

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

***FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS, DE LA
SALUD Y DE LA VIDA***

ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



***TESIS PRESENTADA PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ODONTÓLOGO***

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “Evaluación con microscopía electrónica en la remoción de barrillo dentinario post- instrumentación endodóntica; utilizando hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2% e hipoclorito de sodio al 5,25% + EDTA con irrigación ultrasónica: Estudio in vitro”

AUTOR:

Susana Paola Castro Rentería

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Soledad Peñaherrera

JULIO, 2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS, DE LA SALUD Y DE LA
VIDA
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

HOJA DE APROBACIÓN

Tema:

“Evaluación con microscopía electrónica en la remoción de barrillo dentinario post- instrumentación endodóntica; utilizando hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2% e hipoclorito de sodio al 5,25% + EDTA con irrigación ultrasónica: Estudio in vitro”

Autor:

Susana Paola Castro Rentería

Dra. Soledad Peñaherrera **f.**
TUTORA DE TESIS

Dra. Cecilia Salvador **f**
CALIFICADOR

Dra. Paola Niveló **f.**
CALIFICADOR

Dr. Darwin Naranjo **f.**
CALIFICADOR

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS, DE LA SALUD Y DE
LA VIDA
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Susana Paola Castro Rentería, portadora de la cédula de ciudadanía N° 070441310-3 declaro que el trabajo de investigación **“Evaluación con microscopía electrónica en la remoción de barrillo dentinario post- instrumentación endodóntica; utilizando hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2% e hipoclorito de sodio al 5,25% + EDTA con irrigación ultrasónica: Estudio in vitro”**, previo a la obtención del Título de **Odontóloga**, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Dra. Soledad Peñaherrera

TUTORA

Susana Paola Castro Rentería

AUTORA

RESUMEN

Introducción: La instrumentación de los conductos radiculares genera partículas de dentina, las cuales se asocian a microorganismos y a remanentes orgánicos como tejido pulpar vital o necrótico y procesos odontoblásticos, éstos elementos originan el barrillo dentinario. Por tal motivo, varios autores recalcan la importancia de remover dicha capa, pues podría interferir con la desinfección y obturación de los canales, por ende comprometerse el éxito de la terapia endodóntica. **Objetivo:** Comparar la efectividad en la remoción de barrillo dentinario del Ácido Etilendiaminotetracético (EDTA) al 18% + Hipoclorito de Sodio (NaClO) al 5,25% utilizando Activación Ultrasónica vs Irrigación Manual con Clorhexidina (Chx) al 2% e Irrigación Manual con Hipoclorito de Sodio (NaClO) al 5,25% a nivel de tercio medio y apical, mediante microscopía electrónica de barrido. **Diseño de estudio:** La muestra estuvo conformada por 36 premolares unirradiculares, instrumentados con técnica híbrida e irrigados con diferentes sustancias mediante dos métodos de irrigación distintos. Finalmente, éstos se dividieron en 3 grupos de forma aleatoria: Grupo 1 (NaClO al 5,25% con irrigación manual), Grupo 2 (Grupo Control) (Chx al 2% con irrigación manual) y Grupo 3 (EDTA al 18% + NaClO al 5,25% con irrigación ultrasónica). Los dientes fueron decoronados y cortados longitudinalmente para evaluar su superficie bajo microscopio. Las microfotografías fueron analizadas cuantitativamente por 3 observadores. **Resultados:** La irrigación ultrasónica con EDTA + NaClO reportó 5% de barrillo dentinario presente frente a 82,1% correspondiente a la irrigación convencional con NaClO al 5,25%. **Conclusiones:** El empleo de irrigantes complementado con ultrasonido ha demostrado ser la combinación más efectiva para eliminar el barro dentinario.

Palabras Clave: *Irrigación manual, irrigación ultrasónica, hipoclorito de sodio, clorhexidina, EDTA, barrillo dentinario.*

ABSTRACT

Introduction: The instrumentation of root canals produces particles of dentin, which are associated with microorganisms and organic remnants such as vital or necrotic pulp tissue and odontoblastic processes, these elements originate the smear layer. For that reason, several authors emphasize the importance to remove that layer, as it may interfere with the disinfection and obturation of root canals, therefore the success of endodontic therapy will be compromised. **Objective:** Compare the effectiveness of smear layer removal of 18% Ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA) + 5,25% Sodium Hypochlorite (NaClO) using ultrasonic activation vs. Manual Irrigation with 2% Chlorhexidine (Chx) and 5,25% Sodium Hypochlorite (NaClO), by means of scanning electron microscopy. **Study design:** The samples consisted of 36 single-rooted premolars, instrumented with hybrid technique and irrigated with different substances through distinct methods. Finally, these were randomly divided into 3 groups: Group 1 (5,25% NaClO with Manual Irrigation), Group 2 (2% Chx with Manual Irrigation) and Group 3 (18% EDTA + 5,25% NaClO with Ultrasonic Irrigation). The crown of all teeth were removed, then the dental roots were cut longitudinally to be evaluated under microscope. The images were quantitatively analyzed by 3 observers. **Results:** Ultrasonic Irrigation with EDTA + NaClO reported 5% of smear layer against 82,1% for conventional irrigation with 5,25% NaClO. **Conclusions:** The use of irrigants complemented with ultrasonics have proved to be the most effective combination to eliminate smear layer.

Keywords: *Manual irrigation, ultrasonic irrigation, sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, smear layer.*

DEDICATORIA

*A la persona que me ha inspirado perseverancia, fé,
confianza y fuerza para culminar este trabajo
y cumplir ésta y muchas metas más.*

*Para tí, Resffa Andrade, abuelita querida,
aunque ya no estés físicamente junto a nosotros,
sé que desde allá arriba siempre me acompañas,
especialmente para festejar juntas los logros que voy a alcanzar..*

Susana Paola Castro Rentería

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por darme la vida, además de las habilidades necesarias para desarrollar todos los proyectos que tengo en mente.

A mis padres y hermanos, por traerme al mundo y ser pilares fundamentales en mi formación personal, por inculcarme valores y ser mi soporte a lo largo de mi existencia.

A mi novio Michael, quien ha representado un apoyo innegable durante estos últimos momentos, los cuales han resultado ser los más críticos de mi vida. Gracias también por hacer de la Odontología tu carrera también.

A aquellos amigos incondicionales de mi etapa colegial y universitaria, especialmente a éstos últimos, quiénes a más de contribuir con la ayuda material, han permanecido a mi lado brindándome ánimo y fuerza.

A la Dra. Soledad Peñaherrera, quien convirtió una tesis de pre-grado en un reto desafiante, mismo que hizo de la Endodoncia mi nueva pasión.

Al PhD. Alexis Debut, profesional que me guió y permitió la realización de una parte de la fase experimental de mi estudio en el Laboratorio de Caracterización de Nanomateriales de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

A la Dra. María Elena Benavides, le estaré infinitamente agradecida pues sin su asesoramiento este estudio no hubiese podido llegar a término.

A la Dra. Nilda Villacrés, quien fue una pieza clave para la concretización del análisis microscópico del estudio en el Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI).

A la Ing. Lissette Gavilánes, Mgs. Linda Díaz, Dr. Yasuji Amano y Sr. Carlos Cépeda, quiénes hicieron posible que se lleve a cabo la observación de las

muestras en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública “Leopoldo Izquieta Pérez”.

Mis más sinceros agradecimientos hacia la persona que se encargó de realizar el análisis estadístico de esta investigación, el Ing. Marco Rivera.

Al Dr. Marco Medina, quien pese a no ser tutor de esta tesis colaboró en ella de manera importante. Gracias porque más que un profesional y un docente, Ud. es amigo de los estudiantes.

Por último pero no menos importante, gratitud hacia la Universidad Internacional del Ecuador, institución en la cual llevé acabo mi formación académica.

Susana Paola Castro Rentería

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1: ASPECTOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN | |
| 1. 1. Planteamiento del problema..... | 5 |
| 1. 1. 1. Problema..... | 5 |
| 1. 2. Justificación..... | 6 |
| 1. 3. Objetivos | |
| 1. 3. 1. Objetivo General..... | 7 |
| 1. 3. 2. Objetivos Específicos..... | 7 |
| 1. 4. Hipótesis..... | 8 |
| 1. 5. Operacionalización de variables..... | 8 |
| CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO | |
| 2. 1. Antecedentes de los irrigantes..... | 10 |
| 2. 2. Irrigación en Endodoncia..... | 13 |
| 2. 2. 1. Medios químicos..... | 13 |
| 2. 3. Hipoclorito de sodio | |
| 2. 3. 1. Generalidades..... | 16 |
| 2. 3. 2. Propiedades..... | 17 |
| 2. 3. 3. Mecanismo de acción..... | 18 |
| 2. 3. 4. Factores que influyen en su acción..... | 20 |
| 2. 3. 5. Desventajas..... | 21 |
| 2. 4. Clorhexidina | |
| 2. 4. 1. Generalidades..... | 22 |
| 2. 4. 2. Propiedades..... | 23 |
| 2. 4. 3. Mecanismo de acción..... | 24 |
| 2. 4. 4. Factores que influyen en su acción..... | 25 |
| 2. 4. 3. Desventajas..... | 27 |
| 2. 5. Ácido Etilendiaminotetracético | |
| 2. 5. 1. Generalidades..... | 28 |
| 2. 5. 2. Propiedades..... | 29 |
| 2. 5. 3. Mecanismo de acción..... | 31 |
| 2. 5. 4. Factores que influyen en su acción..... | 33 |
| 2. 5. 5. Desventajas..... | 34 |
| 2. 2. 2. Medios físicos..... | 35 |
| 2. 2. 2. 1. Agujas para irrigación..... | 35 |
| 2. 2. 2. 2. Cánulas para succión..... | 36 |
| 2. 6. Técnicas de Irrigación Endodóntica..... | 37 |

| | | |
|---|---|-----|
| 2. 6. 1. | Irrigación Manual..... | 38 |
| 2. 6. 2. | Irrigación mediante Instrumentos..... | 39 |
| 3. 3. Irrigación Ultrasónica | | |
| 2. 7. 1. | Generalidades..... | 40 |
| 2. 7. 2. | Mecanismo de acción..... | 42 |
| 2. 7. 3. | Factores que influyen en su acción..... | 44 |
| 2. 7. 4. | Subtipos de Irrigación Ultrasónica..... | 45 |
| 2. 7. 5. | Desventajas..... | 46 |
| CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA | | |
| 3. 1. | Universo..... | 47 |
| 8. 1. | Muestra..... | 48 |
| 3. 2. 1. | Criterios de inclusión..... | 49 |
| 3. 2. 2. | Criterios de exclusión..... | 49 |
| 3. 3. | Tipo de Investigación..... | 49 |
| 3. 4. | Diseño de Investigación..... | 49 |
| 3. 4. 1. | Selección de los objetos de estudio..... | 50 |
| 3. 4. 2. | Apertura Cameral..... | 51 |
| 3. 4. 3. | Determinación de la Longitud de Trabajo..... | 52 |
| 3. 4. 4. | Instrumentación..... | 54 |
| 3. 4. 5. | Irrigación..... | 60 |
| 3. 4. 6. | Preparación de las muestras previa la observación al microscopio electrónico de barrido (MEB)..... | 63 |
| 3. 4. 7. | Análisis microscópico..... | 72 |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....77 | | |
| CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN.....88 | | |
| CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | |
| 6. 1. | Conclusiones..... | 95 |
| 6. 2. | Recomendaciones..... | 96 |
| CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA.....97 | | |
| CAPÍTULO 8: ANEXOS | | |
| 8. 1. | Radiografías Periapicales del Universo..... | 100 |
| 8. 2. | Microfotografías Seleccionadas del Tercio Medio y Tercio Apical de la Muestra..... | 104 |
| 8. 3. | Tablas de puntuaciones obtenidas a partir de la calificación que los observadores dieron a las microfotografías..... | 114 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Fig. | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Propiedades del irrigante ideal..... | 12 |
| 2. Clasificación de irrigantes empleados en la práctica endodóntica..... | 15 |
| 3. Universo de 60 dientes uniradiculares, previa la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión..... | 47 |
| 4. Muestra del estudio conformada por 36 premolares uniradiculares, previa la clasificación aleatoria dentro de cada grupo..... | 48 |
| 5. División de muestras según la solución irrigante y la técnica de irrigación: Grupo 1 “Irrigación Manual con Hipoclorito de Sodio al 5,25%”, Grupo 2 “Irrigación Manual con Clorhexidina al 2%” y Grupo 3 “Irrigación Ultrasónica con Ácido Etilendiaminotetracético al 18% + Hipoclorito de Sodio al 5,25%”..... | 50 |
| 6. Secuencia del acceso coronal: A y B “Utilización de fresa diamantada redonda”; C y D “Utilización de fresa EndoZ”..... | 51 |
| 7. Lima tipo K#10 sobrepasando el foramen apical..... | 52 |
| 8. Longitud tentativa de trabajo (sin resta)..... | 53 |
| 9. Longitud real de trabajo (resta de 1 mm a la longitud anterior)..... | 53 |
| 10. Piezas dentales con su respectiva longitud real de trabajo..... | 54 |
| 11. Reducción de 0.5 mm a la longitud de trabajo..... | 55 |
| 12. Secuencia de instrumentación con fresas Gates-Glidden N°3 (arriba) y N°2 (abajo)..... | 57 |
| 13. Carga de jeringa con ácido etilendiaminotetracético (EDTA) al 18% (izq). Irrigación de dientes del Grupo 3 con EDTA (der)..... | 61 |
| 14. Fotografía del Ultrasonido empleado en el Grupo 3 del estudio..... | 62 |
| 15. Punta de ultrasonido utilizada (izq). Irrigación ultrasónica pasiva y reposición de EDTA (der)..... | 62 |
| 16. Pieza de mano de baja velocidad y disco de diamante usados para realizar la remoción de la corona, además de hoja de bisturí estéril para el hemiseccionamiento de las raíces..... | 63 |
| 17. Decoración (izq). Corte longitudinal de las muestras (der)..... | 64 |
| 18. Dientes hemiseccionados antes del proceso de deshidratación..... | 64 |
| 19. Identificación de grupos experimentales..... | 65 |
| 20. Deshidratación de las muestras en alcohol al 50%..... | 65 |
| 21. Deshidratación de las muestras en alcohol al 60%..... | 66 |
| 22. Deshidratación de las muestras en alcohol al 70%..... | 66 |

| | | |
|-----|--|----|
| 23. | Deshidratación de las muestras en alcohol al 80%..... | 67 |
| 24. | Deshidratación de las muestras en alcohol al 90%..... | 67 |
| 25. | Deshidratación de las muestras en alcohol al 99%..... | 67 |
| 26. | Liofilización..... | 68 |
| 27. | Montaje de las muestras en las platinas de cobre..... | 69 |
| 28. | Máquina recubridora de oro (<i>Jeol jfc-120, fine coater</i>)..... | 70 |
| 29. | Recubrimiento de oro en proceso..... | 70 |
| 30. | Acercamiento del proceso de recubrimiento de oro (Destello)..... | 71 |
| 31. | Muestras de los tres grupos con la cobertura de oro..... | 71 |
| 32. | Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) (<i>Jeol JSM-5310</i>)..... | 72 |
| 33. | Montaje de las muestras en el MEB..... | 73 |
| 34. | Microfotografías: A (Magnificación X35); B (Magnificación X2000)..... | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| Tab. | | Pág. |
|-------------|--|-------------|
| 1. | Disoluciones y combinaciones del hipoclorito de sodio..... | 16 |
| 2. | Disoluciones de la clorhexidina..... | 23 |
| 3. | Secuencia de instrumentación (Primera fase de Técnica Híbrida)..... | 56 |
| 4. | Secuencia de instrumentación (Segunda fase de Técnica Híbrida)..... | 59 |
| 5. | División de grupos experimentales..... | 60 |
| 6. | Recuento de microfotografías por grupo experimental..... | 74 |
| 7. | Escala de medición de la eliminación de barrillo dentinario..... | 76 |
| 8. | Comparación del tercio medio del Grupo 1 y Grupo 3 con el Grupo Control..... | 78 |
| 9. | Test de Tukey (Tercio apical de Grupo 1)..... | 82 |
| 10. | Test de Tukey (Tercio apical de Grupo 3)..... | 83 |
| 11. | Comparación del tercio apical del Grupo 1 y Grupo 3 con el Grupo Control..... | 84 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| Gráf. | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Comparación del tercio medio del Grupo 1 y el Grupo Control..... | 80 |
| 2. Comparación del tercio medio del Grupo 3 y el Grupo Control..... | 81 |
| 3. Comparación del tercio apical del Grupo 1 y el Grupo Control..... | 85 |
| 4. Comparación del tercio apical del Grupo 3 y el Grupo Control..... | 86 |
| 5. Comparación de la cantidad de barrillo dentinario presente entre el Grupo 1 y el Grupo 3..... | 87 |

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la Endodoncia, se ha buscado una solución que pueda contribuir en la limpieza del sistema de conductos radiculares. Por tal motivo, durante varios años se experimentó con todo tipo de sustancias que poseían algún efecto antibacterial en el cuerpo humano: peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio, etc. Al tiempo que se descubrieron posibles agentes que podrían ser útiles en la irrigación tales como el ácido etilendiaminotetracético; de la misma manera se crearon herramientas que mejoraron la actividad de dichas soluciones: un claro ejemplo, el ultrasonido.

Pese al progreso tecnológico que ha tenido esta ciencia, especialmente dentro de la instrumentaria endodóntica, no se ha conseguido el desbridamiento completo de los canales radiculares, por lo que prevalece la inquietud de si la instrumentación es suficiente para alcanzar este objetivo o si es necesario el empleo de alguna sustancia auxiliar que facilite la eliminación de detritos y demás contenido tóxico intraconducto. Tras varios estudios científicos se ha podido comprobar que aun cuando la preparación biomecánica del espacio endodóntico se realiza de la forma más cautelosa, es solo mediante la irrigación y aspiración de los desechos tanto orgánicos como inorgánicos que se podrá obtener un canal más limpio y adecuado para la obturación.

Es así como se ha podido observar que hasta la actualidad no existe un solo irrigante que reúna todas las propiedades requeridas para producir la desinfección completa del conducto, por lo que la combinación de los mismos, específicamente aquellos de uso común, podría ser la mejor opción para cumplir el propósito de la irrigación:

El hipoclorito de sodio constituye un compuesto químico que se origina de la mezcla de un álcali más un ácido, además se trata de uno de los irrigantes más frecuentemente utilizados dentro de la práctica endodóntica, debido a que cuenta con algunas propiedades que vale la pena resaltar: baja tensión superficial, neutralizador de toxinas, acción bactericida, efervescencia pero sobre todo la capacidad de disolver tejidos orgánicos, la misma que se encuentra basada en la degradación proteica. Su acción, sin embargo podría verse alterada por ciertos parámetros: concentración, temperatura, pH y tiempo de exposición de la sustancia. De la misma manera que presenta aspectos positivos, así también posee desventajas como la incapacidad de remover barrillo dentinario, el ser un agente irritante tanto para los tejidos blandos orales como para aquellos de la zona periapical, la corrosión que puede producir en el instrumental y el hecho de que no permanece dentro del canal durante más tiempo del que fue colocado.

La clorhexidina por su parte es considerada un antiséptico, inicialmente utilizado como un coadyuvante dentro de Periodoncia. Sus principales características son: baja toxicidad, baja tensión superficial, bactericida o bacteriostático de amplio espectro (dependiendo de la concentración de la solución) y sustantividad. El mecanismo mediante el cual actúa radica en la capacidad que posee para adherirse a la membrana de la célula bacteriana y ocasionar ya sea el daño irreversible en determinados organelos intracelulares e incluso una ruptura de la membrana anteriormente mencionada. Los factores que podrían modificar su actividad son esencialmente los mismos que los del hipoclorito de sodio, a estos les sumamos el tipo de bacterias, la edad y el estado del biofilm al que deberá exponerse el irrigante. Por otro lado, sus desventajas son el no poder disolver tejido orgánico o inorgánico y su arriesgada combinación con el hipoclorito de sodio del cual podría resultar un precipitado con alto potencial de desarrollar alteraciones neoplásicas o mutagénicas.

Otra variedad dentro de los irrigantes son los quelantes, compuestos químicos conocidos por anclarse a un complejo molecular (dentina en este caso) y con el que establecen un intercambio iónico, proceso durante el cual el agente reblandecedor toma calcio de la dentina y ésta le cede iones hidrógeno. Este proceso continúa hasta que el quelante se satura de tomar tales iones y el intercambio cesa, por lo tanto el reblandecimiento también. El ácido etilendiaminotetracético es un quelante y en efecto presenta afinidad por los iones Calcio, por la misma razón se encuentra indicado su uso en la remoción del barro dentinario y en conductos estrechos o atrésicos. Las propiedades que lo destacan son: baja tensión superficial, acción rápida y autolimitante, efecto antimicrobial y disolvente de tejido inorgánico. Su mecanismo de acción básicamente concierne en lo que ya se explicó anteriormente; al igual que en los otros irrigantes, existen determinados factores que podrían alterar su acción: además de los conocidos previamente, debemos citar que también es importante tener en cuenta la zona del diente que se va a reblandecer, pues la dureza en el conducto no es constante a lo largo del mismo. Las desventajas de este agente son: no poseer un efecto bactericida de amplio espectro, la incapacidad de eliminar la porción orgánica del barrillo dentinario, la probabilidad de producir erosión, y la excesiva apertura de los túbulos dentinarios propiciando que éstos sean más sensibles a la colonización bacteriana.

No obstante, a más de las sustancias químicas empleadas durante el lavado intracanal, el éxito del tratamiento recae sobre si éstas alcanzan la totalidad del conducto radicular por lo cual la técnica de irrigación de estas soluciones debería potencializar a las mismas. De este modo se proponen dos tipos de irrigación: la manual o convencional y la que se encuentra asistida por dispositivos o instrumentos. La irrigación manual se basa en la deposición de las soluciones antes mencionadas mediante agujas de diversos calibres y tamaños, a su vez dentro de este método se encuentran dos formas para su ejecución: pasiva (se refiere a únicamente la colocación del irrigante) y aquella en donde se realiza agitación (se produce el movimiento del agente con la ayuda de algún material).

La ventaja y la desventaja gira en torno al hecho de que la posición, la profundidad de introducción de la aguja y la fuerza de los movimientos, en el caso del segundo tipo de irrigación manual, dependen directamente del profesional.

Por otro lado, se encuentra la irrigación mediante herramientas tecnológicas. Dentro de esta técnica también encontramos dos subtipos de irrigación: sónica y ultrasónica. La diferencia radica en que la activación sónica presenta baja velocidad de vibración y la incapacidad de producir daño a la estructura dentinaria; mientras la activación ultrasónica posee una alta velocidad de vibración, sin embargo el roce con el diente detendrá su acción además de que su inserto podría originar alteraciones en los tejidos dentales.

