasticidad** propia de la dentina, es resultado de la matriz de los túbulos dentinarios, que permite compensar la rigidez del esmalte. Los valores medios del módulo elástico de Young (capacidad elástica de un material o deformación que sufre al incidir sobre él una fuerza), para la dentina permanente oscila entre 17,6 a 22,9 GPa.^{1,2}

De igual manera, la **permeabilidad** es una característica de la dentina, debida a la presencia de los túbulos dentinarios, que permiten a distintos elementos penetrar con relativa facilidad.^{1,4}

La dentina madura se compone en un 70% de material inorgánico, del cual el principal componente es $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, conocida como hidroxiapatita, los diámetros de estos cristales son de 36nm de longitud, 25nm de anchura y 10nm de altura; estos cristales se orientan de forma

[‡] El pascal (símbolo Pa) es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma. Un gigapascal es 10^9 Pa.



paralela a las fibras de colágeno de la matriz dentinaria.¹ En cierta cantidad podemos encontrar fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y otros oligoelementos como flúor, cobre, sodio, cloro, potasio, estroncio, zinc y magnesio.⁵

El 20% de la dentina es matriz orgánica, de la cual el 91% es colágeno (en mayor proporción es de Tipo I, sintetizada por los odontoblastos; en menor cantidad se observa colágeno tipo III, que es segregado en casos de dentina opalescente y en ocasiones está presente en la dentina peritubular; el de tipo IV, se presenta al inicio de la dentinogénesis, cuando existe una membrana basal que separa la dentina no mineralizada de los odontoblastos; los tipos V y VI se han descrito en distintas regiones de la predentina); el resto está compuesto por fosfoproteínas, proteoglucanos, proteínas que contienen g-carboxiglutamato, glucoproteínas ácidas, factores de crecimiento y lípidos.^{1,3}

La estructura histológica de la dentina está compuesta por:

→ Unidades básicas.

- Túbulos dentinarios
- Matriz intertubular

→ Unidades secundarias.

- Líneas de crecimiento
- Dentina interglobular
- Zona granulosa de Tomes
- Líneas dentarias de Schreger
- Unión amelodentinaria y cementodentinaria.¹



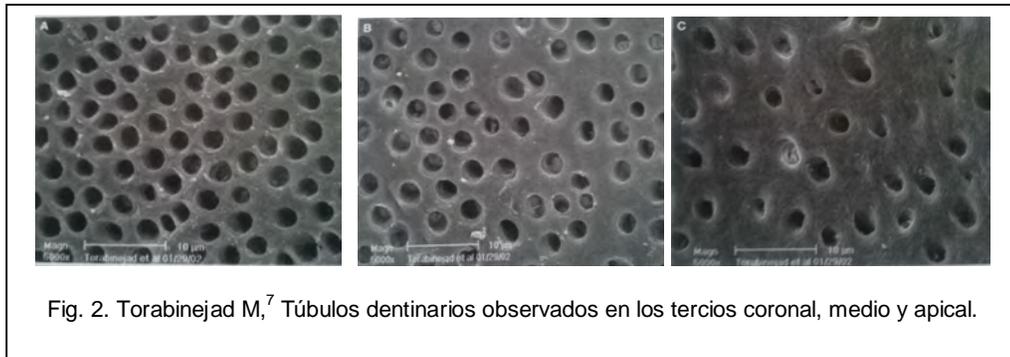
TÚBULOS DENTINARIOS

Una característica de la dentina humana son los túbulos dentinarios, que ocupan el 1% de la dentina superficial y el 30% de la dentina que se encuentra cerca de la pulpa.³

Los túbulos dentinarios son ligeramente cónicos, su porción más ancha la podemos encontrar hacia la pulpa, esta conicidad se debe a la formación continua de dentina peritubular, lo que conlleva a una disminución progresiva del diámetro de la luz dando un diámetro de 1,2 μ m en la porción media de la dentina, hasta un diámetro final de 1 μ m cerca de la unión amelodentinaria.³ Esta forma cónica, permite el aumento de la permeabilidad desde la pared hasta la pulpa.

Por lo que la única característica que protege a la pulpa de irritantes y bacterias, es la alta presión osmótica en el área de la unión amelodentinaria; Cuichi B,⁶ en 1995, demostró que la presión tisular de la pulpa es de aproximadamente 10mmHg. El líquido está siendo constantemente forzado hacia el exterior por un aumento de presión en la pulpa.

Torabinejad M,⁷ et al, 2003. Encontró que en el tercio coronal de los canales radiculares, los túbulos dentinarios son abundantes y más alargados, en comparación con los observados en el canal radicular. Los túbulos dentinarios en el tercio apical se observaron en menor cantidad y significativamente pequeños, comparados con los túbulos dentinarios del resto del canal radicular (Fig 2).



En la dentina coronaria hay aproximadamente 15, 000 a 20.000 túbulo por milímetro cuadrado cerca del esmalte y 45.000 a 65, 000 túbulo por milímetro cuadrado cerca de la pulpa; mientras que en la dentina radicular el número de túbulo es de 24, 000 por mm² cerca del área pulpar y alrededor de 12, 000 por mm² en la región de la periferia.^{1,8}

En la siguiente tabla podemos observar el promedio de túbulo y su respectivo diámetro a diferentes distancias de la pulpa.

--	No. de Túbulo (1.000/mm ²)		Diámetro de los Túbulo (m)	
	Media	Límites	Media	Límites
Pared pulpar	45	30-52	2,5	2,0-3,2
0,1-0,5	43	22-59	1,9	1,0-2,3
0,6-1,0	38	16-47	1,6	1,0-1,6
1,1-1,5	35	21-47	1,2	0,9-1,5
1,6-2,0	30	12-47	1,1	0,8-1,6
2,1-2,5	23	11-36	0,9	0,6-1,3
2,6-3,0	20	7-40	0,8	0,5-1,4
3,1-3,5	19	10-25	0,8	0,5-1,2

De Garberogli R, Brännström M: Arch Oral Biol 1976; 21:355.³



Dentina Intratubular

También conocida como dentina peritubular por ser un collar hipermineralizado que rodea a los túbulos (Fig. 3).

La formación de la dentina intratubular, se produce cuando se termina de completar la mineralización de la dentina intertubular, se va depositando en forma centrípeta en relación al túbulo dentinario.¹

Es la matriz dentinaria que rodea inmediatamente al túbulo dentinario, se encuentra en los túbulos a lo largo de la dentina excepto cerca de la pulpa; esta dentina esta ausente en los túbulos dentinarios de la dentina interglobular.²

Entre el proceso odontoblástico y la pared del túbulo hay un espacio denominado espacio periprocesal ocupado por fluido dentinal, que proviene de la sustancia intercelular de la pulpa dental.¹

La dentina intratubular se caracteriza por estar aproximadamente 40% más calcificada que el resto de la dentina, sus cristales de hidroxapatita son ricos en magnesio, carbonato y fosfato cálcico amorfo, teniendo una dureza de 2,45 +/- 0,14 GPa a todo lo largo del trayecto tubular; carece prácticamente de colágeno, si lo hay es muy escaso, y de tipo III, la materia orgánica está formada por glicoproteínas, proteoglicanos y lípidos.^{1,2}

Se ha demostrado que una dentina joven, el espesor de la dentina intratubular es de 400nm en la proximidad de la pulpa, mientras que en la vecindad de la unión amelodentinaria es de 750nm. Por lo que el diámetro interno de los túbulos es de 2 a 4 μ m alrededor de la base de la prolongación odontoblástica, comparado con el diámetro de 0,9 μ m que exhiben en la zona superficial.^{2,3}

Dentina Intertubular

Es la masa principal de la dentina y se localiza entre o alrededor de los túbulos dentinarios (Fig. 3). Esta dentina está compuesta del mismo tipo de fibras de la matriz orgánica (fibras de colágeno tipo I y cristales de hidroxiapatita) de la dentina intratubular. Sin embargo, la dentina intertubular es menos calcificada, varía significativamente de la zona próxima a la unión amelodentinaria ($0,51 \pm 0,02$ GPa) y la zona próxima a la pulpa ($0,15 \pm 0,03$ GPa) esta disminución de dureza en la proximidad de la pulpa se atribuye a la disminución de la dureza de la dentina y no a la presencia de un mayor número de túbulos dentinarios; por otra parte, la dentina intertubular cambia poco a lo largo de la vida.^{1,2} Las fibras de colágeno de la matriz forman una red orientada casi perpendicular a la dentina intratubular.²

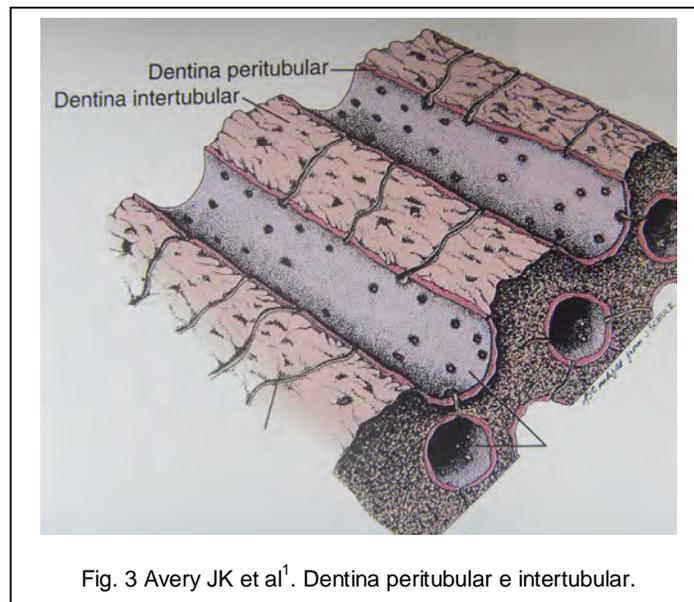


Fig. 3 Avery JK et al¹. Dentina peritubular e intertubular.



Capa Granular

También llamada capa de Tomes, se extiende desde la unión cementodentinaria al ápice de la raíz. Se distingue como una franja oscura, delgada, de 50 m aproximadamente, vecina a la unión cementodentinaria y paralela a ella en toda su longitud.¹

Dentro de las tres capas hipomineralizadas de la dentina (junto con la dentina interglobular y predentina), ésta es la que contiene mayor concentración de calcio y fosforo.¹

Se cree que esta zona es el resultado de una coalescencia y entrelazamiento de las porciones terminales de los túbulos dentinarios.²

Dentina interglobular

También conocida como espacios de Czermack, estos espacios interglobulares varían en tamaño, desde 150 a 300 m, es una zona de matriz orgánica hipomineralizada o sin mineralizar.¹

Curvaturas primarias

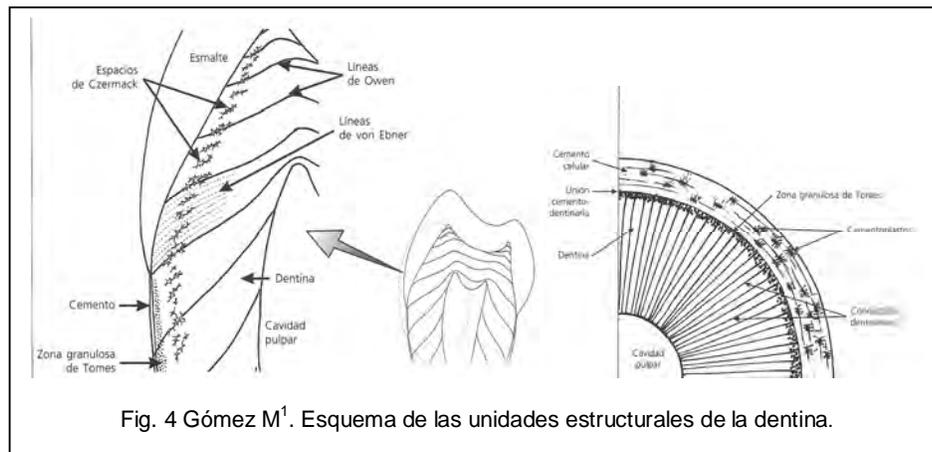
Los túbulos dentinarios de la dentina coronaria siguen un trayecto doblemente curvo, en forma de “S” itálica, la curva más externa de dicha “S” es la convexidad coronaria y la más interna es la convexidad apical. En la región radicular, los túbulos describen solo una curvatura poco pronunciada, de convexidad apical.

Líneas o bandas dentinarias de Schreger

Son homologas a las bandas de Hunter-Schreger del esmalte. Representan el cambio de rumbo más o menos brusco de los túbulos dentinarios al realizar la curvatura primaria. Cuanto más marcadas son las dobles curvas de las "S", más nítidas aparecerán estas líneas.

