



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CONCEPTOS ACTUALES DE IRRIGACIÓN EN EL
TRATAMIENTO DE CONDUCTOS.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

MILED WONG VILLEGAS

TUTOR: C.D. GERLING GÓMEZ GALLEGOS

VoBo

MÉXICO, Cd. Mx.

2023



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.

Mi eterno agradecimiento a:

Dios.

Mi Madre, Sofía.

Mi Abuela, Catalina.

Mi Padre, mis Hermanos y mi Familia.

La Universidad Nacional Autónoma de México.

Mi tutor, C. D. Gerling Gómez.

Mis Profesores.

Mis Amigos.

Mis Pacientes.

Y a todas aquellas personas que me brindaron
su apoyo a lo largo del camino.

Índice:

Introducción:	1
Objetivo:	3
Antecedentes históricos de la irrigación.....	4
1 Irrigación.....	8
1.1 Definición.....	8
1.2 Tipos de agujas	9
1.3 Barrillo Dentinario	14
1.4 Problemas de Flujo.....	15
2 Consideraciones Anatómicas.....	16
2.1 Incisivo Central Superior.....	19
2.2 Incisivo Lateral Superior.	19
2.3 Canino Superior.....	20
2.4 Primer Premolar Superior.	20
2.5 Segundo Premolar Superior.	21
2.6 Primer Molar Superior.....	21
2.7 Segundo Molar Superior.....	22
2.8 Incisivos Central y Lateral Inferiores.	22
2.9 Canino Inferior.....	23
2.10 Primer y Segundo Premolar Inferior.....	23
2.11 Primer Molar Inferior.	24
2.12 Segundo Molar Inferior.	25
2.13 Configuraciones del sistema de conductos radiculares.....	26
2.14 Anomalías Anatómicas	28
3 Irrigantes empleados en endodoncia:	29
3.1 Hipoclorito de Sodio	29
3.2 Clorhexidina	33
3.3 EDTA.....	34
3.4 Ácido cítrico.....	36
3.5 Peróxido de hidrógeno.....	37
3.6 Alcohol	37
3.7 Suero Fisiológico	37

3.8 BioPure MTAD, Tetraclean y QMiX	39
3.9 SYMPA.....	41
4 Dispositivos y técnicas.....	43
4.1 Irrigación convencional.....	43
4.2 Irrigación Manual Dinámica.....	45
4.3 Irrigación Sónica.....	46
4.4 Irrigación con Láser	48
4.5 Irrigación Ultrasónica.....	50
4.6 Irrigación Ultrasónica Pasiva	52
4.7 Sistema Endo Vac.....	54
4.8 Terapia Fotodinámica Antimicrobiana.....	55
5. Protocolo de Irrigación:	57
Conclusión:.....	58
Referencias:	59

Introducción:

El principal objetivo de la odontología moderna es la preservación de los tejidos y estructuras dentarias; en el cual la endodoncia juega un papel importante, ya que a través del tratamiento de conductos podemos evitar las extracciones de dientes aún funcionales. ^{1, 2}

El éxito de un tratamiento de conductos se condiciona a múltiples factores, entre los cuales destaca la irrigación, ya que tiene acción lubricante, disuelve el barrillo dentinario y elimina los agentes biológicos, permitiendo dejar el tracto del conducto en óptimas condiciones para su obturación. ^{1, 3}

Las bases que han forjado a la endodoncia actual se las debemos a generaciones de grandes endodoncistas e investigadores que nos han precedido. ¹

A principios del siglo XIX, ya se tenían nociones de la microbiología y de los conceptos de asepsia y antisepsia, gracias a las aportaciones de Lister, por su parte Callahan propone emplear por primera vez una solución de ácido sulfúrico para la antisepsia de los conductos radiculares. ^{1, 2}

Posteriormente, con el estallido de la Primera Guerra Mundial, Dakin incursiona en el uso del Hipoclorito de Sodio para el tratamiento de las heridas quirúrgicas de los soldados, sirviendo como base para que, a mediados de la década de los 30's, Walker empleara esta sustancia como irrigante en el tratamiento de conductos, encontrando múltiples beneficios en su aplicación ². Con el correr de las décadas, se fueron proponiendo varias sustancias como el Peróxido de Hidrógeno, el Gluconato de Clorhexidina o el EDTA, entre otros. ²

En los últimos años, el exponencial avance de la ciencia y la tecnología ha permitido hacer descubrimientos y aportes en todos los campos de la medicina, la endodoncia no es la excepción, ya que actualmente se habla de nanotecnología aplicada en el proceso de irrigación, además de técnicas complementarias que potencializan y mejoran la acción de las sustancias irrigantes clásicas. ^{3, 2}

Esto nos evoca a los dos cuestionamientos que Berman nos plantea: “en los años venideros, ¿seremos capaces de eliminar en su totalidad los microorganismos, biopelículas y tejido presentes en los conductos radiculares? ¿lograremos con mayor eficiencia la limpieza del conducto empleando sustancias con menor toxicidad durante los tratamientos?”.¹

Objetivo:

Conocer y analizar las nuevas técnicas y sustancias empleadas en la irrigación dentro del tratamiento de conductos, a través de una revisión bibliográfica, con el fin de ofrecer una actualización.

Antecedentes históricos de la irrigación.

El dolor dental es un mal que aqueja a la humanidad desde el principio de los tiempos, la forma más elemental de combatirlo desde la antigüedad ha sido la extracción del órgano afectado.

Posteriormente, el empirismo llevó a emplear ciertos tratamientos como compuestos de hierbas, extremidades de animales o inclusive excremento de murciélago con el objetivo de evitar al “gusano” al que se le atribuía dicho malestar.^{1,2}

En la antigua Grecia, inspirado en la medicina árabe, Hipócrates de Cos recomendaba el uso de el “Cauterio”, que consistía en un alambre o aguja calentado al rojo vivo, aplicado sobre la lesión que poseía el diente, con el objetivo de “cauterizar” dicho órgano.^{1,10}

En los siglos subsecuentes, el oscurantismo de la Edad Media frenó los avances en el área, teniendo, además del empirismo, la superstición, en donde se empleaba la figura de Santa Apolonia para socorrerse del dolor dental.^{2,10}

Para el siglo XVI, grandes anatomistas como Andrés Vesalius y el maestro florentino Leonardo Da Vinci comenzaron a evidenciar en sus trabajos la existencia de una cavidad dentro de los dientes humanos.

Así mismo el cirujano Ambroise Paré recomienda el uso de aceites de clavo para el manejo del dolor de origen dental, y comienza a indagar sobre los actuales diagnósticos diferenciales entre la pulpitis y la periodontitis.

El siglo XVII trajo grandes avances en la medicina, con los descubrimientos de Antón van Leeuwenhoek, quien al construir el primer microscopio, revolucionaría totalmente la visión de la medicina; entre sus estudios realiza la descripción de los conductillos dentinarios y señala la presencia de “pequeños animales” asociados a una cavidad dental.²

Posteriormente Pierre Fauchard, el padre de la odontología moderna, en su libro “Le Chirurgien Dentiste”, derrumba la idea del “gusano” que provoca la caries, además propone el uso de mechas de algodón embebidas en eugenol como tratamiento para las lesiones cariosas profundas, así como el drenaje de

los abscesos mediante una sonda exploratoria, y la obturación de la cámara pulpar con láminas de plomo.

Este último concepto de obturación inspira a Bourdet, en 1757, a obturar dichas cavidades con oro, así en 1809, Hudson toma ambas técnicas, refinándolas en busca de una obturación hermética, diseñando condensadores específicos para manipular mejor dicho material.^{2, 10}

En materia de irrigantes, para el año de 1836, Spooner introduce arsénico en los conductos pulpares con la intención de “mortificar” la pulpa, de ahí viene el concepto popular en el que la endodoncia consiste en “matar al nervio” y que aún se cree en nuestros días.²

En el año de 1838, Maynard fabrica el primer instrumento endodóntico, empleando un vástago de reloj.

Hasta la primera mitad del siglo XIX, el tratamiento de conductos solo se asociaba con el malestar y el dolor, pero en 1890 Miller introduce un nuevo concepto, evidenciando la presencia de bacterias al interior de los conductos y su estrecha relación con las alteraciones pulpares y periapicales, siendo un parteaguas para la búsqueda de sustancias antisépticas para combatir la agresión bacteriana.²

De esta manera, en 1891, Walkhoff propone el uso del paramonoclorofenol. Mas adelante en 1892, Schreier sugiere una mezcla de sodio y potasio durante la limpieza del sistema de conductos.

En 1893, Miller emplea una pasta a base de formaldehído, cuya acción era momificante. En 1894, Callahan formula una solución, con intenciones antisépticas, de ácido sulfúrico que oscilaba entre un 40% y un 50% de concentración.²

Para 1895, Roentgen revoluciona la medicina con el descubrimiento de los rayos X, así en 1899, Kells emplea este nuevo descubrimiento en el área dental para verificar la obturación de un conducto. La aplicación de la radiología en el área odontológica, además de otros beneficios, nos permitió evaluar las consecuencias del uso de ciertas sustancias irrigantes sobre los tejidos periapicales.²

El siglo XX, lleno de confrontamientos armados, trajo consigo amplios avances en la medicina que impactaron indirectamente en el área odontológica. Así es como en plena Primera Guerra Mundial, en el año de 1915, Dakin emplea una antigua sustancia, descubierta en la Francia del siglo XVIII, empleada como blanqueador y decolorante textil, actualmente conocida como Hipoclorito de Sodio ¹. Para formular una solución antiséptica con una concentración del 0,5% aplicada en la limpieza de las heridas de los soldados heridos en batalla. ²

Así en el año de 1936, Walker aumenta la concentración de la solución de Dakin, de 0,5% a 5%, empleándola como irrigante en el tratamiento de conductos. ²

Para 1943, Grossman descubre una reacción entre el hipoclorito de sodio al 5,25% y el peróxido de hidrógeno, dándole su nombre y empleándola en la endodoncia. ²

En la década de los 50's, Hahn y Reygadas publican los primeros informes sobre los efectos desmineralizantes del ácido etilendiaminotetraacético, mejor conocido como EDTA, en los tejidos dentales duros. ^{2, 4}

Para 1957, Nygaard-Otsby recomienda su uso en el protocolo de irrigación mediante una solución de EDTA al 15%, con un pH de 7,3, adicionada con agua destilada e hidróxido de sodio. Un año más tarde, se añade un compuesto de amonio cuaternario como detergente, con el fin de aumentar el potencial de limpieza y bactericida al reducir la tensión superficial del irrigante, facilitando la humectación del conducto pulpar y como resultado aumentando la capacidad quelante al penetrar con mayor facilidad en la dentina. A esta solución se le conoce como EDTAC. ⁴

En este mismo año, Richman publica las primeras aplicaciones experimentales del ultrasonido aplicado en la limpieza e instrumentación. ²

En 1961, Cobe crea un gel a base de peróxido de hidrógeno en glicerina que reacciona con el hipoclorito, bajo el nombre de Gly Oxide. ²

En 1969, Stewart presentó RC-Prep, con la casa comercial premier Dental, en Philadelphia, EUA, probablemente el agente quelante en pasta más conocido. ⁴ Que es un gel de consistencia cremosa, a base de peróxido de hidrógeno y

EDTA, incorporado en carbowax (polietilenglicol) para reaccionar con el hipoclorito de sodio al 5,25%.^{2, 4}

En 1973, Paiva y Antoniazzi sustituyen el EDTA del gel RC-Prep por Tween 80 (Polisorbato 80), un surfactante hidrofílico empleado en la industria cosmética como emulsificante de aceites y así nace el Endo PTC, que es más reactivo con el hipoclorito de sodio a menor concentración.^{2,4}

En 1975, Loel realizó los primeros estudios de aplicación de ácido cítrico como irrigante.⁴

A principios de la década de los 80's, Cunningham y Balekjian introducen clínicamente el ultrasonido en el tratamiento de conductos.^{2, 4}

En el año de 1983, Yamada et al, proponen la irrigación alternada entre hipoclorito de sodio y EDTA con el objetivo de eliminar tanto la materia orgánica como inorgánica que posee el tracto del conducto radicular.²

En 2007, Van Der Sluis et al. Publican un extenso trabajo acerca de la aplicación de la PUI, o irrigación ultrasónica pasiva del conducto radicular.^{2, 4}

El nuevo milenio trajo una cantidad impresionante de avances en las técnicas y soluciones empleadas en la irrigación, por ejemplo, el uso de sistemas como Gentle Wave System de Sonendo Inc. o Safety Irrigator de Vista Dental Products. Al igual que la activación de las sustancias irrigantes clásicas como el hipoclorito de sodio a través de novedosos sistemas ultrasónicos o láseres calibrados para uso endodóntico. Así como la formulación de nuevas sustancias con una mayor biocompatibilidad y un mejor control del efecto, basadas en las ideas que presenta Kishen en sus estudios de nanotecnología aplicada en Endodoncia. Estos últimos avances los analizaremos con mayor detenimiento en los siguientes capítulos.^{14, 22}

1 Irrigación.

1.1 Definición

La irrigación es el procedimiento mediante el cual se hace pasar un flujo de alguna solución por el sistema de conductos, mediante la inyección y aspirado de estas. ^{1, 3, 10}

Sus objetivos son mecánicos, químicos y biológicos al:

- Eliminar los residuos del sustrato pulpar (vital o necrótico), así como los microorganismos y sus toxinas que conforman la biopelícula presente en los conductos. ^{1, 2, 11}
- Lubricar el conducto durante el trabajo mecánico de conformación del conducto. ^{2, 11}
- Evitar la formación y eliminar el barrillo dentinario durante la instrumentación, a través de la disolución de los minerales de este y su arrastre mecánico, sin alterar la estructura dental. ¹¹

Por lo tanto el irrigante ideal debería tener las siguientes características: ^{1, 3, 10}

- Acción disolvente sobre el tejido orgánico
- Baja toxicidad, sin provocar una reacción anafiláctica.
- Biocompatibilidad, evitar la irritación de los tejidos periapicales.
- Permanecer activo en la presencia de fluidos fisiológicos.
- Acción antimicrobiana y desinfectante.
- Baja tensión superficial.
- Acción sobre el barrillo dentinario.
- Permanecer estable en solución.
- No manchar la estructura dental.
- Lubricante y humectante.
- Tener rápida acción.
- No alterar la capacidad de sellado de los materiales de obturación.
- Ser fácil de aplicar y económico.