De este modo, se creó al ultrasonido, un instrumento que genera vibraciones, las cuales se traducen en movimientos, mismos que se replican dentro del medio en el que se encuentre. Presenta ciertos principios que lo convierten en la herramienta perfecta para la irrigación intracanal, aunque esta es solamente una de sus múltiples aplicaciones. El ultrasonido como tal produce: vibraciones acompañadas de movimientos oscilatorios, la implosión de burbujas que liberan gases y altas temperaturas que se contenían dentro de ellas produciendo así un efecto bactericida, microcorrientes acústicas que generan vórtices capaces de destruir cualquier microorganismo que ingrese en los mismos y obviamente, la producción de calor. La potencia del dispositivo y el tipo de irrigante podrían ser causantes de la alteración de su capacidad máxima. Por último, las desventajas que presenta son: la posibilidad de que se fracture el inserto que se utiliza para irrigar en el caso de tratarse de una lima, la extrusión del irrigante fuera del periápice y la producción de microfracturas en la dentina si el ultrasonido llegara a entrar en contacto directo con la estructura dentaria.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. 1. Planteamiento del Problema:

Autores como Dogan, Yamada y Soares & Goldberg refieren que la presencia de cierta capa conocida como barrillo dentinario o “smear layer” dentro de los conductos radiculares, podría representar el principal motivo de fracaso endodóntico de la mayoría de los tratamientos. Esto debido a que se le atribuye ser el ambiente ideal en el que se albergan microorganismos, principalmente y otros productos de desecho, convirtiéndose en una barrera que imposibilita la desinfección de los canales, tornando más difícil la llegada de los irrigantes a los lugares más recónditos de los mismos. Es así como se estaría comprometiendo la instrumentación, la obturación y el pronóstico de dicho procedimiento, además de que se incrementaría exponencialmente el riesgo de que derive en una infección crónica periapical. Por tales razones, es imperativo el encontrar la solución irrigante y el método de irrigación que en conjunto consigan remover la mayor cantidad de barro dentinario, especialmente en la zona apical, pues solo de esta forma podremos asegurar el éxito de la terapéutica endodóntica.

1. 1. 1. Problema:

¿Qué sustancia irrigante resulta más efectiva; hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2% o una combinación del hipoclorito de sodio y un agente quelante como EDTA según la escala de eliminación de barrillo dentinario?

¿Es suficiente el lavado del sistema de conductos con estas soluciones o se requiere del uso de un instrumento como el ultrasonido para potenciar la acción de las mismas?

1. 2. Justificación:

Durante la instrumentación de los canales radiculares y tras la misma, se emplean sustancias para la limpieza de los mismos, sin embargo se desconoce el grado de efectividad que éstas tienen sobre la eliminación del “smear layer”, siendo conocido que al retirar por completo el mismo:

- Se eliminaría biofilm, mismo que según la OMS “*se trata de un ecosistema proliferante y enzimamente activo que se adhiere a superficies inertes ya sean sintéticas o biológicas*”, mostrando predilección dentro de estas últimas, por los tejidos necróticos.
- Al tener paredes dentinarias libres de esta capa, tendremos por ende un mejor acceso tanto para los irrigantes como para los materiales de obturación pues llegarán a la mayor profundidad posible dentro de la anatomía interna, que como bien se sabe es compleja, esto se debe a que el conducto principal puede ofrecer diversas ramificaciones: conductos laterales, secundarios, accesorios, colaterales, delta-apicales, cavo interradiculares.
- Es así, como se puede garantizar que las vías estén completamente limpias y el tratamiento sea exitoso.

Dado que estamos tratando con seres vivos, es fundamental el conocer las distintas clases de soluciones irrigantes y técnicas de irrigación que existen actualmente, y es aún más importante el saber cuál o cuáles de estas son las más efectivas al momento de retirar el barrillo dentinario.

1. 3. Objetivos:

1. 3. 1. Objetivo General:

- Comparar la efectividad de remoción de barrillo dentinario del Ácido Etilendiaminotetracético (EDTA) al 18% + Hipoclorito de Sodio al 5,25% utilizando activación ultrasónica durante 1 minuto vs irrigación manual con Clorhexidina al 2% e Hipoclorito de Sodio al 5,25% mediante estudio in vitro con microscopía electrónica de barrido.

1. 3. 2. Objetivos Específicos:

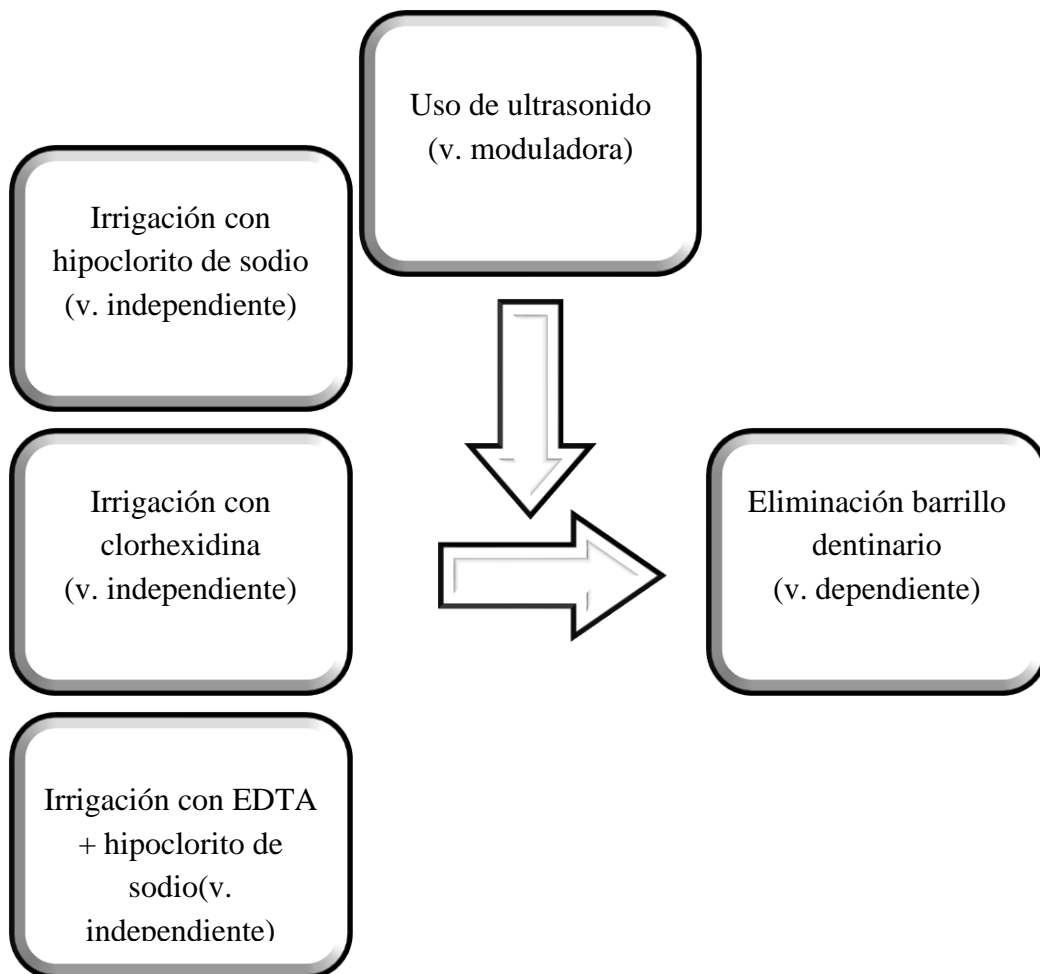
- Demostrar la acción conjunta del hipoclorito de sodio con el ácido etilendiaminotetracético ambos como irrigantes, mediante microscopía electrónica de barrido.
- Observar el grado de limpieza de los tercios medio y apical al utilizar irrigación manual con clorhexidina, mediante microscopía electrónica de barrido.
- Observar el grado de limpieza de los tercios medio y apical al utilizar irrigación manual con hipoclorito de sodio, mediante microscopía electrónica de barrido.
- Comparar la efectividad de eliminación del “smear layer” del método de irrigación manual vs irrigación complementada con activación ultrasónica, mediante microscopía electrónica de barrido.
- Determinar cuál o cuáles de las sustancias fueron más eficaces removiendo el barrillo dentinario, especialmente a nivel del tercio apical, mediante microscopía electrónica de barrido.

1. 4. Hipótesis:

La combinación del Ácido Etilendiaminotetracético (EDTA) al 18% + Hipoclorito de Sodio al 5,25% con activación ultrasónica será más efectiva en la eliminación de barrillo dentinario del tercio apical en comparación a la irrigación manual con Clorhexidina al 2% e Hipoclorito de Sodio al 5,25%

1. 5. Operacionalización de variables

MATRIZ DE VARIABLES



| VARIABLE | DEFINICIÓN | DIMENSIÓN | INDICADOR | ESCALA |
|---|--|-------------------------------------|-------------------------|------------------|
| DEPENDIENTE | | | | |
| Eliminación de barrillo dentinario | | Capacidad de limpieza del irrigante | | |
| INDEPENDIENTE | | | | |
| Uso del Hipoclorito de Sodio | Agente capaz de disolver tejido orgánico y que posee efecto antimicrobiano. | Tercio medio Tercio apical | Criterio del observador | 0 1 2 3 |
| Uso de la Clorhexidina (Grupo Control) | Agente bacteriostático que tiene la capacidad de actuar por más tiempo después de su aplicación. | Tercio medio Tercio apical | Criterio del observador | 0 1 2 3 |
| Uso del Ácido Etilendiamino-tetracético + Hipoclorito de Sodio | Agente empleado durante la instrumentación debido a que es capaz de remover materia inorgánica. | Tercio medio Tercio apical | Criterio del observador | 0 1 2 3 |
| MODULADORA | | | | |
| Irrigación Manual | Técnica de irrigación que no requiere activación. | Tercio medio Tercio apical | Criterio del observador | 0 1 2 3 |
| Irrigación Ultrasónica | Técnica de irrigación que requiere 1 ciclo de activación de 1 min (EDTA) | Tercio medio Tercio apical | Criterio del observador | 0 1 2 3 |

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2. 1. Antecedentes de los irrigantes:

El origen de la irrigación se remonta hace casi dos siglos atrás, cuando Alexis Carrel y Henry Drysdale comenzaron a emplear al hipoclorito de sodio al 0.5% como desinfectante de heridas durante la I Guerra Mundial. Sin embargo, no fue hasta 1920, año en el cual Crane indicó que este irrigante también podía ser usado dentro de la terapia endodóntica (Villa, 2012; Bobbio, 2009).

En 1936, Walker recomienda la utilización de agua clorinada dentro del tratamiento de endodoncia dada su capacidad de disolver proteínas y la acción germicida que posee, por lo que a su vez eliminaría de forma efectiva el tejido pulpar en estado necrótico (Villa, 2012; Bobbio, 2009).

Hasta 1940, se puede decir que la irrigación atravesó una fase oscura ya que se creía que el uso de enzimas proteolíticas eran ideales para desinfectar los conductos radiculares debido a que también poseían la capacidad de disolver tejido (Villa, 2012; Bobbio, 2009).

Alrededor del año 1941, se introdujeron diferentes sustancias que podrían ser usadas de igual manera durante la irrigación: peróxido de hidrógeno por ejemplo, e incluso se lo llegó a combinar con el hipoclorito de sodio, observándose altos niveles de eficacia. En el mismo año, durante un experimento realizado por Grossman y Meinmann para conocer cuál irrigante era el más efectivo, se descubrió que la “soda clorada” era la sustancia adecuada a un 5% de concentración (Bobbio, 2009; Leonardo, 2005).

En 1957, Otsby propuso emplear el ácido etilendiaminotetracético en forma de sal disódica, al cual le acuñaba la propiedad de formar compuestos no iónicos y con

gran número de iones calcio. Al mismo tiempo, Richman fue el precursor del uso del ultrasonido en endodoncia, realizando adaptaciones de limas dentro de los canales radiculares e irrigando a la vez con hipoclorito de sodio. Años más adelante, se propone dejar de utilizar agua oxigenada y continuarse manejando con la soda clorada. Simultáneamente, se introdujeron a la práctica endodóntica los detergentes que servían como transporte para los antibióticos (Villa, 2012).

En 1963, Otsby y Fehr observaron que la acción de desmineralización del EDTA se encontraba en directa relación con el tiempo de aplicación, obteniendo una profundidad de hasta 30 μm (Villa, 2012).

Leonardo en 1967, por su parte evaluó la eficacia del “lauril dietilenglicol-éter sulfato de sodio” probando que no contribuía significativamente en la desinfección de los conductos radiculares pues no poseía acción bactericida. Durante los siguientes años hasta 1970, nuevamente se utiliza el ácido etilendiaminotetracético, al observar que éste reducía considerablemente la carga bacteriana intracanal (Villa, 2012).

A partir de entonces hasta la década de los noventa, se realizaron múltiples experimentos en donde se buscó conocer la toxicidad del hipoclorito de sodio diferentes concentraciones en los tejidos perirradiculares, llegando a la conclusión de que a mayor concentración, mayor daño podría producir (Bobbio, 2009). Adicional a esto, también se pudo observar que la clorhexidina podía ser utilizada como irrigante endodóntico, debido a sus propiedades bactericidas y de sustantividad (Leonardo, 2005).

Finalmente, en 1991, Morgan demostró que aunque el hidróxido de calcio sería el perfecto irrigante dentro de los canales radiculares, esto no era posible por no poseer efecto solvente (Villa, 2012).

Actualmente, no existe una sustancia que reúna todas las propiedades necesarias para poder ser considerada el irrigante ideal (Torabinejad & Walton, 2010). La Figura 1. muestra a continuación las propiedades que debe poseer dicha solución:

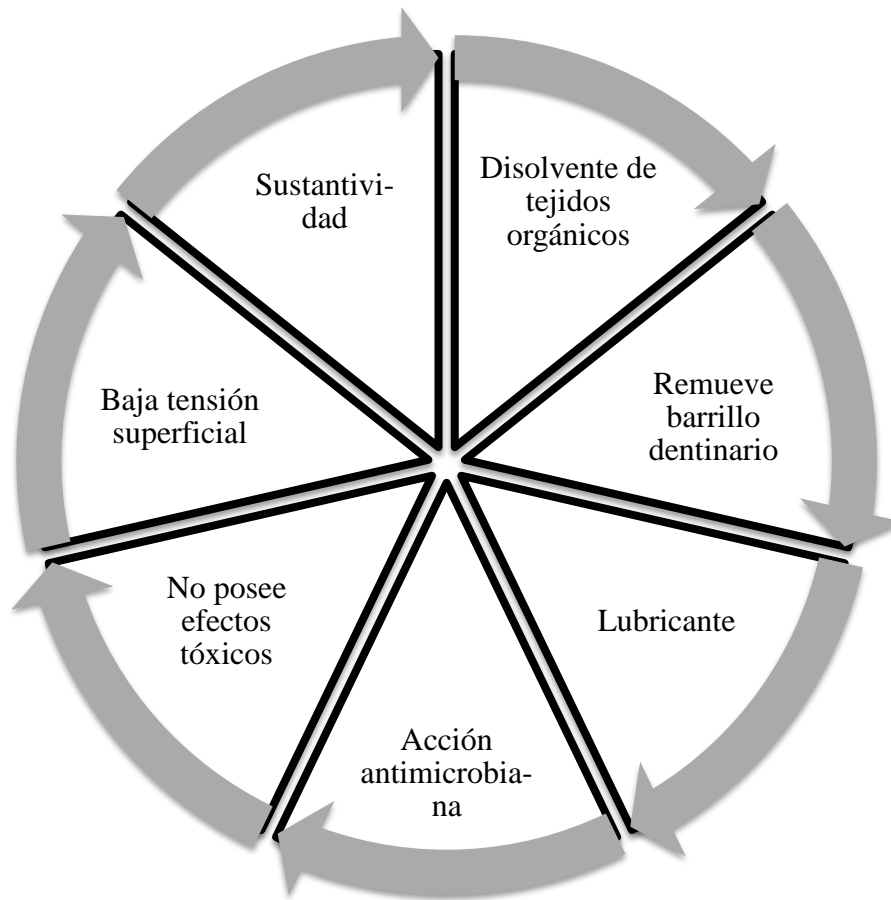


Figura 1.- Propiedades del irrigante ideal.

Fuente.- Guillén, R., Armas. AC. & Castrillón. (2012). Evaluación in vitro del grado de susceptibilidad de la *Cándida Albicans* a cuatro soluciones irrigantes usadas comúnmente en Endodoncia. *Academia Internacional de Odontología Integral*, 22(1), p.3.

2. 2. Irrigación en endodoncia:

Al hablar de un tratamiento de endodoncia, no cabe duda que todas las etapas que lo conforman son de real importancia, sin embargo varios autores estiman que la preparación biomecánica de los canales radiculares es la fase que en sí desempeña un papel decisivo en el éxito de dicha terapéutica (Leonardo, 2005).

Aún cuando el trabajo esencial es realizado por los instrumentos endodónticos ya sean estos limas o sistemas rotatorios, resulta irrefutable el uso de recursos auxiliares en un intento por eliminar o más bien reducir la microbiota de los conductos radiculares a niveles tan bajos, que no les sea posible inducir o prolongar una infección (Baca, Mendoza-Llamas, Arias-Moliz, González-Rodríguez & Ferrer-Luque, 2011).

De esta manera, estos medios se encuentran divididos en subgrupos:

- a) **Químicos:** Soluciones irrigantes y medicaciones intraconductos (Leonardo, 2005).
- b) **Físicos:** Conforman parte de este grupo todos los instrumentos que permiten la irrigación y aspiración simultánea (Leonardo, 2005).
- c) **Mecánicos:** Se refiere a la cinemática del instrumental endodóntico, los cuales mediante diferentes técnicas de instrumentación van a realizar la adecuación del canal (Leonardo, 2005).

2. 2. 1. Medios químicos:

Dentro de éstos se encuentran los irrigantes, sustancias que se emplean para el lavado de la cámara pulpar y los conductos radiculares, y su posterior aspiración (Rangel, 1999; Soares & Goldberg, 2002).

Sus objetivos son:

- ✓ Eliminar los detritos o aquellas partículas de dentina que se asocian a materiales orgánicos, microorganismos e incluso medicación intracanal llamada “*smear layer*”, puede llegar a obstruir al mismo y a los túbulos dentinarios dificultando seriamente la instrumentación e incluso incrementando el riesgo de una infección periapical por la extrusión de los mismos (Prado, Gusman, Gomes & Simão, 2011) (Soares & Goldberg, 2002).
- ✓ Reducir la carga bacteriana intracanal mediante arrastre y aspiración, complementada además mediante la actividad bactericida o bacteriostática dependiendo de la sustancia que se utiliza (Soares & Goldberg, 2002).
- ✓ Facilitar el funcionamiento de los instrumentos endodónticos dentro del conducto debido a su acción lubricante, evitando por ende el aumento de fricción que puede conllevar a la fractura de los antes mencionados (Soares & Goldberg, 2002).

Como se mencionó anteriormente, existen en el mercado una serie de sustancias irrigantes, por lo que se ha realizado la clasificación de las mismas según su naturaleza (Figura 2):

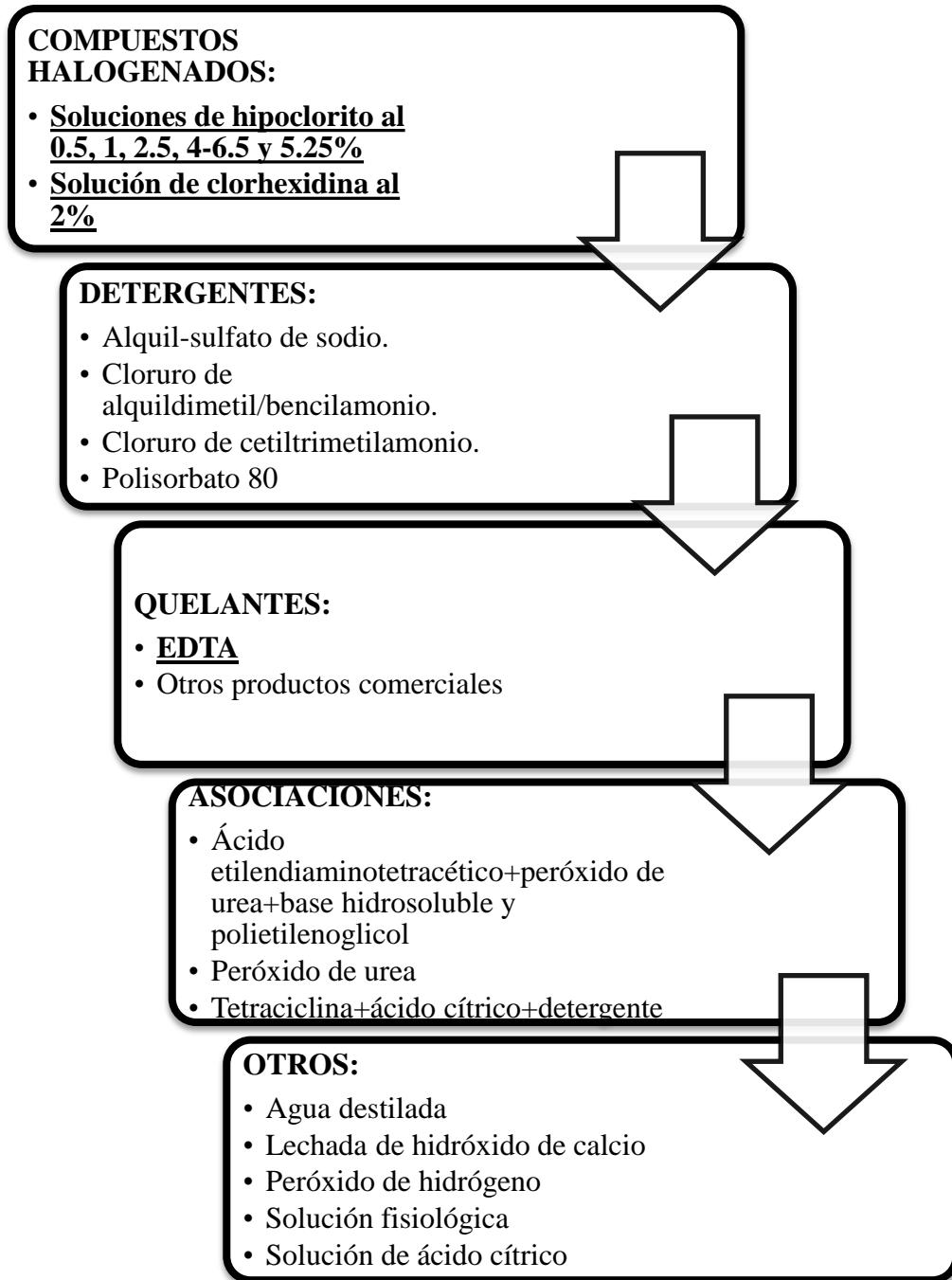


Figura 2.- Clasificación de irrigantes empleados en la práctica endodóntica.

Fuente-. Leonardo, M. (2005). Tratamiento de conductos radiculares: principios técnicos y biológicos. Volumen I, São Paulo, Brasil: Artes Médicas.

2. 3. Hipoclorito de sodio:

2. 3. 1. Generalidades:

Compuesto descubierto alrededor del siglo XIX mientras era utilizado para la desinfección de heridas durante la Primera Guerra Mundial. “Ha sido definido por la Asociación Americana de Endodoncistas (AAE) como un líquido claro, pálido, verde-amarillento, extremadamente alcalino y con fuerte olor clorino(…)”(Massó, Maugard & Montiel, 2007, p.12); ésta sal surge de la combinación de dos sustancias: un álcali como es el hidróxido de sodio y un ácido: el ácido hipocloroso (Balandrano, 2007).