Conexiones

La conexión amelodentinaria, es una línea festoneada, nítida por ser de tejidos de origen y estructura muy diferentes; por el contrario el límite cementodentinario resulta poco evidente, debido a las similitudes del cemento y la dentina, ambos son tejidos conectivos especializados derivados del ectomesénquima (Fig. 4).



La dentina se deposita incrementalmente (por aposición), es decir, se deposita cierta cantidad y hay interrupción de la actividad, provocando una alteración de la matriz, conocida como **líneas de incremento**, imbricación o de Von Ebner, las líneas formadas por el incremento de aproximadamente 5 días, da lugar a líneas de 20 m, representando bandas de hipocalcificación.



4.2 PULPA DENTAL

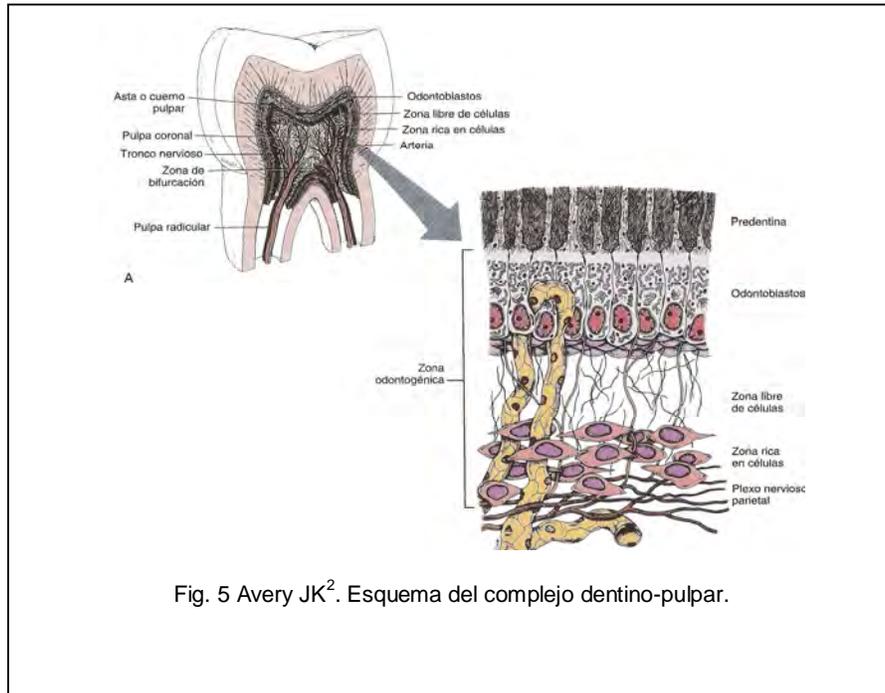
La pulpa dental es el tejido conectivo (blando) especializado, que contiene vasos sanguíneos de pared delgada, nervios y terminaciones nerviosas; localizadas en la porción central de cada diente (Fig. 5).

Tiene una porción coronal y una porción radicular, en ambas se observa una zona central que contiene grandes arterias, venas con células musculares de soporte en sus paredes (que se encuentran bajo control simpático) y troncos nerviosos; los fibroblastos, son las células más comunes en la pulpa, se encargan de producir fibras de colágeno y sustancia fundamental; se encuentran en una sustancia intercelular de glucosaminoglucanos y fibras de colágeno; en la periferia, se pueden diferenciar las siguientes zonas: zona odontogénica que consta de odontoblastos; zona libre de células o capa basal de Weil, mide aproximadamente 40 μ m y está conformada por capilares sanguíneos, fibras nerviosas amielínicas y finas prolongaciones citoplasmáticas de los fibroblastos; zona rica en células, en esta capa abundan los fibroblastos, macrófagos, células dendríticas y células mesenquimatosas indiferenciadas; adyacente a la zona rica en células hay una capa de nervios parietales.^{2,3}

La zona de células sanguíneas terminales se encuentra en la periferia, en capilares de paredes delgadas situadas entre los odontoblastos.²

Otro tipo de células que se encuentran en la pulpa incluyen a las células de Schwann, que forman la vaina de mielina y están asociadas a todos los nervios pulpares; células endoteliales que tapizan a los capilares, venas y arterias de la pulpa; acompañando a los vasos sanguíneos se encuentran pericitos y células indiferenciadas, además de macrófagos, linfocitos, y dentro de los vasos sanguíneos de la pulpa, leucocitos, eosinófilos y basófilos.²

La vascularización de la pulpa proviene de las arterias carótida externa, las arterias alveolares superiores e inferiores.²



Foramen apical; es la abertura de la pulpa radicular en el interior del periodonto, que varía de 0,3 a 0,6 mm, siendo más grande en dientes maxilares que en mandibulares².



ODONTOBLASTOS

Los **odontoblastos** revisten el perímetro de la pulpa, siendo más grandes en la pulpa coronal que en la pulpa radicular, presentan una longitud de 35 μ m en los cuernos pulpares, mientras que en la pulpa radicular son cúbicos, y en la región apical son planos.²

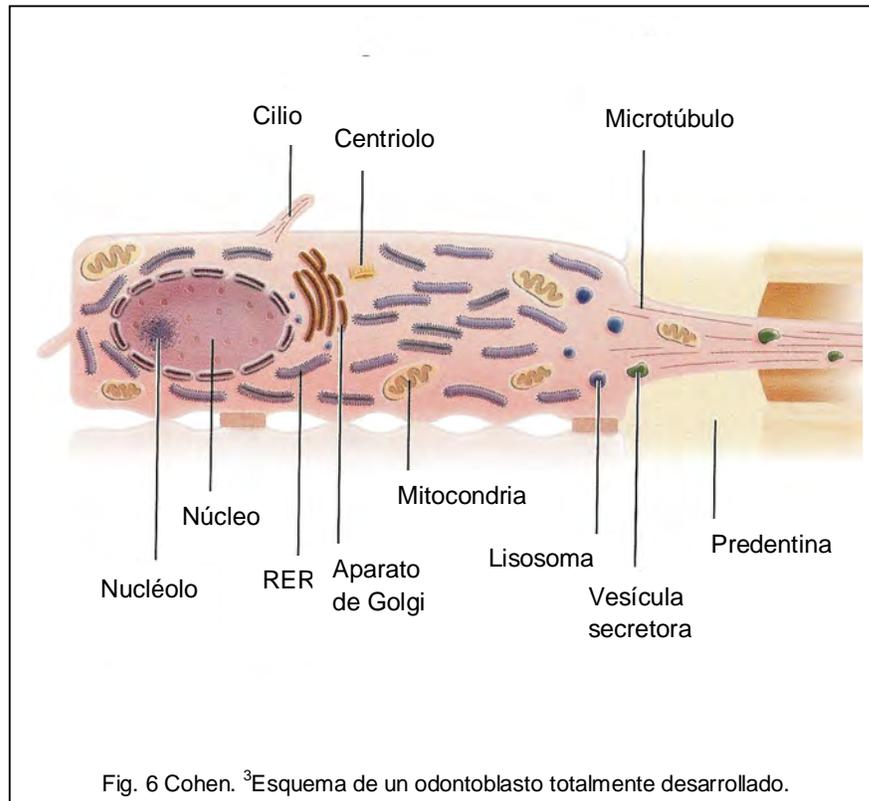
La célula activa tiene un núcleo grande en su porción basal y un aparato de Golgi hacia apical; a través del cuerpo celular se encuentra abundante retículo endoplásmico rugoso y numerosas mitocondrias (Fig. 6).²

La prolongación se origina del odontoblasto en el borde predentinario, pasa a través de la predentina, donde se localizan unas pocas mitocondrias, y a medida que continúa en la dentina mineralizada, es desprovista de organelos importantes, aunque conserva microtúbulos a lo largo de toda su extensión hacia la unión amelodentinaria.²

En la pulpa se han encontrado colágeno tipo I, que probablemente es producido por odontoblastos, ya que es el tipo de colágeno que se encuentra en la dentina; y tipo III producido por los fibroblastos pulpares.²

Las prolongaciones odontoblásticas son de mayor diámetro cerca de la pulpa (3 a 4 μ m) y se adelgaza hasta 1 μ m cerca de la unión amelodentinaria.²

Entre los odontoblastos se observan tres tipos de unión; herméticas, que ayudan al mantenimiento de una relación posicional; de hendidura o gap, permiten la comunicación de impulsos eléctricos y paso de pequeñas moléculas; y uniones intermedias.^{1,2}



La pulpa dental desempeña cinco funciones⁹

- **Inductiva**. Participa en la iniciación y desarrollo de la pulpa.
- **Formativa**. Los odontoblastos forman la dentina.
- **Nutritiva**. La pulpa suministra nutrientes que son esenciales para la formación de la dentina y la integridad de la misma pulpa.
- **Defensiva**. En el diente maduro, los odontoblastos forman dentina en respuesta a irritantes, mediante la inducción, diferenciación y migración de odontoblastos.
- **Sensitiva**. Los nervios en la pulpa son capaces de responder a un estímulo, mediante sensación de dolor.



5. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

5.1 NECESIDAD DE TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

Cuando la pulpa de un diente se ha lesionado o está enferma y es incapaz de repararse a sí misma, se inflama y acaba por morir. Las causas más frecuentes de la muerte de la pulpa son las caries extensas, obturaciones profundas, traumatismos, fractura del diente y la enfermedad periodontal o de la encía.³

En el momento que la pulpa entra en contacto con bacterias procedentes de la caries o de la saliva se puede infectar el interior del diente y, en ausencia de tratamiento, la infección se puede acumular en la punta de la raíz para formar un absceso. Con el tiempo, el hueso que proporciona soporte al diente se destruye, y es frecuente que la infección se acompañe de dolor y tumefacción. Sin tratamiento endodóncico, habrá que extraer el diente.³

Indicaciones del tratamiento de conductos.¹⁰

- Compromiso de la pulpa, que mediante procesos inflamatorios o infecciosos, pueden repercutir en la región periapical.
- Pulpitis irreversible
- Pulpitis hiperplásica
- Necrosis pulpar
- Enfermedades degenerativas
- Traumatismo dentario



El tratamiento de conductos proporciona la curación de los tejidos perirradiculares, es un método seguro y eficaz para salvar dientes manteniéndolos como una unidad funcional dentro del arco dental.³

Es justamente en la fase de preparación del conducto donde se produce la formación del barrillo dentinario, a partir de la acción mecánica de los instrumentos sobre la superficie dentinaria.¹⁰

La instrumentación endodóncica ya sea utilizando técnicas manuales o mecánicas, producen barrillo dentinario y tapones que contienen tejido calcificado, tejido pulpar, procesos odontoblásticos, microorganismos y células sanguíneas.¹¹

5.2 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LA DENTINA ASOCIADOS AL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

La realización de un tratamiento de conductos va a modificar las propiedades físicas y mecánicas de los tejidos dentarios, a su vez, la extirpación de la pulpa dental va a producir alteraciones en su estructura, lo que va a inducir cambios en el comportamiento del diente ante su función principal, que es la masticación.¹²

Estos cambios pueden afectar a:

- **La estructura dentaria**, Según Weine y Col.¹² (1975) Las técnicas de limpieza y conformación del conducto radicular afectan directamente su anatomía y morfología.



- ***El contenido de humedad***

Papa y Col,¹⁴ en 1994, realizaron un estudio para comparar la pérdida de humedad en dientes humanos tratados endodóncicamente, con respecto a dientes vitales, en sus resultados obtuvieron que los dientes vitales poseían un contenido de humedad de 12.35%, mientras que los dientes tratados endodóncicamente mostraron un contenido humedad de 12.10% presentando una disminución del contenido de humedad total del 2.05% lo cual no es estadísticamente significativo, por lo que sugieren que el cambio en las propiedades físicas del diente no se debe a la disminución del contenido de humedad.

Para determinar los efectos que produce la disminución del contenido de humedad de un diente tratado endodóncicamente, Huang T y Col,¹⁵ en 1992, realizaron distintas pruebas en dientes vitales y dientes tratados endodóncicamente, éstos fueron sometidos a distintas pruebas mecánicas, concluyendo:

- La deshidratación incrementa la dureza y disminuye la flexibilidad de la dentina.
- Los dientes tratados endodóncicamente mostraron un menor módulo de elasticidad, y un menor límite proporcional a la compresión, que los dientes vitales.
- Los resultados de este estudio indican que la deshidratación de la dentina no parece debilitar la estructura dentinaria en términos de fortaleza y dureza.