Hasta el momento no se ha encontrado una sustancia que cumpla con todas las características mencionadas. ¹⁰

1.2 Tipos de agujas

Varios componentes afectan la eficacia de la irrigación del conducto radicular, incluidos el tamaño y el agrandamiento de la preparación apical, la distancia de penetración de la aguja desde el ápice, el flujo y el volumen del agente de irrigación, el tamaño de la aguja y la presencia de curvatura del conducto radicular. La colocación de la punta de la aguja más cerca del ápice permite un cambio de solución más eficiente, lo que resulta en una mejor limpieza y acondicionamiento del conducto radicular. El patrón de flujo (que es la forma en la que fluye el irrigante al cruzar y salir de la aguja) y el intercambio de irrigación de las agujas abiertas pueden llevar a un aumento de la presión en el foramen apical, teniendo un mayor peligro de extrusión de irrigante en los tejidos periapicales.⁶

La eficacia del proceso de irrigación se basa en la limpieza mecánica y la capacidad de la solución de irrigación para eliminar los microorganismos y disolver el tejido.^{6,7}

Es importante recalcar que independientemente de la selección de aguja que se realice, se debe conservar un margen de seguridad colocando un tope de silicona sobre la aguja a una distancia de dos a tres milímetros menos con respecto a la longitud de trabajo, esto con el fin de evitar el riesgo de proyectar la sustancia a la región del periápice.^{1, 3, 6}

La aguja de irrigación tradicional tiene un extremo de salida con varias modificaciones en la punta, como bisel o muesca. Deben doblarse fácilmente para continuar con las curvas del conducto y brindar control de la solución de irrigación en cada una de las áreas del conducto radicular.⁷

Las agujas de calibre 27 y 30 G son actualmente los tamaños más utilizados para la irrigación del conducto radicular porque son lo suficientemente pequeñas como para pasar la solución a la mayoría de los conductos.^{6, 7}

La efectividad de la irrigación también depende de un ensanchamiento franco en el conducto radicular, ya que de lo contrario es difícil que este pueda penetrar hacia el tercio apical, pues el tamaño de este dificulta el flujo de la sustancia, además las burbujas de aire que se puedan formar al inyectar este

líquido y que no puedan salir debido a la estrechez del conducto. Por esto mismo es recomendable realizar una preparación apical con un instrumento del número 35 o 40, para irrigar con una aguja de 27 G.⁶ Por lo tanto es importante estar conscientes de que la penetración de las soluciones está íntimamente relacionadas a la conformación del conducto y de ello depende la selección del calibre de las agujas. Además, debemos tomar en cuenta que mientras se aumenta el tamaño de la preparación, se debe tener precaución de no forzar el irrigante más allá del conducto radicular. Una instrumentación mayor que #35 puede permitir la extrusión del irrigante más allá del ápice hacia los tejidos periapicales.^{6,7}

El siguiente esquema (Figura 1), presentado por Baasch et al, muestra la correlación entre la preparación apical y el calibre de la aguja y su diseño, propuesto por diversos autores.⁶

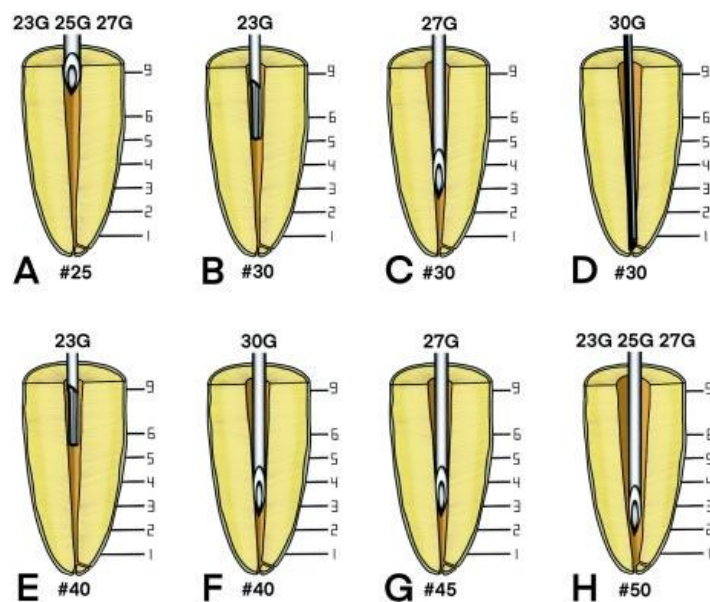


Fig.1: Comparación de la preparación apical y el calibre de la aguja.⁶

Debemos notar que el aumento de la conicidad del conducto mejora el recambio del irrigante, mientras reduce el riesgo de extrusión del irrigante. El flujo del irrigante en un conducto radicular con mínima conicidad y preparación apical amplia también mejora el recambio del irrigante.⁷

El diseño de la punta de la aguja de irrigación condiciona el patrón de flujo, la velocidad de flujo y la presión en la pared apical, todos estos parámetros son

importantes para la efectividad en el procedimiento y la seguridad al disminuir o evitar el riesgo de extrusión.⁴²

La distribución del flujo de la irrigación del conducto radicular puede verse afectada por agujas de diámetros amplios, por grandes distancias entre la punta de la aguja y el tope apical y por conductos radiculares estrechos.⁶

Los principales diseños de agujas que podemos encontrar en el mercado son biselada (A); plana (B); muesca (C); extremo cerrado con salida lateral (D); extremo cerrado con múltiples salidas (E); extremo cerrado con doble salida lateral (F), (Figura 2).⁶

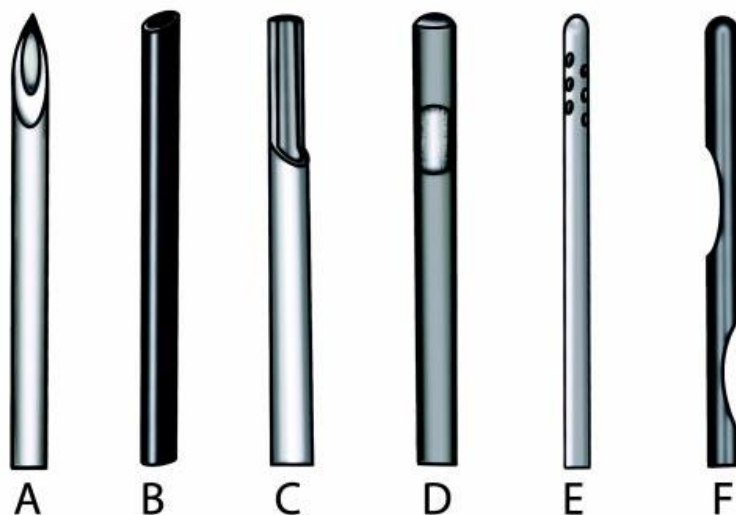


Fig.2: Representación de los tipos de agujas endodónticas.⁶

Se ha observado el flujo del irrigante dentro de los conductos y se demostró que la aguja de salida lateral puede presentar riesgos, si el diámetro de ésta es pequeño y este alcanza la longitud completa del conducto, pues esto permite la extrusión de los irrigantes hacia el área periapical. Con una aguja estándar, el fluido no pasa más allá de la punta de la aguja cuando se emplea una presión mínima en la irrigación y compensado con el ensanchamiento del conducto, no ocurre la extrusión más allá de la punta. Sin embargo, la presión aplicada a la jeringa es directamente proporcional a la distancia que el fluido recorre fuera de la punta de la aguja.⁶

También se ha demostrado que la aguja de punta cerrada con salida lateral presenta riesgo de extrusión del irrigante, cuando se utiliza una aguja de

diámetro pequeño y se aplica más presión a la jeringa. Por lo tanto, este tipo de aguja puede ser de alto riesgo si se utiliza inapropiadamente.^{6,7}

Entonces, el patrón de flujo de las agujas abiertas es diferente al de las agujas cerradas, resultando en una mejora en el recambio del irrigante en la zona más apical a la punta de las agujas abiertas, sin dejar de notar que si no se toma la debida precaución al manipularlas y se ejerce una mayor presión, podemos proyectar el irrigante hacia la zona periapical.⁷

Al haber riesgo a extrusión, la literatura recomienda el uso de agujas de punta cerrada con ventana lateral, sacrificando la eficacia en la desinfección del conducto radicular por seguridad de los tejidos periapicales.^{6,7}

Al tomar conciencia de los distintos diseños de agujas, se puede hacer una buena elección de las agujas según el caso, evitando desde una deficiencia de irrigación hasta la extrusión del irrigante.⁴²

Agujas para irrigación endodóntica.








Nombre	Imagen	Casa comercial	Características
Endo-Eze™ Irrigator Tip	 45	Ultradent	Composición: Acero inoxidable Calibre: 27ga Tipo: Abierta con muesca Longitud: 25mm ⁴⁵
Endo-Eze™ Tip	 46	Ultradent	Composición: Acero inoxidable Calibre: 21, 20, 19 y 18ga Tipo: Abierta plana Longitud: 21mm ⁴⁶
Navitip™ Tips	 47	Ultradent	Composición: Acero inoxidable Calibre: 29 y 30ga Tipo: Abierta plana Longitud: 27, 25, 21 y 17mm ⁴⁷
Navitip™ Single Sideport	 48	Ultradent	Composición: Acero inoxidable Calibre: 29ga Tipo: Cerrada con una salida lateral Longitud: 27, 25, 21 y 17mm ⁴⁸
Navitip™ Double Sideport	 49	Ultradent	Composición: Acero inoxidable Calibre: 31ga Tipo: Cerrada con dos salidas laterales Longitud: 27 y 21mm ⁴⁹
IrriFlex ^R	 50	+PD	Composición: Polipropileno Calibre: 30ga Tipo: Cerrada con dos salidas laterales. Longitud: 27mm ⁵⁰
TruNatomy Irrigation Needles™	 51	Dentsply Sirona	Composición: Polipropileno Calibre: 30ga Tipo: Cerradas con dos salidas laterales Longitud: 27mm ⁵¹

Tabla. Tipos de agujas para irrigación endodóntica disponibles en el mercado mexicano, 2023. ^{45, 46, 47, 48, 49, 50, 51}

1.3 Barrillo Dentinario

La capa residual, o smear layer, también llamada capa de barro dentinario, fue descrita por McComb y Smith en 1975.⁴⁰ Tapiza las paredes de los conductos y está formada por una mezcla de restos de la dentina cortada y residuos de tejido pulpar, con presencia de bacterias en los casos de dientes infectados, esta mezcla puede ocluir la entrada de los túbulos de la dentina y de los conductos accesorios. Las paredes que no han sido instrumentadas pueden presentar restos pulpares, pero no smear layer.¹¹

Su espesor es de 1-5 mm, y puede extenderse en el interior de los túbulos hasta 40 mm de profundidad. Los túbulos dentinarios se inician en la pared de la cavidad pulpar y se extienden hasta la proximidad del cemento, con numerosas anastomosis entre sí que atraviesan la dentina intertubular y que pueden actuar como reservorio de las bacterias.¹¹

Hace algunos años se produjo una controversia acerca de la conveniencia o no de eliminar la capa residual. A favor de su mantenimiento se argumentó que su presencia retardaría la penetración bacteriana en los túbulos; sin embargo, se demostró que las bacterias lograban atravesarlo y alcanzar la luz de los túbulos con bastante facilidad y se podían desarrollar en su interior. Otros autores afirmaron que su eliminación aumentaría la permeabilidad de la dentina, con lo que se facilitaría la proliferación de las bacterias, recomendando en todo caso efectuar todo el tratamiento en una sesión, para evitar la posible contaminación entre sesiones.^{1, 11}

Se ha comprobado que si no se elimina la capa residual, puede comprometer el éxito del tratamiento, ya que es un buen sustrato para el biofilm y por lo tanto no asegura la desinfección del conducto, además, por sus componentes inorgánicos puede generar taponamientos y al obstruir los túbulos dentinarios puede afectar la obturación del sistema de conductos.^{1, 3, 11}

1.4 Problemas de Flujo

En la irrigación convencional con jeringa, se pueden presentar dificultades para hacer llegar las soluciones al último tercio de la raíz, así como a las distintas variaciones morfológicas del sistema de conductos radicular.⁴⁰

A nivel del tercio apical se presenta el atrapamiento de burbujas, también denominado "bloqueo de vapor apical". Estas burbujas obstruyen el suministro efectivo de irrigante específicamente en la región apical. Sin embargo, su formación y extensión dependen del caudal de irrigación, el tipo de soluciones, la profundidad de inserción de la aguja y el tamaño apical del conducto. Esto puede evitarse o prevenirse empleando una aguja cerrada a 1 mm de distancia con respecto a la longitud de trabajo o utilizando caudales de irrigación de 0,2 ml/s. Un evento relacionado es la denominada zona de "agua muerta" o "estancamiento" en la zona apical donde no se produce el recambio o mezcla del irrigante, incluso si no existen burbujas atrapadas.⁴²

El flujo del irrigante hacia canales laterales o extensiones ovales es limitado para sistemas de irrigación que producen una corriente paralela a la pared del conducto radicular. El flujo en el canal principal impulsará la solución hacia los canales laterales y algunas veces la penetración del irrigante se limitará al diámetro del canal. Además, la irrigación convencional con jeringa es poco efectiva en istmos y prolongaciones ovales, contrario a la irrigación ultrasónica o activada por láser, que produce un flujo lateral, mejorando la penetración y el alcance del irrigante así como la disolución del tejido en los conductos laterales, istmos o extensiones ovaladas.^{11, 42}

Al mismo tiempo la forma de los túbulos dentinarios (con un diámetro típico de 0,5 a 3,2 μ m y una longitud de 1 a 2mm) presenta una seria dificultad para que penetre el irrigante. La difusión a través de la pequeña abertura en la luz del conducto radicular es lenta, mientras que la convección se limita a unos pocos micrómetros desde la entrada, siempre que el túbulo esté lleno de líquido.^{40, 42}

Por lo tanto son necesarias estrategias de tratamiento complementarias para mejorar la limpieza y desinfección del conducto en su totalidad.