Presenta varias concentraciones, mismas que pueden estar indicadas en diversas patologías:

Tabla 1: *Disoluciones y combinaciones del hipoclorito de sodio.*

| Disoluciones y combinaciones del NaClO |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Solución de hipoclorito de sodio al 0,5% + ácido bórico (Solución de Dakin) |
| <ul style="list-style-type: none">• Solución de hipoclorito de sodio al 0,5% + bicarbonato de sodio (Solución de Dausfrene) |
| <ul style="list-style-type: none">• Solución de hipoclorito de sodio al 1% + ácido bórico (Solución de Milton): Indicada en tratamientos de dientes con vitalidad pulpar y necrosis pulpar sin lesión periapical (Necrosis pulpar tipo I) |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Solución de hipoclorito de sodio al 2,5% (Solución de Labarraque) | <p>Disoluciones ideales en aquellos casos de necrosis pulpar más lesión periapical crónica (Necrosis pulpar tipo II) o dientes infectados.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Solución de hipoclorito de sodio de concentraciones entre 4 al 6,25% (Soda clorada) | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Solución de hipoclorito de sodio al 5,25% (Solución de Grossman, Preparación USP) | |

Fuente: Moenne, I. (2013). Dinámica de los irrigantes. Tesis de grado para optar al título de Cirujano Dentista. Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

2. 3. 2. Propiedades:

✓ *Baja tensión superficial*-. Debido a que la tensión superficial se representa como una membrana que se encuentra sobre un líquido, ésta difiere entre los diferentes tipos de soluciones y ciertas condiciones que puedan presentar. En el caso del hipoclorito, la tensión superficial es baja, por lo que esta “membrana” es mucho más delgada permitiéndole colarse por todos los espacios llegando así a los lugares más recónditos, mismos que serían imposibles de ser alcanzados por un instrumento (Gudiño, 2013).

✓ *Neutralizador de toxinas*-. Principalmente se relaciona con las concentraciones de 2,5 y 5,25%. Su poder sobre la eliminación de microorganismos y sus toxinas está íntimamente asociado al hecho de que se trata de un compuesto bactericida, por ende reduce significativamente la probabilidad de que se generen procesos periapicales post-tratamiento. También, gracias a su pH altamente alcalino de 11,8, cambia el medio ácido que suelen adecuar las bacterias para poder sobrevivir (Leonardo, 2005; Moenne, 2013).

✓ *Bactericida*-. Se enfoca en la destrucción de microorganismos a base del cloro y el oxígeno, los cuales impiden la formación de aminoácidos y en consecuencia las proteínas bacterianas (Gudiño, 2013).

- ✓ *Lubricante-*. Al tener dentro de su composición un álcali, presenta la capacidad de convertir en jabón los tejidos sobre los que actúa, es decir que los saponifica por lo que mantiene húmedas las paredes del conducto radicular tornando mucho más factible la instrumentación (Gudiño, 2013).
- ✓ *Disolvente de tejidos orgánicos-*. Posee iones de cloro libre dentro de su composición, lo que le confiere la capacidad de desintegrar las proteínas en aminoácidos consiguiendo así disolver el tejido orgánico (Leonardo, 2005).
- ✓ *Efervescencia-*. Produce un efecto de precipitación dentro del canal en donde se liberan gases, los detritos ascienden hacia la superficie por acción de arrastre mecánico en lugar de depositarse en zonas más profundas (Gudiño, 2013; Leonardo, 2005).
- ✓ *Acción rápida y detergente* (Gudiño, 2013; Leonardo, 2005).

2. 3. 3. Mecanismo de acción:

El hipoclorito de sodio comienza a producir efectos en el instante en el que entra en contacto con los tejidos y es ahí donde se desencadenan una serie de reacciones químicas, iniciando por la disociación del compuesto en sus reactivos iniciales, el hidróxido de sodio y el ácido hipocloroso (Massó et al, 2007).

1) *Saponificación-*. En el momento en que el hipoclorito entra en contacto con materia orgánica, se forman nitrógeno, formaldehído y acetaldehído generando la ruptura de enlaces peptídicos, por ende la disolución de las proteínas; además, debido a la hipertonidad de esta sustancia, se produce mediante osmosis la salida de agua de la célula, lo que conlleva a una desnaturalización proteica acelerada (Gudiño, 2013).

Mientras el ácido hipocloroso (HClO) aporta con sus propiedades antimicrobianas: una vez destruida la membrana celular, quedan expuestos componentes intracelulares solubles e insolubles, el ácido se une a los insolubles y los transforma en solubles también para así eliminarlos (Massó et al, 2007).

Por su parte, el hidróxido de sodio Na(OH) convierte a los ácidos grasos de las membranas celulares bacterianas en sales ácidas grasosas (jabón) y glicerol, lo que disminuye la tensión superficial del irrigante en el conducto (Massó et al, 2007).

2) Neutralización de aminoácidos y ácidos grasos-. Se liberan iones hidroxilo procedentes del álcali, los cuales van a neutralizar la acidez del ambiente evitando de esta manera la colonización bacteriana (Gudiño, 2013).

3) Cloraminación-. El ácido hipocloroso a su vez se disocia en cloro libre y oxígeno. El primer elemento se asocia con los grupos aminos de las proteínas bacterianas y se forman las cloraminas, interfiriendo así en el metabolismo celular de las bacterias. Adicional a esto, mediante su acción antimicrobiana induce a la inhibición de las enzimas esenciales, ADN y demás actividades que se encuentren en relación con las membranas de los microorganismos, por medio de la oxidación irreversible de grupos sulfhidrilos que forman parte de las estructuras mencionadas (Balandrano, 2007; Rôças & Siqueira., 2011).

El oxígeno también participa en los mecanismos anteriores, sin embargo es el principal responsable de la desnaturalización de microorganismos anaeróbicos. Para terminar, actúa también como blanqueador y desodorante (Gründling, Zechin, Jardim, De Oliveira & Figueiredo, 2011; Massó et al. 2007).

2. 3. 4. Factores que influyen en su acción:

Concentración: Se ha generado cierta controversia con respecto a la concentración ideal de este irrigante, pues se considera que mientras mayor sea el porcentaje de cloro, mayor será la efectividad de la solución. Sin embargo, también existiría el riesgo de producir mayor toxicidad a los tejidos circundantes (Gudiño, 2013).

Leonardo (2005) menciona que la solución de Dakin, es decir hipoclorito al 0,5%, a pesar de ser la “más segura”, es la menos efectiva ya que cuenta con un promedio de vida útil relativamente corto. La solución de Milton (hipoclorito al 1%) por su parte, podría ser la más indicada debido a la mayor cantidad de cloro libre que posee, lo que le confiere la capacidad de penetrar aproximadamente 100 micras dentro de los canalículos dentinarios; esto es directamente proporcional, pues a medida que incrementa la concentración, de igual manera lo hace la profundidad de limpieza (Massó et al, 2007).

También se encuentra el hecho de que estamos hablando de un compuesto bastante lábil, lo que lo hace bastante susceptible a la exposición de luz, el cambio de ambiente, el estado de la solución, entre otros factores más que ocasionan la disminución de su capacidad bactericida y neutralización de toxinas; por lo que el renovar las soluciones cada cierto tiempo, podría determinar el éxito en cuanto a la eficacia de limpieza del irrigante (Balandrano, 2007; Gudiño, 2013).

Temperatura: Según varios estudios, el calentamiento del hipoclorito de sodio potencializa su acción principalmente bactericida, esto debido a que reduce la tensión superficial lo que le permite penetrar en el tercio apical y los conductos accesorios aún cuando no se ha instrumentado hasta una lima de diámetro #30 (Vera, Arias & Romero, 2011). Esto quiere decir que una solución de 1% a 45°C podría ser igual de eficaz a una a 2,5% a 20°C (Balandrano, 2007).

pH: El poder bactericida es conferido por el álcali, por lo que si se disminuye el pH de la solución, aumentaría la cantidad de ácido hipocloroso, lo que sería un ambiente más propicio para las bacterias (Moenne, 2013).

Tiempo de exposición: Se encuentra en íntima relación con la concentración, pues puede que una solución al 1% durante 30 minutos produzca el mismo efecto que una al 5,25% por un tiempo de contacto de entre 5 y 15 minutos (Del Carpio-Perochena et al, 2011). Otros autores refieren que para que se cumpla la propiedad bactericida del compuesto, se debe hacer uso del hipoclorito de sodio al 5,25%, de esta manera se establecen dos opciones de empleo: 1) la irrigación debe ser de al menos de 25 minutos para que la sustancia entre en contacto con todas las superficies del conducto; 2) para ocasionar la eliminación de una considerable cantidad de bacterias se requiere de un tiempo mínimo de 40 minutos de irrigación (Gudiño, 2013).

2. 3. 5. Desventajas:

- ✓ No tiene la capacidad de remover barrillo dentinario (Massó et al, 2007).
- ✓ Irritante potencial de tejidos blandos y perirradiculares (Massó et al, 2007).
- ✓ Produce corrosión del instrumental (Massó et al, 2007).
- ✓ Inefectivo frente a ciertos microorganismos (Massó et al, 2007).
- ✓ No diferencia entre tejido vital y necrótico al momento del contacto (Massó et al, 2007).
- ✓ No posee sustentividad (Baca, Junco, Arias-Moliz, González-Rodríguez & Ferrer-Luque, 2011).

2. 4. Clorhexidina:

2. 4. 1. Generalidades:

Constituye un antiséptico bisbiguanídico y catiónico, descubierto en 1940 en Inglaterra como desinfectante de heridas. Fue aproximadamente en el año de 1970, cuando Loe y Schiott lo emplearon en el campo de la Odontología como tratamiento complementario de enfermedades periodontales. Años más tarde, Baker y Cols.(1975), consideraron a la clorhexidina como un potencial irrigante de canales radiculares (Balandrano, 2007; Leonardo, 2005).

Químicamente, se trata de una base fuerte compuesta por dos anillos clorofenólicos y dos grupos de biguanidas unidos a una cadena central de hexametileno (Gudiño, 2013; Moenne, 2013).

Existen varios estados de este agente como sal: la más común es el gluconato (al que encontramos en presentaciones de enjuagues, gel, seda, chicles, barniz), sin embargo también lo encontramos como acetato e hidrocloreuro (Soares & Goldberg, 2002; Moenne, 2013). Adicional a esto, al igual que el hipoclorito, existen diversas concentraciones de esta sustancia:

Tabla 2: Disoluciones de la clorhexidina

| Disoluciones de la Chx | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Solución de clorhexidina al 0,1% | Control de formación del biofilm bacteriano a nivel periodontal (solución más usada: Chx al 0,12%) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Solución de clorhexidina al 0,2% | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Solución de clorhexidina al 1% | Irrigantes de conductos radiculares |
| <ul style="list-style-type: none"> • Solución de clorhexidina al 2% | |

Fuente: Moenne, I. (2013). Dinámica de los irrigantes. Tesis de grado para optar al título de Cirujano Dentista. Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

2. 4. 2. Propiedades:

✓ *Sustantividad*-. Debido a su capacidad de *adsorción*, es decir el ser asimilado tanto por los tejidos dentales, específicamente la hidroxiapatita como por las mucosas orales; se ha comprobado que este irrigante se libera de forma lenta y gradual ya que cuando disminuyen sus concentraciones en el medio, éste estimula nuevamente a su liberación (Soares & Goldberg, 2002; Moenne, 2013). Es por ello, que se lo ha encontrado en los canales radiculares hasta 48 horas después de su utilización (Leonardo, 2005).

✓ *Bacteriostático y bactericida*-. Puede actuar de ambas formas, todo va a depender de la concentración en la que se encuentre. En altas concentraciones, induce a la destrucción de las células bacterianas debido al daño irreversible que produce en los componentes intracelulares (Gudiño, 2013). En bajas concentraciones, por su parte ocasiona la salida de ciertos iones de la membrana celular, esto es conseguido gracias a la liberación de la clorhexidina (Moenne, 2013).

✓ *Baja toxicidad*-. De llegar a ser ingerida, tiende a ser eliminada mediante las heces fecales y si llegará a absorberse, que sería una mínima parte, se excretaría mediante vía renal. Por lo que ha sido ampliamente recomendada para pacientes alérgicos al hipoclorito de sodio (Leonardo, 2005).

✓ *Inocua para tejidos apicales y periapicales*-. Tanomaru, Leonardo, Tanomaru Filho, Bonetti Filho & Silva (2002) realizaron diversos estudios en perros y ratas, y al compararse a esta solución junto con el hipoclorito de sodio en concentraciones de entre 2,5 a 5,25%, se ha podido visualizar que produce mayor grado de reparación apical y periapical y menor grado de irritación en tejidos no solamente orales (Leonardo, 2005).

✓ *Baja tensión superficial*-. Lo que le permite actuar como lubricante ya que mantiene húmedas las paredes del conducto, facilitando el proceso de preparación biomecánica (Moenne, 2013).

✓ *Amplio espectro*-. Especialmente, contra bacterias Gram positivas (Leonardo, 2005; Moenne, 2013).

2. 4. 3. Mecanismo de acción:

Actualmente constituye un tema de discusión si la concentración en la que se encuentra la clorhexidina juega un papel importante para ejercer ya sea su acción bactericida o bacteriostática, y al parecer sí influye. Puede actuar como ambos agentes debido a que al tratarse de un compuesto catiónico, esto significa que ha perdido todos sus electrones, por lo que se trata de una molécula positiva que es altamente atraída por la membrana celular bacteriana que se encuentra cargada negativamente, es así como esta interacción aumenta la permeabilidad de la membrana de la bacteria permitiéndole ingresar al irrigante al interior de la célula y es allí donde empieza a producir sus efectos (Leonardo, 2005).

A altas concentraciones, con esto nos referimos a 1 y 2%, se produce la precipitación y coagulación del citoplasma celular lo que ocasiona posteriormente la pérdida irreversible de los constituyentes intracelulares, además de que se ha visto un daño irreversible en la membrana e inhibición enzimática (Rôças & Siqueira., 2011; Shen, Stojicic & Haapasalo. 2011).

Es por esta razón que se han realizado múltiples estudios en los cuales se utiliza clorhexidina convencional y clorhexidina más modificadores de superficie (Chx-Plus), obteniéndose mejores resultados con esta última solución, atribuyéndole esta acción a la sinergia que produjo la combinación de estos modificadores y el irrigante, además de que de esta forma también se enfocaría a ejecutar su poder bactericida en biofilms maduros más no a células bacterianas recientemente formadas y aisladas (*free-floating cells*), lo que conduciría al éxito en la eliminación intracanal de microorganismos (Shen et al, 2011).

A bajas concentraciones como son 0,1 y 0,2%, la liberación lenta pero constante de esta sustancia, conlleva a la separación de potasio y fósforo de la membrana celular bacteriana. Esto a su vez garantiza la reducción de la colonización de bacterias pues la clorhexidina es capaz de inhibir la adherencia de ciertas bacterias a la dentina (Baca et al, 2011; Moenne, 2013). Debido a este proceso, se considera mucho más importante la acción bacteriostática a la bactericida, y por lo cual muchos recomiendan hacer uso de este irrigante para el lavado final de la cavidad pulpar (Leonardo, 2005; Rôças & Siqueira., 2011)

2. 4. 4. Factores que influyen en su acción:

Tiempo de exposición: Por ejemplo, se ha visto que la fórmula de la clorhexidina que incluye modificadores de superficie, requirió de un tiempo mínimo de 3 minutos y máximo de 10 minutos para poder garantizar el éxito al momento de la eliminación bacteriana (Shen et al, 2011).

Concentración: Como ya explicamos anteriormente, concentraciones bajas contribuyen en el manejo de enfermedades periodontales y tienen más bien una

acción bacteriostática. Mientras que concentraciones más altas sí se utilizan dentro del canal y cumplen una acción bactericida (Balandrano, 2007).

Tipo de bacterias: Si bien es cierto, este antiséptico posee un amplio espectro bacteriano, es decir que puede ejecutar su acción tanto en bacterias Gram-positivas como Gram-negativas sin embargo se ha dicho que tiene predilección por las Gram-positivas (Leonardo, 2005; Rôças & Siqueira, 2011). A pesar de esto, se ha observado que puede cumplir con sus funciones aún en biofilms con especies difíciles de erradicar como por ejemplo el *Enterococcus Faecalis* (*E. Faecalis*), el cual es reconocido por estar relacionado con los fracasos endodónticos. Esto se debe a que se trata de un Coco Gram-positivo, anaerobio facultativo por lo que se lo encuentra en pulpas necróticas y retratamientos (Gründling et al, 2011; Gudiño, 2013).

Adicional a esto, se han realizado estudios sobre Gram-negativos también, en donde se ha utilizado a la clorhexidina incluso en concentraciones bajas como 0,2%, encontrándose que posee la misma eficacia que el hipoclorito de sodio (Leonardo, 2005).

Otro punto importante a tomar en cuenta, es el hecho de que es más sencillo tratar infecciones endodónticas unimicrobiales por ejemplo: biofilms de *Streptococcus Mutans* (*S. Mutans*) o sólo de *Enterococcus Faecalis* a lidiar con biofilms de dobles especies, se vuelve más complicado ya que actúan mediante sinergia incrementando sus posibilidades de formación y sobrevivencia bacteriana además de que la gran mayoría de las infecciones del complejo pulpar suelen ser polimicrobiales (Jiang et al, 2011).

Edad del biofilm: Se conoce que comunidades bacterianas de menor tiempo de formación son mucho más fáciles de eliminar. Aún así, estudios reportaron que la CHx puede ejercer sus acciones en biofilms maduros (Leonardo, 2005; Shen et al, 2011).

Estado del biofilm: Un canal radicular necrótico puede constituir un ambiente desafiante al momento de realizar su desinfección, esto debido a que las bacterias se enfrentan a sustancias tóxicas como las bacteriocinas y se encuentran bajo

limitado acceso al alimento. Es en estas condiciones, donde las bacterias adquieren mecanismos o los alteran para poder sobrevivir, entrando así a una “fase de ayuno” como en el caso del E. Faecalis, lo que le confiere la capacidad de persistir y tornarse un microorganismo patógeno dentro de los conductos radiculares (Shen et al, 2011).

Este es un aspecto por recalcar en cuanto a irrigación se refiere, ya que podría constituir una causa de fracaso a futuro en dicha terapia endodóntica pues, se ha comprobado que la maduración y el suministro de alimento de las bacterias, ha provocado resistencia a este detergente y otros antimicrobiales (Shen et al, 2011; Jiang et al, 2011).

2. 4. 5. Desventajas:

- ✓ No disuelve tejido orgánico (Balandrano, 2007; Moenne, 2013).
- ✓ Basrani et. al (2009) menciona que al mezclar hipoclorito de sodio (NaClO) y clorhexidina (CHX), ésta última se degrada y se forma un precipitado de consistencia granulosa, color rojo-café, con contenido de Paracloroanilina (PCA), misma que está asociada a la producción de efectos citotóxicos. Por su parte, la OMS ha reportado que este compuesto puede formar metabolitos tóxicos, los cuales pueden establecer uniones covalentes con macromoléculas de hemoglobina, pudiendo desarrollar una alteración mutagénica y propiciando el inicio de un proceso neoplásico (Calderón et al, 2013).

2. 5. ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRACÉTICO:

2. 5. 1. Generalidades:

El ácido etilendiaminotetracético también denominado *EDTA*, es un compuesto reconocido por actuar como un agente quelante. “Los quelantes son compuestos que tienen la capacidad de excavar y fijarse con firmeza a iones metálicos del complejo molecular al cual se encuentran entrelazados fijándolos por unión coordinada” (Gudiño, 2013, p. 37). Esta unión se produce debido a la capacidad que posee el EDTA para establecer varias conexiones químicas con el mismo ion, aislándolo del medio en el que se hallan a manera de un secuestro (Moenne, 2013).

Es decir que son sustancias que en sus extremos poseen radicales libres, los cuales van a unirse a un complejo molecular y van tomar iones metálicos específicos del mismo. El complejo molecular en este caso vendría a ser la dentina, pues dentro de su estructura posee iones de calcio, sobre los que va a ejercer acción esta sustancia (Leonardo, 2005).

A la unión que se establece entre la dentina y este agente se la conoce como *quelación*, misma que significa más que un tipo de unión, pues vendría a representar un intercambio bidireccional diente-compuesto, proceso que se estima que continúa hasta que se agote la acción del agente (Leonardo, 2005; Moenne, 2013).

Su uso en una de las ramas de la Odontología como lo es la Endodoncia, se enfoca básicamente en la capacidad que presentan estos compuestos para ingresar a conductos radiculares atrésicos o estrechos, además del acondicionamiento a las paredes dentinarias debido a su capacidad para eliminar el smear layer, más específicamente de los túbulos dentinarios que se encuentren taponados, de esta

manera permitiendo el paso ya sea de medicación intracanal o cementos selladores al momento de la obturación, lo que a su vez asegura un sellado hermético del tratamiento (Bobbio, 2009).

Es así como el EDTA, fue descubierto por Nygaard Otsby en 1957, constituyendo el primer agente de este tipo, aquel que en la actualidad continúa siendo el más comúnmente empleado en las terapias endodónticas y el mismo que sirvió como base para la creación o el descubrimiento de los agentes de este tipo que hoy por hoy existen en el mercado (Bobbio, 2009).

Se trata de una sal disódica dihidratada cuyos componentes son los siguientes: 17g de sal disódica de EDTA, 9,25 – 9,5 mL. de hidróxido de sodio y 100 mL. de agua destilada. Su correspondiente fórmula condensada es $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_2 + 2H_2O$ y posee un pH neutro de aproximadamente 7,3 (Moenne, 2013).

Se lo puede encontrar en concentraciones que van del 10 al 17 o 18% (Gudiño, 2013).

2. 5. 2. Propiedades:

✓ *Disolvente de tejido inorgánico-*. Como es de nuestro conocimiento, los tejidos dentales son aquellos de mayor dureza en el cuerpo humano. Es así como la dentina por su parte, ha sido medida para poder conocer su grado de dureza, el mismo que pudo ser extraído mediante una escala conocida como “*escala de Knoop*” refiriendo un valor de entre 25 a 80 kg/mm^2 . Sin embargo, el EDTA consiguió disminuir el mismo hasta 7 kg/mm^2 , mientras que Leonardo reportó haber encontrado zonas de hasta 1,5 kg/mm^2 , lo que sería considerado como el nivel de reblandecimiento máximo alcanzado (Leonardo, 2005).

✓ *De acción rápida-*. Yamada y cols. (1983) mencionan que con tan sólo 1 minuto de aplicación es suficiente para que el EDTA comience a ejercer su acción. Sin embargo, autores como Leonardo refieren hacer uso de varias

aplicaciones de 3 minutos: 5 aplicaciones con este tiempo resultarían mucho más efectivas que aquellas de 15 minutos continuos, aunque mucho depende de la concentración utilizada (Leonardo, 2005; Mendoza, Monar & Sandoval., 2013).

✓ *Bactericida*-. Posee efecto sobre ciertas especies de bacterias: *Staphylococcus Aureus (S. Aureus)* y *Streptococcus Alfhemolítico (S. Alfhemolítico)*, además es considerado un antimicótico, pues ejerce acción sobre la *Cándida Albicans* (Guillén, Armas & Castrillón, 2012; Moenne, 2013). Principalmente, se le atribuye este efecto a la remoción del barro dentinario, pues éste se ubica de manera preferencial dentro de los túbulos dentinarios, donde también se alojan los microorganismos más virulentos. Varios autores (Heiling & Chandler, 1998; Huque et al, 1998; Brito, 2009) concuerdan en que esto se debe a la asociación de este agente más un antimicrobiano como el hipoclorito de sodio: de esta manera inducen en conjunto a la salida de barrillo dentinario pues se abren los túbulos y consecuentemente el hipoclorito es el encargado de la eliminación de los mismos, ejecutando así la acción bactericida (Gründling et al, 2011; Gudiño, 2013). Obtiene este efecto bactericida además mediante los siguientes mecanismos: 1) El EDTA capta también iones externos de los que se alimenta la bacteria cuando se encuentra bajo limitado acceso al sustrato, por ejemplo Hierro (Fe), es así como ocasiona la destrucción de la misma por inanición (Shen et al, 2011). 2) Le “roba” los iones de los que se sirve para inducir al crecimiento bacteriano a través de la quelación (Gudiño, 2013). 3) Actúa como desestabilizante debido a que puede transportar y producir la salida de lipopolisacáridos de los microorganismos, acción que ningún otro irrigante ha conseguido realizar (Gudiño, 2013). 4) Afecta las principales vías metabólicas de las células bacterianas (Baca et al, 2011).