- ***Cambios producidos por la permeabilidad dentinaria.***

Galvan A, Guignes et al.¹⁶ en un estudio realizado en 1996 coinciden que los principales factores que afectan la permeabilidad de la dentina son la formación de barrillo dentinario y la reducción del grosor de la dentina radicular después de realizar el trabajo biomecánico.

- ***Cambios producidos en las propiedades físicas del tejido dentinario. Dureza***

Patterson,¹⁷ en 1963, refiere que algunas sustancias que se utilizan durante el tratamiento de conductos, tal como el EDTA disminuye la dureza de la dentina.

Sedgley y Messer¹⁸ realizaron un estudio en 1992, comparando la dureza de dientes tratados endodóncicamente, con la dureza de dientes vitales, determinaron que los dientes vitales tienen una microdureza de 3.5% mayor que los dientes tratados endodóncicamente,

6. BARRILLO DENTINARIO

Existen reportes donde se habla de una capa de barrillo dentinario desde el siglo XVII de nuestra época.¹⁹

Sin embargo, el "**barrillo dentinario**" o "**smear layer**" fue descrito por primera vez por **Boyde**²⁰ en 1963, como consecuencia de la acción del instrumental rotatorio durante las preparaciones cavitarias.

Posteriormente **Mc Comb y Smith**²¹ en 1975, observaron esta capa en los conductos instrumentados durante el tratamiento endodóncico, determinando que estaba constituida por dos fases, una orgánica y otra inorgánica.

En la literatura podemos encontrar como diversos autores se han referido a esta capa de residuos: Smear layer, Boyde en 1963²⁰; capa de barro dentinario, Rodríguez en 2003²²; estuco dentinario, Carrillo C. en 2005¹⁹; barro dentinario, Manzur AJ. en 2005²³; barrillo dentinario, Cohen 2009³; magma dentinario, de Lima en 2009¹⁰, entre otros (Fig. 7).

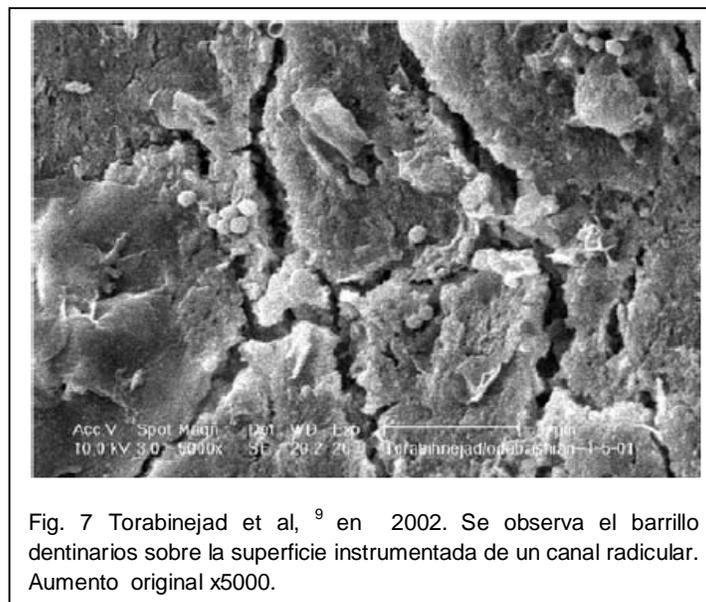


Fig. 7 Torabinejad et al,⁹ en 2002. Se observa el barrillo dentinarios sobre la superficie instrumentada de un canal radicular. Aumento original x5000.



6.1 FORMACIÓN DEL BARRILLO DENTINARIO EN EL MOMENTO DE LA INSTRUMENTACIÓN DEL CONDUCTO RADICULAR.

Bergenholtz G.²⁴ En 2003, define al barrillo dentinario como una capa producida durante la instrumentación endodóncica, su composición es reflejo de la dentina instrumentada (pre-dentina), remanente pulpar y, material que previamente infecto al canal radicular.

Por lo tanto, el barrillo dentinario es el resultado de un fenómeno físico-químico que se produce durante la instrumentación endodóncica²⁴.

El barrillo dentinario está compuesto de dos fases; una **fase orgánica**, que está constituida principalmente de fibras de colágeno de la dentina e incluso prolongaciones odontoblásticas y glucosaminoglucanos, provenientes de la matriz extracelular orgánica, además podemos encontrar tejido necrótico (en ciertos casos), bacterias y células sanguíneas. Esta capa sirve como matriz para la siguiente capa predominantemente inorgánica.

La segunda fase o **cubierta parietal organomineral** está constituida por las virutas o partículas de los tejidos duros del diente, en este caso de dentina, compuestas de hidroxiapatita que se desprenden durante la instrumentación, y que unido a los líquidos de irrigación forman una sustancia más o menos homogénea.^{25,26}

Los principales componentes inorgánicos de la capa parietal son: fósforo y calcio (que son los elementos más comunes en la dentina), sin embargo podemos encontrar otros elementos, tales como: Sn, Si, Cr, Zn, Al, Fe, Cu, Mn, y Pb, éste último se cree que se debe a la contaminación ambiental.²⁶

6.2 ESTRUCTURA DEL BARRILLO DENTINARIO

Su estructura microscópica a bajo aumento (ca x200) (Fig. 8), es de una masa homogénea amorfa, sin embargo, a un aumento superior (ca x18,000) se observa una subestructura granular con partículas de tamaño que oscilan entre 0,05 μ m y 0,1 μ m, de diámetro, especialmente sobre el lumen de los túbulos dentinarios, este diámetro permite que aún agrupándose en partículas más grandes puedan penetrar en los orificios de los túbulos dentinarios.²⁶

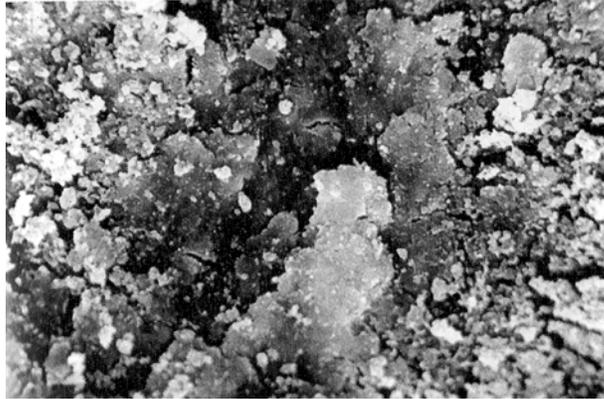


Fig. 8 Cohen, 2009³ Microscopia electrónica de superficie de la pared de un conducto preparado. Los túbulos están cubiertos por una capa de barrillo dentinario.

La fase organomineral está formada sobre la superficie dentinaria y se divide en dos partes: una superficial que se deposita sobre la dentina intertubular y los orificios de los túbulos, es delgada y fácil de eliminar, la segunda fase es intratubular, ocluye los túbulos y está fuertemente adherida.²⁶

El tapón de barrillo dentinario presenta una apariencia amorfa claramente diferente del barrillo que se encuentra en el lumen de los túbulos dentinarios, lo que se presume sea indicativo de presencia de material orgánico.²⁶



6.3 ESTRUCTURA DE LOS TÚBULOS DENTINARIOS Y SU RELACIÓN CON EL BARRILLO DENTINARIO

Los componentes del barrillo dentinario son forzados al interior de los túbulos dentinarios, lo cual puede ser resultado del movimiento lineal y rotación de los instrumentos, además de la acción capilar generada entre los túbulos dentinarios y el barrillo dentinario.²⁷

Como antes se mencionó la estructura microscópica del barrillo dentinario es la de una masa homogénea de aspecto granular con partículas de tamaño que oscilan entre 0,05 μ m y 0,1 μ m de diámetro.²⁶

La fase organomineral del barrillo dentinario se divide en dos partes:

- Superficial. Presenta de 1 a 2 μ m de espesor y solo se encuentra en las superficies instrumentadas. Sin embargo y, debido a que el barrillo dentinario es de origen iatrogénico,²⁵ su composición y grosor varía según el procedimiento de instrumentación endodóncico, irrigación y características propias del diente (edad, tipo de conducto y estado del mismo).
- Intratubular. Su grado de penetración en los túbulos dentinarios, de la capa intratubular varía según los autores (Pashley DH, Mercedes M, Torabinejad M), si bien se acepta que la profundidad oscila entre 1-2 μ m a un máximo de 40 μ m, siendo la media de 10 μ m (Fig. 9).²⁵



Fig. 9 Mercedes M.²⁸ Esquema que muestra el barrillo dentinario que se forma después de realizar trabajo biomecánico. Se observan los túbulos dentinarios taponados hasta una profundidad de 5µm de profundidad.

7. EFECTO DEL BARRILLO DENTINARIO EN EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

Autores como Drake DR,²⁹ en 1994, Branstron y Nybora, Baker y cols., Yamada y cols., Williams y Goldman, Haapasalo y Orstavik¹⁰ que aconsejan no eliminar el barrillo dentinario, ya que puede actuar bloqueando la entrada de los túbulos dentinarios y así limitar la penetración de bacterias y sus productos.

Sin embargo, Byström y Sundqvist.³⁰ en 1995, y Berutti E.³¹ en 1997, mencionan que el barrillo dentinario de igual manera, no permite la penetración de los agentes antimicrobianos, tales como sustancia de irrigación y medicación intraconducto.



Diferentes estudios realizados han mostrado que la remoción del barrillo, da lugar a una desinfección más completa del sistema de conductos radiculares y túbulos dentinarios, lo que garantizaría una mejor adaptación entre el material de obturación y las paredes del conducto radicular. (Gettleman et al., 1991, Garberoglio y Becce, 1994, Panighi y Jacquot 1995, Taylor et al., 1997, Lioliosa et al., 1997, Torabinejad M, 2002).³²

Turpin YL et al,³³ en 2002. Señalan que algunas bacterias (p. ej. *Bacteroides gingivalis* y *Treponema dentícola*) tienen la capacidad de disolver las proteínas del barrillo dentinario y, por lo tanto, producir hendiduras que favorecen microfiltraciones coronales y apicales, y proliferación bacteriana.

Autores como Clark- Holke, Drake D, Walton R,³⁴ en 2003; están de acuerdo en que el barrillo dentinario se debe eliminar, y atribuyen la reducción de microfiltración en dientes sin barrillo dentinario, a una mayor penetración del cemento sellador en los túbulos dentinarios abiertos y a una mejor adhesión de los selladores en las paredes limpias del conducto radicular.

Rodríguez I. y cols²², en 2003. Menciona la importancia de eliminar del barrillo dentinario, ya que el no hacerlo, aumenta el porcentaje de fracaso de tratamientos endodóncicos que radiográficamente se observan exitosos, y su causa principal es que el barrillo dentinario impide la eliminación de bacterias y toxinas que persisten en los túbulos dentinarios. La eliminación del barrillo dentinario dentro del conducto permite el contacto directo del material obturador con las paredes del canal radicular así como el paso del mismo a conductos laterales no instrumentados.



Scelza MF et al,³⁵ en 2004, menciona que debido a que el barrillo dentinario es una estructura amorfa que contiene bacterias y sus productos, y además es capaz de penetrar en los túbulos dentinarios hasta 40µm, se considera reservorio de irritantes y contaminación dentro del conducto radicular, por lo que se debe eliminar.

Carrillo C.,¹⁹ 2005. Describe la composición del barrillo dentinario, “*está compuesta de pequeños fragmentos de la matriz mineralizada de colágeno, de partículas inorgánicas de estructura dentaria, saliva, células sanguíneas y microorganismos*”. Por lo tanto, la considera como una superficie contaminada que se debe eliminar.

No todas las bacterias pueden penetrar el barrillo dentinario, pero Carrillo C,¹⁹ en 2005, refiere que la capa de barrillo dentinario es permeable a los productos biológicos de las bacterias que se difunden a través de esta capa, penetrando fácilmente en el interior de los túbulos dentinarios. Además, el sustrato orgánico del barrillo dentinario es fuente de nutrientes para algunas especies de bacterias.³

Ghoddusi J, et al.³⁶ En un estudio realizado en 2007, refieren que, en los dientes donde no removieron la capa de barrillo dentinario y se obturaron, presentaron microfiltración bacteriana significativamente mayor que en los dientes donde el barrillo dentinario fue removido con EDTA o MTAD.

De Lima,¹⁰ 2009. Menciona que la eliminación del barrillo dentinario es de suma importancia para el éxito de la terapia endodóncica, ya sea para optimizar la acción de la medicación intra y extrarradicular, como para mejorar la calidad final del sellado obtenido por el material obturador.