2 Consideraciones Anatómicas

“El conocimiento de la anatomía facilita el acto quirúrgico” F. Goldberg.³

La pulpa dental es un tejido conjuntivo laxo, de origen ectomesenquimatoso.⁵ Posee un amplio contenido celular (como fibroblastos, macrófagos, linfocitos) así como fibras colágenas y reticulares, sustancia fundamental amorfa, líquido tisular, vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. Además, está íntimamente relacionada con la dentina.³

Sus principales funciones son: la percepción sensorial (ya que transmite la respuesta dolorosa aferente y la respuesta propioceptiva), la formación de dentina, el suministro de nutrientes a las propias células que la conforman y a los dentinoblastos que la rodean, y la defensa (de estímulos que causen lesión, como irritación cariosa, abrasiones, fracturas, etc.), que conlleva a su función inductora de inflamación y la formación de dentina terciaria o de reparación, según sea el caso.^{1,2}

La pulpa se encuentra alojada en la cavidad pulpar, que es el espacio interno del diente, cuya morfología obedecerá siempre a la configuración anatómica externa del diente, que a su vez dependerá de su ubicación en la arcada.^{1, 2, 3}

Podemos apreciar un esquema del canino inferior (A), que muestra los tejidos que lo conforman, aunado a esto podemos ver una microfotografía (B), en donde podemos apreciar la conformación del complejo dentino-pulpar.(Figura 3)³

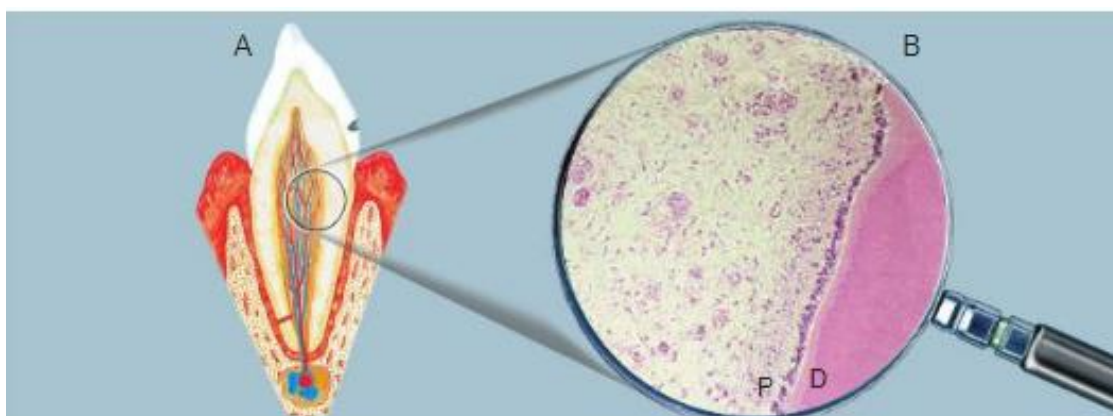


Fig.3: Esquema de un canino inferior, muestra las estructuras anatómicas (A) y una microfotografía (B) del complejo dentina (D) – pulpa (P).³

Cabe mencionar que, a lo largo de la vida del paciente, las cavidades pulpares sufren de modificaciones dimensionales como consecuencia de agresiones físicas químicas o bacterianas, reduciendo su tamaño o formando nódulos o agujas cálcicas.³

Para su estudio se puede dividir en la porción coronal denominada cámara pulpar (constituida por divertículos o cuernos, un techo, paredes laterales y un piso pulpar) y la porción radicular, cuya forma origina un conducto que va del piso de la cámara pulpar al ápice radicular.³

Los conductos radiculares, cuya forma y número obedecen a la morfología de la raíz, inician en la base de la pulpa coronal o el piso de la cámara pulpar, según sea el número de raíces. De manera didáctica se pueden dividir en tercios: cervical, medio y apical. Tienen una forma cónica, con la base orientada hacia el tercio cervical y el vértice hacia el ápice.^{1, 10}

Estos conductos pueden presentar numerosas ramificaciones que reciben su nombre según sea su posición y características³:

- Colateral: casi paralelo al conducto principal, de menor diámetro, puede terminar en un foramen único o separado.
- Lateral o adventicio: usualmente ubicado en los tercios cervicales y medios, desemboca del conducto principal, alcanzando el periodonto lateral
- Secundario: localizado en el tercio apical, sale del conducto principal y llega al periodonto lateral.
- Accesorio: ramificación del conducto secundario, desemboca en la superficie externa del cemento apical.
- Interconducto: une a dos conductos entre sí.
- Delta apical: al igual que la desembocadura de un río, posee numerosas terminaciones a partir del conducto principal, provocando la aparición de varios forámenes.
- Cavo-interradicular: proviene del piso de la cámara pulpar, con dirección al periodonto interradicular y terminando en la zona de las furcaciones radiculares.

La denominación de estas ramificaciones fueron propuestas por Pucci, Reig (A, B, y C) y Kuttler 3, como se muestra en el siguiente esquema (Figura 4)³:

- a) Conducto principal
- b) Colateral
- c) Lateral
- d) Secundario
- e) Accesorio
- f) Interconducto
- g) Recurrente
- h) Delta apical
- i) Cavo-interradicular

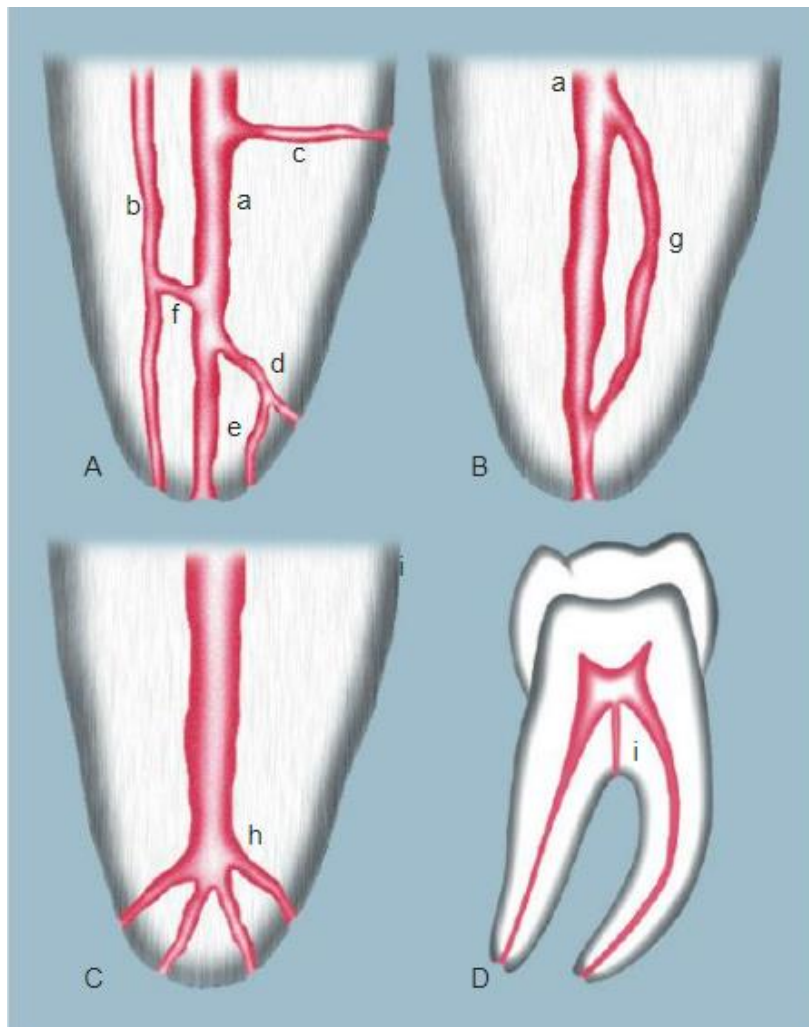


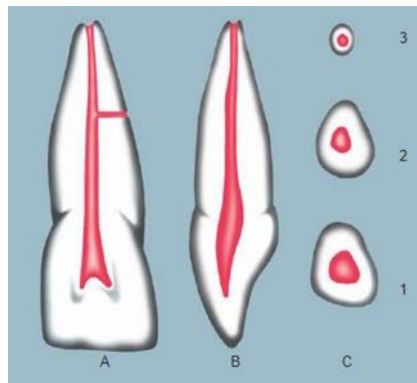
Fig.4: Denominación de las ramificaciones de la cavidad pulpar de acuerdo con Pucci y Reig (A, B, C) y con Kuttler (D).³

Aunado a lo anterior, las morfologías de los conductos radiculares en sus tercios medio y coronal expresan formas diversas que se suman a las configuraciones apicales y al número de conductos relacionados al complejo de cada uno.^{1,3}

Entre dichas formas apreciables en cortes transversales de las raíces, se encuentran múltiples rasgos como: aletas, deltas, conexiones entre conductos, asas, conductos acintados y conductos en "C".^{1,3}

2.1 Incisivo Central Superior

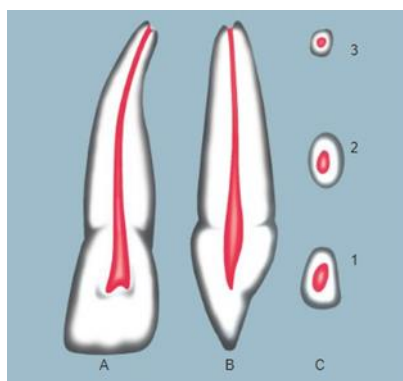
Poseen una cámara pulpar que se caracteriza por tener una amplitud en sentido mesiodistal en su porción incisal que converge en un conducto único cónico (Figura 4).^{1,2,3}



*Fig.5: Anatomía del incisivo central superior.*³

2.2 Incisivo Lateral Superior.

Similar al incisivo central, con una extensión menor en las dimensiones de su cámara pulpar (Figura 6), suele presentar como variación anatómica una marcada dilaceración apical hacia distal (Figura 7).^{1,2,3}



*Fig.6: Anatomía del incisivo lateral superior.*³



*Fig.7: Modelos 3D que muestra la dilaceración apical hacia distal.*⁵²

2.3 Canino Superior.

Es el diente más largo del orden dental, lo que en ocasiones dificulta su preparación y obturación. Posee una cámara pulpar en forma de “llama de vela”, y una dimensión voluminosa en sentido vestibulo lingual, que desemboca en un conducto único, que en cortes transversos se observan de forma ovalada.^{1,2,3}

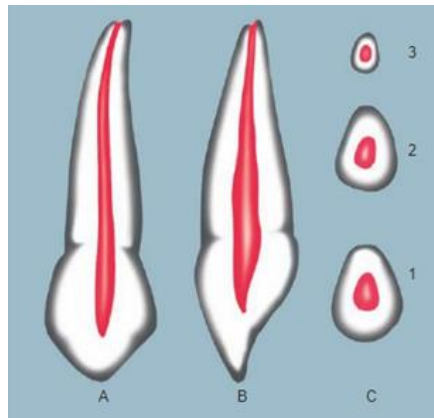


Fig.8: Anatomía del canino superior.³

2.4 Primer Premolar Superior.

Posee una cámara pulpar cuboidea con dos cuernos pulpares. Usualmente presenta dos conductos, uno vestibular y uno palatino, pero se pueden encontrar de un solo conducto de amplitud vestibulo lingual (Figura 9). Además de variaciones como conductos con nemotecnia 2:1 y en casos extraordinarios hasta un tercer conducto.^{1,2,3}

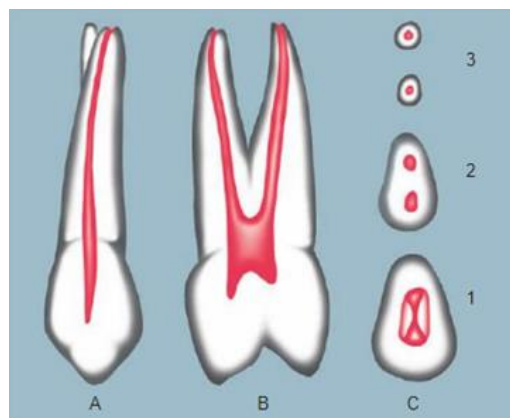


Fig.9: Anatomía del primer premolar superior.³

2.5 Segundo Premolar Superior.

De aspectos coronarios similares al primero, en la mayor parte de ellos casos presenta una raíz, con un solo conducto y ocasionalmente dos que pueden o no converger en un solo foramen, debido a una isla de dentina (Figura 10).^{1, 2, 3}

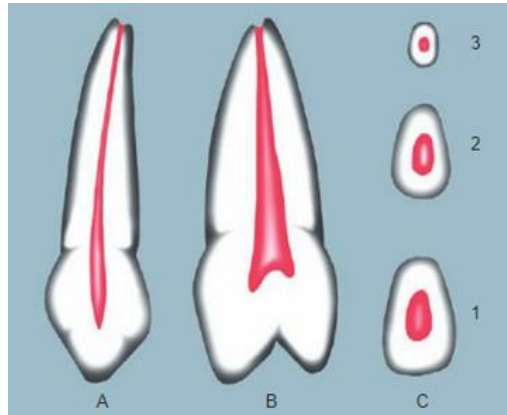


Fig.10: Anatomía del segundo premolar superior.³

2.6 Primer Molar Superior.

De cámara pulpar trapezoidal amplia, con un ligero achatado en sentido mesiodistal. El común de estos dientes posee tres raíces, con un conducto palatino (muy amplio), uno distovestibular y uno o dos mesiovestibulares (Figura 11).^{1,2,3}

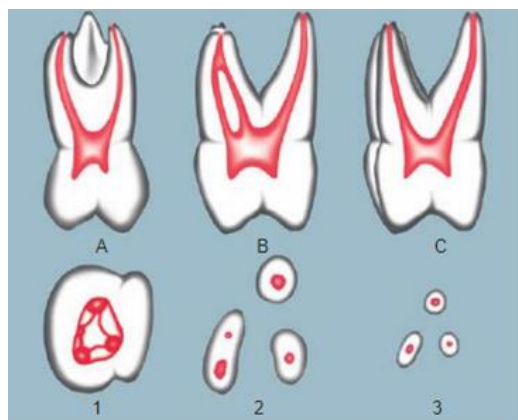


Fig.11: Anatomía del primer molar superior.³

2.7 Segundo Molar Superior.

Con una anatomía muy similar al Primer Molar, solo que usualmente no posee un segundo conducto mesiovestibular, y que se pueden encontrar diversas fusiones radiculares (Figura 12).^{1,2,3}

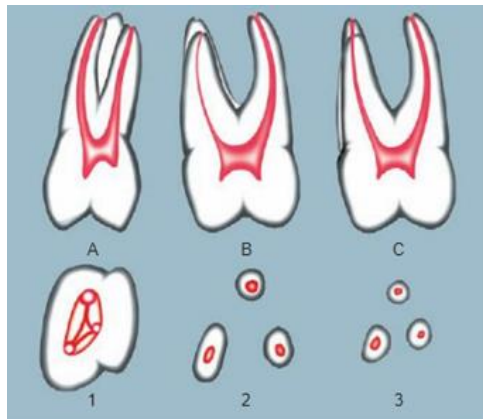


Fig.12: Anatomía del segundo molar superior.³

2.8 Incisivos Central y Lateral Inferiores.

Poseen características muy similares a sus homólogos superiores, pero en dimensiones menores, con un solo conducto (Figura 13), siendo extremadamente raro encontrar alguna variación anatómica en estos.^{1,2,3}

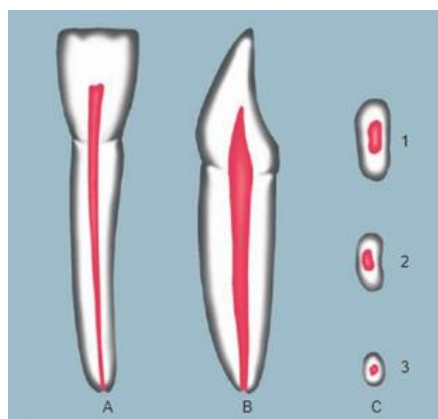


Fig.13: Anatomía de los incisivos central y lateral inferiores.³

2.9 Canino Inferior.

Con una cámara pulpar en forma de “flama de vela”, de dimensiones menores a su homólogo superior (Figura 14), puede presentar uno o dos conductos.^{1,2,3}

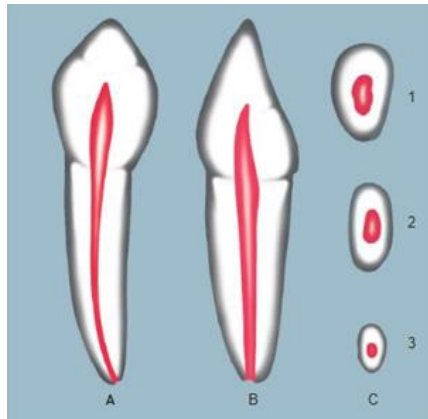


Fig. 14: Anatomía del canino inferior.³

2.10 Primer y Segundo Premolar Inferior.

Con una cámara pulpar cuboidea, usualmente poseen un conducto único (Figura 15), pero pueden tener hasta tres conductos y múltiples variaciones anatómicas y nemotecnias en su conformación (Figura 16), lo cual dificulta su preparación y obturación.^{1,2,3}