✓ *Baja tensión superficial*-. Principalmente en combinación con otros compuestos como por ejemplo junto con detergentes catiónicos (EDTAC), le confiere la capacidad de disminuir aun más su tensión, lo que quiere decir que existe mayor nivel de penetración y por ende limpieza (Leonardo, 2005; Moenne, 2013).

- ✓ *Autolimitante*-. La desmineralización sucede mientras que existan moléculas del irrigante que no se hayan “ocupado” y captado los iones calcio. Una vez que esto se produce, la sustancia se satura y se interrumpe su acción (Gudiño, 2013).
- ✓ *Baja toxicidad*-. Calt et al (2002) nos dice que desencadena una reacción inflamatoria leve al contacto con el tejido blando. Con respecto al tejido óseo, tiene el mismo efecto que sobre la dentina (Moenne, 2013).
- ✓ *Acondicionador*-. Incrementa la capacidad de los selladores para poder extenderse hacia más espacios (*mojabilidad*) dentro del canal radicular, debido a que remueve el barrillo dentinario y expone túbulos dentinarios limpios y amplios (De Assis, Prado & Simão, 2011).
- ✓ *Fácil manipulación* (Gudiño, 2013).
- ✓ *Dosificación simple* (Gudiño, 2013).

2. 5. 3. Mecanismo de acción:

Es un compuesto ideal para la utilización dentro de los canales radiculares, ya que como se dijo antes, no todas estas sustancias atraen a todos los iones metálicos, éste en especial presenta afinidad por el calcio, componente de los tejidos duros del cuerpo humano (Leonardo, 2005). En orden descendente posee especificidad por los 1. Metales pesados (Cromo, Hierro, Cobre, Zinc); 2. Álcalis terrosos (Calcio, Magnesio) y finalmente 3. Álcalis (Sodio, Potasio); de esta manera también se explica porque ante la presencia del hipoclorito de sodio se interrumpe su acción (Moenne, 2013).

A pesar de constituir un excelente descalcificador de tejidos duros, se ha visto que su fórmula disódica es poco soluble, lo que a su vez implica el no poder disociarse en iones conllevando esto a una acción limitada. De esta manera, se ha añadido

una molécula más de hidróxido de sodio, para así elevar su solubilidad y por ende poder actuar en medios acuosos sin perder su efectividad. Es así, como sus presentaciones líquidas (irrigantes) son mucho más eficaces que las pastosas (quelantes) (Moenne, 2013).

Su acción desmineralizadora inicia cuando las moléculas del irrigante interactúan con los iones de calcio, provenientes de la hidroxiapatita del diente, esta captación de los iones es conocida como *quelato*. De este modo, se establece una relación en la que el diente le cede Calcio (Ca^{+2}) y (Fosfatos) PO_4^{-2} al EDTA, mientras que este le otorga Hidrógeno (H_2) (Gudiño, 2013).

La explicación para que esto se produzca es que la dentina es un tejido de baja solubilidad, mismo que al encontrarse en un medio acuoso intenta alcanzar un equilibrio, por lo que comienzan a disgregarse iones de su estructura y disolverse hasta saturar las moléculas del compuesto, es en ese momento donde se detiene el secuestro de calcio y se satura la solución. Adicional a esto, al tiempo que los iones se diluyen, se precipitan transformándose en sólidos, por lo que se imposibilita su entrada en la dentina cesando el reblandecimiento (acción limitante; Gudiño, 2013).

Se generan dos reacciones químicas básicas mediante las cuales se explica el proceso de intercambio iónico:

- 1) *Formación de complejos*: Se trata de la formación de los quelatos, es decir de la unión entre el diente y el agente en donde se produce el traspaso de iones calcio e hidrógeno. Este paso le confiere estabilidad a la molécula de EDTA, lo que le permite a su vez continuar capturando iones (Gudiño, 2013).
- 2) *Protonización*: Una vez que ha tomado todos los iones Ca^{+2} , se lleva a cabo la disociación de los cuatro grupos carboxilo que presenta el EDTA, uno a la vez. Esto termina con la reducción completa de los niveles de

disociación de los iones Ca^{+2} por ende significaría el término de la desmineralización dentinaria (Gudiño, 2013).

2. 5. 4. Factores que influyen en su acción:

pH: Según Seidberg & Schilder (1974), si el pH de la solución no es neutro y por el contrario se torna más bien alcalino, incrementan la cantidad de iones hidroxilos, lo que desencadenaría en la inhibición de la disolución de los iones calcio, por lo que se detendría el reblandecimiento de las paredes dentinarias. En todo caso, si el pH disminuye existen iones positivos que pueden neutralizar a los álcalis y así continua el efecto. Sin embargo, se ha podido observar que a medida que decrece el pH de la solución irrigadora, de la misma forma el EDTA va perdiendo su actividad descalcificante, puesto que se altera su efectividad (Gudiño, 2013).

Zona a reblandecer: Básicamente se trata de alterar los componentes minerales del diente: reservas de Calcio y Fósforo, para de este modo conseguir la reducción de la microdureza. Se dice que con el empleo de este tipo de sustancias, podríamos incluso disminuir la misma hasta en 20 kg/mm^2 , gracias a que la dureza es constante a lo largo del canal radicular. Sin embargo, en un estudio realizado por Cruz Filho et al (2001), el autor refiere que este efecto de reblandecimiento se da principalmente en zonas de mayor espesor y en aquellas que se encuentren más próximas al lumen radicular, con esto nos referimos a tercio cervical y tercio medio. En la zona apical, sería más difícil de obtener esto, ya que el irrigante no puede llegar con el mismo volumen que a los otros tercios. Por lo que de igual forma se ve afectada la permeabilidad, debido a que en esta zona existen túbulos dentinarios de menor calibre y la densidad de la dentina es mucho mayor (Gudiño, 2013).

Concentración y tiempo: Hemos hablado ya de las varias concentraciones que puede encontrarse de este agente y de que mientras más alta la concentración, mayor efecto de la misma (Leonardo, 2005). Sin embargo, al momento del

tiempo, no existe un consenso entre los especialistas, pues mientras unos dicen que con 1 minuto de aplicación es suficiente, otros por su parte recomiendan una serie de aplicaciones para que se produzca el efecto. En un estudio con microscopía electrónica de barrido, se empleó EDTA al 17% con un pH de 7,7 durante 10 minutos, corroborándose la capacidad autolimitante del compuesto a los 3 minutos, pues a este tiempo se produjo ya la saturación de la solución y la formación de los precipitados sólidos (Bobbio, 2009; Gudiño, 2013).

2. 5. 5. Desventajas:

- ✓ No cumple con un efecto bactericida de amplio espectro (Gudiño, 2013).
- ✓ No elimina conjuntamente la parte orgánica del barro dentinario (Blank-Gonçalves, Nabeshima, Martins & Machado, 2011; Mendoza et al, 2013).
- ✓ En un mayor tiempo de aplicación, puede conllevar a la erosión de la dentina (Prado et al, 2011; Gudiño, 2013).
- ✓ Si bien es cierto que el incremento de la permeabilidad en los túbulos dentinarios debido a la remoción del *smear layer* es una ventaja de este agente, también podría propiciar a crear el ambiente ideal para que ingresen con mayor facilidad las bacterias ya sea por inconvenientes para culminar con el tratamiento endodóntico o a través de los tejidos periodontales (Bobbio, 2009).

2. 2. 2. Medios físicos:

Concierno el instrumental del que nos servimos para complementar la colocación de las sustancias de forma intracanal (medios químicos), mismas que se encontrarán inundando el conducto y de esta manera contribuirán en la remoción de restos de pulpa, microorganismos e incluso de la misma dentina producida durante la instrumentación, para su posterior eliminación mediante la aspiración. Estos medios se encargan adicionalmente, de la promoción de la limpieza del espacio endodóntico debido a que dentro de los mismos se encuentran las técnicas de irrigación, agitación o activación de las soluciones irrigantes, las cuales potencian la desinfección del sistema de canales radiculares (Leonardo, 2005).

Sus objetivos son básicamente los mismos que se explicaron en el anterior apartado, sin embargo se podría sumar que constituye una forma de asegurarnos que el canal radicular está preparado y limpio para recibir el sellado hermético (*obturación*), debido a que se encontrarían a la mayoría de los túbulos dentinarios abiertos, permitiendo así una mejor penetración de los cementos selladores; concluyendo de esta manera la terapia endodóntica (Leonardo, 2005).

2. 2. 2. 1. Agujas para irrigación:

Éstas herramientas auxiliares deben presentar ciertas características para poder realizar una buena limpieza del sistema de conductos radiculares:

- Deben ser precurvadas (Leonardo, 2005).
- Disponer de varios calibres (en el caso de molares por ejemplo es preferible hacer uso de aquellas de menor calibre para no interferir con el flujo normal de la sustancia irrigante (Villa, 2012; Leonardo, 2005).

- La apertura de la agujas de preferencia debería ser lateral, para de este modo disminuir el riesgo de extrusión de la solución (Villa, 2012).
- La cinemática de este instrumental es ejecutar movimientos de vaivén sin ejercer presión (Villa, 2012; Leonardo, 2005).
- Es importante de igual forma mantener siempre inundados los canales radiculares. Se dice que debería utilizarse un volumen mínimo de entre 1 a 2 mL de irrigante entre cada instrumento mientras que Leonardo recomienda emplear un mínimo de 2,4 mL (Villa, 2012; Leonardo, 2005).
- La aguja debe mantenerse a 2 mm de la longitud real de trabajo (LTD) para de este modo asegurarnos el llegar con la solución a la totalidad del conducto sin causar extravasación del irrigante (Villa, 2012).

2. 2. 2. 2. Cánulas para succión:

Además de las agujas para la irrigación, es importante mencionar a las cánulas para succionar, las mismas que presentan diversos calibres: las de mayor diámetro utilizadas a la entrada del conducto y en el tercio cervical, mientras las más delgadas son empleadas en los otros dos tercios, favoreciendo la limpieza de la totalidad del espacio endodóntico (Leonardo, 2005).

2. 6. Técnicas de Irrigación Endodóntica:

A causa de la presencia de detritos, barrillo dentinario, microorganismos y sus productos dentro de los conductos radiculares, la remoción de todos estos elementos se ha convertido en el objetivo primordial de la irrigación, fundamentalmente en el tercio apical, dado que en éste se encuentran el 75% de las ramificaciones, en contraste con el 11% en el tercio medio y el 15% en el tercio cervical. Estos desechos que se almacenan en el interior del canal son fuente de alimento para las bacterias, por lo que es imperativo eliminarlos (Basantes, 2013).

No obstante, el tercio apical representa una zona de difícil acceso en donde de por sí es complicada la llegada de los irrigantes, por lo que la efectividad de estas soluciones se verá afectada. Es así, como se han desarrollado diversos métodos de irrigación, cuyo principal propósito es optimizar la eliminación de la capa residual intraconducto. Ésta, constituye una estructura amorfa compuesta por material orgánico, ya sea tejido pulpar vital o necrótico, fibras nerviosas, colágeno, líquido tisular y material inorgánico como restos de dentina y cristales de hidroxiapatita, no se ha hallado a la misma en superficies de dientes sin instrumentar, ya que se genera como consecuencia de la acción de las limas (Basantes, 2013).

De esta manera, el barro dentinario constituye una delgada capa de residuos, de espesor variable (entre 1 a 5 μm), la cual presenta dos estratos: 1) parietal, se encuentra conformado por la cinemática de los instrumentos, formándose así detritos que se adhieren a las paredes del canal radicular; 2) residual, conformado no sólo por dentina sino también por remanentes de procesos odontoplasmáticos pues se aloja dentro de los túbulos dentinarios originando así una especie de tapón

inter e intratubular potencialmente infectado, puesto que representa otro nicho de bacterias aparte de la capa parietal (Gudiño, 2013).

2. 6. 1. Irrigación Manual:

Radica básicamente en la colocación del irrigante mediante jeringas con agujas de diferentes calibres, mismas que deben quedar holgadas en el canal al momento de presionar la solución, produciéndose así un flujo con dirección corona-ápice, permitiendo a su vez el arrastre de los detritos (Basantes, 2013).

El depósito de las sustancias irrigantes puede efectuarse de dos formas: pasiva o con agitación, esta última opción se realiza ya sea con la ayuda de un cono de gutapercha como es el caso de la agitación manual dinámica o a través de un espaciador como en la presión negativa apical. Cualquiera de estas técnicas, presenta la ventaja de la introducción de la aguja o los instrumentos empleados para la agitación en la cercanía de la longitud real de trabajo (1 a 2 mm de la misma), aumentando así la eficacia de las soluciones pues existen mayores probabilidades de que se suscite un correcto intercambio entre ellas (Saber et al, 2011; Basantes, 2013).

Sin embargo, existen ciertas desventajas en este método de irrigación, esencialmente porque depende del operador. Si la fuerza de expulsión de las sustancias es muy débil, puede que no alcance la longitud del conducto; por el contrario, si es muy fuerte puede expulsar los restos dentinarios hacia el periápice o extruirse afectando a los tejidos periapicales como el Hipoclorito de Sodio (Basantes, 2013).

En conclusión, es un método cuya efectividad es directamente proporcional a la manipulación del especialista, la anatomía, el diámetro y la profundidad de introducción de la aguja en el conducto, por lo que no se podría garantizar una

limpieza completa así como una adecuada desinfección de las superficies dentinarias de los canales radiculares (Basantes, 2013).

2. 6. 2. Irrigación mediante instrumentos:

Se ha demostrado que la implementación de dispositivos en el tratamiento endodóntico, específicamente en la irrigación, ha mejorado e incluso ha conseguido el desbridamiento de zonas inaccesibles tales como istmos y conductos delta apicales, áreas incluidas dentro del 60% de las paredes del mismo que no han podido ser tocadas por instrumentos, ya sean éstos manuales o rotatorios. Es así como en la actualidad, existen dos sistemas de activación de los irrigantes: sónica y ultrasónica (Basantes, 2013; Pérez de Arce, Rodríguez & Echeverri, 2014).

Mientras la activación sónica ofrece ventajas como son bajo riesgo de transporte, perforación y desgaste excesivo de superficies dentinarias debido al empleo de un inserto que no origina alteraciones en el diente; su velocidad de vibración es baja, lo que disminuiría la eficacia de limpieza de los canales radiculares. Por otra parte se encuentra la activación ultrasónica, caracterizada por sus vibraciones de alta frecuencia, las cuales se traducen en una mayor capacidad de desinfección intracanal, sin embargo esa misma característica puede convertirse en una desventaja, pues al roce del instrumento activado con ultrasonido, éste último interrumpe su acción (Pérez et al, 2014).

2. 7. Irrigación ultrasónica:

2. 7. 1. Generalidades:

El descubrimiento del ultrasonido se encuentra basado en la creación del primer resonador de alta frecuencia para medir el límite máximo de la capacidad auditiva del ser humano, mismo que fue ideado por Galton alrededor del año 1883. Fue a partir de ese momento, en el cual comenzaron a emplearse estos aparatos a base de ondas de energía que terminan provocando movimientos a manera de vibración: sonares, radares, eco Doppler, etc (Padrón, 2006).

Su empleo en el campo de la Odontología inició cuando Oman y Applebaum (1955) desarrollaron un dispositivo que generaba movimientos oscilatorios de frecuencia variable, mismo que se encontraba anclado a una pieza de mano y cuyo objetivo era la conformación de cavidades y la eliminación de caries. Zinner, en el mismo año, introdujo una variedad de aplicaciones del ultrasonido dentro de nuestra profesión, como por ejemplo la periodoncia. A raíz de estos estudios, Johnson y Wilson probaron su efectividad en la remoción del cálculo gingival, pues no producía injurias sobre el tejido pulpar o los tejidos periodontales, resultaba inocuo para la gíngiva y originaba menor trauma en los pacientes a diferencia de los tratamientos convencionales que se ejecutaban en aquella época (Padrón, 2006).

Dentro de la Endodoncia por su parte Richman (1957) ideó un dispositivo que contribuía a la preparación del espacio endodóntico (Hernández, Riobos & Mena, 2013). Años más tarde, Martin y Cunningham (1975), desarrollaron el *Caviendo*, instrumento ultrasónico capaz de generar una potencia de entre 25 a 30 KHz y mediante el cual se comprobó la eficacia de limpieza de los irrigantes más la activación de los mismos actuando así de forma sinérgica (Gudiño, 2013; Hernández et al, 2013).

Ultrasonido, por definición, constituye un tipo de energía sonora que genera un conjunto de vibraciones, las cuales se transmiten a lo largo de un cuerpo u objeto en el que se encuentre el dispositivo. A continuación, este movimiento ondulatorio provocará que se concentre aire alrededor de él, éste a su vez reproducirá ese movimiento, produciéndose de esta manera una onda que se propagará en el medio en el que se encuentre y finalmente lo que nuestro oído percibirá es un sonido (Padrón, 2006). Sin embargo, en el caso del ultrasonido el espectro con el se maneja oscila entre 25 a 40Hz, por encima del oído humano (20 Hz), por lo que es imperceptible (Gudiño, 2013; Hernández et al, 2013).

Básicamente, existen dos formas mediante las cuales podemos obtener ondas ultrasónicas:

Para empezar, en cualquiera de los dos métodos cabe recalcar que siempre se necesita de un transductor, el mismo que concierne un dispositivo que transforma un tipo de energía en otra (Padrón, 2006):

a) *Magnetostricción:* Este ocurre cuando la energía electromagnética se transforma en mecánica, generalmente se produce entre materiales dieléctricos, por lo que dentro de la pieza de mano confluyen en un mismo campo eléctrico sus componentes metálicos obteniendo así como resultado vibraciones que a su vez generan movimientos elípticos y una gran cantidad de calor, por lo cual se requiere de refrigeración (Gudiño, 2013; Padrón, 2006).

b) *Principio piezo-eléctrico:* Éste por su parte, se produce en materiales con propiedades eléctricas y mecánicas, en donde se hace uso de cristales que pueden deformarse cuando entran a un campo eléctrico, cuando esto sucede, ocasiona oscilación mecánica con movimientos lineales de atrás hacia delante y sin la generación de calor, por ende no existe la necesidad de refrigeración (Gudiño, 2013; Padrón, 2006). Además, el transductor que actúa en este principio, transfiere más energía volviéndolo más potente que los de tipo magneto-estrictivos (Hernández et al, 2013).

2. 7. 2. Mecanismo de acción:

Dentro del campo de la Endodoncia, existen ciertas propiedades de interés, que en combinación con la irrigación van a desencadenar en una acción potenciadora de la solución dentro de los conductos radiculares (Padrón, 2006).

✓ *Movimiento oscilatorio*-. El ultrasonido va a producir energía acústica sobre el instrumento, lo que a su vez va a causar vibraciones acompañadas de movimientos oscilatorios característicos (Padrón, 2006).

Usualmente los dispositivos ultrasónicos van a formar ángulos de entre 60 a 90 grados entre el instrumento y el eje de inserción, esto va a conllevar a que durante la activación, el patrón de vibración sea transversal en lugar de longitudinal. De esta manera van a establecerse una serie de puntos llamados *nodos*, en donde el nivel de oscilación será mínimo o nulo y también se presentarán los *antinodos*, que serán aquellos lugares donde la actividad oscilatoria será máxima (Padrón, 2006).

Ahmad et. al sugirió que la eficacia de limpieza es diferente a lo largo del instrumento ultrasónico debido a las corrientes acústicas, las cuales deberían ser mucho más intensas hacia la sección apical del mismo (Jiang et al, 2011). Podríamos adjudicar este efecto a que existe menor resistencia del instrumento en esta zona, por lo que existe mayor amplitud de desplazamiento, la cual va disminuyendo a medida de la cercanía al mango (Padrón, 2006).

✓ *Cavitación*-. Representa la formación de vacíos submicroscópicos que anteriormente estuvieron ocupados por burbujas de vapor (Gudiño, 2013; Padrón, 2006). Mediante la vibración de un instrumento intracanal y en conjunto con el irrigante se generan dos reacciones: 1) la reducción de la presión del líquido (rarefacción), en donde el líquido colapsa y se forman burbujas, 2) el incremento de la presión del líquido (compresión), misma que junto con ondas de choque inducen a que dichas burbujas colapsen por implosión causando altas temperaturas y presiones provenientes de los gases que se encontraban contenidos

dentro de ellas más la producción de radicales libres (peróxido de hidrógeno) (Padrón, 2006).

La cavitación produce la remoción efectiva de los residuos orgánicos por la degradación de las proteínas necróticas remanentes, precipitación y succión de las mismas debido a su retorno al flujo principal desde el cual se produce su desalojo (Padrón, 2006).

✓ *Microcorrientes acústicas*-. Se refiere a la circulación de fluido a causa de las vibraciones producidas en el objeto introducido en el conducto (Padrón, 2006). Cuando se le confiere al objeto la capacidad de generar movimientos oscilatorios y se lo coloca bajo líquido, se replican estos mismos movimientos a su alrededor. Estas oscilaciones ocasionan a su vez corrientes en remolino, las que incrementan el gradiente de velocidad originando tensiones vibratorias, mismas que serán las causantes de que cualquier material biológico que ingrese en este vórtice sea destruido (Padrón, 2006).

✓ *Generación de calor*-. La explicación puede deberse a que durante la cavitación se liberó energía a partir de las burbujas de gas que “estallaron”, además de la fricción que se podría producir por el contacto de las limas con las paredes del canal (Padrón, 2006).

Según Cunningham y Balekjian, el uso del ultrasonido produce el aumento de temperatura, lo cual eleva la acción biológica del hipoclorito de sodio, por lo que concentraciones de 2,5% pueden actuar de la misma manera que aquellas de 5% de concentración a temperatura ambiente (Padrón, 2006).

También se ha descrito que se alcanzan temperaturas de 37 a 45°C cuando se ha activado el irrigante de entre 30 segundos a 3 minutos, lo que ha garantizado el incremento de la eficacia del irrigante, sin poner en riesgo al ligamento periodontal, pues se ha visto que no se producen daños patológicos (Gudiño, 2013).

2. 7. 3. Factores que influyen en su acción:

Potencia: No es lo mismo que se programe el dispositivo al nivel máximo de potencia que si lo colocamos a un nivel bastante débil, pues a pesar de que en todo momento se generen vibraciones, probablemente a un nivel bajo no se produzcan las suficientes corrientes acústicas que desagloren o desorganicen el biofilm bacteriano, tornando a los microorganismos más sensibles a cualquier irrigante (Alves et al, 2011; Gudiño, 2013). Si se ven afectadas las vibraciones, por ende la cavitación también lo estará, lo cual podría influir significativamente en el éxito del tratamiento, ya que este proceso contribuye de igual manera en el debilitamiento de la bacteria para que de este modo los irrigantes finalicen con la destrucción de la misma (Hernández et al, 2013).