La deposición de barrillo dentinario que oblitera los conductos compromete la calidad final del tratamiento, de la siguiente manera:¹⁰

1. Interfiere en la efectividad de las sustancias químicas, no actuando en profundidad en el sistema de conductos radiculares.
2. Dificulta el poder de actuación de la medicación intrarradicular.
3. Perjudica la interfase cemento obturador–superficie dentinaria, disminuyendo el sellado apical.

8. IRRIGACIÓN DE CONDUCTOS Y BARRILLO DENTINARIO

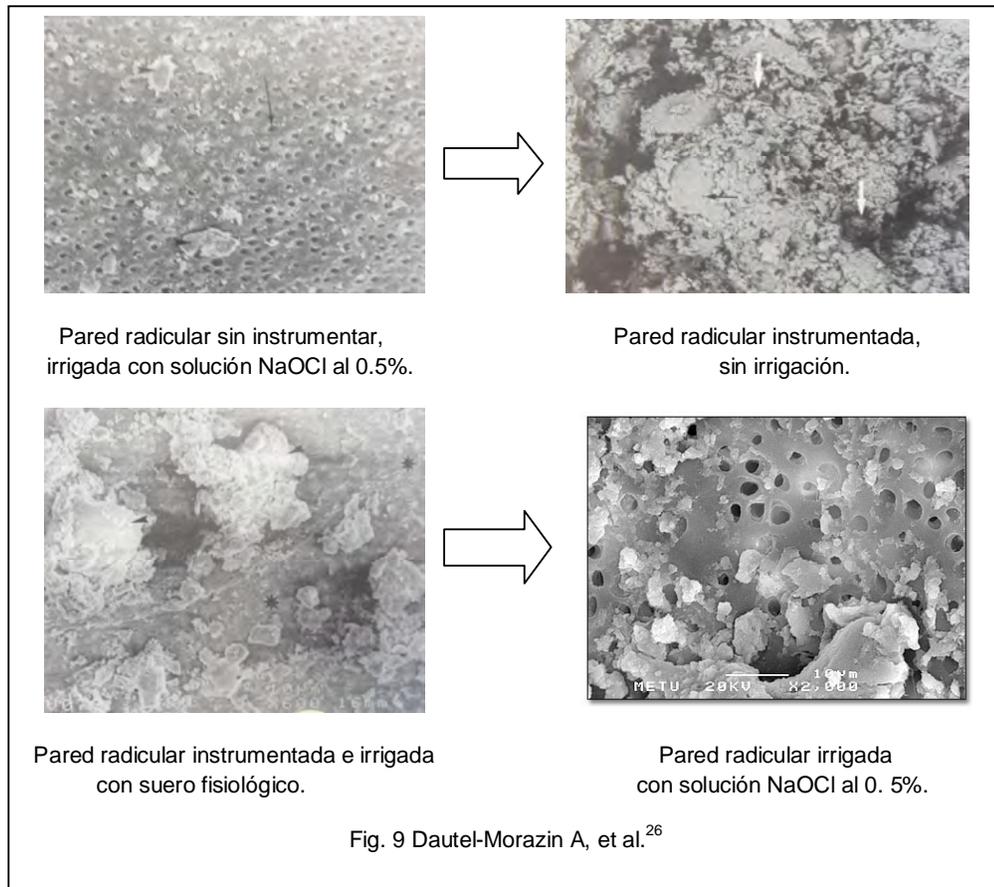
La irrigación es el procedimiento de limpieza radicular, esta tiene una función física, química y biológica.^{17,37}

La irrigación es un procedimiento necesario en la fase de preparación biomecánica del tratamiento de conductos que tiene como objetivo eliminar restos de tejido pulpar, virutas dentinarias y todo material del interior de los mismos que haya sido producido por los microorganismos o la instrumentación.²³

Dautel-Morazin et al.²⁶ En un estudio realizado en 1994, mencionan en sus resultados la necesidad de irrigar durante la instrumentación, ya que la capa de barrillo dentinario es más gruesa y compacta cuando no se irriga durante la instrumentación.

En el mismo estudio Dautel.²⁶ menciona que la irrigación juega un doble rol: remoción física del barrillo dentinario (como lo hace el suero fisiológico), mientras que algunas sustancias usadas durante la irrigación

presentan un efecto químico, por ejemplo el NaOCl que elimina la fase orgánica del barrillo dentinario (Fig. 9).





8.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS IRRIGANTES.¹⁰

Para realizar una adecuada selección de las sustancias irrigantes, se deben tomar en cuenta ciertas características:

- **Humectación.** Para que ejerzan su potencial los irrigantes, es necesario que consiga dispersarse por toda la superficie.
- **Baja tensión superficial.** Está relacionada con las propiedades de penetración y contacto.
- **Tensoactividad.** A mayor tensoactividad, mayor será el poder de homogeneización de los componentes acuosos y lipídicos que existen en el interior de la cavidad pulpar.
- **Potencial bactericida.** Con el fin de promover la eliminación de la mayor parte de la infección de los conductos.
- **Biocompatibilidad y/o biotolerabilidad.** Para permitir la reparación de los tejidos periapicales.
- **Acción lubricante.** Limpia el instrumento, mejorando la eficiencia de corte de éste y disminuye la probabilidad de fractura del instrumento dentro del conducto.
- **Efervescencia.** La liberación de gases en un medio acuoso mantiene en suspensión la suciedad removida a través de la instrumentación, impidiendo que se deposite en las porciones más apicales.
- **Solvente** de material orgánico e inorgánico.

Sayin TC et al,³⁸ en un estudio realizado en 2009, mencionan que para la completa eliminación del barrillo dentinario, se requiere de irrigantes que sean capaces de disolver ambas fases del barrillo dentinario, la fase orgánica y la fase inorgánica; debido a que no existe una solución que provea ambas características, se deben usar a la par ácidos o agentes quelantes más una sustancia que sea capaz de disolver tejidos.



8.2 TIPOS DE IRRIGANTES

8.2.1 HIPOCLORITO DE SODIO (NaOCl)

El hipoclorito de sodio ha sido definido por la Asociación Americana de Endodoncistas,³⁹ como un líquido claro, pálido, verde-amarillento, extremadamente alcalino con fuerte olor clorino, que presenta una acción disolvente sobre el tejido necrótico y restos orgánicos y además de ser un potente agente antimicrobiano.

Gracias a las investigaciones de Dakin y Dakin & Dunham en 1915, 1916 y 1917, respectivamente, comenzaron a ser ampliamente utilizados los compuestos a base de cloro en Medicina, Cirugía y Odontología.¹⁷

El uso en endodoncia de las soluciones cloradas fue sugerido por Blass, usado por Walker en 1936 y ampliamente difundido por Grossman.¹⁷

En 1941, Grossman & Meiman,¹⁷ evaluaron varios agentes químicos utilizados durante la preparación biomecánica de conductos radiculares y comprobaron que, la solución de hipoclorito de sodio al 4-6% fue el disolvente más eficaz del tejido pulpar.

EFFECTOS COMO IRRIGANTE

Entre las concentraciones de NaOCl más comúnmente usadas como irrigante en endodoncia encontramos 0,5%, 2,5% y 5.25%.³⁰

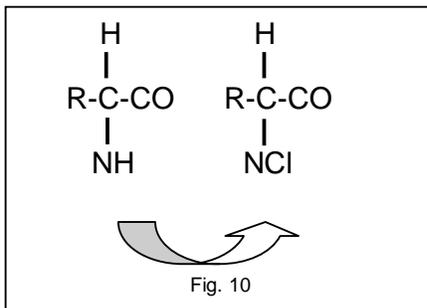
Algunas de las características más importantes del hipoclorito de sodio son las siguientes;

- **Baja tensión superficial.**

Esta propiedad hace que el NaOCl penetre a todas las concavidades del conducto radicular, al mismo tiempo que crea condiciones para una mayor eficacia de medicamentos aplicados de forma tópica en el conducto radicular.¹⁷

- **Acción Bactericida
(Deshidrata y solubiliza sustancias proteicas)**

Según Dakin & Dunham (1917), la acción bactericida del ácido hipocloroso, se da por oxidación de la materia orgánica, proceso por el cual el cloro sustituye al hidrógeno del grupo de las proteínas (Fig. 10).¹⁷



El nuevo compuesto así formado pertenece al grupo de las **cloraminas** y presenta elevada acción bactericida.

Berutti, et al.,³¹ en estudios realizados en 1997, observa que el NaOCl es capaz de eliminar la microflora presente en el conducto radicular. Siendo capaz de destruir *Enterococos* en 15 minutos a una concentración de 0.25%, mientras que una concentración de 0.5% necesito 30 minutos y a una concentración de 5.25% solo tardó 2 minutos para erradicarlos.^{3,31}

Esto es de gran importancia ya que ***E. faecalis*** se asocia con frecuencia a infecciones peripicales resistentes a la terapia, periodontitis apical



persistente, además de ser un *gran positivo* frecuentemente encontrado en los fracasos de tratamientos endodónticos.^{3,31}

Siqueira, et al 2000,⁴⁰ explica que cuando a NaOCl se le agrega agua, se forma ácido hipocloroso, que contiene cloro activo, un agente altamente oxidativo; el cloro ejerce su efecto antibacterial mediante la oxidación irreversible de los grupos sulfidril de enzimas bacterianas esenciales, interrumpiendo las funciones metabólicas de la célula bacteriana.

Además Siqueira,^{3,40} menciona que el NaOCl es un agente antimicrobiano de amplio espectro, que mata rápidamente bacterias que se forman por esporas, hongos y virus (incluyendo el HIV, rotavirus, HSV-1 y 2, y el virus de la hepatitis A y B).

Byström A,⁴¹ en 2006, menciona que el uso alternado de EDTA con NaOCl, aumenta la acción bactericida del NaOCl.

- **pH alcalino**

El pH alcalino (11.8) del NaOCl neutraliza la acidez del medio y por lo tanto crea un ambiente inadecuado para el desarrollo bacteriano.¹⁷

- **Acción disolvente.**

Grossman & Meiman, 1941.¹⁷ Mencionan que es el disolvente más eficaz para el tejido pulpar.

En la actualidad, el único producto que disuelve el tejido pulpar y colágeno es el hipoclorito de sodio. Estudios realizados in vitro han confirmado que en un tiempo de contacto tisular de 7 minutos con hipoclorito de sodio, éste disuelve el 75% del tapón tisular.³ Concentraciones menores 0.5 ó 1% disuelven principalmente tejido necrótico.

El hipoclorito reacciona con residuos orgánicos en el conducto radicular y de esta forma facilita la limpieza, sin embargo, esta reacción inactiva químicamente al NaOCl y reduce su capacidad antibacteriana, por esto una solución fresca de NaOCl debe ser aplicada frecuentemente dentro del conducto radicular para reactivar la reacción química y la remoción de restos.⁴⁰

- **Doble acción detergente.**

El NaOCl juega un rol doble como irrigante, remoción mecánica de los detritos y una función química en el barrillo dentinario; esto se asocia debido a que el uso de NaOCl en un estudio realizado en 1994, por Morazin AD, Vulcain JM,²⁶ produjo una cantidad menor de detritos y las bolsas de detritos remanentes fueron de menor tamaño, (en comparación con suero fisiológico, que solo tiene un efecto mecánico sobre el barrillo dentinario). (Fig. 11)



- **Acción de limpieza (arrastre mecánico).**

J.Craig Baumgartner,⁴² en 1992. Menciona que la irrigación con 3ml de NaOCl, independientemente de su concentración, después de cada instrumento dio excelente resultado al remover el barrillo dentinario.



En el mismo artículo el autor refiere que las bajas concentraciones de NaOCl pueden mejorar su eficacia irrigando mayor tiempo, o manteniendo lleno el conducto radicular por un mayor periodo.^{40,42}

- **Penetración**

En estudios realizados por Mérida H, Díaz M,³⁹ en 1999, obtuvo como resultados que la capacidad de penetración del NaOCl está relacionada con su concentración, cuando se encuentra en una concentración de 1% puede penetrar 100 micras a los canalículos dentinarios, al 2,5% penetra 220 micras y al 5,25% penetra 350 micras. Alternando EDTA y luego NaOCl al 5,25% se puede lograr una penetración de 500 micras y en algunos puntos anatómicos casi hasta el límite dentina-cemento.

- **Biotolerabilidad**

La toxicidad del hipoclorito de sodio es directamente proporcional a su concentración, a altas concentraciones el hipoclorito de sodio es una sustancia cáustica.^{30,43}

Yesilsoy C, Whitaker E, et al 1995.³⁰ Mencionan que la introducción de NaOCl más allá del ápice (tejidos periapicales), causa violentas reacciones tisulares y dolor insoportable al paciente.