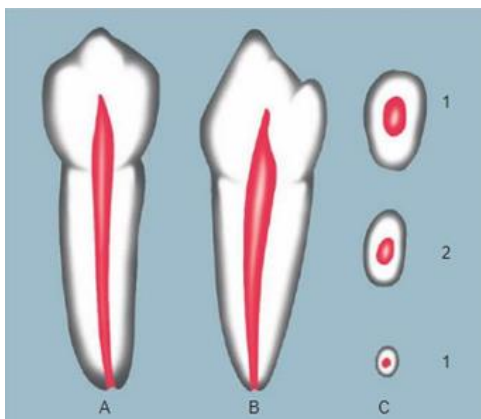


Fig. 15: Anatomía del primer y segundo premolar inferior.³

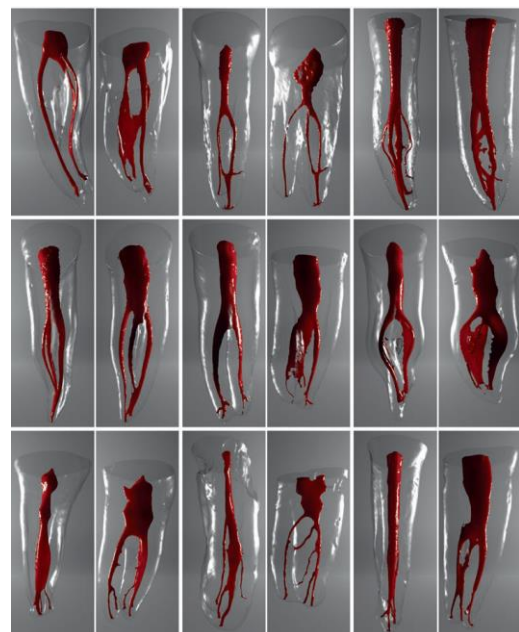


Fig. 16: Modelos 3D que muestran algunas variaciones anatómicas complejas en premolares mandibulares.⁵²

2.11 Primer Molar Inferior.

Es el diente cuya corona es la más voluminosa en el orden dental, ya que presenta 5 cúspides, con una cámara pulpar rectangular. Usualmente tiene dos raíces, una mesial y una distal, y por lo general tiene tres conductos, uno distal, uno mesiovestibular y uno mesiolingual (Figura 17). Aunque puede presentar hasta seis conductos, uno por cada raíz, llamado mesiomesial o distomesial según su ubicación (Figura 19). También es común encontrar el conducto distal en "c" (Figura 18).^{1, 2,3} Además la principal variación anatómica del primer molar mandibular es el radix entomolaris, que se describe como un diente con una raíz adicional distolingual, cuando esta estructura se presenta hacia vestibular se denomina radix paramolaris.¹⁴

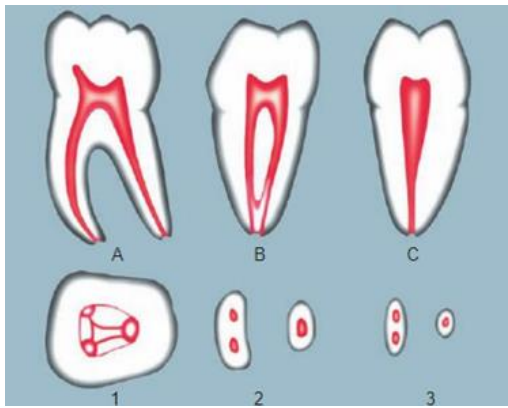


Fig. 17: Anatomía del primer molar inferior.³

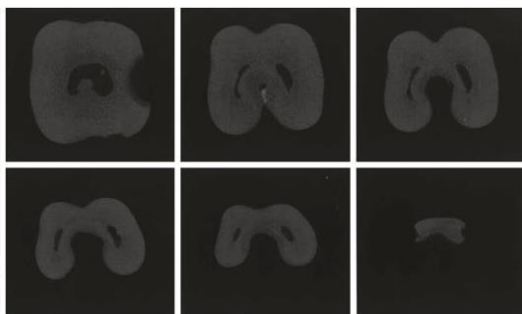


Fig. 18: Imágenes topográficas que muestran cortes transversales de las raíces de un primer molar inferior.⁵²

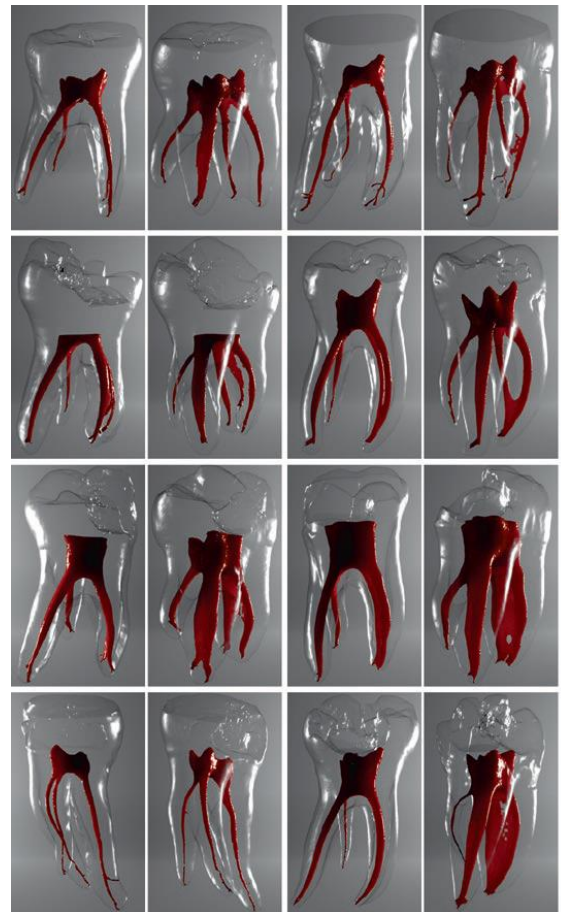


Fig. 19: Modelos 3D que muestran algunas variaciones anatómicas complejas en primeros molares inferiores.⁵²

2.12 Segundo Molar Inferior.

Anatómicamente similar al primer molar, suele presentar tres conductos (Figura 20) y en ocasiones puede presentarse una fusión de ambas raíces y por tanto un solo conducto, o una convergencia de dos o tres conductos en un solo foramen apical, además de la formación de un conducto en "C" (Figura 21).^{1,2,3}

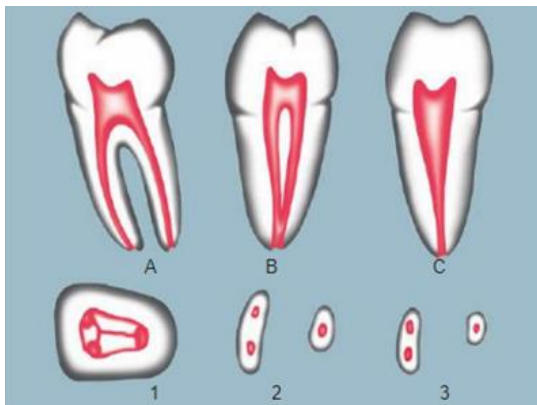


Fig.20: Anatomía del segundo molar inferior.³

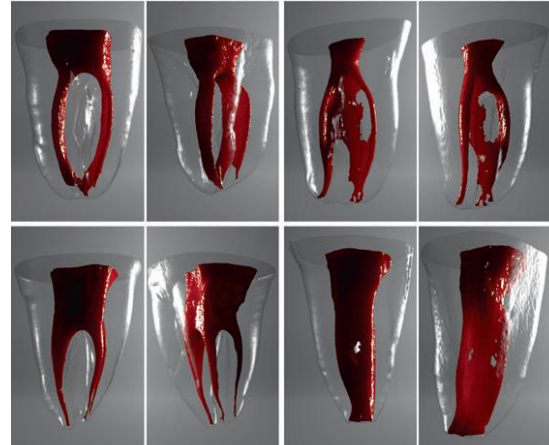


Fig.21: Modelos 3D que muestran algunas variaciones anatómicas complejas en segundos molares inferiores.⁵²

Es importante tomar conciencia de la morfología y variaciones anatómicas en los sistemas de conductos, ya que presentan un reto importante al realizar el tratamiento de conductos, por su dificultad al prepararlos, y aquí es en donde la irrigación se distingue, facilitando la limpieza de aquellos recónditos lugares a los que un instrumento no puede llegar.

2.13 Configuraciones del sistema de conductos radiculares

El diagnóstico y la planificación del tratamiento en conjunto al conocimiento de la morfología común del conducto radicular y sus frecuentes variaciones es un requisito clave para el éxito del tratamiento de conductos. Las variaciones de forma, como la presencia de conductos ovalados o istmos, tienen un mayor efecto sobre los cambios que ocurren durante la preparación mecánica que las propias técnicas de instrumentación.³⁸

Weine et al.⁴³ (1969) propusieron la primera clasificación clínica de más de un sistema de conductos en una sola raíz. Estudió las raíces mesiovestibulares en primeros molares maxilares extraídos, mediante métodos radiográficos y de corte y clasificó la configuración del canal en cuatro categorías^{38, 43}:

- Tipo I: un solo canal desde la cámara pulpar hasta el ápice (1)
- Tipo II: dos conductos separados que salen de la cámara pero se unen antes del vértice para formar un solo conducto (2-1)
- Tipo III: dos canales distintos desde la cámara pulpar hasta el ápice (2)
- Tipo IV: un solo canal que sale de la cámara y se divide en dos canales separados en el vértice (1-2)⁴³

Vertucci et al.⁴⁴ (1974) realizaron un estudio en 200 segundos premolares maxilares extraídos y diafanizados, con las cavidades pulpares entintadas, y encontraron un sistema mucho más complejo, identificando ocho configuraciones diferentes^{38,44}:

- Tipo I: un solo canal desde la cámara pulpar hasta el ápice (1)
- Tipo II: dos conductos separados que salen de la cámara pero se unen antes del vértice para formar un solo conducto (2-1)
- Tipo III: un solo canal que se divide en dos y luego se fusiona para salir como uno (1-2-1)
- Tipo IV: dos canales distintos desde la cámara pulpar hasta el ápice (2)
- Tipo V: un solo canal que sale de la cámara y se divide en dos canales separados en el vértice (1-2)

- Tipo VI: dos conductos separados que salen de la cámara pulpar, se fusionan en el cuerpo de la raíz y se dividen nuevamente en dos conductos distintos cortos desde el ápice (2-1-2)
- Tipo VII: un solo canal que se divide, se fusiona y sale en dos canales distintos cortos desde el vértice (1-2-1-2)
- Tipo VIII: tres canales distintos de la cámara pulpar hasta el ápice (3) ⁴⁴

A pesar de los esfuerzos por sistematizar la diversidad de configuraciones de conductos, los autores que estudiaron otros grupos de dientes en diferentes grupos raciales observaron tipos adicionales de morfología de conductos radiculares ³⁸. La Figura 22 resume las variedades de configuraciones de conductos radiculares encontradas por diferentes autores (descritas por (a) Weine et al., (b) Vertucci et al., (c) Sert y Bayirli, (d) Gulabivala et al., (e) Al-Qudah y Awawdeh, (f) Gu et al., (g) Kim et al., (h) Leoni et al., (i) Ng et al., (j) Peiris et al., y (k) Gulabivala et al.), organizadas por el número de conductos radiculares en el ápice ³⁸.

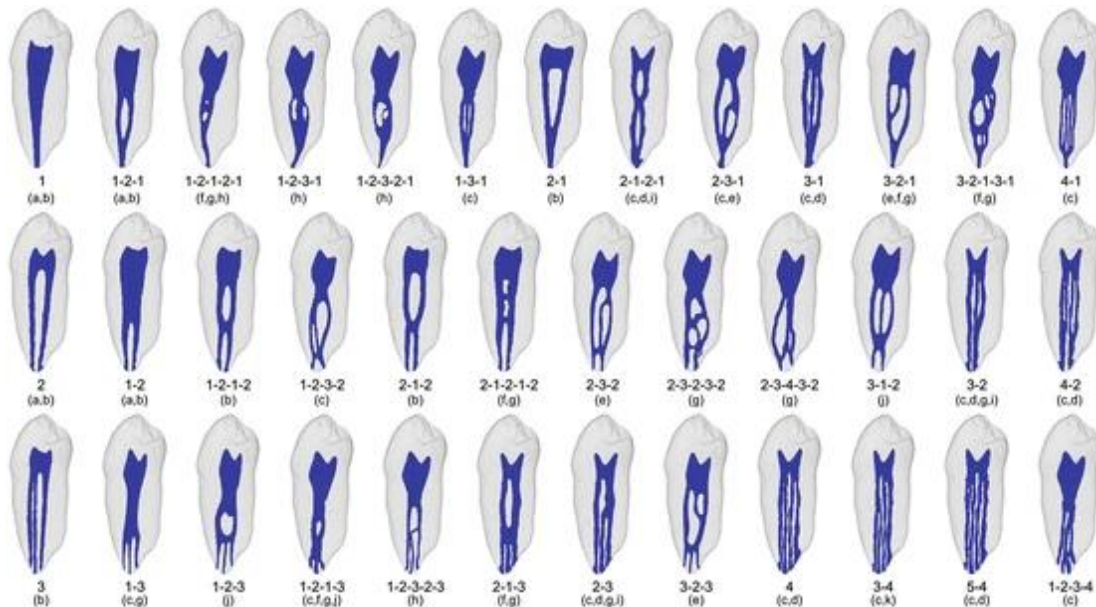
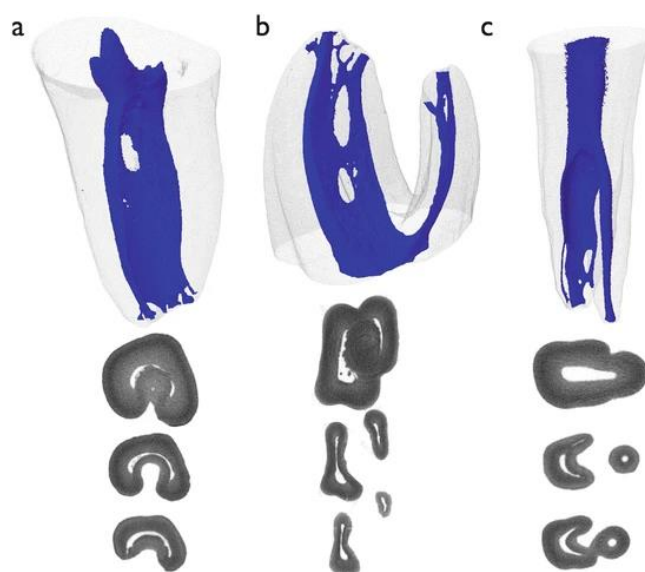


Fig.22: Representación esquemática de las configuraciones de los conductos radiculares, organizada por el número de conductos radiculares en el ápice. ³⁸