Tipo de irrigante: Dejando de lado los increíbles beneficios que nos ofrece el ultrasonido, éste no actúa solo, por lo que si no se lo combina con un irrigante que posea efecto antimicrobiano como por ejemplo el hipoclorito de sodio y una sustancia que sea capaz de remover el barro dentinario como el ácido etilendiaminotetracético, los resultados no serán tan favorables, ya que aún con la ayuda de este instrumento no se consigue la desinfección del conducto al 100% (Blank-Gonçalves et al, 2011; Gudiño, 2013).

Spoleti y cols. en un intento por verificar la eficacia de este sistema, cultivaron bacterias como *Staphylococcus Aureus*, *Streptococcus Viridans* y *Escherichia Coli* en conductos radiculares para su posterior irrigación con solución salina activada con ultrasonido. Tras el recuento se observó que en efecto, los niveles bacterianos habían disminuido significativamente sin embargo existía la permanencia de microorganismos dentro del espacio endodóntico, lo que se adjudicó a la carencia del efecto bactericida del suero fisiológico (Hernández et al, 2013).

Huque et. al, por su parte realizó un estudio in vitro en donde evaluó la acción del ultrasonido en combinación con NaClO al 12%, encontrando que eliminaba a las bacterias presentes en el *smear layer*, removía esta capa y promovía la penetración de los irrigantes hacia niveles más profundos de la dentina radicular

como por ejemplo conductos laterales, para de esta forma también poder exponer a los microorganismos que se alojan en los túbulos dentinarios (Vera et al, 2011). Esto se debe a que el dispositivo ultrasónico provoca la ruptura de las membranas celulares bacterianas a causa de las microcorrientes acústicas, la cavitación y las fluctuaciones con respecto a la presión de las soluciones irrigantes dentro de los conductos, produciéndose así cierto efecto bactericida por los mecanismos biológicos que mencionamos anteriormente: liberación de radicales libres, oxidación y degeneración de las moléculas, destrucción enzimática y ruptura de la pared celular (Padrón, 2006).

2. 7. 4. Subtipos de irrigación ultrasónica:

✓ *Irrigación ultrasónica simultánea (IU):* Se trata de aquel tipo de irrigación que se hace en conjunto con la instrumentación. La lima está en contacto con las paredes del conducto, lo que según Walmsley (1987) disminuye la eficacia en la eliminación de detritos debido a la interferencia en la vibración (Villa, 2012).

✓ *Irrigación ultrasónica pasiva (IUP):* Descrita por Weller y cols. (1980), concierne un tipo de irrigación en donde una lima no cortante es sometida a vibración, por lo que posteriormente va a transmitir esta energía produciendo movimiento y agitación constante de la solución irrigante que se encuentra dentro, aumentando de esta forma la corriente del fluido (Villa, 2012; Gudiño, 2013).

Se ha comprobado que es un sistema de irrigación mucho más efectivo que las técnicas convencionales (irrigación con jeringas) debido a que por la vibración se eliminan las burbujas de aire o el vapor encerrado principalmente en el tercio apical, lo que impediría el intercambio de sustancias irrigantes y su eficacia en el desbridamiento (Alves et al, 2011; Saber& Hashem, 2011).

Además, está el hecho de que se efectúa después de que el canal radicular ha sido preparado biomecánicamente, lo que le permite al instrumento moverse libremente pues puede actuar en una mayor superficie y alcanzar la longitud de trabajo en su totalidad (Gudiño, 2013; Villa, 2012)

Para Carver y cols. (2007) su uso es de vital importancia, pues aseguran que la activación de este tipo de irrigación durante 1 minuto puede disminuir hasta 7 veces la carga bacteriana intracanal (Hernández et al, 2013).

2. 7. 5. Desventajas:

- ✓ Fractura de instrumentos (por lo que se sugiere hacer uso de puntas en lugar de limas) (Hernández et al, 2013).
- ✓ Extrusión del irrigante o los materiales tóxicos que se encuentran dentro del canal (lo que podría producirse por no realizar patencia apical) (Blank-Gonçalves et al, 2011; Jiang et al, 2011).
- ✓ Microfracturas en la dentina (Padrón, 2006).

CAPÍTULO 3: *METODOLOGÍA*

3. 1. *Universo:*

Se recolectaron 60 premolares unirradiculares de diferentes consultorios odontológicos privados. Éstos fueron tratados en primera instancia con hipoclorito de sodio al 5,25% para remover el tejido orgánico, posterior a esto se los colocó en solución salina para su conservación.



Figura 3.- Universo de 60 dientes unirradiculares, previa la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

3. 2. Muestra:

Después de los criterios de inclusión y exclusión, la muestra se encuentra conformada por 36 dientes, los mismos que posteriormente serían divididos en 12 dientes para 3 grupos, en los cuales se aplicaría diferentes sustancias irrigantes y métodos de irrigación en cada uno de ellos.



Figura 4.- Muestra del estudio conformada por 36 premolares uniradiculares, previa la clasificación aleatoria dentro de cada grupo

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

3. 2. 1. Criterios de inclusión de muestra:

- Dientes unirradiculares.
- Dientes con ápice formado.
- Dientes con raíces rectas.

3. 2. 2. Criterios de exclusión de muestra:

- Dientes con tratamiento endodóntico previo.
- Dientes con conductos calcificados.
- Dientes con curvaturas acentuadas.
- Ápice abierto.

3. 3. Tipo de Investigación:

Investigación de tipo transversal, realizada con el objetivo de evaluar la efectividad de la remoción de la capa residual de tres soluciones irrigantes complementadas con dos métodos de irrigación mediante microscopía electrónica de barrido.

3. 4. Diseño de Investigación:

Diseño de estudio de tipo descriptivo, experimental y comparativo, en el cual se realizó un estudio detallado de acuerdo al proceso citado a continuación:

3. 4. 1. Selección de los objetos de estudio:

Se escogieron 36 dientes que cumplieron con los criterios de inclusión. En primer lugar, fueron lavados con hipoclorito de sodio al 5,25% para de esta forma eliminar los restos de tejido orgánico, posterior a esto se los colocó en solución salina para su conservación.

Las longitudes de los dientes oscilaban entre 19 y 25 mm aproximadamente.

En seguida, distribuimos a los mismos dentro de tres grupos que corresponden a tres soluciones irrigantes diferentes, como se puede ver a continuación en la Figura 5:

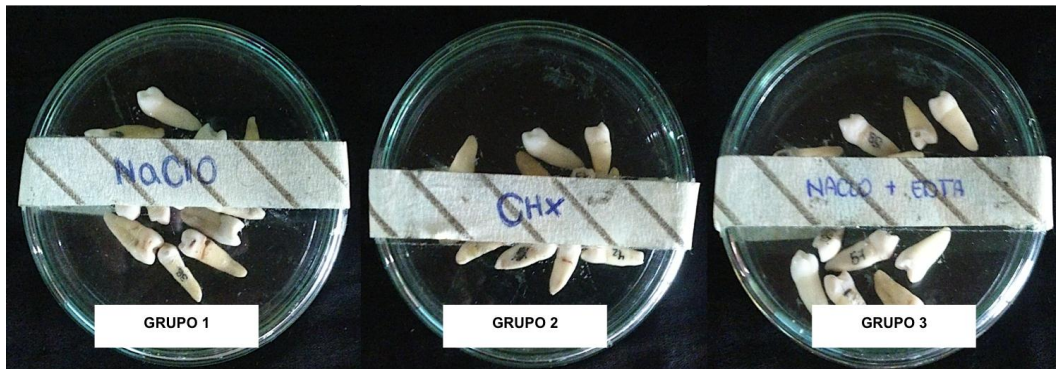


Figura 5.- División de muestras según la solución irrigante y la técnica de irrigación: Grupo 1 “Irrigación Manual con Hipoclorito de Sodio al 5,25%”, Grupo 2 “Irrigación Manual con Clorhexidina al 2%” y Grupo 3 “Irrigación Ultrasónica con Ácido Etilendiaminotetracético al 18% + Hipoclorito de Sodio al 5,25%”

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

3. 4. 2. Apertura cameral:

Colocamos una fresa diamantada redonda pequeña en la turbina, con la cual hacemos una cavidad justo en el centro de la cara oclusal, específicamente en el surco central y continuamos perforando hasta que tengamos la sensación de haber caído en un vacío. En ese punto, cambiamos de la fresa redonda a la EndoZ, y es con ésta con la que se continúa la preparación en sentido vestibulo-palatino/lingual con el fin de retirar el techo cameral y darle la forma de conveniencia adecuada a la cavidad (Figura 6).

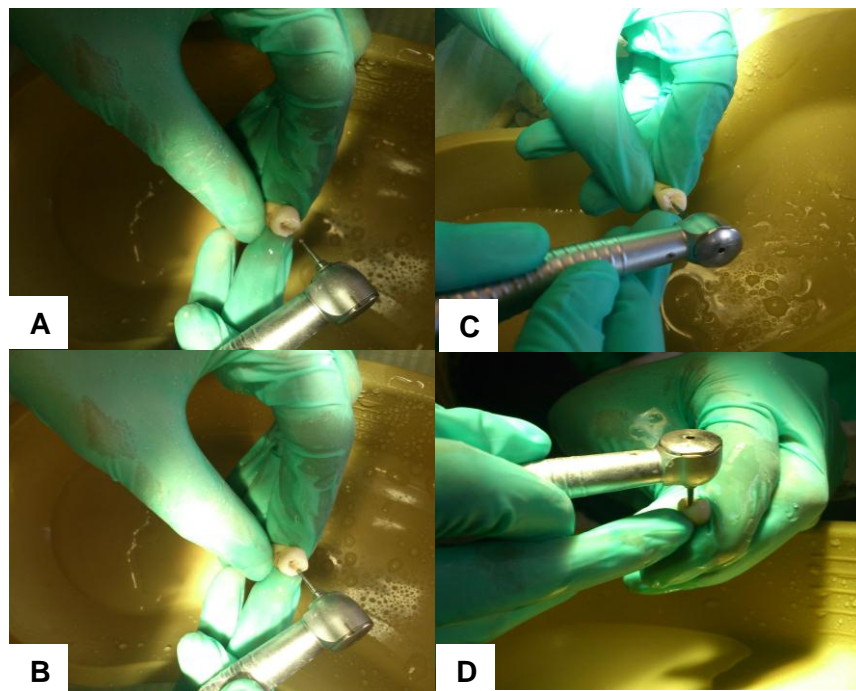


Figura 6.- Secuencia del acceso coronal: A y B “Utilización de fresa diamantada redonda”; C y D “Utilización de fresa EndoZ”

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

3. 4. 3. Determinación de la longitud de trabajo:

La longitud de trabajo se estableció introduciendo una lima tipo K#10, con ella se explora el conducto realizando movimientos de limado en sentido de las manecillas del reloj. De llegar a sentir un obstáculo, se retira ligeramente la lima y se cambia la dirección buscando encontrar un mejor acceso hacia el conducto radicular principal. Una vez que la lima es visible a través del foramen apical (Figura 7), se resta 1 mm y así se obtiene la longitud real de trabajo (Figura 9).

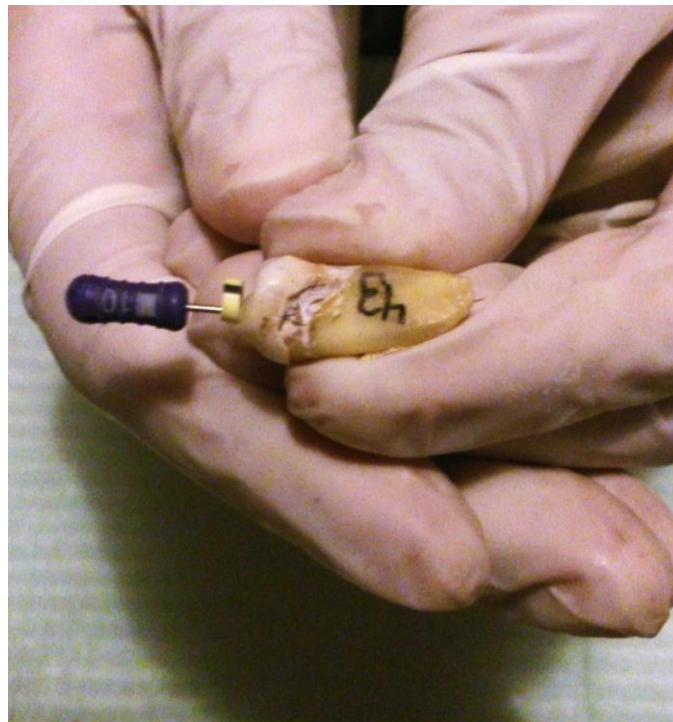


Figura 7.- Lima tipo K#10 sobrepasando el foramen apical.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

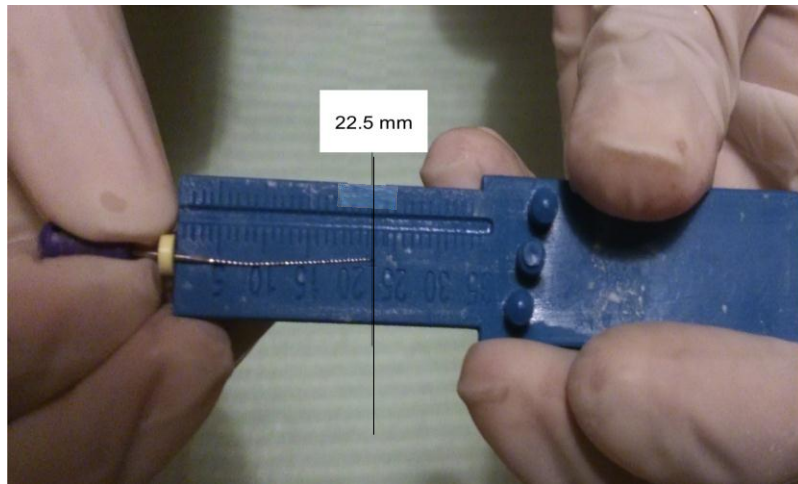


Figura 8.- Longitud tentativa de trabajo (sin resta).

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

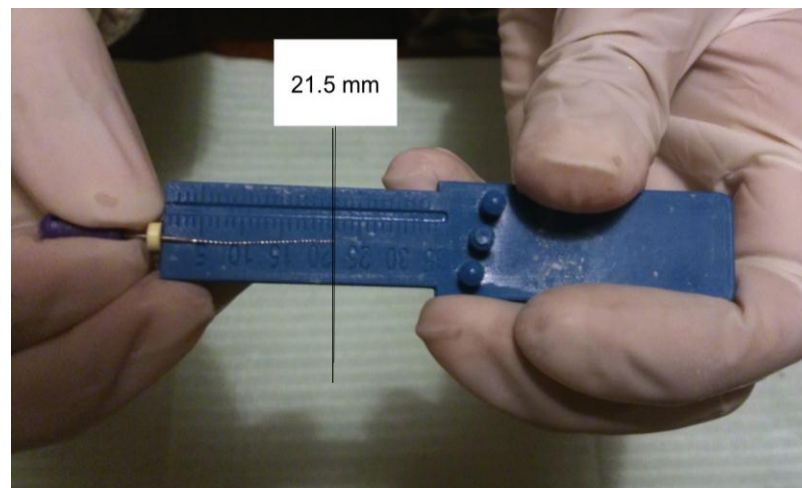


Figura 9.- Longitud real de trabajo (resta de 1 mm a la longitud anterior)

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 10.- Dientes con su respectiva longitud real de trabajo.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

3. 4. 4. Instrumentación:

En este caso se aplica la técnica híbrida o mixta, la misma que fusiona dos técnicas: corono-apical (crown-down) y apico-coronal (step-back). Inicia siguiendo el principio de la técnica corono-apical.

Esta técnica se divide en dos fases:

- *Preparación del tercio cervical y medio del conducto radicular:*

1) Tras determinar la longitud real de trabajo, se le resta a la misma 0.5 mm, como margen de seguridad para no extendernos hasta el conducto cementario. Estructura que se encuentra a continuación de la constricción apical o más conocida como *unión cemento-dentina-conducto* (límite CDC). La importancia en no sobrepasar el conducto cementario radica en que éste posee una extensión aproximada de entre 0,5 a 3 mm y se ubica en la extremidad final del canal radicular. De llegar a invadir este espacio, se podría alterar la biología de los tejidos apicales y periapicales.

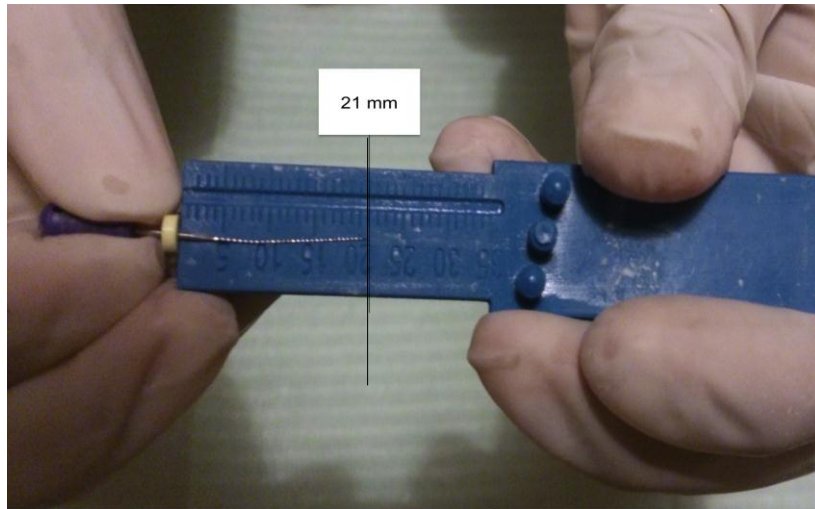


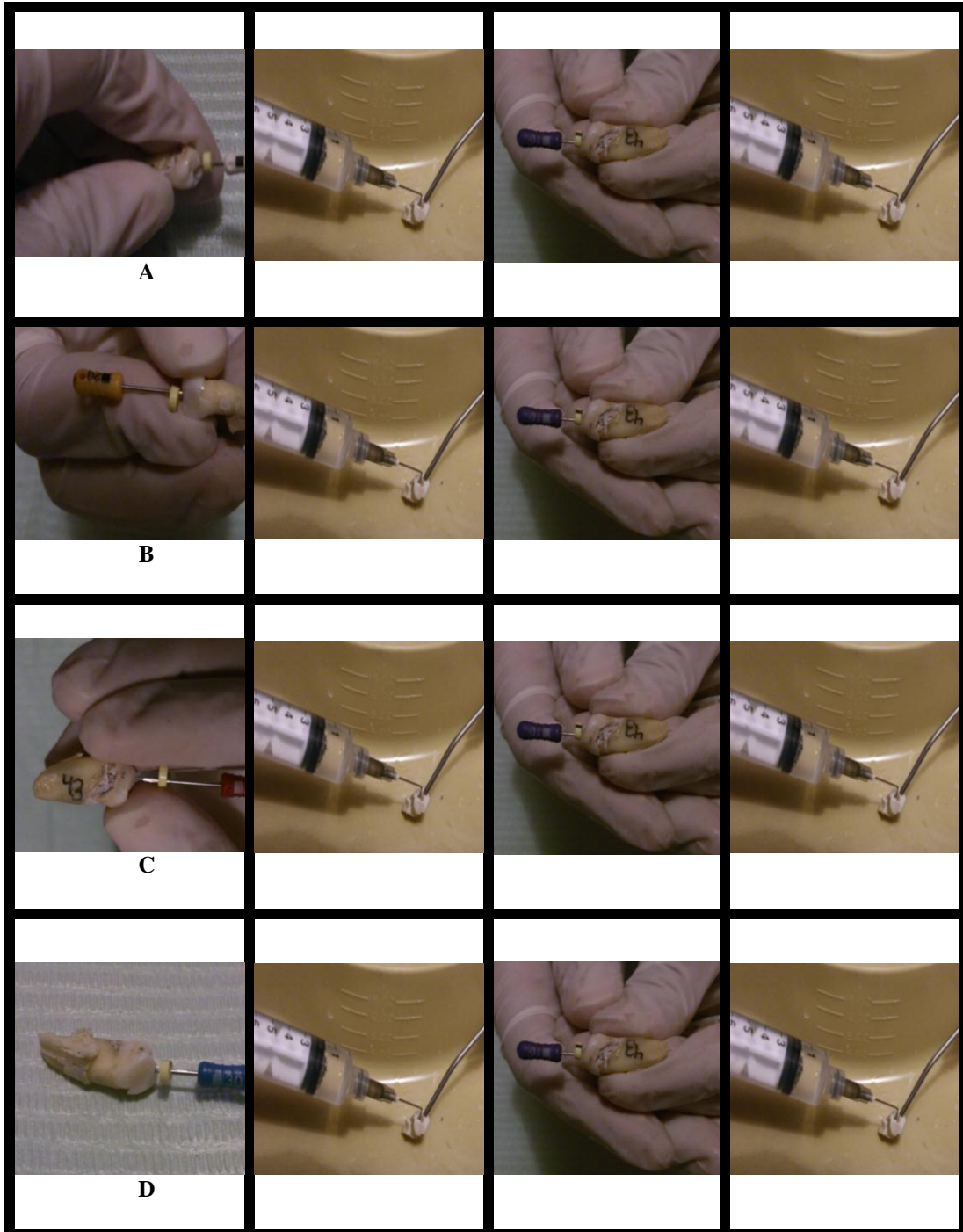
Figura 11.- Reducción de 0.5 mm a la longitud de trabajo.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

2) Se introduce con una ligera presión lateral limas tipo K #15, #20, #25 y #30 con los toques de goma colocados a la altura de la longitud de trabajo establecida en el anterior paso. Es así como realizamos movimientos de limado: giramos $\frac{1}{4}$ de vuelta y extraemos de igual manera con presión lateral. Se continúa con estos movimientos hasta que las paredes del conducto se encuentren lisas y sintamos que la lima se adapta a la medida del mismo, sin encontrarse ajustada pero manteniéndose fija en él. Entre lima y lima, se carga una jeringa para punción intravenosa cuya aguja es de calibre 20G con 2,5 mL. del irrigante que corresponde a cada grupo del estudio.

3) Entre cada instrumento, también se introduce una lima tipo K #08 o #10 para realizar la permeabilización. Esta limas denominada como *lima de pasaje*, tiene como finalidad sobrepasar levemente el foramen apical. De esta manera ayuda a mantener a esta estructura limpia y evitar que se obstruya.

Tabla 3.- Secuencia de instrumentación (Primera fase de Técnica Híbrida)



A: Instrumentación con lima K#15, irrigación, introducción lima K#10, irrigación;
B: Instrumentación con lima K#20, irrigación, introducción lima K#10, irrigación;
C: Instrumentación con lima K#25, irrigación, introducción lima K#10, irrigación;
D: Instrumentación con lima K#30, irrigación, introducción lima K#10, irrigación

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

4) Según la técnica que emplea Goldberg, el uso de las fresas Gates-Glidden puede ser antes o después de la conformación del tercio apical. Por cuestión de facilidad y para disminuir la tensión que podría presentarse en las fresas, se decidió emplear fresas Gates-Glidden N° 3 y N°2 en el tercio cervical y tercio medio una vez que se amplió el tercio cervical. Las fresas deben entrar y salir rotando del conducto y mientras estén dentro del conducto se ejecutan movimientos a manera de cepillado.