No obstante, Yesilsoy C, et al,³⁰ en el mismo artículo recomienda como una alternativa de irrigación 5.25% NaOCl, ya que a esta concentración el hipoclorito de sodio fue efectivo ante todos los microorganismos usados en el estudio; es importante mencionar que los microorganismos que se usaron fueron: *S. mutans*, *peptostreptococcus micros*, *P. intermedius* y *porphyromonas gingivalis*; microorganismos que encontramos en la microflora del conducto radicular.^{17,30}



- **Combinación con otras sustancias irrigadoras**

Kuruvilla, et al., en 1998,⁴⁴ realizó un estudio del cual concluyó que, el uso de NaOCl y gluconato de clorhexidina dentro del canal radicular da como resultado una gran reducción en el porcentaje de cultivos positivos después de la irrigación. En el mismo estudio postula que esta combinación puede:

→ Tener una acción antimicrobiana extra.

En este estudio la combinación de NaOCl al 2,5% con gluconato de clorhexidina al 0,2% obtuvo un porcentaje de reducción en el número de microorganismos del 84.6%, mientras que el gluconato de clorhexidina al 0,2% alcanzó un porcentaje de 70% y el hipoclorito de sodio tan solo un porcentaje de 59.4%.

El uso de clorhexidina al 0,2% ó 0,5% como complemento de hipoclorito de sodio al momento de irrigar, supera el efecto inhibitor del barrillo dentinario sobre los medicamentos convencionales e incrementa el efecto antibacteriano del NaOCl.^{3,17,45}

→ Mejorar la propiedad de disolución de tejido de la clorhexidina.

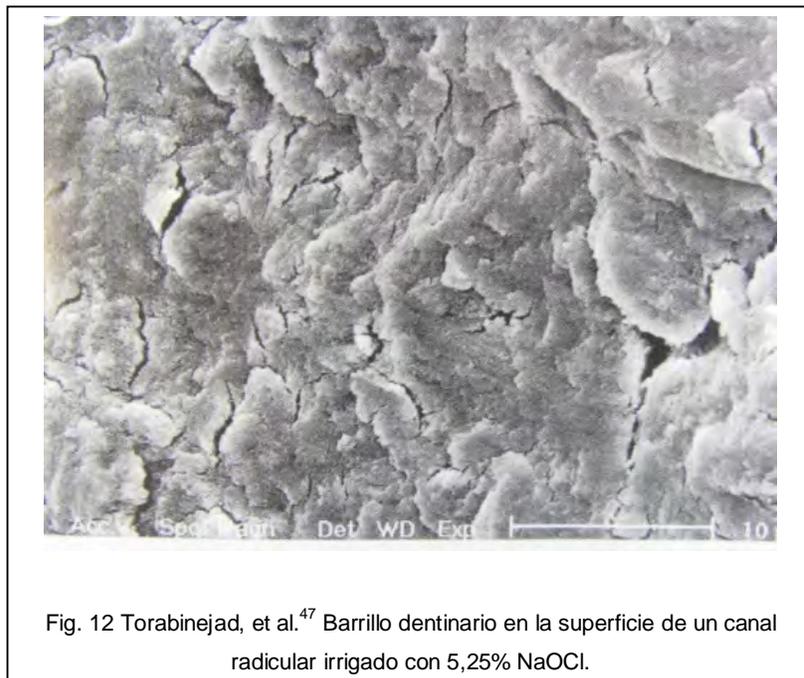
→ Es menos tóxica que el hipoclorito.

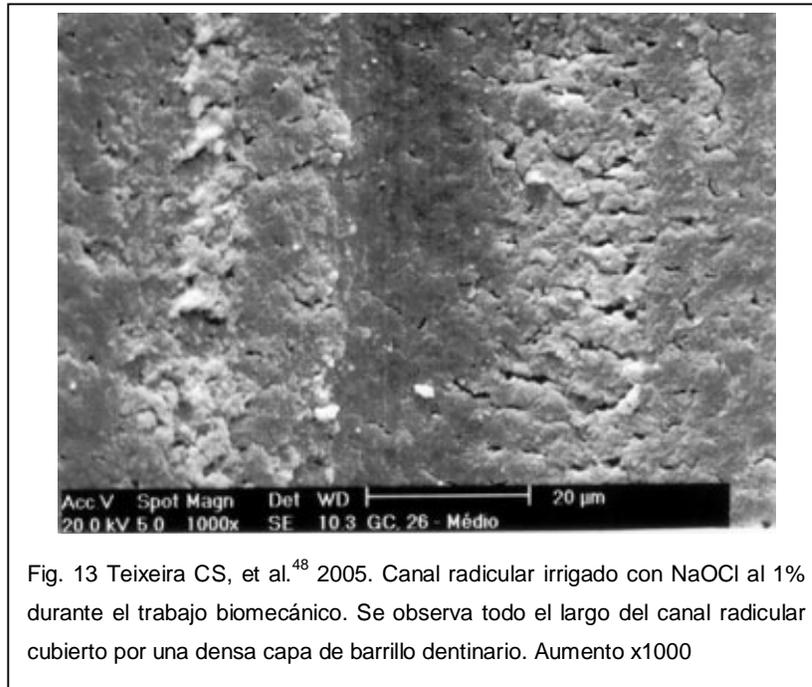
Zaccaro, et al., 2000.⁴⁶ Refiere que el EDTA y el ácido cítrico han sido frecuentemente utilizados para la irrigación final; sin embargo, estas sustancias químicas no son capaces de actuar simultáneamente en la fase orgánica e inorgánica de la capa de barrillo dentinario, por lo que cada una de las sustancias mencionadas necesita ser asociada con NaOCl o clorhexidina.

A pesar de cumplir con varias características de un irrigante ideal, el NaOCl presenta algunos inconvenientes como:

No elimina la fase inorgánica del barrillo dentinario, por lo que se recomienda usar a la par agentes quelantes o desmineralizantes.^{31,47}

Torabinejad M, Cho Y, et al.⁴⁷ En un estudio realizado en 2003; mencionan que cuando la irrigación únicamente se realiza con hipoclorito (en este estudio NaOCl al 5.25%) las paredes del canal radicular se observan con una gruesa capa de barrillo dentinario en el tercio coronal, medio y apical, además de que los túbulos dentinarios no son visibles (Fig. 12 y 13). Ellos concluyeron que el NaOCl es inefectivo al remover la fase inorgánica del barrillo dentinario; es necesario un agente quelante para la completa eliminación del barrillo dentinario.





Por otro lado, el hipoclorito de sodio no humedece bien la dentina, y proporciona una irrigación defectuosa de los conductos pequeños y las ramificaciones de los conductos.³

EFFECTOS SOBRE LA DENTINA

Se ha demostrado que el NaOCl, disminuye la cantidad de compuestos orgánicos de la dentina y aumenta significativamente la permeabilidad de la misma.³

A pesar de que el NaOCl, no es un agente quelante, es capaz de remover iones de magnesio y carbonato de la dentina, además de calcio, sin embargo esto depende de su concentración.³⁸

Sayin y cols, 2009.³⁸ Determinaron que durante 5 min el NaOCl al 5% liberó 149.9 ppm de Ca^+ , NaOCl al 2,5% liberó 74.5 ppm, aumentando mientras más tiempo transcurría, esto es insignificante en comparación con la desmineralización que causa el EDTA al 17%; en el mismo estudio sugieren que cuando se utiliza EDTA como irrigación final y NaOCl para irrigar durante la instrumentación, la concentración del NaOCl cambie de 5% a 2,5% (ya que ambas concentraciones muestran la misma capacidad de disolver tejido) y así la dureza de la dentina radicular no será tan disminuida (Fig. 14).

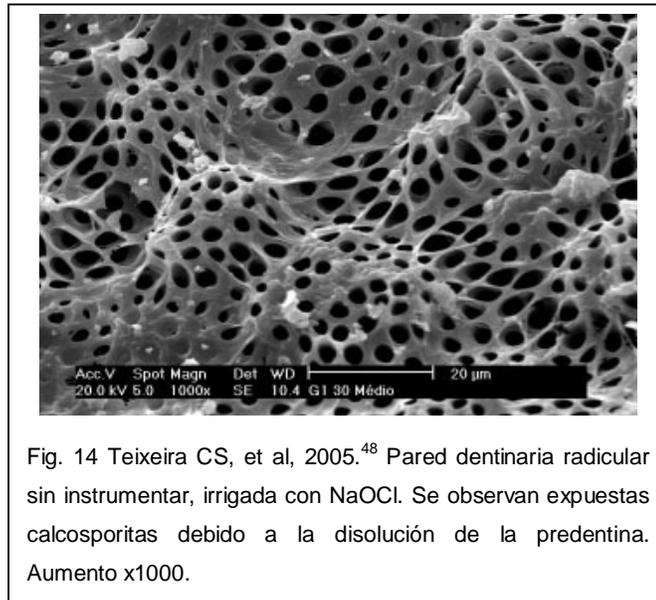


Fig. 14 Teixeira CS, et al, 2005.⁴⁸ Pared dentinaria radicular sin instrumentar, irrigada con NaOCl. Se observan expuestas calcosporitas debido a la disolución de la predentina. Aumento x1000.

Una alternativa del NaOCl como irrigante, puede ser la clorhexidina debido a que es un antimicrobiano de amplio espectro, presenta un efecto inhibitorio sobre bacterias comunes del conducto^r y actúa contra bacterias Gram positivas y Gram negativas.⁴³ Presenta un componente molecular catiónico que actúa por absorción, se adhiere a las áreas de la membrana celular con carga negativa y causa lisis celular.³



Ercan, et al., en 2004,⁴³ sugieren el gluconato de clorhexidina como una opción de irrigante debido a que no es tóxico para los tejidos periapicales, además, es tan efectivo agente antimicrobiano como el NaOCl (la clorhexidina al 2% y el NaOCl al 5,25% son considerados las sustancias más eficaces para eliminar *Enterococcus faecalis*^{3,17,37,49}), se puede utilizar como opción en pacientes alérgicos a NaOCl. Sin embargo, la mayor desventaja de la clorhexidina es que no presenta la capacidad de disolver tejido pulpar.

Rosenthal S y cols.⁵⁰ En 2004, demuestran que la sustantividad (capacidad de adsorción, que permite una liberación prolongada y gradual en dosis terapéuticas) de la clorhexidina se extiende hasta las 12 semanas; esto es útil para reducir las consecuencias de la filtración coronal posoperatoria.^{3, 51}

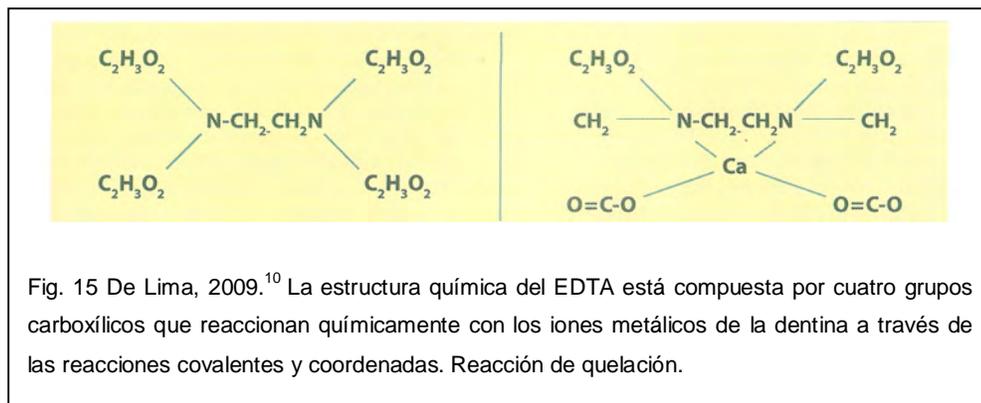
8.2.2 Ácido etilenodiaminotetracético (EDTA).

Se denominan quelantes a las sustancias que tienen la propiedad de fijar iones metálicos de un determinado complejo molecular. Los quelantes presentan en la extremidad de sus moléculas, radicales libres que se unen a iones metálicos.¹⁷

Estas sustancias “roban” iones metálicos del complejo molecular en que se encuentran entrelazados, fijándolos por una unión combinada que se denomina quelación (Fig. 15).