2.1.4 Anomalías Anatómicas

La morfología anómala del conducto radicular se pueden encontrar asociadas a los dientes posteriores con una frecuencia variable. Las anomalías dentales se originan en alteraciones genéticas durante la odontogénesis.^{5, 38} Una deficiencia en el diagnóstico de las anomalías anatómicas puede conducir al fracaso del tratamiento. De esta forma, el clínico debe ser consciente de su existencia de para poder implementar un plan de tratamiento adecuado. Las anomalías más comunes con impacto en la práctica endodóntica incluyen taurodontismo, dens invaginatus, radix entomolaris, radix paramolaris y conductos en forma de C.³⁸

La configuración en forma de C recibe ese nombre por la forma de la sección transversal de la raíz y el conducto radicular de la letra mayúscula "C". Su característica principal es la presencia de uno o más istmos que conectan canales individuales, lo que puede cambiar la forma transversal y tridimensional del canal a lo largo de la raíz. Típicamente, esta configuración se encuentra en dientes con fusión de las raíces ya sea en su cara bucal o lingual y resulta de la falta de desarrollo o fusión de la vaina epitelial de Hertwig en el área de furcación durante la etapa de desarrollo de los dientes.⁵ La estructura de la raíz de un diente en forma de C puede albergar una amplia gama de variaciones anatómicas, lo que lo convierte en un desafío con respecto a la desinfección.³⁸



*Fig.23: Modelos tridimensionales y transversales de un segundo molar mandibular en forma de C (a), un primer molar superior en forma de "C" con fusión radicular palatal y distovestibular (b) y un primer premolar mandibular en forma de "C" (c).*³⁸

3 Irrigantes empleados en endodoncia:

3.1 Hipoclorito de Sodio

El hipoclorito de sodio (NaOCl), según la Asociación Americana de Endodoncia, se trata de un líquido claro, verde amarillento, con un pH alcalino y desprende un olor fuerte, es un agente antimicrobiano potente y actúa como disolvente de tejido necrótico y restos orgánicos.¹⁰

Es el irrigante de conductos radiculares más popular, y se considera ampliamente como el estándar de oro entre los irrigantes, ya que posee una excepcional acción antimicrobiana, particularmente bactericida, además de una gran capacidad para disolver los componentes del biofilm y los restos de tejido pulpar. Además, puede reducir los factores de virulencia bacteriana como las endotoxinas y los ácidos lipoteicoicos y también sirven como un lubricante efectivo para instrumentos rotatorios. Su bajo costo y amplia disponibilidad también pueden haber contribuido a su uso generalizado.⁸

Los efectos químicos del NaOCl son producidos por el cloro libre contenido, que consiste en hipoclorito (OCl⁻) y ácido hipocloroso (HOCl). Ambos son oxidantes fuertes y sus cantidades relativas dependen del pH. Las soluciones comunes (sin diluir) de NaOCl tienen un pH cercano a 11–12, por lo que predomina el hipoclorito.

Modo de Acción:

Cuando el NaOCl entra en contacto con las proteínas de los tejidos forma nitrógeno, formaldehído y acetaldehído. Los enlaces peptídicos se rompen y las proteínas se desintegran, lo que facilita que el hidrógeno en los grupos amino (-NH-) sea sustituido por cloro (-NCl-) para formar cloraminas; desempeñando así un papel antimicrobiano eficaz. A su vez disuelve el tejido necrótico, permitiendo alcanzar las zonas infectadas y así limpiarlas.

En el año 2002, Estrela⁸ realizó estudios sobre el NaOCl, concluyendo que presenta un equilibrio dinámico:

1. Saponificación. El NaOCl actúa como un solvente orgánico, degradando los ácidos grasos y transformándolos en sales (jabón) y glicerol (alcohol), que resulta en la reducción de la tensión superficial en la solución residual.⁸
2. Neutralización. El NaOCl neutraliza los aminoácidos, formando agua y sal. Con resultantes de iones hidroxilo, y una reducción del pH.⁸
3. Formación de ácido hipocloroso (HOCl). Resultado de la disolución de cloro en agua y del contacto con materia orgánica se forma HOCl, un ácido débil que actúa como oxidante. El HOCl y los iones hipoclorito (OCl⁻) producen degradación e hidrólisis de los aminoácidos.⁸
4. Acción de disolvente. El NaOCl también actúa como disolvente para liberar cloro que se combina con los grupos amino (NH) de las proteínas para formar cloraminas (reacción de cloraminación). Las cloraminas impiden el metabolismo celular; el cloro es un fuerte oxidante e inhibe las enzimas bacterianas esenciales por oxidación irreversible de grupos SH (grupo sulfhidrilo) ⁹.
5. Elevado pH. El NaOCl es una base fuerte (pH >11). La eficacia antimicrobiana del NaOCl, basada en su elevado pH (acción de los iones hidroxilo), es similar al mecanismo de acción del Ca (OH)₂. El pH elevado interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática debido a la inhibición enzimática irreversible, las alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos observada en la peroxidación lipídica ⁸.

Concentraciones.

El NaOCl se encuentra disponible en el mercado al 5.25 %, esto brinda al clínico la facilidad de disolverlo, según sea el caso, disminuyendo así el daño causado por su extrusión accidental. Sin dejar de tomar en cuenta que si se van a utilizar concentraciones menores en la irrigación de conductos, se recomienda usar la solución en un mayor volumen y en intervalos más frecuentes para compensar las limitaciones que su disolución afecta en su eficacia, ya que algunos estudios in vitro han demostrado que en sus concentraciones más elevadas este irrigante tiene un mayor efecto sobre patógenos como el *Enterococcus faecalis* y la *Candida albicans*, además de

presentar una mayor capacidad de disolución del tejido necrótico y el barrillo dentinario¹. Las soluciones cloradas más comunes son las siguientes:¹²

- Solución de Dakin al 0.5%.
- Solución de Milton al 1%.
- Solución de Labarraque del 2 al 2.5%.
- Soda clorada al 4.5 %.
- Preparación oficial de la U S Pharmacopeia del 5.5% al 25%^{1,12}

Grossman realizó estudios in vitro sobre la capacidad de disolución del NaOCl a distintas concentraciones sobre el tejido pulpar, llegando a las siguientes conclusiones ¹:

-La velocidad de disolución de los fragmentos pulpares es directamente proporcional a la concentración de NaOCl, y fue mayor sin un agente tensoactivo agregado.

- Las variaciones de la tensión superficial fueron directamente proporcionales a la concentración de NaOCl y mayores a las soluciones sin un agente tensoactivo agregado.

- Las soluciones de NaOCl expuestas al calor mostraron una mayor rapidez en la disolución del tejido pulpar.

- Mientras más alta era la concentración inicial de las soluciones de NaOCl, menor fue la reducción de su pH.¹

Por lo tanto la concentración idónea de NaOCl para su aplicación clínica es al 2.5%, siempre y cuando su administración sea frecuente y copiosa para mantener una reserva suficiente de NaOCl y así obtener los efectos deseados, compensando el efecto irritante causado por el uso en altas concentraciones o el daño tisular grave en caso de una ligera extrusión.¹⁵

Toxicidad.

El NaOCl puede ser muy útil en el proceso de irrigación, ya que ofrece múltiples beneficios durante su administración, pero no podemos olvidar que pueden producirse graves accidentes al proyectar esta sustancia de manera inadvertida a través del foramen apical. Posterior a la extrusión de esta

solución se puede esperar lo siguiente: Dolor intenso, edema de los tejidos blandos adyacentes, posible extensión del edema a la mitad lesionada de la cara y del labio superior, hemorragia profusa del conducto radicular, sangrado intersticial profuso con hemorragia en la piel y las mucosas (equimosis), sabor a cloro, irritación de la garganta, posible infección secundaria y anestesia o parestesia reversible.

Para darle tratamiento a estas lesiones Caliskan propone el siguiente protocolo¹:

- 1) Avisar al paciente de la situación.
- 2) Colocar anestesia inmediatamente en la zona del accidente.
- 3) Lavar abundantemente el conducto con solución salina.
- 4) Después de 10 minutos de colocar la anestesia, suministrar una inyección infiltrativa de algún corticosteroide (como dexametasona o betametasona) en la mucosa vestibular del diente tratado, en caso de los molares inferiores se sugiere infiltrar por vía intraligamentaria sobre el diente afectado, en dosis de 0.07 a 0.09 mg/ml.
- 5) Administrar por vía oral un analgésico (como el ketorolaco de 30mg o el tramadol de 100mg) y un antialérgico (como metilprednisolona de 16mg o loratadina de 10mg), y prescribir dichos fármacos por 5 días.
- 6) Para evitar una infección secundaria es importante prescribir un esquema de antibióticos (como una cápsula de amoxicilina de 500mg cada 8 horas por 7 días o, si el paciente presenta alergia a dicho antibiótico, una tableta de azitromicina de 500mg cada 12 horas por 3 días).
- 7) Como recomendación final se indica el uso de compresas frías sobre la zona afectada para disminuir la inflamación y la sensación de quemazón, posteriormente el paciente deberá alternar las compresas frías con compresas tibias para mejorar la circulación local.

Se recomienda al clínico llevar citas de control por al menos tres días contiguos para verificar la evolución del paciente. En caso de empeorar los síntomas debe realizarse inmediatamente la derivación a un hospital.

3.2 Clorhexidina

La sal de digluconato de clorhexidina es un efectivo agente antibacteriano de alto espectro que actúa en contra de las bacterias grampositivas y gramnegativas y contra levaduras.¹² Para su uso en el tratamiento de conductos se recomienda emplearlo en una concentración del 2%. No posee ningún tipo de efecto disolutivo sobre los tejidos y el barillo dentinario.²

Posee un pH entre el 5,5 y el 7, su molécula pertenece al grupo de las polibiguanidas. Consiste en dos anillos simétricos de cuatro clorofenilos y dos grupos bisbiguanida unidos por una cadena central de exametileno. Es fácilmente soluble en agua y muy estable.

Modo de acción.

Debido a sus cargas catiónicas esta sustancia es capaz de unirse electrostáticamente a las superficies de las bacterias con una carga negativa, dañando las capas externas de la pared celular y volviéndola permeable. En concentraciones altas actúa como detergente dañando la membrana celular, causando la precipitación del citoplasma, por lo tanto tiene un efecto bactericida. En bajas concentraciones la clorhexidina tiene un efecto bacteriostático al provocar el vertido de sustancias de bajo peso molecular (Potasio y Fósforo), sin dañar la célula de forma irreversible¹

Consideraciones:

Su uso como irrigante en endodoncia se basa en la sustantividad, ya que puede ser absorbida por sustratos aniónicos, como la mucosa oral y las estructuras dentarias; además de su efecto antimicrobiano de larga duración. Una de las principales desventajas de la clorhexidina como irrigante en endodoncia es que no posee capacidad de disolución de los tejidos.¹² Otra desventaja de este irrigante es la formación de un precipitado de color café - anaranjado altamente tóxico conocido como para-cloro-anilina (PCA) cuando se combina con hipoclorito de sodio ^{1,12}, o cuando permanece en el conducto por periodos de 14 días o más a 37°C. La formación de dicho precipitado puede deberse a la reacción ácido-base entre el NaOCl y la CHX. ¹ Además si se combina con EDTA produce un precipitado blanco el cual resulta en la inactivación de la clorhexidina.

3.3 EDTA

Aunque NaOCl es el principal irrigante de elección, no puede disolver los residuos de tejido duro creados durante instrumentación o los componentes inorgánicos del barrillo dentinario, por lo que se considera necesaria la acción suplementaria de un desmineralizante.¹⁴

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es la opción más común para esta función. Una solución al 15–17% de su sal disódica tiene un pH neutro o ligeramente alcalino (~7–8), y es un quelante fuerte capaz de disolver tanto los restos de tejido duro como el barrillo dentinario cuando se aplica al final de la instrumentación. El EDTA ejerce solo un débil efecto antimicrobiano, pero parece romper la matriz del biofilm promoviendo así su desprendimiento por lo que también puede complementar el efecto antibiopelícula del NaOCl. A pesar de que pocos lo utilizan como irrigante principal, actualmente no hay evidencia que apoye el uso de EDTA o cualquier otro quelante en lugar de NaOCl durante la preparación químico mecánica. La irrigación alternativa con NaOCl y EDTA disódico también está contraindicada porque estas dos soluciones reaccionan y el cloro libre disponible se pierde muy rápidamente. El EDTA es más biocompatible que NaOCl, de bajo costo y ampliamente disponible.¹⁴

Modo de acción.

En la exposición directa durante un periodo de tiempo prolongado, el EDTA extrae las proteínas superficiales bacterianas al combinarse con los iones metálicos que envuelven la célula, lo que puede llevar a la destrucción de la bacteria.¹

El EDTA es un agente quelante, que forma un complejo estable con el calcio. Cuando todos los iones disponibles están enlazados se alcanza el equilibrio y no se produce mayor disolución, por lo tanto el EDTA es auto limitante.^{1,4}

En general el EDTA en solitario no puede eliminar el barrillo dentinario de manera eficaz; por ello se deba agregar un agente proteolítico como el NaOCl, para eliminar los componentes orgánicos presentes en barrillo.¹²

Normalmente se utiliza en una concentración del 17%. Aunque el EDTA tiene una acción auto limitada, si se deja en el conducto durante más tiempo o se usa el NaOCl después del EDTA se observa erosión en la dentina.^{1, 12}

Los agentes quelantes como el EDTA poseen una capacidad de limpieza ya que pueden desprender la biopelícula adherida de las paredes del conducto radicular.^{1, 12}

Al EDTA se le ha añadido antisépticos como el amonio cuaternario, creando el EDTAC, o los antibióticos de tetraciclina, respectivamente para aumentar su capacidad antimicrobiana. Aunque muestran eficacia similar al EDTA en la eliminación del barrillo, son sustancias más cáusticas.^{1, 12}

En la negociación de conductos calcificados y estrechos juega un papel importante para lograr permear el tracto del conducto. Es importante considerar no abusar de sus efectos desmineralizantes ya que se ha comprobado que sus efectos pueden penetrar hasta 50µm en la dentina, pudiendo destacar erosiones importantes en su uso.^{1, 12}

Es importante destacar que ejerce un efecto antimicrobiano mucho más intenso cuando se utiliza de forma sinérgica con el NaOCl, aunque se usen durante el mismo tratamiento deben utilizarse en un régimen de irrigación alternado con abundantes cantidades de solución salina para lavar el EDTA.^{1, 12}

Este irrigante puede ser activado por medios ultrasónicos para mejorar la penetración en los túbulos dentinarios. Debemos tomar en cuenta que no es conveniente un aumento de temperatura del EDTA, pues compromete su capacidad de unión al calcio.¹

3.4 Ácido cítrico.