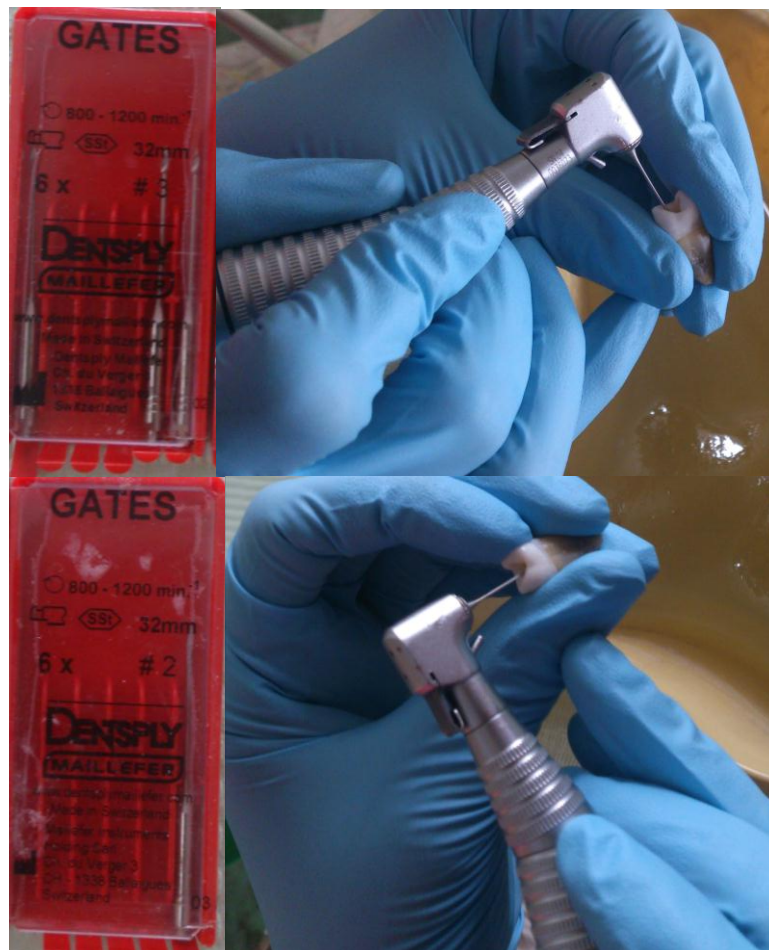


Figura 12.- Secuencia de instrumentación con fresas Gates-Glidden N°3(arriba) y N°2 (abajo).

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

- *Preparación del tercio apical del conducto radicular (Step-Back):*
 - 1) El instrumento memoria en este caso es la lima tipo K #30.
 - 2) En esta etapa, se va a ampliar el tercio apical haciendo uso de tres o cuatro instrumentos de mayor calibre al instrumento memoria, restando 1 mm de longitud en cada instrumento. Es decir, si el instrumento memoria es la lima #30 y se encuentra a 21 mm, los siguientes instrumentos que vendrían a ser: la lima tipo K #35 se encontrará a 20 mm, la lima tipo K #40 se encontrará a 19 mm y la lima tipo K #45 se encontrará a 18 mm.
 - 3) Entre cada lima siempre se irrigó con la sustancia determinada para cada grupo, además de limpiar el foramen apical con la lima tipo K #08 o #10.

Tabla 4.- *Secuencia de instrumentación (Segunda fase de Técnica Híbrida)*



- A: Instrumentación con lima K#35, irrigación, introducción lima K#10, irrigación, instrumentación lima K#30, irrigación, introducción lima K#10, irrigación;
- B: Instrumentación con lima K#40, irrigación, introducción lima K#10, irrigación, instrumentación lima K#30, irrigación, introducción lima K#10, irrigación;
- C: Instrumentación con lima K#45, irrigación, introducción lima K#10, irrigación, instrumentación lima K#30, irrigación, introducción lima K#10, irrigación.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

3. 4. 5. Irrigación:

Para poder comparar la efectividad de cada una de las soluciones, las muestras de los grupos se dispusieron como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5.- División de grupos experimentales

| GRUPO | DIENTES | IRRIGANTE | ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA | TIEMPO |
|----------------------|---------|--------------------------------------|---------------------------|----------|
| Grupo 1 | 12 | NaClO 5,25 % 2,5 mL. | NO | ----- |
| Grupo 2 (Control) | 12 | Chx 2% 2,5 mL. | NO | ----- |
| Grupo 3 | 12 | EDTA 18% + NaClO 5,25% 2,5 mL. | SI | 1 minuto |

Los conductos se distribuyeron aleatoriamente en 3 grupos experimentales.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

En el Grupo 1, tras la última lima tipo K, se efectúa la limpieza final con 2,5 mL de Hipoclorito de Sodio (NaClO) al 5,25%.

En el Grupo 2 (Control), de igual manera tras la última lima tipo K, se realiza el lavado final con 2,5 mL de Clorhexidina (Chx) al 2%.

En el Grupo 3, al finalizar la instrumentación con limas tipo K, se ejecuta la irrigación con NaClO a 5,25% para posteriormente colocar 1,5 mL de Ácido Etilendiaminotetracético (EDTA) dentro del conducto radicular, mismo que permanece allí durante 3 minutos, seguido de la activación ultrasónica de esta sustancia durante 1 minuto a través de la punta de ultrasonido. Mientras funciona este instrumento, se deposita 1 mL más EDTA dentro del canal. Se hace uso de la punta para ultrasonido Irrisafe #20 de la casa Dentsply.



Figura 13.- Carga de jeringa con ácido etilendiaminotetracético (EDTA) al 18% (izq).
Irrigación de dientes del Grupo 3 con EDTA (der)

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 14.- Fotografía del Ultrasonido empleado en el Grupo 3 de este estudio.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 15.- Punta de ultrasonido utilizada (izq). Irrigación ultrasónica y reposición de EDTA (der).

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

3. 4. 6. Preparación de las muestras para ser observadas en el microscopio electrónico de barrido (MEB):

Para la visualización de las muestras al microscopio, se realizó en primer lugar la remoción de la corona y el tercio cervical de cada uno de los dientes, seguida del corte longitudinal en sentido vestibulo-palatino/lingual de cada uno de ellos. Los dientes fueron seccionados longitudinalmente hasta el tercio apical, en donde se hizo uso de una hoja de bisturí para separar las dos mitades y de esta forma evitar que se contaminen las muestras. Se eligió a la mitad del diente que presente mayor nitidez de corte.



Figura 16.- Pieza de mano de baja velocidad y disco de diamante usados para realizar la remoción de la corona, además de hoja de bisturí estéril para el hemiseccionamiento de las raíces

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

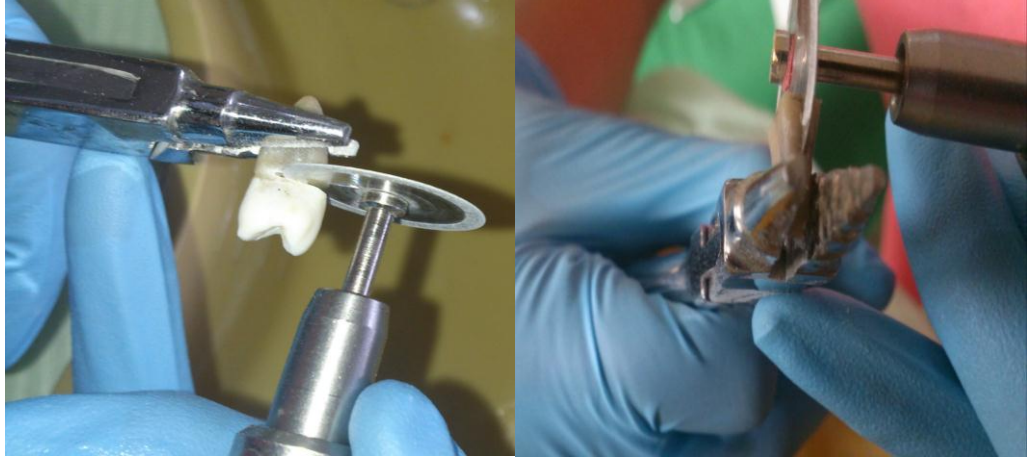


Figura 17.- Decoración (izq). Corte longitudinal de las muestras (der)

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 18.- Dientes hemiseccionados antes del proceso de deshidratación.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

Las muestras dentales ya cortadas fueron almacenadas para evitar la contaminación en cajas petri de vidrio previamente esterilizadas, llevando de tal manera un control estricto de los tres grupos experimentales. Es así como los especímenes de estudio fueron transportados hasta el Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

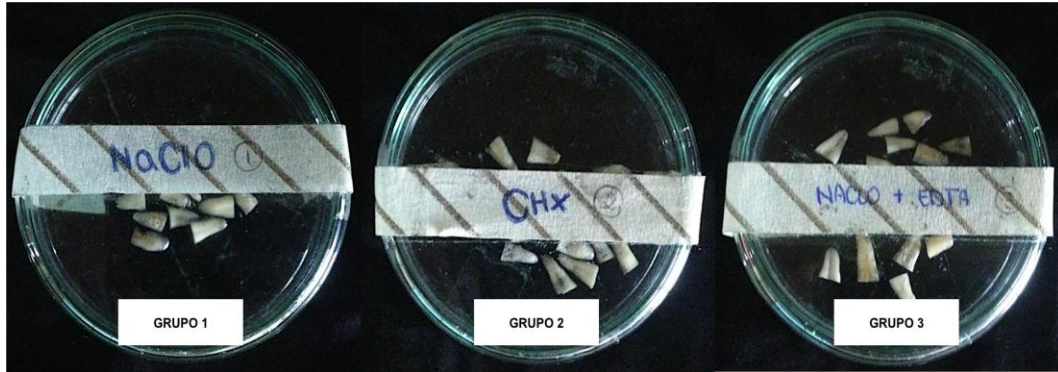


Figura 19.- Identificación de grupos experimentales.

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

Para la visualización de las muestras en microscopía electrónica de barrido es imprescindible que no exista humedad, debido a que esta podría interferir con la calidad de la microfotografía generando distorsión de la imagen. Por tal razón, se realiza la deshidratación de los objetos de estudio en concentraciones crecientes de alcohol: 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 99%, permaneciendo durante 40 minutos dentro de cada concentración.



Figura 20.- Deshidratación de las muestras en alcohol al 50%.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

Autor: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 21.- Deshidratación de las muestras en alcohol al 60%.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

Autor: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 22.- Deshidratación de las muestras en alcohol al 70%.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

Autor: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 23.- Deshidratación de las muestras en alcohol al 80%.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

Autor: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 24.- Deshidratación de las muestras en alcohol al 90%.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

Autor: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 25.- Deshidratación de las muestras en alcohol al 99%.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).
Autor: Susana Paola Castro Rentería.

Una vez terminado este proceso, se colocan las muestras dentro de una máquina liofilizadora, cuyo objetivo es extraer el agua que se encuentra aún presente en el diente (desorción) y su posterior conversión del estado sólido al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido (sublimación). De esta manera, nos aseguramos que se produzca un secado al vacío que además garantiza la conservación de la muestra.

Las muestras se mantienen en esta máquina 24 horas (Figura 26).



Figura 26.- Liofilización.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).
Autor: Susana Paola Castro Rentería.

Después del proceso de deshidratación y secado de las muestras, almacenamos nuevamente a las mismas para ser transportadas desde Quito hasta Guayaquil, lugar en donde se llevará a cabo el análisis microscópico en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI) “Leopoldo Izquieta Pérez”.

En primera instancia, se adhieren los fragmentos de dientes con cinta métrica de carbón a unas platinas de cobre, mismas que cumplirán la función de portaobjetos para poder realizar el recubrimiento con el metal de elección, que en nuestro caso es oro (Figura 27).

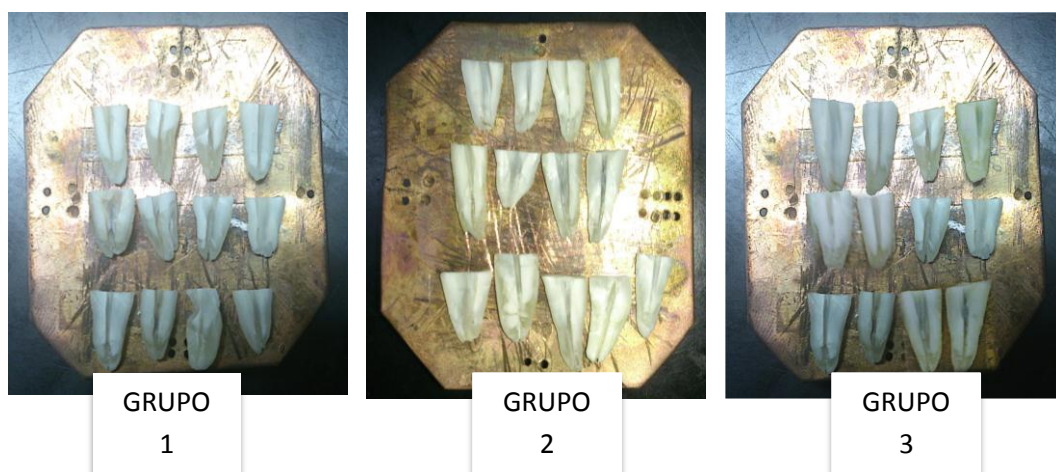


Figura 27.- Montaje de las muestras en las platinas de cobre.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública “Leopoldo Izquieta Pérez”

Autor: Susana Paola Castro Rentería.

Previa a la observación al MEB, es imperativo que se cubra con oro las muestras, se ha escogido este metal dado que es un excelente conductor de electricidad, por lo que las imágenes serán de mejor calidad en comparación a otros elementos. Es por tal motivo que se introduce a los especímenes a un recubridor de oro, y dentro de él se producirá una descarga de 20 segundos (destello), tiempo durante el cual se revestirán la mayoría de los fragmentos de dientes.



Figura 28.- Máquina recubridora de oro (*Jeol jfc-120, fine coater*).

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública “Leopoldo Izquieta Pérez”
Autor: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 29.- Recubrimiento de oro en proceso.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública “Leopoldo Izquieta Pérez”
Autor: Susana Paola Castro Rentería.



Figura 30.- Acercamiento del proceso de recubrimiento de oro. En esta fotografía se puede observar el destello de color rosa que es cuando se produce la descarga del metal.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública “Leopoldo Izquieta Pérez”
Autor: Susana Paola Castro Rentería.

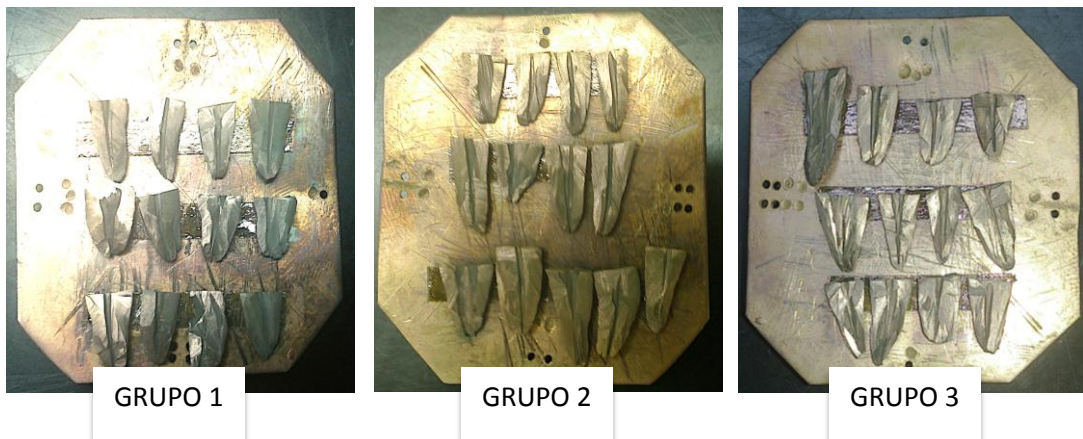


Figura 31.- Muestras de los tres grupos con la cobertura de oro.

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública “Leopoldo Izquieta Pérez”
Autor: Susana Paola Castro Rentería.

3. 4. 7. Análisis microscópico:

El Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) es una herramienta para observar imágenes a mayores magnificaciones en comparación con un microscopio óptico. Funciona con un rayo de electrones, en este caso llamado “sonda”, ésta bombardea con electrones a la muestra previamente cubierta con un metal (oro), la misma que permite que dichos elementos se reflejen y básicamente así es como obtenemos una imagen.

No está indicado su uso para visuzalizar muestras a nivel ultraestructural debido a que no posee tanto aumento como el Microscopio Electrónico de Transmisión, sin embargo tiene mejor resolución y nos ofrece una mejor visión de los especímenes en tres dimensiones.



Figura 32.- Microscopio Electrónico de Barrido MEB (Jeol JSM-5310)

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública “Leopoldo Izquieta Pérez”
Autor: Susana Paola Castro Rentería.

Finalmente, las muestras fueron colocadas en la cámara al vacío del microscopio electrónico de barrido para ser examinadas a magnificaciones de entre 500X y 2500X. Las imágenes fueron tomadas por una cámara fotográfica semi-profesional.



Figura 33.- Montaje de las muestras en el MEB.

Fuente: Basantes, J.(2013). *Colocación de muestras en Microscopio electrónico de barrido.* (Fotografía).

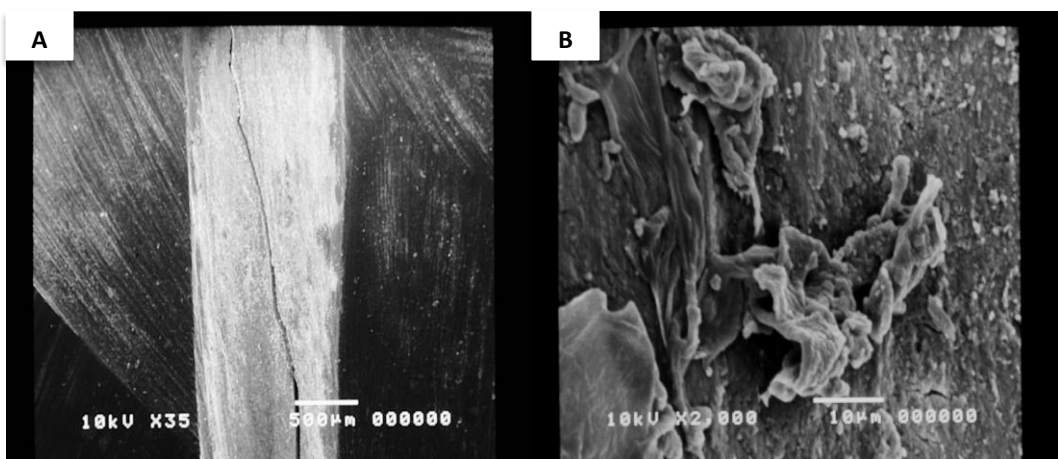


Figura 34.- Microfotografías: A (Magnificación X35); B (Magnificación X2000)

Fuente: Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública “Leopoldo Izquieta Pérez”
Autor: Susana Paola Castro Rentería.

Se realizaron 158 microfotografías de los tres grupos en total. De éstas se seleccionaron las que presentaban mayor nitidez y a su vez éstas fueron utilizadas para poder evaluar la efectividad de las soluciones irrigantes y los métodos de irrigación a nivel del tercio medio y tercio apical. Haciendo uso de la metodología propuesta por Mayer, misma que ha sido empleada en varios artículos, imprimimos estas últimas fotografías a un tamaño de 25,35 cm de ancho y 19 cm de alto. Adicional a esto, se realizó una plantilla cuadrículada, cuyas casillas medían 8,45 cm de ancho y 6,35 cm de alto. La plantilla poseía 9 casillas en total y se imprimió en una lámina de acetato con las mismas medidas de las microfotografías.

Tabla 6.- Recuento de microfotografías por grupo experimental

| Sustancia/Método de Irrigación | Nº muestras | Total microfotografías por grupo | Microfotografías seleccionadas para el estudio |
|--|--------------------|---|---|
| <i>Grupo 1: NaClO 5,25%/Irrigación manual</i> | 12 | 60 | 24 |
| <i>Grupo 2: Chx 2%/Irrigación manual (Control)</i> | 12 | 52 | 24 |

| | | | |
|---|----|-----|----|
| <i>Grupo 3: EDTA</i> | | | |
| <i>18% + NaClO</i> | 12 | 46 | 24 |
| <i>5,25%/Activación ultrasónica</i> | | | |
| TOTAL | 36 | 158 | 72 |

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

Para el análisis de las microfotografías se solicitó apoyo a tres odontólogos graduados, quienes cumplieron el rol de observadores al calificar a éstas mediante una escala establecida. Este método científico es conocido como doble ciego y se basa en la exhibición de imágenes o fotografías pertenecientes a un determinado estudio a individuos ajenos al mismo. Para esto, deben haber sido calibrados previamente, preparándolos con imágenes semejantes a las que van a ser examinadas dentro del estudio. Posterior a esto, se entremezclan las láminas con el objetivo de que tanto investigadores como observadores desconozcan a que grupo (control o experimental) corresponden las fotografías que están visualizando los participantes. De esta forma se evita el efecto placebo, pues si los autores de la investigación son quienes valoran dichas fotografías o presentan las mismas conociendo de qué grupo son, inconscientemente pueden desviar los resultados a su conveniencia.

Las imágenes fueron evaluadas según la escala de Rome:

Tabla 7.- Escala de medición de la eliminación de barrillo dentinario

| Escala | Descripción |
|--------|---|
| 0 | Ausencia de barro dentinario (No existe barro dentinario sobre la superficie de la pared del conducto, todos los túbulos estaban limpios y abiertos). |
| 1 | Mínima cantidad de barro dentinario (No existe barro dentinario sobre la superficie de la pared del conducto, pero los túbulos contienen restos). |
| 2 | Moderado barro dentinario (No existe barro dentinario sobre la superficie de la pared del conducto, pero los túbulos están obliterados). |
| 3 | Abundante barro dentinario (el barro dentinario cubre la superficie de la pared y los túbulos) |

Fuente: Jiménez-Chávez, V., Labarta, AB., Gualtieri, A. & Sierra, LG. (2013). Evaluación de la remoción del barro dentinario al utilizar Ácido Cítrico al 10% y RC-Prep como soluciones irrigantes. Estudio con Microscopio Electrónico de Barrido. *Revista Científica Odontológica*, 9(1), p. 34.

Para el almacenamiento de datos se elaboraron tablas haciendo uso del programa Microsoft Word, en el cual se recopilaban las respuestas de los observadores. De esta manera se pudieron procesar los datos para a continuación realizar el análisis estadístico (ANOVA).

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

El total de muestras analizadas al Microscopio Electrónico de Barrido fueron 36 dientes, los cuales se dividieron en 3 grupos, cada uno compuesto por 12 especímenes dentarios. Por cada muestra, se seleccionaron las 2 mejores microfotografías: 1 del tercio medio y 1 del tercio apical, lo que significa que por grupo existen 24 imágenes, dándonos un resultado de 72 microfotografías por los 3 grupos.

Estas imágenes fueron impresas para la posterior visualización de todas y cada una ellas por parte de los observadores. Con las puntuaciones que se obtuvieron de los participantes, se elaboraron tablas para la recopilación de datos por individuo (Anexos 8.3).

Una vez recolectadas las respuestas de los participantes, observamos que tenemos 6 valores por diente, debido a que se busca evaluar la remoción del barrillo dentinario tanto en el tercio medio como en el tercio apical. Para poder emplear el análisis de varianza (ANOVA), se debe tener un solo valor por lo que se procede a obtener un promedio por tercio de cada muestra (Anexos 8.3).