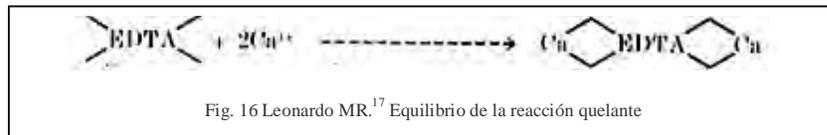
Por lo tanto, la quelación es un fenómeno físico-químico por el cual ciertos iones metálicos son secuestrados de los complejos en los que participan, sin construir una unión química con la sustancia quelante, más bien una combinación.¹⁷

Según la Asociación Americana de Endodóncitas, la quelación en Endodoncia es la remoción de iones inorgánicos de la estructura dentaria mediante un agente químico, usualmente el EDTA. Los agentes quelantes son usados con el propósito de ensanchar conductos estrechos y remover la fase inorgánica del barrillo dentinario.³⁹



No todos los quelantes fijan cualquier ión metálico, hay cierta especificidad para determinados iones; el ácido etilendiaminotetracético, el EDTA, es un quelante específico para el ión calcio y por consiguiente para la dentina.¹⁷

El EDTA como agente quelante atrapa los iones metálicos de calcio en forma de quelatos, provenientes de los cristales de hidroxiapatita en la dentina y luego comienza a desmineralizar la misma. La reacción quelante de la dentina desmineralizada está asociada con el complejo cálcico. Cuando todo el componente inorgánico y disponible de la dentina es quelado por el EDTA se establece un equilibrio químico (Fig. 16).¹⁷



Entre las propiedades de un irrigante ideal podemos encontrar que debe poseer la capacidad de eliminar el **barrillo dentinario** que se produce después de la preparación del conducto. Las soluciones quelantes y descalcificantes presentan esta característica.⁵²

El EDTA (ácido etilendiaminotetracético) se introdujo en 1957 por Östby como material quelante durante el tratamiento endodóncico.^{3,28} Östby menciona que es un disolvente de dentina en cualquier clase de conductos, disminuye el tiempo de preparación, hace fácil el paso de instrumentos fracturados y no es corrosivo para el instrumental.

EFFECTO COMO IRRIGANTE

- **Elimina la capa de Barrillo dentinario**

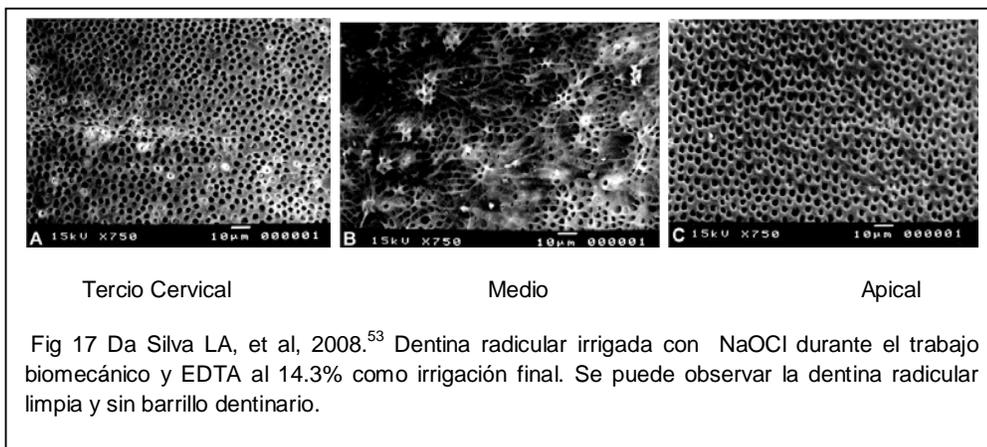
La sal disódica de EDTA, se acepta generalmente como el más eficaz agente quelante, siendo el más usado en el tratamiento de conductos.¹⁷

No se recomienda como irrigante, sino para el lavado final en la preparación de conductos.¹⁷

Los quelantes descalcificadores como el EDTA crea un complejo de calcio estable con el barrillo dentinario, la capa de los detritos y depósitos cálcicos a lo largo de las paredes de los conductos. Esto puede ayudar a prevenir el bloqueo apical y contribuir a la desinfección al mejorar la difusión de las soluciones a través de la eliminación de la capa de barrillo dentinario.³

Berutti, et al., en 1997,³¹ observó que el uso de EDTA permite entrar en la profundidad de los túbulos al hipoclorito de sodio.

El EDTA, tiene la capacidad de quelar y eliminar la porción mineralizada de la capa de barrillo dentinario en 3 minutos,⁵³ si el líquido está en contacto directo con la pared radicular, a los 10 minutos causa eliminación excesiva de dentina peritubular e intratubular (Fig. 17).



El EDTA es capaz de descalcificar las paredes del conducto radicular hasta una profundidad de 50 μ m.³

Torabinejad M, et al.,⁷ en un estudio que realizó en 2003, observó que al irrigar con NaOCl al 5,25% y como lavado final EDTA, los tercios coronal, medio y apical de la superficie del canal radicular estaban libres de barrillo dentinario, al igual que los túbulos dentinarios de los tercios coronal y medio, en el tercio apical los túbulos dentinarios presentaron cantidades moderadas de barrillo dentinario. También se dieron cuenta de la severa erosión que sufrieron las paredes del conducto radicular, especialmente en el tercio coronal del canal radicular (Figs. 18 y 19).

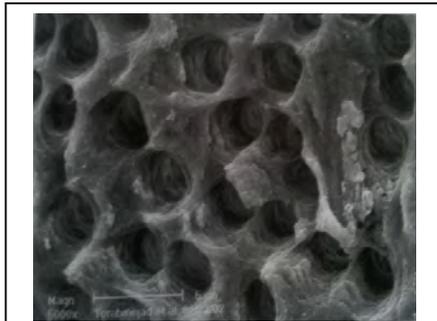


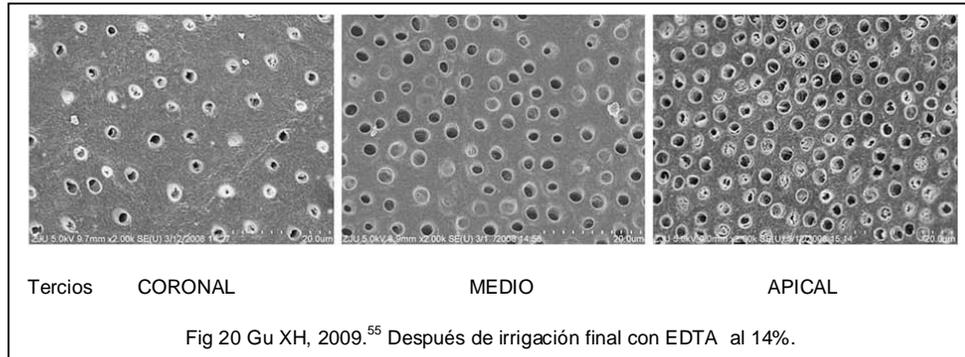
Fig. 18 Torabinejad M, et al.⁷ Erosión de los túbulos dentinarios en el tercio coronal, tratados con NaOCl al 5,25% y EDTA 17%. Aumento x5000.



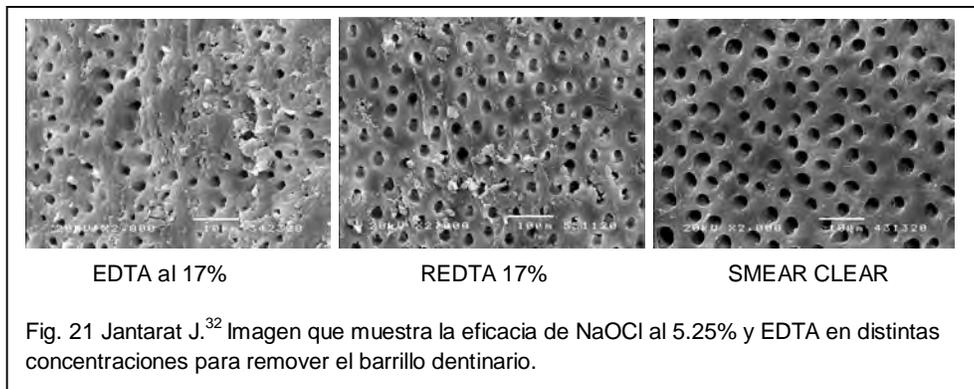
Fig. 19 Torabinejad M, et al.⁷ Presencia de detritos en los túbulos dentinarios del tercio coronal, tratados con NaOCl al 5,25% y EDTA 17%. Aumento x5000.

Tay FR, 2006.⁵⁴ Encontró que al usar EDTA como lavado final, removió completamente el barrillo dentinario, creando una superficie desmineralizada en una profundidad de 4 a 6 μ m en la zona coronal.

Gu XH, en 2009.⁵⁵ Observó que al irrigar con NaOCl al 2.5% durante la instrumentación, y como irrigante final EDTA al 14% durante un minuto, se eliminó el barrillo dentinario en los tres tercios del conducto radicular (Fig. 20).



Jantarat J,³² en un estudio donde comparo distintas concentraciones y marcas de EDTA notó que al irrigar con NaOCl al 5.25% (15 ml) y Smear Clear (EDTA al 17%, Cetrimida, surfactante, agente antimicrobiano y agua), 2ml por un minuto era el más eficaz al remover el barrillo dentinario (Fig. 21).



- **Efecto autolimitado**

La unión de calcio conduce a la eliminación de protones, y el EDTA pierde eficacia en un medio ácido, por lo que se cree que su eficacia (descalcificación) es autolimitada, debido a que el quelador se consume o se satura la solución.^{3,10}

- **Efecto antibacteriano**

Su efecto es menor que el NaOCl al 2,5% y la clorhexidina.³

- **Uso de EDTA y NaOCl**

El NaOCl se inactiva en presencia de EDTA.³

Berutti, et al,³¹ en 1997, realizó un estudio donde usaba como irrigante NaOCl al 5% y al final EDTA con un agente tensoactivo, esta solución ejerció su acción de limpieza en el interior de los túbulos dentinarios, desde el lumen del túbulo hasta una profundidad de 130 μ m (Fig. 22).



Fig. 22 Silva D, et al.³⁷ Túbulos dentinarios abiertos y limpios después de un tratamiento ultrasónico con EDTA y NaOCl (magnificación 1000x coloración sepia).



- **Desmineralización**

La desmineralización que provoca este tipo de materiales aumenta la permeabilidad de la dentina, debido a la eliminación de la capa de barrillo dentinario, los tapones de dentina y el agrandamiento tubular (causa de la eliminación selectiva de la dentina peritubular).³

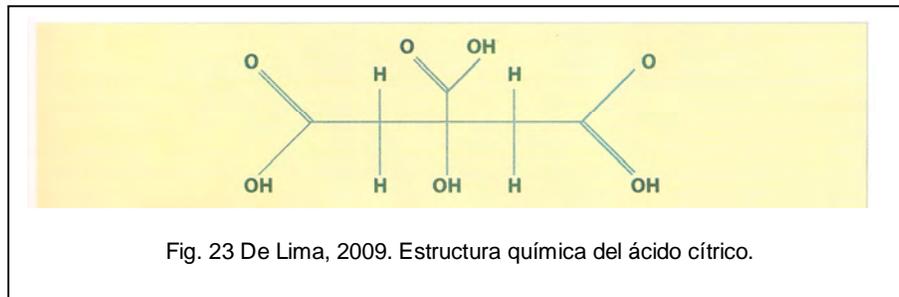
EFFECTO SOBRE LA DENTINA

Patterson, en 1963,¹⁷ estudió el efecto sobre la dentina del EDTA; él menciona que la dureza de la dentina humana varía de 25 a 80 en la escala “Knoop”, según su localización, siendo menos dura en la unión cemento dentinaria y en las proximidades del conducto radicular. Cuando sometió la dentina a la acción de EDTA, la dureza más próxima determinada fue de 1,6 en la escala “Knoop” .

Eldeniz AU,¹¹ en un estudio realizado en 2005, observó que al irrigar el canal radicular con EDTA/NaOCl o ácido cítrico/NaOCl, en ambos hay reducción en la dureza e incremento en las asperezas de la dentina de las paredes del canal radicular.

8.2.3 ÁCIDO CÍTRICO

El ácido cítrico (ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotri-carboxílico), es un ácido orgánico débil (Fig. 23), que según Loel,¹⁰ su aplicación a concentraciones de 50% posibilita la remoción de componentes inorgánicos y aumenta la apertura tubular de la superficie dentinaria.



Las soluciones irrigantes, tanto el EDTA como el ácido cítrico, presentan una excelente interacción con los componentes inorgánicos de la dentina, más precisamente con los iones metálicos presentes en los cristales de hidroxiapatita como el calcio, fósforo, magnesio, zinc, entre otros.