Es una sustancia con propiedades quelantes, que por su propio pH reacciona con los iones metálicos de los cristales de hidroxiapatita, removiendo los iones de calcio de la dentina, permeando el tejido e incrementando el diámetro de los túbulos dentinarios expuestos.^{1, 12}

Esta sustancia se encuentra de manera natural en el cuerpo lo cual la hace biológicamente más aceptable que otros ácidos. En el tratamiento de conductos se emplea como irrigante en una solución del 10-50% de concentración, recomendándose como irrigante final debido a su capacidad para disolver el barrillo dentinario generado durante la instrumentación.¹¹

Al igual que el EDTA, es necesario combinar su uso con algún solvente orgánico (como el NaOCl) para lograr remover el barrillo dentinario y el biofilm. Se debe de considerar que el ácido cítrico es una sustancia químicamente inactiva, por lo tanto carece de una actividad antimicrobiana franca, pero tiene un efecto sobre el biofilm al reducir la capa residual que funciona como sustrato y depositario de endotoxinas. Además facilita la penetración de los cementos selladores durante la obturación y funciona como bacteriostático.^{7, 12}

3.5 Peróxido de hidrógeno.

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2), coloquialmente conocida como agua oxigenada es un compuesto líquido altamente polar, caracterizado por ser un poderoso oxidante, a temperatura ambiente es un líquido incoloro de olor penetrante y desagradable.³

La solución de peróxido de hidrógeno se emplea en el tratamiento de conductos a una concentración del 3% y se emplea con el objetivo de eliminar el tejido hemático, que al contacto con la catalasa reacciona produciendo la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno en forma de gas, esto a su vez le confiere una capacidad antimicrobiana por la presencia del oxígeno. Otro de los objetivos de su uso es el favorecimiento de la hemostasia y el blanqueamiento de las estructuras dentarias.¹⁶

Es necesario tener precaución con esta reacción ya que se puede producir un enfisema al proyectar esta sustancia a la región periapical.³

3.6 Alcohol

El alcohol también llamado alcohol etílico es un compuesto químico orgánico de consistencia fluida, incoloro, con un olor etéreo muy penetrante y muy flamable. En el tratamiento de conductos se usa como irrigante final por sus capacidades desecantes y para disolver restos de otros químicos, se utiliza en una concentración del 70-90% y su baja tensión su buena difusión.¹⁷

Se ha comprobado su efectividad para limpiar las paredes y túbulos dentinarios de otras sustancias como el hidróxido de calcio con propilenglicol (empleado como medicación intraconductos entre citas), posterior a un protocolo de irrigación.¹⁷

3.7 Suero Fisiológico

También conocida como solución salina, es una solución de Cloruro de sodio al 0.9% de concentración, ampliamente utilizado en la medicina como base de dilución para otras sustancias, como vehículo para medicamentos y para aumentar el volumen de sangre, así como para lavar heridas y como auxiliar en

la cirugía mayor¹⁸. Su aplicación en el tratamiento de conductos como irrigante se sustenta principalmente en la tracción de algunos cuerpos que se encuentren dentro del conducto, así como para neutralizar y dilución de otras sustancias irrigantes.² Presenta una baja toxicidad, además de que funciona como lubricante y humectante del conducto. Pero es importante denotar que no tiene ninguna acción sobre los tejidos, la capa residual y el biofilm que contiene el conducto. Por lo tanto no es recomendable utilizarlo sin acompañarlo de otra sustancia con propiedades antisépticas y con influencia sobre la capa de barrillo dentinario.¹⁸

3.8 BioPure MTAD, Tetraclean y QMiX

En 2003, Torabinejad y Johnson en la Universidad de Loma Linda desarrollaron el MTAD, que es un irrigante compuesto de una solución acuosa de doxiciclina al 3% (antibiótico de amplio espectro), ácido cítrico al 4.25% (agente quelante) y polisorbato-80 (Tween 80) como detergente. Su presentación es en polvo y líquido.

El MTAD se recomienda como lavado final posterior a la preparación quimiomecánica convencional.

Tetraclean es una mezcla de elementos irrigantes similar al MTAD, la diferencia entre el uno y el otro son las dosis de antibiótico (doxiciclina 150mg/5ml en MTAD y 50mg/5ml en Tetraclean) y el tipo de detergente (polisorbato-80 en MTAD y propilenglicol en Tetraclean).

Modo de acción.

Las tetraciclinas presentan características como absorción, unión a proteínas, metabolismo y grado de actividad frente al organismo susceptible. Actúan inhibiendo la síntesis de proteínas mediante la unión reversible de la unidad 30S en los ribosomas bacterianos.¹ Tienen efectos sobre grampositivos y mayor efecto en gramnegativos. Se consideran antibióticos bacteriostáticos, pero en altas concentraciones pueden funcionar como bactericidas. Este antibiótico, en conjunto con el quelante y el detergente tiene un efecto sinérgico en la interrupción de la pared a las células bacterianas en la membrana citoplasmática.¹⁹ Estos irrigantes están diseñados para ser incluidos en el protocolo de irrigado final del sistema de conductos con el objetivo de eliminar los agentes infecciosos y del barrillo dentinario, como complemento al NaOCl de baja concentración. Se recomienda colocar 1ml de la solución dentro del conducto y dejar que haga efecto durante 5 minutos, y al final enjuagarlo con 4ml de la misma solución.^{1, 19}

Este tipo de irrigantes son poco empleadas por sus altos costos, ya que llegan a los mismos resultados en comparación a otras soluciones con precios más accesibles.

QMiX

Es un irrigante combinado, introducido en 2011, según la patente contiene un análogo de la clorhexidina, triclosán y EDTA.¹ Se utiliza como irrigante final, después del NaOCl, neutralizando el conducto previo a su aplicación con solución salina para evitar la formación de paracloroanilina (PCA).^{1,20}

Posee propiedades antimicrobianas y antifúngicas, además la adición del EDTA le permite eliminar el barrillo dentinario.^{1,20}

3.9 SYMPA

En la actualidad se ha buscado realizar tratamientos de conductos mínimamente invasivos, que buscan preservar la dentina estructural para mejorar la resistencia a la fractura y pronosticar una permanencia en boca a largo plazo de los dientes tratados, pero esto puede comprometer a los protocolos de desinfección.²¹ La irrigación es un paso esencial en el tratamiento ya que implica la interacción con la materia (barrillo dentinario) que se desprenden de las paredes del canal, durante la conformación, y que pueden obstaculizar el flujo del irrigante a través de la luz del canal, además de que requiere la eliminación del biofilm bacteriano y la dilución del tejido orgánico. Las técnicas actuales se basan en el uso de NaOCl, pero se ha comprobado que no tiene los efectos deseados en la eliminación predecible de microorganismos.^{22,23}

La Activación Fotodinámica Sincronizada de Microburbujas, conocida por sus siglas en inglés como SYMPA es una técnica de irrigación que consiste en la aplicación de una solución fotosensibilizante compuesta de una emulsión de microburbujas resultante de la combinación de un portador de oxígeno (perfluoruro [decahidronaftaleno]), un oxidante (peróxido de hidrógeno) y un surfactante detergente no iónico (Tritón-X100).²¹ Tiene dos pasos:

1. Fotosensibilización: Se aplicaron 0,5 ml de fotosensibilizante y se activaron durante 15 segundos con una punta en S recíproca (hecha de polímero conductor de luz) para distribuir la solución dentro del canal. Después de la fotosensibilización, la solución se activó con luz (longitud de onda =600nm, potencia = 20mW) y una punta S recíproca.²¹
2. Activación de la emulsión de Microburbujas: 0,5 ml de emulsión de Microburbujas en el canal y se activaron con la punta S durante un minuto, seguido de la activación con luz y una punta S recíproca durante 1 minuto.²¹

La actividad fotodinámica antimicrobiana ha mostrado una eficacia potencial en el tratamiento in vitro e in vivo, ya que la solución fotosensibilizante se une a las bacterias, y después de la activación a una fuente de luz produce una especie de oxígeno altamente reactiva que produce la muerte celular bacteriana, ya que

actúa sobre varios objetivos como la pared celular y los plásmidos, además de la inactivación de enzimas y su capacidad del daño al ADN. Esto resulta conveniente pues reduce la resistencia bacteriana.²⁵

La simple activación fotodinámica tiene la desventaja de la limitada penetración en los túbulos dentinarios así como las complejidades anatómicas que se presentan, lo cual dificultan la producción de oxígeno reactivo por el ambiente hipóxico y la distribución uniforme de la luz.^{21, 25}

Las emulsiones de microburbujas, compuestas por un portador de oxígeno y un oxidante, complementan y potencian los efectos de la terapia fotodinámica antimicrobiana, ya que elevan la disponibilidad y oxígeno reactivo y mejoran la distribución de la luz dentro del complejo radicular, además de que producen un flujo más óptimo dentro del canal gracias a la baja viscosidad.^{21,26} Además de la activación de las microburbujas también resulta en la liberación rápida de una especie reactiva del oxígeno, altamente oxidante, lo cual le confiere una actividad antimicrobiana mejorada.²⁶ Esta técnica tiene efectos mínimos sobre las células de mamíferos, lo cual indica que no tiene citotoxicidad.²⁷

La aplicación de SYMPA en una preparación radicular con una instrumentación conservadora mostró eficacia antimicrobiana significativa contra la biopelícula de *E faecalis* in vitro.²¹

Esta novedosa estrategia de irrigación es una revolución en los tratamientos de conductos ya que permite al clínico realizar instrumentaciones mínimamente invasivas sin sacrificar la desinfección del sistema radicular, permitiendo pronósticos favorables en los dientes tratados.²¹

4 Dispositivos y técnicas.

4.1 Irrigación convencional.

Ésta técnica fue la primera, la más antigua y considerada por muchos años un método eficiente para llevar los irrigantes al interior del conducto y con los años se fue puliendo mediante la aplicación de instrumentos más específicos.^{1,12} También llamada irrigación pasiva, consiste en depositar las soluciones mediante una jeringa y agujas especializadas, introduciendo y retirando gentilmente la aguja en el conducto radicular (Figura 24). Es importante destacar que al depositar el irrigante, la aguja debe permanecer holgada dentro del conducto, para facilitar el flujo de la solución, así como la salida en dirección coronal del líquido con los desechos resultantes.¹²

Permite una administración exacta con la solución irrigadora, la eliminación de grandes porciones de residuos y el contacto directo con los microorganismos en las zonas cercanas de la punta de la aguja.¹ En esta técnica el intercambio real de irrigante se limita de 1 a 1.5mm en dirección apical a la punta de la aguja; y la dinámica de fluidos, que pretende generar un patrón de flujo turbulento, se genera cercano a la salida de la aguja gracias al movimiento de entrada y salida y al choque de la solución con las paredes del conducto.¹² Por lo tanto la colocación de la aguja debe estar cercana a la longitud de trabajo para garantizar el intercambio de líquido en la porción apical, por ello se necesita un control estricto de dicha longitud para evitar una posible extrusión, además se recomienda un margen de 2 a 3mm menor a la longitud real, así como evitar atorar la aguja dentro del conducto y la presión excesiva al irrigar, para prevenir la deficiencia de reflujo y el riesgo a proyectar la solución irrigante a la región periapical.¹

Es importante la selección de la aguja ya que a mayor diámetro permite limpiar las zonas más profundas y estrechas del sistema de conductos radiculares, al igual que la selección de la jeringa que debe ser de una capacidad de entre 3ml y 5ml ya que ofrecen un mejor control en la presión aplicada y es importante que la jeringa tenga una entrada tipo Luer-Lock (que ofrece una mejor fijación de la aguja).^{1, 12}

El tamaño de la aguja depende del diámetro y la conicidad natural del conducto al igual que las dimensiones de la preparación mecánica.¹

Para evitar la acumulación de residuos y garantizar la limpieza eficaz del conducto se debe incluir la agitación intermitente y alternada con un instrumento de calibre pequeño (lima 10 o 15) ¹

Las principales desventajas de esta técnica son; la limitada difusión de las soluciones inicialmente condicionada por características anatómicas de los sistemas de conductos, y el riesgo de extrusión por la falta de control en el procedimiento .^{1, 12}

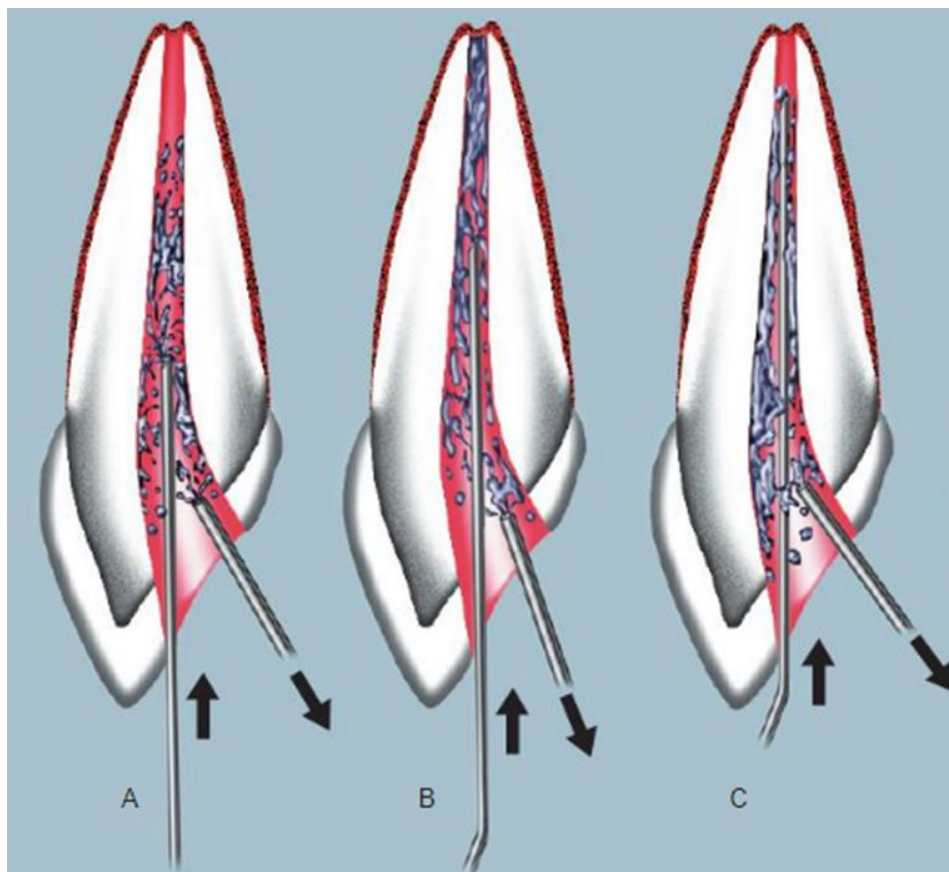


Fig.24: Resumen esquemático de la técnica de irrigación convencional.³

4.2 Irrigación Manual Dinámica.

Esta es una técnica complementaria a la irrigación convencional que consiste en la agitación gentil del irrigante, previamente depositado dentro del conducto, mediante un instrumento delgado y romo como un condensador digital o un cono de gutapercha bien adaptado a la forma del conducto previamente ajustado a 3mm antes de la longitud de trabajo, a manera de émbolo, haciendo movimientos de adentro hacia afuera o push-pull en sentido corono apical (Figura 25).^{1, 2,12}

El objetivo de esta técnica es producir un efecto hidrodinámico y mejorar el desplazamiento de los irrigantes, su distribución e intercambio en el tercio apical y las variaciones anatómicas de este, al generar turbulencia cortando el flujo laminar.^{2,12}

Es importante mencionar que este método interactúa solo en la distribución del espacio físico, al mejorar el contacto de la solución con las paredes del conducto, pero no modifica la potencia del efecto químico.^{2,12}

Por lo tanto esta es una técnica simple, eficaz y de bajo costo.^{1, 12}



*Fig.25: Simulación de la activación manual dinámica en un modelo de acrílico.*⁵³

4.3 Irrigación Sónica

La activación sónica consiste en la transmisión de energía acústica a través de la oscilación de una lima o inserto hacia la solución irrigante. Este tipo de activación funciona por dos mecanismos⁴¹:

- Cavitación: se forman burbujas submicroscópicas debido a la turbulencia generada en el flujo del irrigante causada por la presión alternada de las ondas sonoras. Al implosionar, estas burbujas producen una onda de choque capaz de penetrar en superficies e irregularidades de la morfología del canal radicular.
- Flujo acústico: Es el movimiento rápido de líquido alrededor del inserto en vibración. El patrón de nodos y antinodos en la vibración producida a lo largo del inserto produce una corriente líquida en dirección coronal dentro del conducto. El aumento en la intensidad de la vibración y la rapidez del flujo son directamente proporcionales a la capacidad de limpieza en esta técnica.