En el presente estudio, se determinó la eficacia de las soluciones y los métodos de irrigación utilizados en los tres grupos. Para su evaluación, se hizo uso de la prueba ANOVA, además el Test de Tukey como una subprueba. Para ambos análisis se estableció probar con $p < 0.05$.

Para poder interpretar los resultados, en primer lugar se explicará a continuación bajo que parámetros trabaja el análisis de varianza (ANOVA):

TERCIO MEDIO:

Hipótesis Nula (H₀)

$$H_0: \sigma_2^2 = \sigma_1^2 = \sigma_3^2$$

H₀ = Los valores medios obtenidos en tratamiento dos T₂ = Son iguales a los tratamientos realizados en T₁ y T₃

Hipótesis Alternativa (H₁)

$$H_1: \sigma_2^2 \neq \sigma_1^2 \neq \sigma_3^2$$

H₁ = Los valores medios obtenidos en tratamiento dos T₂ ≠ son diferentes a los tratamientos realizados en T₁ y T₃

Es decir, que si en el tercio medio tanto del Grupo 1 como del Grupo 3 en comparación con el Grupo 2 (Grupo Control), se reportan valores mayores a 0.05, se considerará que este grupo presenta hipótesis nula. Lo que significa, que las soluciones irrigantes y el método de irrigación que se hayan manejado en dicho grupo ofrecen los mismos resultados que los que se utilizaron en el Grupo 2 o Grupo Control. De la misma manera se procederá si los valores resultan menores a p>0.005.

Tabla 8.- Comparación del tercio medio del Grupo 1 y Grupo 3 con el Grupo Control.

| ANOVA de un factor | | | | | | |
|----------------------|--------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Tercio Medio Grupo 1 | Inter-grupos | ,042 | 1 | ,042 | ,476 | ,506 |
| | Intra-grupos | ,875 | 10 | ,088 | | |
| | Total | ,917 | 11 | | | |
| Tercio Medio Grupo 3 | Inter-grupos | 1,042 | 1 | 1,042 | 1,208 | ,298 |
| | Intra-grupos | 8,625 | 10 | ,863 | | |
| | Total | 9,667 | 11 | | | |

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

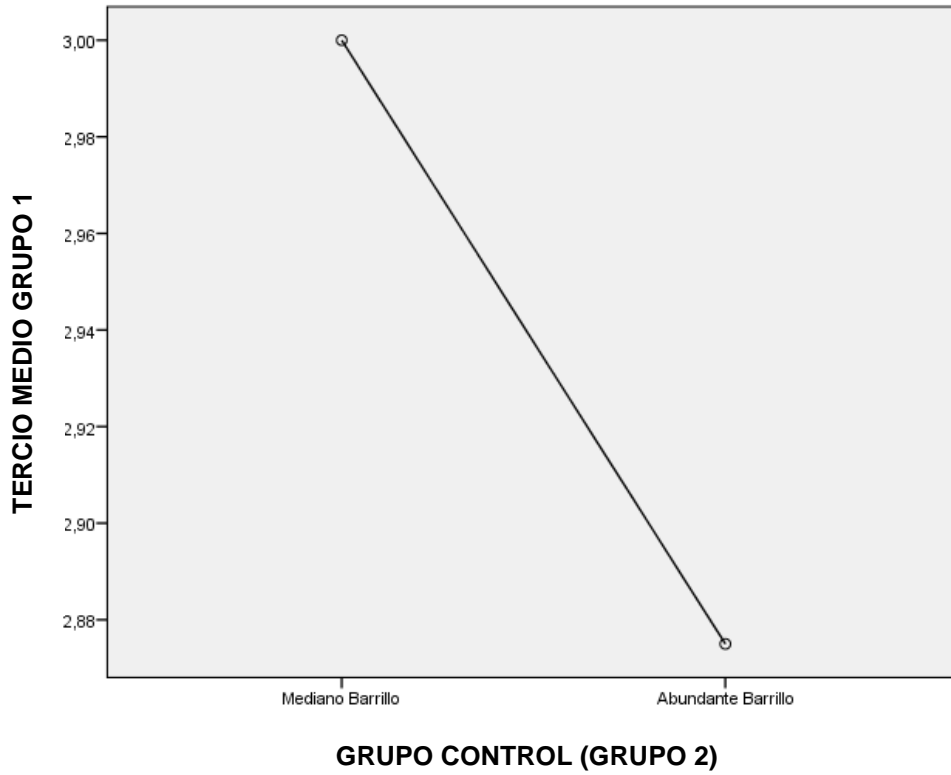
Interpretación de los resultados:

El grupo 1 y las sustancias y/o métodos utilizados para irrigar en comparación con el grupo 2, obtuvieron un valor significativo (crítico) de 0.506 que es superior a 0.05. De igual manera las sustancias y/o métodos utilizados para irrigar en el grupo 3 obtuvieron un valor crítico de 0.298 que es superior a 0.05.

Se decide por tanto aceptar la hipótesis nula, es decir de igual de las medias y se concluye que las poblaciones definidas en los tres tratamientos (T1,T2,T3) poseen el mismo promedio de barrillo dentinario.

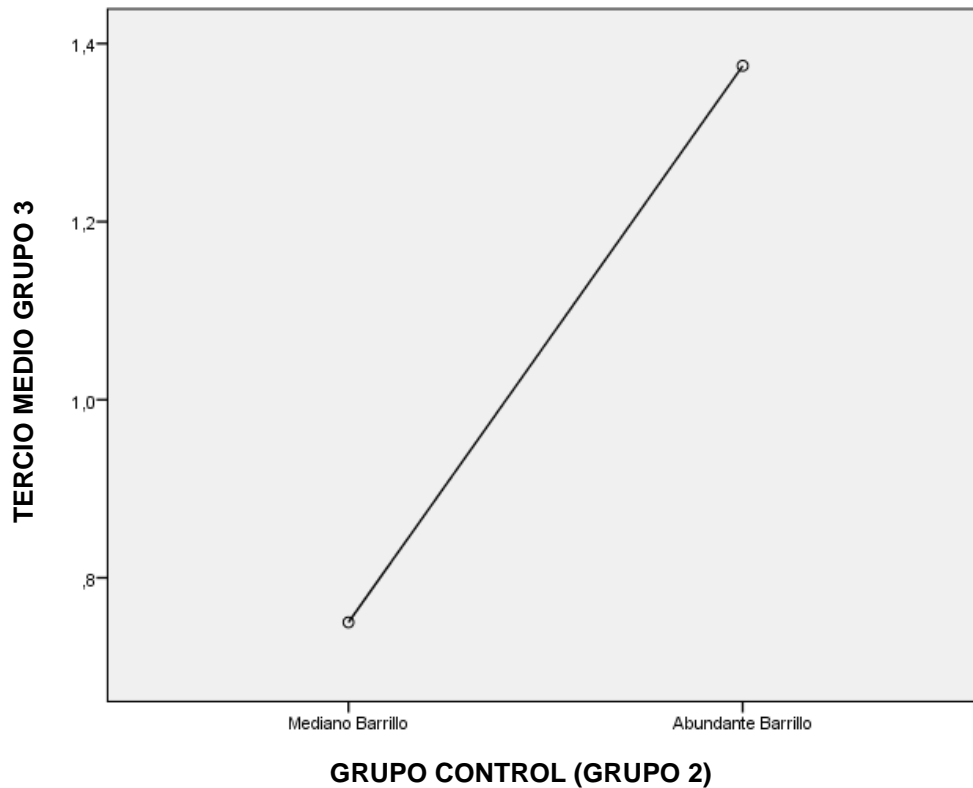
$$H_0: \sigma_2^2 = \sigma_1^2 = \sigma_3^2$$

Gráfico 1.- Comparación del tercio medio del Grupo 1 y el Grupo Control



Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

Gráfico 2.- Comparación del tercio medio del Grupo 3 y el Grupo Control



Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

TERCIO APICAL

Hipótesis Nula (H₀)

$$H_0: \sigma_2^2 = \sigma_1^2 = \sigma_3^2$$

H₀ = Los valores medios obtenidos en tratamiento dos T₂ = Son iguales a los tratamientos realizados en T₁ y T₃

Hipótesis Alternativa (H₁)

$$H_1: \sigma_2^2 \neq \sigma_1^2 \neq \sigma_3^2$$

H1 = Los valores medios obtenidos en tratamiento dos $T_2 \neq$ son diferentes a los tratamientos realizados en T_1 y T_3

Al igual que en el tercio medio, si en el tercio apical tanto del Grupo 1 como del Grupo 3 en comparación con el Grupo 2 (Grupo Control), se reportan valores mayores a 0.05, se considerará que este grupo presenta hipótesis nula. Lo que significa, que las soluciones irrigantes y el método de irrigación que se hayan manejado en dicho grupo ofrecen los mismos resultados que los que se utilizaron en el Grupo 2 o Grupo Control. De la misma manera se procederá si los valores resultan menores a $p > 0.005$.

Tabla 9- Test de Tukey (Tercio apical Grupo 1)

| Grupo 1 Apical | | |
|---|----------|-------------------------------------|
| <i>Grupo 2 Apical</i> | <i>N</i> | <i>Subconjunto para alfa = 0.05</i> |
| | | 1 |
| Poco Barrillo | 2 | 2,00 |
| Abundante Barrillo | 3 | 2,33 |
| Mediano Barrillo | 7 | 2,43 |
| Sig. | | ,807 |
| <p>Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.</p> <p>a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,073.</p> <p>b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.</p> | | |

Fuente; Susana Paola Castro Rentería.

Tabla 10.- Test de Tukey (Tercio apical Grupo 3)

| Grupo 3 Apical | | |
|---|----------|-------------------------------------|
| Grupo 2 Apical | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |
| | | 1 |
| Abundante Barrillo | 3 | 1,00 |
| Poco Barrillo | 2 | 2,00 |
| Mediano Barrillo | 7 | 2,14 |
| Sig. | | ,077 |
| <p>Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.</p> <p>a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,073.</p> <p>b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.</p> | | |

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

Tabla 11.- Comparación del tercio apical del Grupo 1 y Grupo 3 con el Grupo Control.

| ANOVA de un factor | | | | | | |
|-----------------------|--------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Tercio Apical Grupo 1 | Inter-grupos | ,286 | 2 | ,143 | ,201 | ,821 |
| | Intra-grupos | 6,381 | 9 | ,709 | | |
| | Total | 6,667 | 11 | | | |
| Tercio Apical Grupo 3 | Inter-grupos | 2,810 | 2 | 1,405 | 4,425 | ,046 |
| | Intra-grupos | 2,857 | 9 | ,317 | | |
| | Total | 5,667 | 11 | | | |

Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

Interpretación de los resultados:

Las soluciones y las técnicas para irrigar del grupo 1 en el tercio apical comparado con el grupo 2, obtuvo un valor significativo (crítico) de 0.821 que es superior a 0.05. Sin embargo, el tercio apical del grupo 3 obtuvo un valor crítico de 0.046 que es inferior a 0.05.

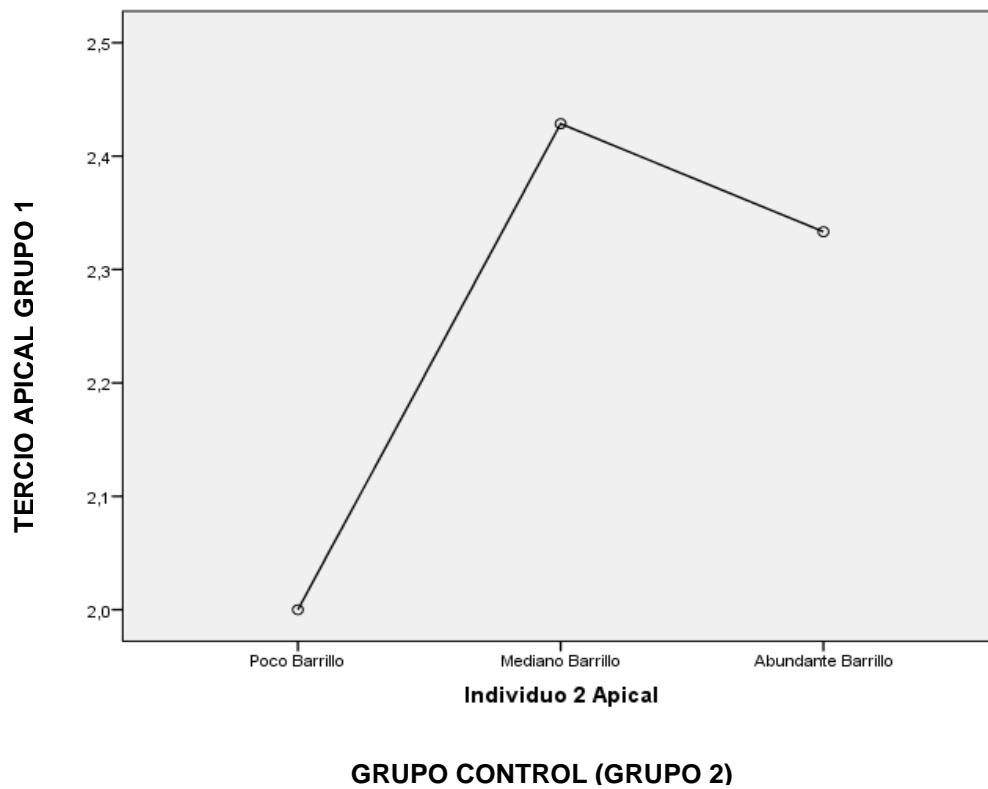
Se decide por tanto aceptar la hipótesis alternativa para el grupo 3, en tanto que difieren las medias y se concluye que las poblaciones definidas en dos tratamientos ($T_2 \neq T_3$) no poseen el mismo promedio de barrillo dentinario.

$$H_1: \sigma_2^2 \neq \sigma_3^2$$

Mientras que en el caso del grupo 1 el valor crítico es mayor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, debido a que se concluye que no existe diferencia entre los tratamientos ($T_2 = T_1$)

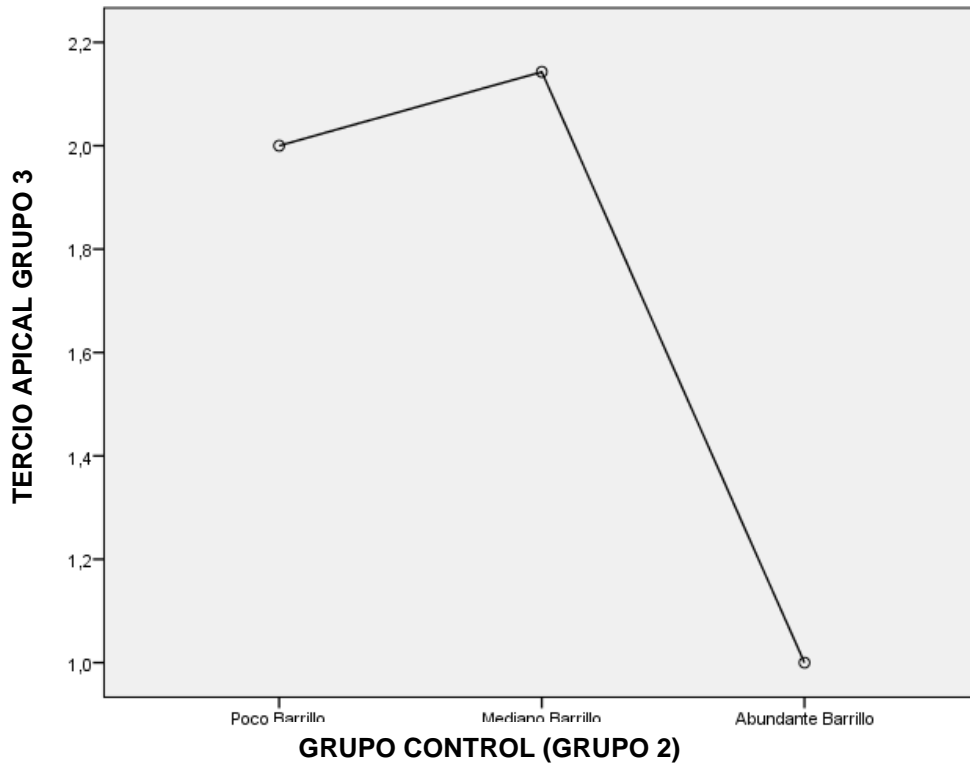
$$H_0: \sigma_2^2 = \sigma_1^2$$

Gráfico 3.- Comparación del tercio apical del Grupo 1 y el Grupo Control.



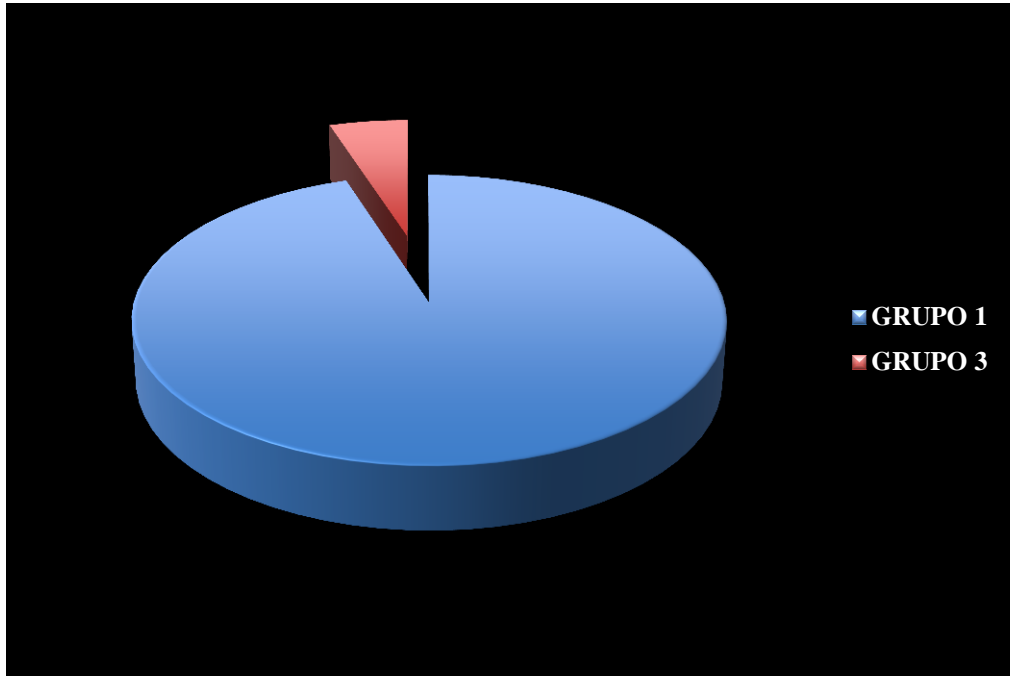
Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

Gráfico 4.- Comparación del tercio apical del Grupo 3 y el Grupo Control



Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

Gráfico 5.- Comparación de la cantidad de barrillo dentinario presente entre Grupo 1 y Grupo 3



Fuente: Susana Paola Castro Rentería.

CAPÍTULO 5: *DISCUSIÓN*

El presente estudio *in vitro* tuvo como propósito evaluar y comparar la capacidad de eliminación del barrillo dentinario a nivel del tercio medio y apical del Hipoclorito de Sodio al 5,25% con irrigación manual y el Ácido Etilendiaminotetracético al 18% + Hipoclorito de Sodio al 5,25% complementado con irrigación ultrasónica versus la Clorhexidina al 2% con irrigación manual, que en nuestro caso fue el grupo control.

De las tres soluciones empleadas en este estudio, sólo el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) es capaz de eliminar barrillo dentinario o “smear layer”, por dicha razón y dado que es uno de los compuestos más utilizados, fue elegido para esta investigación. Pese a que es el producto en el que se basaron para fabricar o descubrir más sustancias que puedan reblandecer las superficies dentarias, es considerado como el agente quelante que mejor resultados tiene. Sin embargo, existen en el mercado soluciones como el ácido fosfórico, cuya capacidad de remoción de la capa residual ha sido comprobada a nivel coronal cuando se realizan restauraciones resinosas. Según el estudio realizado por Prado et al, el ácido fosfórico a los 30 segundos, al 1 minuto y a los 3 minutos de aplicación es superior al ácido cítrico y al EDTA, y los grados de erosión entre las tres sustancias son relativamente similares. El EDTA a los 30 segundos, incluso llegó a tener una acción comparable a la del grupo control (Prado et al, 2011).

Otra sustancia muy potente y cuya característica principal es ser producido por el cuerpo, por ende es biocompatible con el mismo, es el ácido cítrico. Por su parte, Jiménez-Chaves et al. menciona en su artículo que el ácido cítrico al 10% presentó mejor capacidad de remoción del barro dentinario en comparación con EDTA al 15% + peróxido de úrea al 10% y Carbomax (marca comercial RC Prep). Estos resultados concuerdan con estudios como los de Blake et al. (1979),

Baumgartner et al, (1984) y Yamaguchi et al, (1996) (Jiménez-Chaves et al, 2013).

Por su parte, Mendoza et al. presenta al MTAD como una mejor alternativa al EDTA, el cual se encuentra compuesto de doxiciclina, ácido cítrico y detergente Tween 80. La autora refiere que la irrigación final de 3 minutos con esta sustancia, obtuvo los mejores resultados en la eliminación de “smear layer”, llegando a equiparar al grupo de control positivo (ácido cítrico al 50%) y superando con una gran diferencia significativa al grupo del ácido etilendiaminotetrácetico (EDTA) por 1 y 3 minutos y al mismo MTAD por 1 minuto (Mendoza et al, 2013).

En contraste con todo lo mencionado previamente, consideramos que posiblemente no se alcanzaron los resultados deseados no por la sustancia, sino más bien por el tiempo de uso de la misma, es así como no estamos de acuerdo con Yamada, quien indica que se requiere que el EDTA permanezca 1 minuto en el conducto para la obtención de óptimos resultados (Mendoza et al, 2013). Desde otro punto de vista, Gudiño demuestra que el éxito del agente está en combinarlo con otra sustancia, así surge la idea del Q-mix, conformado por EDTA 17%, Clorhexidina 2% y un detergente tensioactivo: bromuro de cetiltrimetilamonio (CTR). De esta forma, en esta misma investigación se comprueba que este nuevo irrigante es aún más efectivo que el EDTA por si solo, esto podría deberse a que el Q-mix dentro de su composición posee un detergente que disminuye la tensión superficial del producto en sí, contribuyendo así a que la limpieza sea a un mayor nivel de profundidad (Gudiño, 2013).

Continuando con el tema de las combinaciones, Torabinejad et al. y Vera et al. han corroborado que la mezcla de EDTA e hipoclorito de sodio de sodio, son una excelente opción, pues mientras el primer compuesto es capaz de remover el componente inorgánico del diente, el otro puede ejercer acción sobre la porción

orgánica del mismo como el tejido pulpar y los microorganismos (Prado et al, 2013; Blank-Gonçalves et al, 2011).

Parte desde allí la iniciativa de utilizar a ambos compuestos juntos, pues a pesar de que no posea todas las características para ser llamada la sustancia ideal, en la actualidad, el hipoclorito de sodio se ha convertido en el irrigante de elección en la mayoría de tratamientos endodónticos, principalmente a altas concentraciones como lo son al 2,5% y al 5,25% (Jiménez-Chaves et al, 2013). Sin embargo, persiste la duda de si la falta de dichas propiedades puede influir en el éxito de una terapéutica en la que únicamente se manejó esta sustancia. Es conocido el hecho de que este compuesto es incapaz de remover el barro dentinario de la superficie de los conductos, lo cual concuerda con nuestro estudio, pues en muestras irrigadas únicamente con esta solución se ha podido visualizar una densa capa de barrillo dentinario.