El ácido cítrico es una de las sustancias químicas más agresivas en la región periapical, por ser un ácido y por la acción desmineralizante en la dentina.¹⁰

A partir de 1979, fue utilizado por Wayman y colaboradores, como solución irrigadora del conducto radicular.¹⁰

De acuerdo con Jenkins y Dawes (1963), posee un pH bajo y actúa como agente quelante sobre la dentina.¹⁰

El poder de quelación del ácido cítrico es directamente proporcional a su concentración.¹⁰



EFFECTO COMO IRRIGANTE

- **Acción bactericida**

Georgopoulou et al, en 1994.¹⁰ Evaluaron la efectividad antimicrobiana del ácido cítrico al 25% y el NaOCl al 2,5%. El estudio demostró que el ácido cítrico tiene propiedades antimicrobianas contra las bacterias anaeróbicas, especialmente contra los cocos, a pesar de ser menos efectivo que el hipoclorito.

- **Biocompatibilidad**

Malheiros, en 2000,¹⁰ evaluó la citotoxicidad in vitro del EDTA al 17% y el ácido cítrico al 10%, 15% y 25% en fibroblastos, concluyó que la solución de EDTA al 17% es más agresiva que las soluciones de ácido cítrico al 10% y 15% que demostraron ser las sustancias más biocompatibles; sin embargo, según estudios realizados por Souza y colaboradores en 2003, el ácido cítrico retarda el proceso de reparación.

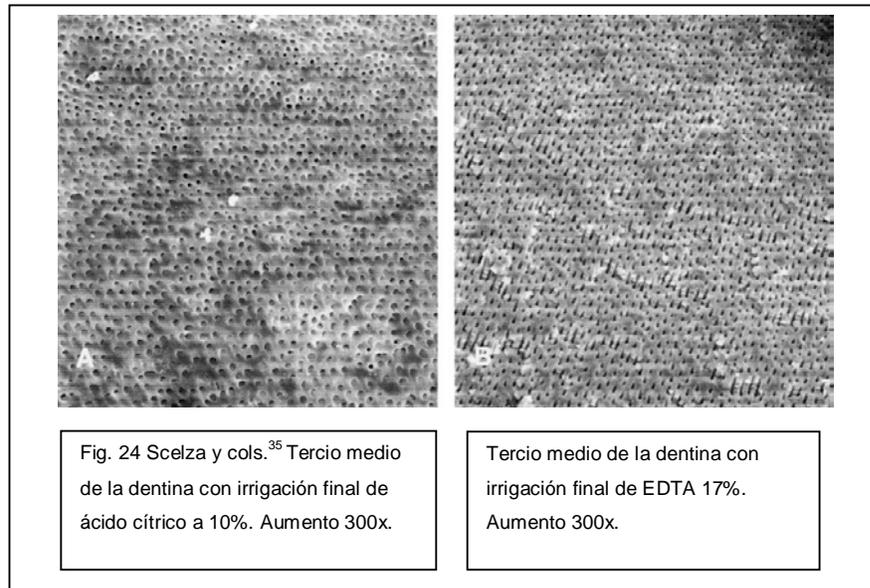
- **Remoción de barrillo dentinario**

Wayman et al., 1979,⁵⁶ mostró que el uso de ácido cítrico al 10% y NaOCl al 2,25% es efectivo para remover el barrillo dentinario.

Se ha demostrado que el ácido cítrico al 50% utilizado alternadamente con NaOCl al 5,25%, es una sustancia efectiva para eliminar la capa de barrillo dentinario.

Di Lenarda et al,⁵⁷ en el 2000, llegan a la conclusión que la acción del ácido cítrico es comparable a la acción del EDTA, y sugieren que este irrigante es conveniente debido a su bajo costo, buena estabilidad química si es usado correctamente alternándolo con NaOCl, y su efectividad aún con una aplicación de corto tiempo (20 seg).

Scelza et al.³⁵ En un estudio realizado en 2004, demostró que al usar como irrigante final ya sea ácido cítrico o EDTA, durante tres minutos, ambos eliminaban el barrillo dentinario de manera aceptable (Fig. 24), por lo que recomiendan el uso clínico del ácido cítrico, debido a que este no debilita la dentina radicular, además de ser más biocompatible que el EDTA.



Spanó JC,⁵⁸ en un estudio realizado en 2009, determinó que los agentes quelantes más eficaces para remover barrillo dentinario son ácido cítrico al 10% y EDTA al 15% (5ml de solución).



EFFECTO SOBRE LA DENTINA

Es considerado un ácido tricarboxílico ($C_6H_8O_7$) y su capacidad desmineralizante es proporcionada por estos grupos carboxilo que pierden protones ante la presencia de iones metálicos, como producto final de la desmineralización de la dentina forman sales de citrato de calcio.¹⁰

González S, en 2006.⁴⁵ Demuestra que el efecto descalcificante del ácido cítrico no incrementa al aumentar la concentración de la solución. De igual manera, en su estudio observó que el ácido cítrico y el EDTA a 17% son igualmente eficaces al eliminar la fase inorgánica del barrillo dentinario solo que este último es más rápido (alrededor de tres minutos).

8.2.4 MTAD (Dentsply-Tulsa)

Una nueva formulación de irrigante final de los conductos radiculares fue propuesta por M. Torabinejad, et al., (Universidad de Loma Linda, CA, U.S.A), con la finalidad de promover la acción antimicrobiana junto con el aumento de la permeabilidad dentinaria.^{10,17,56}

El MTAD (4 metil- 1, 24 triazoline- 3, 5- dione) es una solución de irrigación, está constituida por una mezcla de isómero de tetraciclina (Doxiciclina 3%), ácido cítrico 4,25% y un detergente aniónico denominado Tween 80 al 0,5%.^{17,56}

MTAD es una solución ácida con un pH de 2.15, que es capaz de remover la fase inorgánica del barrillo dentinario.⁴⁷

EFECTO COMO IRRIGANTE

Se utiliza como irrigación final para eliminar el barrillo dentinario, además de ser un eficaz agente antibacteriano (esta característica está principalmente asociada a la doxiciclina^{31,59}), siendo poco citotóxico; sin embargo deja algunos componentes orgánicos del barrillo dentinario sobre la superficie de las paredes de los conductos radiculares.^{3,17}

Su efecto se puede potenciar con el uso de NaOCl en bajas concentraciones, como solución de irrigación durante la fase de instrumentación de los conductos, antes de usar MTAD para la irrigación final.³

Torabinejad M, et al,^{7,23,47} en 2003. Realizó un estudio donde utilizó como irrigante durante el trabajo biomecánico NaOCl al 5,25% y como irrigante final comparo el efecto del EDTA al 17% contra el MTAD, en sus resultados obtuvo que al utilizar MTAD como irrigante final además de remover el barrillo dentinario en los tres tercios del conducto radicular, no causó cambios significativos en la estructura del diente (resistencia a la flexión ni del modulo de elasticidad de la dentina), como sucede cuando se utiliza EDTA (Figs. 25 y 26).³

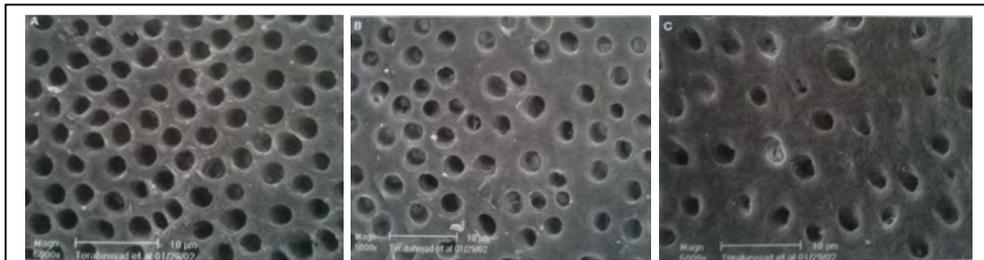


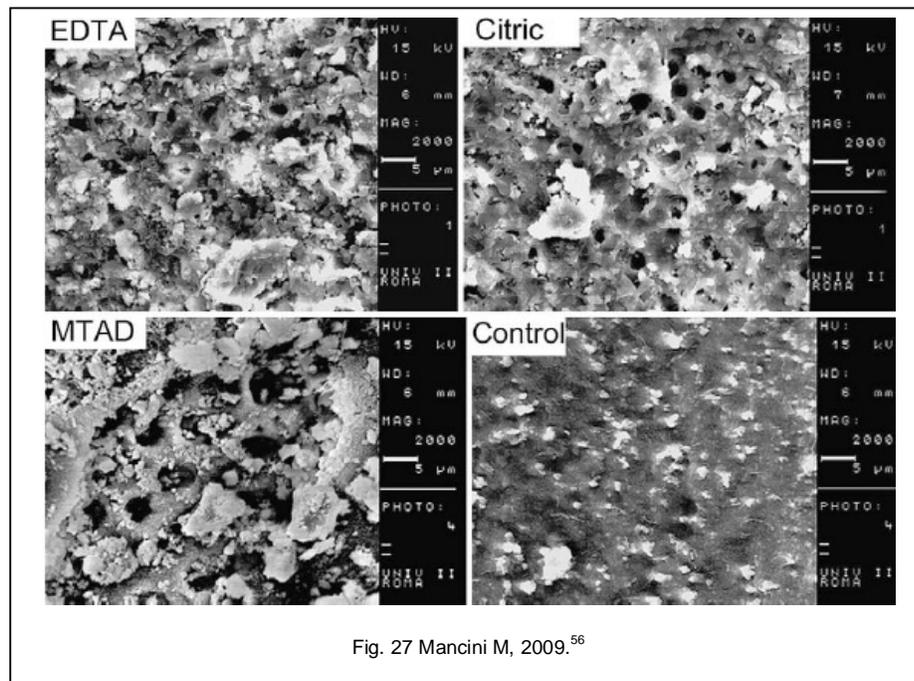
Fig. 25 Torabinejad M, et al.⁷ Tubulos dentinarios observados en los tercios coronal, medio y apical. Instrumentados con NaOCl al 5,25% como irrigante y como irrigación final 5 minutos con MTAD. Eliminando por completo el barrillo dentinario.



Cohen en 2009,^{3,17} menciona que el MTAD, es tan efectivo como el NaOCl al 5,25%, para destruir *Enterococcus faecalis* a dilución x200.

La capacidad del MTAD, de disolver los tejidos orgánicos es similar al del EDTA al 17%, aunque la solución del hipoclorito de sodio al 5,25% es más eficaz que las dos anteriores, para remover el contenido pulpar de la dentina bovina.¹⁷

Sin embargo, Mancini M, 2009,⁵⁶ encontró que la aplicación de 1ml de Bio- Pure MTAD, 17% de EDTA, 32% de ácido cítrico o 2,25% de NaOCl aplicado cada uno en diferentes muestras, no son suficientes para eliminar por completo el barrillo dentinario en el tercio apical (Fig. 27).





- **Biotolerabilidad**

Zhang et al,¹⁰ probaron el efecto tóxico de algunas sustancias, entre ellas, el MTAD, en cultivos de fibroblastos, demostrando que el MTAD es menos citotóxico que el NaOCl al 5,25%.

Marins JS, et al.,⁵⁹ en 2009, demostraron que el uso de MTAD a altas concentraciones (10%) produce daño en el ADN de las células expuestas a esta sustancia.

- **Efectos colaterales**

Estudio realizados por Tay FR,¹⁰ indican que la aplicación de NaOCl en concentraciones que varían de 1,54 a 6,15, seguida por MTAD, provocó oscurecimiento indeseado en la dentina. Este fenómeno es el resultado de la oxidorreducción de la doxiciclina que está presente en el MTAD, por el NaOCl y, como consecuencia, la formación de un precipitado marrón que impregna toda la extensión de la dentina radicular.



8.2.5 REGIMEN DE IRRIGACIÓN PARA ELIMINAR EL BARRILLO DENTINARIO. Según Zehnder M, 2006.⁴¹

1. Durante la instrumentación (entre una lima y otra), se debe irrigar con hipoclorito de sodio abundantemente siempre manteniendo el conducto lleno de solución. Sin alternar el uso de EDTA o ácido cítrico.
2. Una vez que se termine el trabajo biomecánico, como irrigación final usar EDTA acuoso o ácido cítrico. Al menos un minuto, usando de 5 a 10 ml.
3. Después de eliminar el barrillo dentinario se recomienda usar una solución antiséptica. En caso de no obturar, se recomienda mezclar NaOCl con el polvo de CaOH (hidróxido de calcio), la combinación de estas dos sustancias, resulta ventajoso ya que son complementarias.
4. La clorhexidina se puede usar como medicación entre visitas o como irrigante final cuando el siguiente paso es la obturación.