Los dispositivos sónicos oscilan a una frecuencia de 100 a 6000 Hz.^{28,29}

La activación sónica de los irrigantes aporta⁴¹:

- Mejora la limpieza de las paredes del canal radicular, canales laterales e istmos.
- Eliminación de pastas medicadas y cementos selladores (principalmente hidróxido de calcio).
- Eliminación de la capa de barrillo dentinario.
- Eliminación de bacterias del sistema de conductos radiculares.

Los principales sistemas disponibles para producir agitación sónica/subsónica son el sistema EndoActivator® con puntas de polímero adheridas de Dentsply Tulsa Dental Specialties (Figura 26), y el sistema de irrigación sónica Vibringe® de Vibringe BV (Figura 27)⁴¹.



Fig.26: Sistema EndoActivator® con puntas de polímero.⁴¹



Fig.27: Sistema de irrigación sónica Vibringe® (Vibringe BV).⁴¹

4.4 Irrigación con Láser

En la última década la tecnología láser se ha incorporado a la endodoncia con el objetivo de mejorar la desinfección y limpieza del sistema de conductos radiculares. Presentando dos enfoques en su aplicación clínica. En el primero se hace uso de una fibra láser que se introduce al canal radicular en seco exponiendo las paredes del canal a la luz láser con un movimiento en espiral, buscando actuar mediante un efecto térmico directo; en el segundo, denominado irrigación activada por láser, se busca transferir la energía a una solución irrigante, para activar y agitar dicha solución.^{36,41}

La técnica de irrigación activada por láser se propone como un método de desinfección complementaria a la terapia quimiomecánica. Se ha demostrado que posee una acción bactericida y una remoción del barrillo dentinario más eficiente que la irrigación convencional.³⁶

La mayor parte de los láseres empleado en esta técnica operan en la región del infrarrojo medio donde la absorción del agua es mayor, esto genera efectos fotoacústicos y fotomecánicos en el fluido a medida que se crean burbujas del vapor por una vaporización a alta presión debido al calentamiento instantáneo de la solución (Figura 28). Este aumento de la temperatura da paso a la formación de burbujas de vapor que se expanden para luego implosionar, a este fenómeno se le conoce como cavitación; la energía liberada por estas implosiones de las burbujas del vapor tiene la capacidad de eliminar la capa de barrillo dentinario y alterar las biopelículas bacterianas al generar alteraciones morfológicas en las membranas celulares. Además el aumento de la reactividad de las soluciones les confiere un mejor flujo a través de la red tridimensional en los sistemas de conductos.⁴¹

El uso de soluciones con NaOCl de alta concentración en esta técnica puede dañar a las células humanas, la dentina e incluso los tejidos periodontales ya que no es un irrigante selectivo. Por otro lado la reducción de la concentración en esta solución reduce la citotoxicidad del irrigante y aplicando la activación por láser mejora significativamente su eficacia antimicrobiana a pesar de su disolución. Además el incremento de la temperatura en las soluciones de NaOCl favorece el contacto entre las moléculas de cloro activo y la materia

orgánica mejorando la eficacia química del irrigante. Y las ondas de choque generadas por la implosión de las burbujas de vapor facilitan el acceso del irrigante al tercio apical y a los túbulos dentinarios.^{36,41}

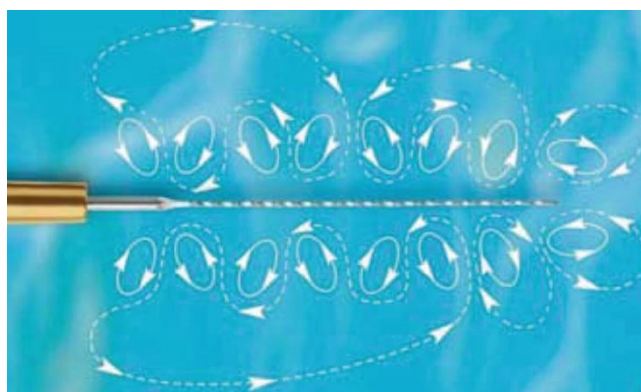


Fig.28: Irrigación activada por láser.⁴¹

4.5 Irrigación Ultrasónica

Podemos definir como ultrasonido a la emisión de energía sónica en un intervalo de frecuencias superiores a los 25kHz. En la odontología, su aplicación se limitó durante mucho tiempo a los tratamientos periodontales, principalmente a la eliminación de cálculo, y no fue hasta la década de los 70`s cuando se introdujo el primer sistema de ultrasonido comercial, bajo el nombre de “Endosonics”, desarrollado por Howard Martin, cuyo principal objetivo era la instrumentación y limpieza mecanizada de los conductos radiculares.^{28,30,35}

Los primeros sistemas funcionaban a través de la magnetostricción, que es la propiedad de los materiales ferromagnéticos para cambiar de forma al encontrarse con un campo magnético generando vibraciones en forma de sonido causadas por la frecuencia de las fluctuaciones del campo.²⁸ Las nuevas generaciones de aparatos ultrasónicos se basan en la transducción de energía piezoeléctrica. Para dicho fin se emplean cristales que modifican sus dimensiones bajo tensión eléctrica generando vibraciones magnéticas, esto tiene como ventaja el movimiento lineal de la punta ultrasónica que tiene mejor aplicación clínica que los movimientos elípticos resultantes de la magnetostricción. Dichos aparatos funcionan con una frecuencia fija de ± 30 kHz y una intensidad variable (potencia en w/m^2).^{28,34}



*Fig.29: Representación de las ondas generadas alrededor de la lima ultrasónica vibrante.*⁴¹

Como hemos visto con anterioridad en ocasiones la anatomía del complejo de conductos radiculares dificulta su limpieza y desinfección cuando se limita a limas e inclusive a la técnica de irrigación convencional, además de que la instrumentación produce barrillo dentinario que puede ocluir la luz del conducto y en ocasiones es difícil de eliminar.^{31, 32}

La diferencia entre los aparatos sónicos y los ultrasónicos radica en los patrones de vibración del instrumento determinados por las frecuencias que en el caso de los sónicos va de 100 a 6000Hz, y los ultrasónicos superiores a 25000 Hz²⁸. Además de que los instrumentos sónicos dan lugar a un movimiento lateral elíptico.^{28,29} Los ultrasonidos son más eficientes que los sónicos para eliminar partículas de gran tamaño y residuos ya que sus altas frecuencias potencian los efectos de flujo acústico y mejora el desprendimiento del biofilm.^{28,30}

En conclusión se ha comprobado que su uso a través de la instrumentación provoca una significativa reducción del número de bacterias alcanzando mejores resultados que con la jeringa clásica u otros métodos de irrigación.²⁹

4.6 Irrigación Ultrasónica Pasiva

Es una técnica de activación de los irrigantes en la cual no hay contacto de la lima o aditamento ultrasónico con las paredes del conducto.²

En la irrigación ultrasónica pasiva se busca colocar el instrumento al centro del conducto previamente preparado, oscilando y con el mínimo contacto en las paredes del canal para transmitir con la mayor eficiencia posible la energía acústica al irrigante, generando un efecto de micro flujo acústico.^{28,34} Al usar NaOCl se produce una mejor eliminación de los residuos dentinarios, microorganismos y el tejido pulpar que la irrigación con una jeringa convencional.^{1,28,29}

Existen dos métodos de irrigación ultrasónica pasiva. El primero crea un flujo continuo de irrigante pasa a través de una aguja activada con ultrasonido. La segunda variante consiste en un método intermitente de irrigación en el cual se inyecta de forma manual el irrigante para ser activada con una pieza de mano, equipada con un inserto no cortante, y posteriormente se renueva de forma manual alternando la dosificación de irrigante con cada activación ultrasónica.^{1,28,29}

También existe otra técnica de irrigación que se combina con la instrumentación ultrasónica de manera simultánea, en donde la lima entra en contacto directo con el conducto radicular a la vez que irriga el conducto.¹

En la irrigación ultrasónica pasiva, al no emplear instrumentos cortantes se reduce al mínimo el potencial de crear formas aberrantes o modificar el trayecto del conducto radicular.^{1,28}

En el sistema de irrigación ultrasónica continua, como su nombre lo dice permite un flujo constante del irrigante simultáneo a su activación ultrasónica, y se ha comprobado que esta le permite una mejor remoción de los residuos y penetración de las soluciones en los túbulos dentinarios.^{1,28,34}

Además la irrigación ultrasónica pasiva es eficaz en la separación franca del biofilm del conducto, así como la permeabilización temporal de las membranas bacterianas lo cual las hace más susceptibles a la acción de los microbianos

empleados como irrigantes (NaOCl) y a su vez potencia la actividad de los quelantes.^{28,29}

Este método facilita la penetración de los irrigantes a los conductos laterales, así como otras variaciones anatómicas y el alcance del irrigante en la longitud de trabajo, pero cabe aclarar que sin un riguroso control de la longitud de trabajo así como la falta de un tope apical o en presencia de un ápice abierto el uso de esta técnica puede llevar al extrusión del irrigante a la región periapical.^{1, 28,29}

La irrigación ultrasónica pasiva es más eficaz que la irrigación convencional ya que ayuda a eliminar los desechos y la capa de barrillo dentinario. Se conecta una lima o inserto de tipo endodóntico de calibre 15 ó 20 a una pieza de mano ultrasónica.⁴¹ Se utilizan puntas para limas (Brasseler), estas puntas permiten la colocación de insertos de tipo lima manual especialmente diseñados (recubiertos de diamante, acanalados, de lados lisos, etc.) y son seguros para su uso en el conducto. La punta ultrasónica Irrisafe™ producida por Satelec Acteon viene en diferentes longitudes y diámetros e incluye un puerto para el suministro de líquido de irrigación. Las puntas Sonofile de Satelec son similares a las limas Irrisafe™ pero sin el puerto de irrigación (Figura 30).⁴¹



Fig.30: (a) Portalimas Brasseler E12 (Brasseler). (b) Puntas Satelec Acteon Irrisafe™. (Satelec). (c) Satelec Sonofile (Tulsa Dental Products).⁴¹

Por lo tanto podemos decir que la activación pasiva ultrasónica es una opción eficaz para la limpieza y desinfección del conducto ya que mejora las características físicas de las soluciones irrigantes.²⁹

4.7 Sistema Endo Vac

Es un sistema de irrigación y aspiración simultáneo, diseñado para evitar la extrusión de irrigantes hacia los tejidos periapicales o senos maxilares. Consiste en una punta de irrigación y evacuación unida a una jeringa de irrigante y a su vez al sistema de eyección de la unidad dental, además de un pequeño dispositivo en donde se inserta una micro cánula y una macro cánula (Figura 31). La macro cánula está compuesta por plástico con una punta abierta que calibra a ISO #55 y con una conicidad de 0.02. Su componente clave es una micro cánula de acero inoxidable, de calibre ISO #35, con 0.32mm de diámetro externo, con una terminación esférica que sirve como guía, con 12 micro agujeros dispuestos a lo largo de los últimos 0.7mm de la punta. Estos tienen como propósito acarrear el irrigante hacia los 2 mm apicales de la longitud de trabajo y servir como un sistema de micro filtración, evitando el bloqueo de la luz de la cánula.^{1,2,36}

La succión apical del irrigante, por el flujo hacia las paredes de los conductos crea un efecto de turbulencia, mientras las soluciones se proyectan hacia los 0.22mm apicales de la longitud de trabajo establecida, este proceso de aspiración permite el arrastre de micro partículas fuera del sistema de conductos. Usualmente se emplea con hipoclorito de sodio, en una concentración del 2.5%, y se complementa el protocolo empleando EDTA para la remoción del barrillo dentinario.³⁶

Este sistema ofrece una ayuda considerable, ya que facilita el protocolo de irrigación y a su vez disminuye considerablemente el riesgo a extrudir las soluciones.³⁶



Fig.31: Sistema EndoVac.³

4.8 Terapia Fotodinámica Antimicrobiana

La terapia fotodinámica se desarrolló como terapia para tratar el cáncer, se basa en la activación de un agente fotosensibilizante no tóxico (fotosensibilizador), con luz de longitud de onda adecuada para generar especies reactivas del oxígeno y radicales libres citotóxicos para las células de tejidos diana. En los últimos años se ha aplicado en la endodoncia como complemento antimicrobiano del tratamiento de conductos estándar, activados con una fibra óptica de 250µm de diámetro, hecha en metacrilato de polimetilo, que ofrece una iluminación uniforme a 360°. ³⁸

Para su aplicación en endodoncia se han propuesto fotosensibilizadores como el azul de toluidina y el azul de metileno. ³⁷

La terapia fotodinámica antimicrobiana aplicada en endodoncia busca excitar al agente fotosensibilizador, depositado dentro del conducto, para producir especies reactivas del oxígeno que inducen lesiones y la muerte en los microorganismos, ya que el fotosensibilizador posee carga catiónica, bajo peso molecular y cualidades hidrofílicas, que permite su paso por los canales porina-proteína en la membrana externa de las bacterias gramnegativas, con un alto grado de selectividad sin causar lesiones en las células del mamífero huésped. ^{37,38}

Con anterioridad se llegó a proponer el uso de láseres de alta potencia con un enfoque antimicrobiano al interior de los conductos radiculares, funcionando mediante la generación de calor para eliminar bacterias, pero estos tienden a causar daños colaterales como la carbonización de la dentina, el deterioro de los tejidos periodontales conduciendo a la anquilosis, reabsorción radicular o necrosis perirradicular. Por lo tanto, el uso de la terapia fotodinámica es menos dañino en comparación con el láser, ya que no incrementa el calor de una forma drástica. ³⁸

La terapia fotodinámica antimicrobiana tiene grandes efectos sobre *Enterococcus faecalis*, así como los géneros *Actinomyces*, *Porphyromonas* y *Prevotella*. ^{37,38}

En conclusión el uso de esta terapia ofrece una reducción adicional significativa de la carga bacteriana al tratamiento de conductos. Cabe señalar que ésta terapia tiene un peculiar efecto sobre *E. faecalis*, que es más sensible a la muerte por esta terapia en comparación a las especies gramnegativo, como *P.aeruginosa*.^{37, 38}

5. Protocolo de Irrigación:

La tasa de éxito a largo plazo del tratamiento de conductos convencional depende de varios factores, pero como hemos desarrollado en el presente trabajo, la irrigación tiene un papel central en el proceso de desinfección del conducto.³⁷ Actualmente se puede sugerir el siguiente protocolo convencional:

Previamente se selecciona la jeringa y aguja adecuada al caso, es importante colocar un tope de silicona, basándose en la longitud de trabajo, y restando 2mm sobre la aguja.^{1,7}

Durante la conformación del conducto:

Se sugiere comenzar el protocolo de irrigación empleando de 2 a 3ml de una solución de NaOCl al 2.5%, alternándolo entre cada instrumento.^{12, 15}

Al finalizar la conformación del conducto:

1. Suministrar la solución de NaOCl al 2.5% hasta saturar el conducto, y emplear alguna técnica de activación (manual dinámica, ultrasónica pasiva, láser, etc.). Realizando tres ciclos, mínimo 30 segundos, según sea la técnica de activación elegida.^{1,12,15}
2. Neutralizar el conducto con suero fisiológico, irrigando de 3 a 4ml.¹⁷
3. Colocar un agente quelante, como el EDTA al 17%, hasta saturar el conducto, y dejar actuar por 1 minuto. Se recomienda emplear activación ultrasónica pasiva, ya que facilita la eliminación del barrillo.^{12,14}
4. Neutralizar con suero fisiológico, irrigando de 3 a 4ml.¹⁷
5. Se puede colocar Gluconato de Clorhexidina al 2%, llenando el conducto y dejando actuar de 30 a 40 segundos.^{2,12}
6. Neutralizar el conducto con suero fisiológico, irrigando de 3 a 4ml.¹⁷
7. Por último se puede secar el conducto y saturar con alcohol de 90°, para desecarlo, esto es opcional.¹⁸

Al seguir estos pasos, se obtendrán resultados satisfactorios en el tratamiento.