Para evitar que las sustancias se mezclen, formen precipitados y coloración del diente, este autor recomienda irrigar con suero y secar con puntas de papel entre unas sustancia y otra.^{41,60}



9. MEDICACIÓN INTRACONDUCTO Y SU RELACIÓN CON EL BARRILLO DENTINARIO

La presencia de bacterias en el conducto induce a enfermedad crónica periapical, por ello, uno de los objetivos más importantes del tratamiento endodóncico es la eliminación de todos los microorganismos del sistema de conductos.³⁷

Los agentes antibacterianos actúan por medio de la alta susceptibilidad de los microorganismos; deben poseer una adecuada concentración, baja toxicidad a las células del hospedero y evitar el desarrollo de resistencia por parte de los microorganismos a los agentes desinfectantes.³⁷

Orstavik and Haapasalo,⁶¹ en un estudio realizado en 1990, hacen hincapié en la importancia de la eliminación del barrillo dentinario, y con ello la apertura de los túbulos dentinarios, para permitir que los medicamentos intraconducto penetren al sitio de infección y ejerzan su efecto.

Mello I, y cols,⁶² en un estudio realizado en 2009, obtienen en sus resultados que el barrillo dentinario retrasa la penetración de los medicamentos intraconducto dentro de los túbulos dentinarios más no lo obstaculiza. De igual manera menciona que las sustancias descalcificantes puede facilitar la penetración de medicamentos intraconducto a través de la dentina, eliminando tapones de barrillo dentinario y aumentando el área de contacto de la dentina.



10. CONCLUSIONES

Con base a estudios realizados por autores como Sundqvist, Berutti, Clark- Holke, Drake D, Walton, entre otros, se puede reconocer que el barrillo dentinario está compuesto de partículas inorgánicas de estructura dentaria instrumentada y partículas orgánicas, como: células sanguíneas, tejido pulpar remanente, microorganismos y sus productos, entre otros; además es capaz de penetrar hasta 40µm dentro de los túbulos dentinarios, conformando un reservorio de irritantes y contaminación dentro del sistema de conductos.^{24,35}

La deposición de barrillo dentinario que oblitera los conductos compromete la calidad final del tratamiento, interfiriendo en la actividad de las sustancias químicas, dificultando el poder de actuación de la medicación intraconducto y perjudicando la interfase cemento-superficie dentinaria.¹⁰

Debido a que el barrillo dentinario consta de dos fases (orgánica e inorgánica), se requiere usar a la par sustancias como el hipoclorito de sodio y/o clorhexidina además de agentes quelantes o desmineralizantes como lo son: el EDTA, ácido cítrico, MTAD, entre otros.⁵³ El presente trabajo describe un protocolo de irrigación que de acuerdo con Zehnder M,⁴¹ y utilizando las sustancias anteriormente descritas, elimina el barrillo dentinario.

La eliminación del barrillo dentinario, inhibe focos de bacterias y desechos dentro del sistema de conductos; reduce la microfiltración, asociada a una mayor penetración del cemento sellador en los túbulos dentinarios permeables y a una mejor adhesión de los selladores en las paredes limpias del conducto radicular; permite un mayor efecto de la medicación intraconducto; y con ello mayor índice de éxito en el tratamiento endodóncico.



11. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Gómez M, Campos A. Histología y embriología bucodental. Bases estructurales de la patología, el diagnóstico, la terapéutica y la prevención odontológica. 2ª.ed. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana, 2002, Pp.235-269.
2. Avery JK, Chiego DJ. Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica., 3ª ed. Madrid, España: Elsevier Mosby, 2007, Pp. 63-79, 107-118, 121-133.
3. Cohen S, Hargreaves KM. Pathways of the pulp, 9° ed. St Louis Missouri: Elsevier Mosby, 2006, Pp. 148-150, 264-269, 325-375, 468-612.
4. Spangberg LSW. Experimental endodontics, Florida: CRC press, 2000, Pp. 2-4.
5. Williams RA, Elliott JC. Bioquímica dental básica y aplicada, México, D.F: El manual moderno, S.A de C.V., 1982. Pp. 243-245.
6. Cuichi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D. Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. J Endodon, 1995; 21: 191-195.
7. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S. A new solution for the removal of the smear layer. J Endod, 2003; 29: 170-175.
8. Ten Cate A. R., Histología oral, desarrollo estructura y función, 2° Buenos Aires: Medica Panamericana, 1986, 191
9. Torabinejad M, Walton RE. Endodontics. Principles and practice, 4ta ed., St. Louis Missouri: Saunders Elsevier, 2009, Pp. 7-10.
10. De Lima ME. Endodoncia de la biología a la técnica. SP Brasil: Amolca, 2009, Pp. 195-198, 255-298.
11. Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. J Endod. 2005; 31:107-110.



12. Fusayama T., Maeda T. Effect of pulpectomy on dentin Hardness. J Dent Res. 1969; 48: 452-460.
13. Weine F., Kelly R., Lio P., The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape, J Endod, 1975 august, 1(8): 255-262.
14. Papa J, Cain C, Messer H. Moisture of vital vs endodontically treated teeth. Endod Dent Traumatol, 1994; 10: 91-93.
15. Huang T, Schilder H, Nathanson D. Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin J Endod, 1992; 18: 209-215.
16. Guignes P., Faure J., Maurette A., Relationship between endodontic preparations and human dentin permeability measured in situ, J Endod, 1996, 22: 60-67.
17. Leonardo MR. Endodoncia. Tratamientos de conductos radiculares. Principios técnicos y biológicos. Vol.1, Buenos Aires: Artes Médicas, 2005, Pp.436-476.
18. Sedgley C., Messer H., Are endodontically treated teeth more brittle?, J Endod, 1992, 18: 332-335.
19. Carrillo C. Capa de detritus dentinaria. Revista ADM, 2005; LXII: 177- 180.
20. Boyde A, Switsur VR, Stewart ADG. An assessment of two new physical methods applied to the study of dental tissues. En: Advances in fluorine research and dental caries prevention. Oxford, Pergamon Press, 1963; 1: 185-193.
- 21.. Comb D, Smith CD : A preliminary scanning electron microscopy study of root after endodontic procedures. J Endodon, 1975; 1 : 238-242.
22. Rodríguez I, Rodríguez MI, Rodríguez E, Uso de sustancias irrigadoras complementarias en endodoncia para la eliminación de la capa de barro dentinario, propuesta de un protocolo de irrigación, ODOUS Científica. 2003: 1-6.
<http://servicio.cid.uc.edu.ve/odontologia/revista/v5n1/5-1-6.pdf>



23. Manzur AJ, Castilla G, Andrade LM, Silva-Herzog D, Influencia de dos geles de clorhexidina en la remoción del barro dentinario, Acta Odontológica Venezolana. 2005; 43:

http://www.actaodontologica.com/ediciones/2005/2/influencia_geles_clorhexidina_remocion_barro_dentinario.asp

24. Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C. Textbook of endodontology. Oxford OX4, Blackwell Publishing Ltd., 2003, Pp. 296-297.

25. Pashley DH, Tao L, Boyd L. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in humane dentine. Arch Oral Biol, 1988; 33: 265-270.

26. Morazin AD, Vulcain JM, Bonnaure-Mallet M. An ultrastructural study of the smear layer: comparative aspects using secondary electron image and backscattered electron image. J Endodon. 1994; 20: 531-534.

27. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review., Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology. 2002; 94: 658-666.

28. Mercedes M, Tinjacá V. Quelantes. Revista de la Facultad de Odontología P.UJ. www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/i_a_revision26.html.

29. Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. J Endod. 1994; 20: 78-82.

30. Yesilsoy C, Whitaker E, Cleveland D, Phillips E, Trope M, Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants. J Endod. 1995;21: 513-515.

31. Berutti E, Marini R, Angeretti A, Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules, J Endod. 1997;23:725-728.

32. Jantarat J, Yanpiset K, Harnirattisai C, Evaluation of smear layer removal by a new EDTA formula on root canal dentin: a scanning



- electron microscopic study., Department of Operative Dentistry
Mahidol University.
<http://www.endoexperience.com/filecabinet/Clinical%20Endodontics/Smear%20Layer/SmearClear%20Clinical%20Evaluation.pdf>
33. Turpin YL, Chagneau F, Vulcain JM. Impact of two theoretical cross-sections on torsional and bending stresses of nickel-titanium root canal instrument models, *J Endodon*, 2000. 26:414.
34. Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera R, Guthmiller JM, Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer, *J Dent* 2003; 31: pp. 275–281.
35. Scelza MF, 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(4):499-503.
36. Ghoddusi J, Rohani A, Rashed T, Ghaziani P, Akbari M. An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. *J Endod*. 2007;33:173-6.
37. Silva D, Mora JR, Pozos AJ. Procedimientos antibacterianos empleados como desinfectantes en la terapia endodóntica. *Revista Mexicana de Odontología Clínica*, 2008; 06: 14- 24.
38. Sayin TC, Cehreli ZC, Deniz D, Akcay A, Tuncel B, Dagli F, Gozukara H, Kalayci S. Time-dependent decalcifying effects of endodontic irrigants with antibacterial properties. *J Endod*. 2009;35:280-3
39. Jaquez E, Marcano M, Una visión actualizada del uso del hipoclorito de sodio en endodoncia.
http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_18.htm
40. Siqueira JF, Rocas IN, Favieri A, Lima K. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after



- instrumentation and irrigation with 1%, 2,5% and 5,25% sodium hypochlorite. *J. Endodon.* 2000; 6:331-34.
41. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006; 32: 389-398.
42. Craig J, Cuenin PR, efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation, *J Endod*, 1992, vol.18, Pp.605-612.
43. Ercan E, Özekinci T, Atakul F, Gül K, Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: in vivo study. *J. Endod.* 1998; 24: 472-476.
44. Kuruvilla JR, Kamath P., Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants, *J. Endod.* 1998;24: 472-476.
45. González S, Camejo D, Sánchez P, Bolaños V. Effect of CHX on the decalcifying effect of 10% citric acid, 20% citric acid, or 17% EDTA. *J Endod*, 2006; 32: 781-4.
46. Zaccaro MF, Antoniazzi JH, Scelza P, Efficacy of final irrigation- a scanning electron microscopic evaluation. *J. Endod.* 2000; 26: 355-357.
47. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S., The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod.* 2003; 29: 233-239.
48. Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT, The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal layer removal: an SEM analysis., *Int Endod J*, 38; 2005: 285-290.
49. Al-Kilani MG, Whitworth JM, Dummer PM. Preliminary in vitro evaluation of Carisolv as a root canal irrigant. *Int Endodo J.* 2003; 36: 433-440.
50. Rosenthal S, Spangberg R, Safavi K, Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2004; 98: 488-492.



51. White RR, Hays GL, Janer LR, Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine, J. Endod., 1997; 23: 229-231.
52. Irrigación y desinfección en Endodoncia.
<http://www.endoroot.com/modules/news/article.php?storyid=173>
53. Da Silva LA, Sanguino AC, Rocha CT, Leonardo MR, Silva RA. Scanning electron microscopic preliminary study of the efficacy of SmearClear and EDTA for smear layer removal after root canal instrumentation in permanent teeth. J Endod. 2008;34:1541-4.
54. Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, Doyle MD, Gillespie WT, Weller RN, King NM, Ultrastructure of smear layer- covered intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. J Endod. 2006; 32: 218-21.
55. Gu XH, Mao CY, Kern M, Effect of different irrigation on smear layer removal after post space preparation. J Endod. 2009; 35: 583-6.
56. Mancini M, Armellin E, Casaglia A, Cerroni L, Cianconi L. A comparative study of smear layer removal and erosion in apical intraradicular dentine with three irrigating solutions: a scanning electron microscopy evaluation. J Endod. 2009;35:900-903.
57. Di Lenarda R, Cadenaro M, Sbaizero O. Effectiveness of 1 mol-1 citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. Int. Endodon. J. 2000; 33:46-52.
58. Spanó JC, Silva RG, Guedes DF, Sousa-Neto MD, Estrela C, Pécora JD. Atomic absorption spectrometry and scanning electron microscopy evaluation of concentration of calcium ions and smear layer removal with root canal chelators. J Endod. 2009;35:727-30.
59. Marins JS, Sassone LM, Ribeiro DA, Biopure MTAD Induces DNA Damage but Not Cellular Death: An In Vitro Study. Eur J Dent. 2009;3:285-9.
60. Buy TB, Baumgartner JC, Mitchell JC, Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and gluconate and its effect on the root dentin. J Endod. 2008; 34: 181-185.



61. Orstavik, Haapasalo M, Disinfection by endodontic irrigants and dressing of experimentally infected dentinal tubules, *Dent Traumatol*, 1990; 6: 142–149.
62. Mello I, Coil J, Antoniazzi JH. Does a final rinse to remove smear layer interfere on dentin permeability of root canals? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107: 47-51.