Conclusión:

La endodoncia ha permitido darle una segunda oportunidad a dientes que, en otros tiempos, probablemente hubieran sido extraídos. Esto repercute directamente en la salud del paciente. Por ello siempre se debe buscar ejecutar de la mejor manera los tratamientos de conductos, para que estos dientes puedan permanecer en boca el mayor tiempo posible.

Un paso crucial durante el tratamiento de conductos es la irrigación, ya que permite acceder a sitios imposibles de limpiar con la instrumentación. Las sustancias empleadas deben tener la capacidad de eliminar restos de tejido orgánico, los diferentes microorganismos que contaminan su interior, y el barrillo dentinario generado durante la conformación del conducto. Además estas soluciones deben ser seguras, evitando a toda costa generar un daño al paciente.

Se debe ser minucioso desde la selección de la aguja, hasta la de los irrigantes y técnicas a ejecutar, analizando el caso basándose en el diagnóstico.

Por la gran variedad de soluciones irrigantes, es importante saber manejar y combinarlas en un protocolo para obtenerlos efectos deseados, como la desinfección, la quelación o la desecación de conducto.

Actualmente la única sustancia que cumple con todos los requisitos es el NaOCl, en una solución al 2.5%. Conjugado con el EDTA al 17%, que lo complementa con su acción quelante. Estos pueden mejorar sus efectos con técnicas como la activación ultrasónica pasiva.

Pero el exponencial avance de la tecnología nos ofrece nuevas alternativas como el SYMPA, que promete ser el futuro de la irrigación, pues tiene un mejor control, una menor citotoxicidad y un gran efecto sobre los microorganismos de la biopelícula.

A su vez, la aplicación de la Terapia Fotodinámica Antimicrobiana, cuyas primeras aplicaciones fueron en el área de la oncología, nos abre un panorama inmenso para poder desarrollar soluciones con mayor especificidad y mejor control para adquirir resultados satisfactorios. El secreto del éxito está en el conocimiento y el orden.

Referencias:

- 1) Berman LH, Hargreaves KM. Cohen's pathways of the pulp. 11a ed. Filadelfia, PA, Estados Unidos de América: Elsevier - Health Sciences Division; 2016. p 130-205 y 246-266
- 2) Lima Machado ME de. Endodoncia: ciencia y tecnología [Internet]. Primera edición. Amolca; 2016 [cited 2023 Feb 3]. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001002114806&lang=es&site=eds-live>
- 3) Soares IJ, Goldberg F, González M, Soares IJ. Endodoncia: técnica y fundamentos [Internet]. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana; 2012 [cited 2023 Feb 15]. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001703567&lang=es&site=eds-live>
- 4) HÜLSMANN, M.; HECKENDORFF, M.; LENNON, A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International endodontic journal*, 2003, vol. 36, no 12, p. 810-830.
- 5) Gómez M., Campos A. *Histología y embriología bucodental*. Buenos Aires. Médica Panamericana, 1999, 175-225.
- 6) Baasch A, Brisson-Suárez K, Koury JM, Vieira VTL, Alves FF. Influencia de los Diseños de Agujas Endodónticas en la Irrigación de Conductos Radiculares. *Int J Odontostomatol* [Internet]. 2021; 15(3):756–64. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-381x2021000300756>Boutsoukis, C., & Arias-Moliz, M. T. (2022). <https://doi.org/10.1111/iej.13739>
- 7) Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, et al: Mechanism of action of sodium hypochlorite, *Braz Dent J* 13:2, 2002.
- 8) Gambarini G, Gerosa R, De Luca M, et al: Mechanical properties of a new and improved nickel-titanium alloy for endodontic use: an evaluation of file flexibility, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 105:6, 2008.
- 9) Glossary: American Association of Endodontics. *Contemporary terminology for endodontics*. 6th ed. Chicago, 1998.

- 10) Canalda SC, Brau AE, Canalda O, Manguillot BA. Endodoncia : técnicas clínicas y bases científicas [Internet]. 3a. edición. Elsevier Masson; 2014 [cited 2023 Mar 10]. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001681858&lang=es&site=eds-live>
- 11) Vera J, Benavides M., Moreno E, Romero M. Conceptos y técnicas actuales de la irrigación endodóntica. *Endodoncia*, 30(1), 31-44, 2012
- 12) Duman SB, Duman S, Bayrakdar IS, Yasa Y, Gumussoy I. Evaluation of radix entomolaris in mandibular first and second molars using cone-beam computed tomography and review of the literature. *Oral Radiol* [Internet]. 2020;36(4):320–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11282-019-00406-0>
- 13) Boutsoukis C, Arias-Moliz MT. Present status and future directions - irrigants and irrigation methods. *Int Endod J* [Internet]. 2022;55 Suppl 3(S3):588–612. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/iej.13739>
- 14) Siqueira JF Jr, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bactericidal population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1, 2.5, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod* 2000; 26: 331-333.
- 15) Trautmann E, Attin T, Mohn D, Zehnder M. Hydrogen peroxide versus sodium Hypochlorite. All a matter of pH? *J Endod* [Internet]. 2021;47(2): 297-302- Disponible en: <http://dx.doi.org/10-1016/j.joen.2020.10.016>
- 16) Dias-Junior LC, Castro RF, Fernandez AD, Guerreiro MYR, Silva EJNL, Brandao JM da S. Final endodontic irrigation with 70% ethanol enhanced calcium hydroxide removal from the apical third. *J Endod* [Internet] 2021; 47 (1): 105-11. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.017>
- 17) Wise R, Faurie M, Malbrain MLNG, Hodgson E. Strategies for intravenous fluid resuscitation in trauma patients. *Worlds J Surg* [Internet]. 2017;41 (5). Disponible en : <https://dx.doi.org/10.1007/s00268-3865-7>
- 18) Mohammadi Z, Shalavi S, Yaripour S, Kinoshita J-I, Manabe A, Kobayashi M, et al. Smear layer removing ability of root canal irrigation

- solutions: A review. *J Contemp Dent Pract* [Internet]. 2019;20(3):395–402. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2528>
- 19) Shalavi S, Mohammadi Z. An overview on a promising root canal irrigation solution: QMix. *Iran Endod J* [Internet]. 2021;16(2):71–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22037/iej.v16i2.27912>
- 20) Teed C, Hussein H, Kishen A. Synchronized microbubble photodynamic activation to disinfect minimally prepared root canals. *J Endod* [Internet]. 2023;49(2):198–204. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2022.12.003>
- 21) Siqueira JF Jr, Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, de Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *Int Endod J* [Internet]. 1997;30(4):279–82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2591.1997.00096.x>
- 22) Kishen A. Advanced therapeutic options for endodontic biofilms: Advanced therapeutic options for endodontic biofilms. *Endod Topics* [Internet]. 2010;22(1):99–123. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-1546.2012.00284.x>
- 23) Halford A, Ohl C-D, Azarpazhooh A, Basrani B, Friedman S, Kishen A. Synergistic effect of microbubble emulsion and sonic or ultrasonic agitation on endodontic biofilm in vitro. *J Endod* [Internet]. 2012;38(11):1530–4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.07.007>
- 24) George S, Kishen A. Photophysical, photochemical, and photobiological characterization of methylene blue formulations for light-activated root canal disinfection. *J Biomed Opt* [Internet]. 2007;12(3):034029. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1117/1.2745982>
- 25) George S, Kishen A. Augmenting the antibiofilm efficacy of advanced noninvasive light activated disinfection with emulsified oxidizer and oxygen carrier. *J Endod* [Internet]. 2008;34(9):1119–23. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2008.06.019>
- 26) George S, Kishen A. Advanced noninvasive light-activated disinfection: assessment of cytotoxicity on fibroblast versus antimicrobial activity

- against *Enterococcus faecalis*. *J Endod* [Internet]. 2007;33(5):599–602. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2007.01.018>
- 27) W. M. van der Sluis L, Cristescu RC. Los ultrasonidos en endodoncia. *Quintessence* [Internet]. 2011 [citado el 27 de marzo de 2023];24(4):187–98. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-articulo-los-ultrasonidos-endodoncia-X0214098511025001>
- 28) García Delgado A, Martín-González J, Castellanos-Cosano L, Martín Jiménez M, Segura-Egea JJ. Sistemas ultrasónicos para la irrigación del sistema de conductos radiculares. *Av Odontoestomatol* [Internet]. 2014;30(2):79–94. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4321/s0213-12852014000200004>
- 29) Stock CJ. Current status of the use of ultrasound in endodontics. *Int Dent J*. 1991;41(3):175–82.
- 30) Hulsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics* [Internet]. 2005;10(1):30–76. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00152.x>
- 31) Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* [Internet]. 2004;30(8):559–67. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/01.don.0000129039.59003.9d>
- 32) L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LWM. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod* [Internet]. 2010;36(1):143–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.06.009>
- 33) Van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* [Internet]. 2007;40(6):415–26. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x>
- 34) Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol* [Internet]. 1985;1(2):69–76. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-9657.1985.tb00564.x>

- 35) Vieyra P, Mondaca JM, Enriquez J, Javier F. Sistema Endovac en endodoncia por medio de presión apical negativa. Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana *Revisita* [Internet]. Medigraphic.com. [citado el 4 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2009/od094e.pdf>
- 36) Garcez AS, Ribeiro MS, Tegos GP, Núñez SC, Jorge AOC, Hamblin MR. Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. *Lasers Surg Med* [Internet]. 2007;39(1):59–66. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/lsm.20415>
- 37) Fimple JL, Fontana CR, Foschi F, Ruggiero K, Song X, Pagonis TC, et al. Photodynamic treatment of endodontic polymicrobial infection in vitro. *J Endod* [Internet]. 2008;34(6):728–34. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2008.03.011>
- 38) Versiani MA, Ordinola-Zapata R. Root canal anatomy: Implications in biofilm disinfection. En: *Springer Series on Biofilms*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 155–87.
- 39) Basrani B, editor. *Endodontic Irrigation: Chemical disinfection of the root canal system*. Cham: Springer International Publishing; 2015.
- 40) van der Sluis L, Boutsoukis C, Jiang L-M, Macedo R, Verhaagen B, Versluis M. Root Canal Irrigation. En: *Springer Series on Biofilms*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 259–301.
- 41) Nusstein JM. Endodontic sonic and ultrasonic irrigant activation. *Clin Dent Rev* [Internet]. 2018;2(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s41894-018-0037-1>
- 42) Vera J. The role of the patency file in endodontic therapy. En: *Endodontic Irrigation*. Cham: Springer International Publishing; 2015. p. 137–48.
- 43) Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* [Internet]. 1969;28(3):419–25. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220\(69\)90237-0](http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220(69)90237-0)
- 44) Vertucci FJ, Williams RG. Furcation canals in the human mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* [Internet]. 1974;38(2):308–14. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220\(74\)90073-5](http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220(74)90073-5)

- 45) Endo-Eze™ Irrigator Tip [Internet]. Ultradent.lat. [citado el 10 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.ultradent.lat/products/categories/tips-syringes/tips/endodontic-tips/endo-eze-irrigator-tip?sku=207->
- 46) Endo-Eze™ Tips [Internet]. Ultradent.lat. [citado el 10 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.ultradent.lat/products/categories/tips-syringes/tips/endodontic-tips/endo-eze-delivery-tips>
- 47) NaviTip™ Tips [Internet]. Ultradent.lat. [citado el 10 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.ultradent.lat/products/categories/endodontics/irrigants-lubricants-medicaments/navitip-endodontic-delivery-tips/navitip-tips>
- 48) Puntas NaviTip™ [Internet]. Ultradent.es. [citado el 10 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.ultradent.es/products/categories/endodontics/irrigants-lubricants-medicaments/navitip-endodontic-delivery-tips/navitip-tips>
- 49) NaviTip™ 31 ga Tip with Double Sideport Irrigator [Internet]. Ultradent.lat. [citado el 10 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.ultradent.lat/products/categories/endodontics/irrigants-lubricants-medicaments/navitip-endodontic-delivery-tips/navitip-double-sideport-irrigator-tips>
- 50) IrriFlex® [Internet]. PD Dental®. PD DENTAL; 2021 [citado el 10 de abril de 2023]. Disponible en: https://pd-dental.com/es/products/irriflex/?gclid=Cj0KCQjwxMmhBhDJARIsANFGOSvncUw4KpC3_QQtc_RPwshAZcjGMhCNZNFnCYW_atxcSNF7BmVLV FoaAvaqEALw_wcB
- 51) TruAnatomy irrigation needle [Internet]. Dentsplysirona.com. [citado el 10 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/en-hk/shop/truanatomy-irrigation-needle.html>
- 52) Versiani MA, Basrani B, Sousa-Neto MD, editors. The root canal anatomy in permanent dentition. 1ª edición. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2018.
- 53) Endodoncia FESZ-UNAM M. Capítulo IV. Vídeo 1. Activación Dinámica Manual [Internet]. Youtube; 2019 [citado el 10 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=4zgXI7W0X2w>