Pese a que tenemos claro que el análisis microbiológico no fue uno de los objetivos de nuestro estudio, por la estrecha relación que existe entre el barrillo dentinario y la presencia bacteriana, se sugiere conservar a este compuesto dentro del conducto por un tiempo mínimo de 25 minutos, dentro del cual se ha comprobado que el hipoclorito puede ocasionar la desorganización del biofilm (Gudiño, 2013).

Siqueira et al. y Bhuva et al, discrepan con respecto al efecto bactericida del hipoclorito, debido a que en un estudio realizado por dichos autores, no hallaron diferencias en cuánto a la eliminación de bacterias entre grupos experimentales que emplearon sólo hipoclorito de sodio y otros que complementaron al mismo con ultrasonido (Gründling et al, 2011). Es por tal motivo que Siquiera et al. recomienda el que la irrigación sea abundante y con intercambio regular, pues de lo contrario se comprometería el efecto proteolítico de la sustancia, el cual depende de la cantidad de cloro disponible en el canal radicular. De no existir

suficiente cloro, es probable que la acción antimicrobial o la capacidad de disolución de tejidos se vea afectada, encontrando de tal manera bacterias presentes o restos de pulpa dentro del diente, aún después de haber efectuado la desinfección de los conductos con hipoclorito (Gudiño, 2013).

Baca et al. refiere por su parte, que en efecto este compuesto es bactericida, pero que su capacidad para eliminar microorganismos puede verse afectada por ejemplo, por el uso previo de un agente quelante, el cual produjo la disminución de esta propiedad (Baca et al, 2011). Otros aspectos importantes que influirán en la eficacia de este irrigante además del tiempo, son la concentración, la temperatura, las condiciones de almacenamiento del producto y la superficie de contacto con el diente (Vera et al, 2011).

Por otro lado se encuentra la clorhexidina, un agente antimicrobiano, considerado de amplio espectro, a pesar de que se ha comprobado que es más efectivo contra microorganismos gram-positivos que contra bacterias gram-negativas. Fue incluida dentro de nuestro estudio a causa de algunas de sus propiedades más relevantes: bactericida o bacteriostático y sustentividad; también está el hecho de corroborar su efecto sobre el barrillo dentinario (Moenne, 2013). Sin embargo, su acción frente a esta capa fue nula, por lo que fue elegida como el grupo control negativo.

Son varios los autores que cuestionan su capacidad de actuar como un antimicrobial, como Del Carpio-Perochena et al, quien afirma que la clorhexidina al 2% de concentración no genera ningún cambio visible en el biofilm y que además es significativamente inferior a cualquier solución de hipoclorito (Del Carpio-Perochena et al, 2011). Desde un punto de vista similar, Kayaoglu et al. (2011), compara a este antiséptico con el propóleo, una nueva opción como irrigante en endodoncia, cuya acción antimicrobiana se ha convertido en un tema controversial pues no todos los especialistas concuerdan con esta propiedad. El hallazgo de esta investigación fue la superioridad que la clorhexidina presentó al

ser el irrigante que produjo la mayor cantidad de reducción de colonias bacterianas, no obstante dentro del artículo no se menciona que alguna de las soluciones participantes haya sido capaz de eliminar completamente los microorganismos. (Kayaoglu et al, 2011). Por lo que algunos autores recomiendan en el caso de que la clorhexidina sea usada, se la emplee como la sustancia encargada del lavado final de las superficies, dado que su acción bacteriostática ha sido más notoria que su acción bactericida (Rôças & Siqueira, 2011; Leonardo, 2005).

Finalmente, una herramienta que ha revolucionado a la Odontología, especialmente a la Endodoncia: el ultrasonido. En sus inicios, su uso estaba confinado únicamente al área de Periodoncia, específicamente a la remoción de cálculos supra y subgingivales; empero no transcurrió mucho tiempo para encontrarle función en el campo endodóntico: remoción de pernos, retiro de instrumentos fracturados, eliminación de calcificaciones u obstrucciones radiculares e incluso obturación de los conductos radiculares, sin embargo el uso en el que nos enfocamos en esta investigación es la irrigación y desinfección ultrasónica (Padrón, 2006).

Autores como Van der Sluis et al. y Gutarts et al. refieren que la activación de los irrigantes mediante el uso del ultrasonido, genera mayor limpieza dentro de los canales radiculares debido a la producción de burbujas que posteriormente implosionan originando un incremento de la temperatura, misma que en el caso del Hipoclorito de sodio potencia su acción bactericida y la disolución de tejidos. Adicional a esto, la creación de microcorrientes desencadena el origen de un remolino, el mismo que puede causar la desintegración del biofilm y la capa de “smear layer” (Gudiño, 2013).

Sin embargo, mientras los antes mencionados autores sostienen que un ciclo de 1 minuto de activación ultrasónica es el tiempo adecuado para producir una

limpieza significativa del sistema de canales radiculares; nuestro estudio concuerda con los hallazgos de Ruddle (2007), quien sugiere que sean tres ciclos alternados de 20 segundos, de manera que la lima o la punta del ultrasonido no toque las paredes del conducto, pues de realizarse durante más tiempo, podría afectarse la cinemática del instrumento y por ende podrían presentarse alteraciones en los resultados o el mismo diente (Borro, Tomás & Díaz-Flores, 2010).

Pese a la existencia de artículos que respaldan la efectividad de la irrigación con sistemas de activación frente a la irrigación convencional con jeringas, a la cual se tacha de inefectiva, muchos otros estudios como por ejemplo el de Blank-Gonçalves, indica que los grupos experimentales de activación sónica y ultrasónica mostraron cultivos más limpios y mayor cantidad de túbulos dentinario abiertos, no obstante tanto estos sistemas como los sistemas convencionales fueron incapaces de remover el barrillo dentinario al 100% (Blank-Gonçalves et al, 2011).

Es así como nuestros resultados coinciden con los hallazgos de la investigación de Saber et al, quien indica que técnicas convencionales como la agitación manual dinámica (MDA) y la presión apical negativa (ANP) obtuvieron niveles más bajos de “smear layer”, mientras que la irrigación ultrasónica simultánea y la irrigación ultrasónica pasiva reportaron índices más altos de esta capa, lo que se traduce como la presencia significativa de barrillo dentinario. Se considera que los resultados de estos dos últimos grupos podrían deberse en parte a que la punta ultrasónica era relativamente pequeña, lo que impediría el intercambio de irrigantes en el tercio medio y apical, suceso que no ocurrió en las otras dos técnicas, puesto que ambas alcanzaron la longitud de trabajo. La potencia del ultrasonido, es otro aspecto a examinar, pues talvez fue bastante débil como para permitir una adecuada corriente acústica. Estas hipótesis encajarían con el estudio de Jiang et al, el cual encontró que la intensidad ultrasónica alta resulta en una

mayor amplitud de oscilación, lo que mejora a su vez la eficacia de limpieza de la irrigación ultrasónica (Saber et al, 2011).

Cabe aclarar que la irrigación ultrasónica pasiva es denominada de tal manera a causa del inserto que entra en contacto con el diente, mismo que no ocasiona alteraciones en la estructura dentaria pues se trata de una lima o punta no cortante; se le acuñó dicho nombre además, por ser una técnica de irrigación empleada una vez que se ha realizado la preparación biomecánica del conducto (post-instrumentación). En realidad, el término “*pasivo*” es incorrecto, pues sí se genera movimiento en la lima o punta ultrasónica, movimientos no producidos por la manipulación del operador, sino más bien propios del accionar del ultrasonido (Vera, Benavides, Moreno & Romero, 2012).

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. 1. Conclusiones:

Una vez que hemos podido examinar los resultados que arrojó el análisis estadístico de esta investigación, se puede concluir que:

- El grupo experimental en el que se empleó Ácido etilendiaminotetracético (EDTA) al 18% + Hipoclorito de Sodio (NaClO) al 5,25% complementado con activación ultrasónica durante 1 minuto, reportó tener los índices más bajos de barrillo dentinario (5%) dentro de los canales radiculares, mostrando una diferencia estadísticamente significativa, especialmente en el tercio apical; en comparación con el grupo irrigado únicamente con Hipoclorito de Sodio al 5,25% (82,1%) y el grupo control, en donde se hizo uso de Clorhexidina al 2%.
- En el tercio medio, el grupo conformado por EDTA al 18% + NaClO al 5,25% activado con ultrasonido, resultó de igual manera ser más eficaz en la remoción del barro dentinario frente a los otros dos grupos experimentales, sin embargo no hubo una diferencia estadísticamente significativa.
- Se estima que la eliminación de la capa residual no fue del 100% debido a que el tiempo de irrigación con EDTA no fue el suficiente, al igual que el ciclo en el que fue aplicado el ultrasonido. Además no se realizó un lavado final con alguna otra solución.
- Actualmente no existe aún un irrigante que por si solo reúna todas las propiedades que se requieren para obtener conductos radiculares totalmente limpios y libres de barrillo dentinario, por lo que es necesaria la combinación de sustancias tales como el Hipoclorito de Sodio y el Ácido Etilendiaminotetracético.

6. 2. Recomendaciones:

- Según los resultados que arrojó el estudio y la recomendación de algunos autores, se propone la aplicación y permanencia del EDTA dentro del canal durante 3 minutos como máximo, de esta manera se estima incrementará su capacidad de remoción de barrillo dentinario y a la vez, se evitará el riesgo de erosión en las superficies dentinarias, el cual aumenta mientras mayor sea el tiempo que el agente se mantenga en él. Sin embargo, sugerimos al igual que Leonardo que en lugar de realizar 1 aplicación de 3 minutos, se efectúen de entre 3 a 5 aplicaciones con el mismo tiempo de duración cada una, acrecentando aún más la propiedad antes mencionada.
- Otra alternativa viable podría ser el optar por un quelante distinto como el ácido cítrico, el cual aplicado al mismo tiempo que el EDTA ha reportado tener óptimos resultados.
- Se aconseja realizar la activación del irrigante por 3 períodos cortos de 20 segundos, en lugar de 1 período largo de 1 minuto, así se previene el rozar la punta o lima del ultrasonido contra el diente, interrumpiendo así su acción.
- Se recomienda tanto en sistemas de irrigación convencional como en sistemas de activación sónica y ultrasónica el que el instrumento o inserto e incluso las agujas que depositan los irrigantes sean colocadas lo más apical posible, tratando de alcanzar la longitud de trabajo en su totalidad, sólo de esta forma las soluciones podrán acceder y cumplir su función en el tercio apical.
- Realizar el lavado final con una sustancia que pueda actuar como un detergente, solo así nos podremos asegurar de que el barrillo dentinario salga, una vez que se haya hecho uso del quelante, pues esta última solución irrigante hará el papel de vehículo para expulsar dicho contenido del conducto. Adicional a esto, si posee acción bactericida es el momento ideal para ejercer la misma.

CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA

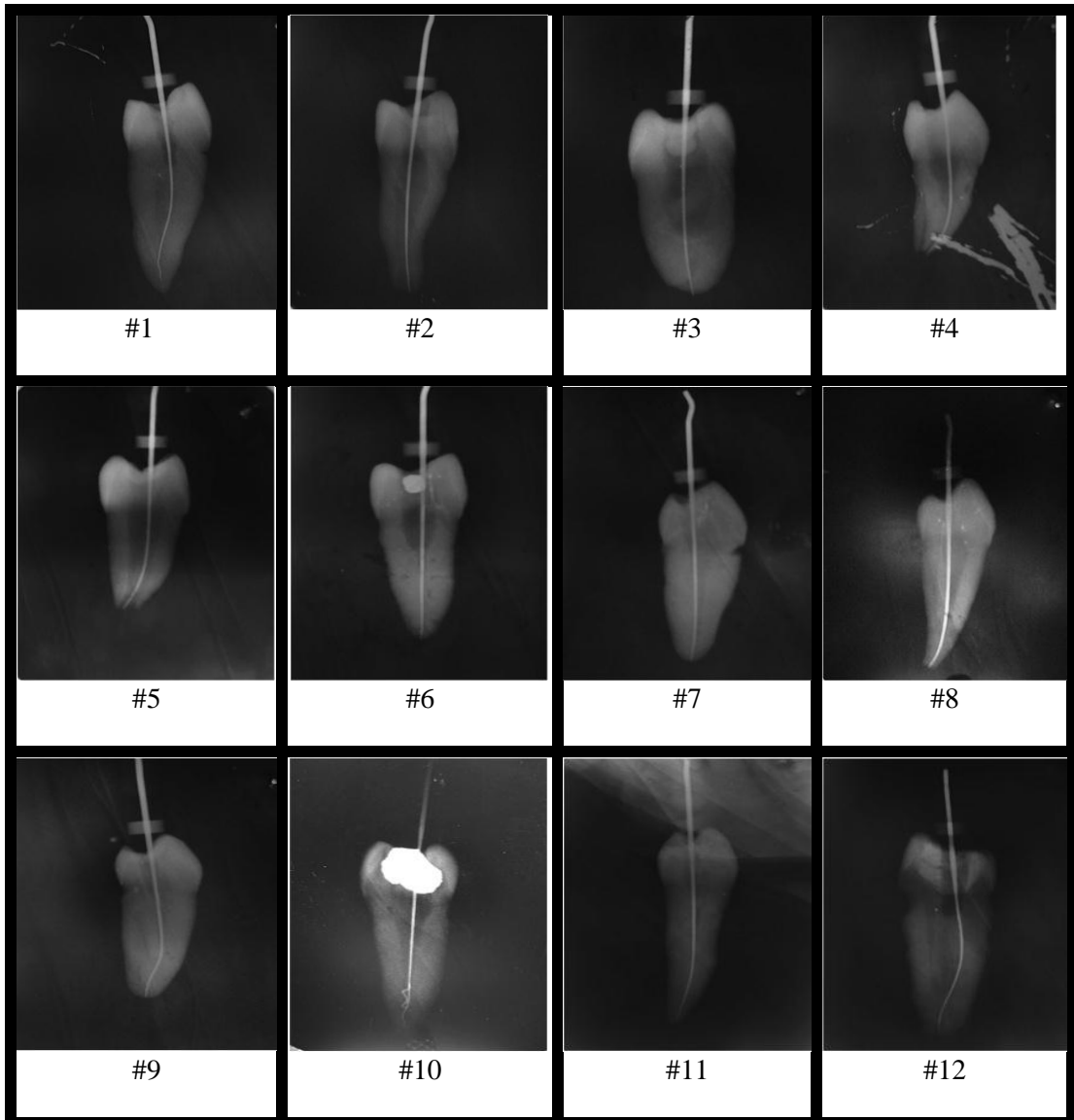
- Alves, FR., Almeida, BM., Neves, MA., Moreno, JO., Rôças, IN. & Siqueira, JF Jr. (2011). Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. *Journal of Endodontics*, 37(4), pp.497-499-500. doi: 10.1016/j.joen.2010.12.008. Epub 2011 Feb 25.
- Baca, P., Junco, P., Arias-Moliz, MT., González-Rodríguez, MP. & Ferrer-Luque, CM. (2011). Residual and antimicrobial activity of final irrigation protocols on *Enterococcus faecalis* biofilm in dentin. *Journal of Endodontics*, 37(3), pp. 363-365-366. doi: 10.1016/j.joen.2010.11.036.
- Baca, P., Mendoza-Llamas, ML., Arias-Moliz, MT., González-Rodríguez, MP. & Ferrer-Luque, CM. (2011). Residual effectiveness of final irrigation regimens on *Enterococcus faecalis*-infected root canals. *Journal of Endodontics*, 37(8), p.1121. doi: 10.1016/j.joen.2011.05.003.
- Balandrano, F. (2007). Soluciones para irrigación en endodoncia: hipoclorito de sodio y gluconato de clorhexidina. *Revista Científica Odontológica. CCDCR*, 3(1), pp. 11-12.
- Basantes, J. (Fotógrafo). 2013. *Colocación de muestras en Microscopio electrónico de barrido*. (Fotografía).
- Blank-Gonçalves, LM., Nabeshima, CK., Martins, GH. & Machado, ME. (2011). Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *Journal of Endodontics*, 37(9), pp. 1268-1270.
- Bobbio, S. (2009). Soluciones irrigantes en Endodoncia. Tesis de grado para la obtención del título de Cirujano Dentista. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú.
- Borro, I., Tomás, B. & Díaz-Flores, V. (2010). Estudio in vitro con Microscopio Electrónico de Barrido de distintos métodos de activación de soluciones irrigantes. *Revista Científica Dental*, 7(1), p.50.
- Calderón, BM., Loeza, MA., Ruiz, H., Morán, G., Gómez, MA. & Rodríguez, G. (2013). Análisis fisicoquímico de la interacción hipoclorito de sodio y clorhexidina. *Rev. Odontología actual*, 10(127), pp. 22-23.
- Cohen, S. & Burns, RC. (2002). *Vías de la pulpa*. Madrid, España: Elsevier Science.
- De Assis, D., Prado, MD. & Simão, RA. (2011). Evaluation of the interaction between endodontic sealers and dentin treated with different irrigant solutions. *Journal of Endodontics*, 37(11), p. 1551. doi: 10.1016/j.joen.2011.08.014. Epub 2011 Sep 15.
- Del Carpio-Perochena, AE., Bramante, CM., Duarte, MA., Cavenago, BC., Villas-Boas, MH., Graeff, MS.,... Ordinola-Zapata, R. (2011). Biofilm dissolution and cleaning ability of different irrigant solutions on intraorally infected dentin. *Journal of Endodontics*, 37(8), p.1136. doi: 10.1016/j.joen.2011.04.013. Epub 2011 May 28.
- Gründling, GL., Zechin, JG., Jardim, WM., De Oliveira, SD. & Figueiredo, JA. (2011). Effect of ultrasonics on *Enterococcus faecalis* biofilm in a bovine

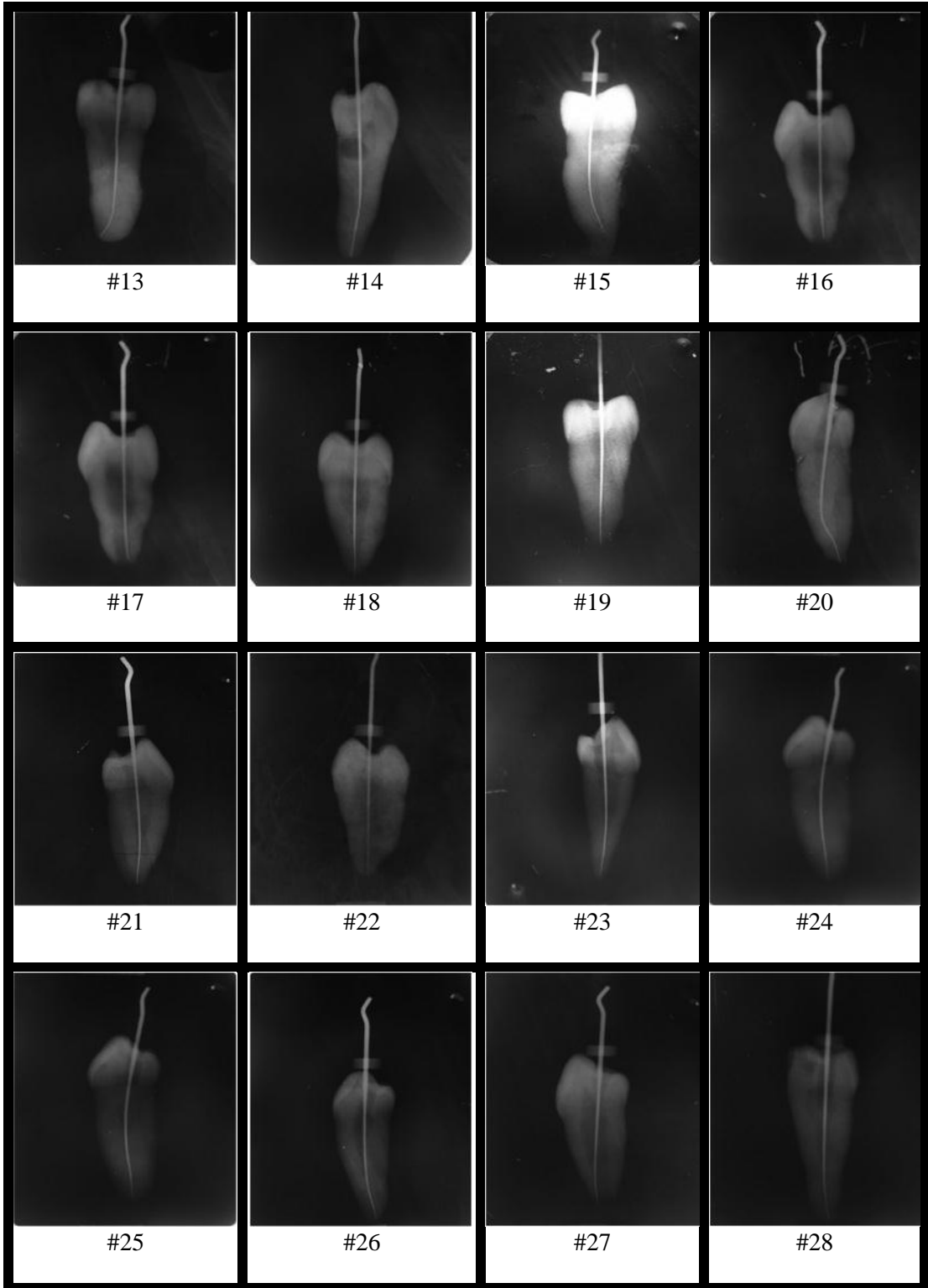
- tooth model. *Journal of Endodontics*, 37(8), p.1128. doi: 10.1016/j.joen.2011.05.006. Epub 2011 Jun 23.
- Gudiño, C. (2013). Estudio experimental comparativo in vitro de la eliminación del barrillo dentinario en el tercio apical entre Qmix y EDTA 17% con activación ultrasónica pasiva. Tesis de grado para la obtención del título de Especialista en Endodoncia. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
 - Guillén, R., Armas, AC. & Castrillón. (2012). Evaluación in vitro del grado de susceptibilidad de la Cándida Albicans a cuatro soluciones irrigantes usadas comúnmente en Endodoncia. *Academia Internacional de Odontología Integral*, 22(1), p.3.
 - Hernández, E., Riobobos, MF. & Mena, J. (2013). Aplicaciones del Ultrasonido en Endodoncia. *Rev. Cient. Dent*, 10(1), pp.8-9-10.:
 - Jiang, LM., Hoogenkamp, MA., Van der Sluis, LW., Wesselink, PR., Crielaard, W. & Deng, DM. (2011). Resazurin metabolism assay for root canal disinfectant evaluation on dual-species biofilms. *Journal of Endodontics*, 37(1), pp. 31-34. doi: 10.1016/j.joen.2010.09.007. Epub 2010 Nov 12.
 - Jiang, LM., Verhaagen, B., Versluis, M., Langedijk, J., Wesselink, P. & Van der Sluis, LW. (2011). The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *Journal of Endodontics*, 37(5), p. 692. doi: 10.1016/j.joen.2011.02.004. Epub 2011 Mar 22.
 - Jiménez-Chávez, V., Labarta, AB., Gualtieri, A. & Sierra, LG. (2013). Evaluación de la remoción del barro dentinario al utilizar Ácido Cítrico al 10% y RC-Prep como soluciones irrigantes. Estudio con Microscopio Electrónico de Barrido. *Revista Científica Odontológica*, 9(1), p. 34.
 - Kayaoglu, G., Ömürlü, H., Akca, G., Gürel, M., Gençay, Ö., Sorkun, K. & Salih, B. (2011). Antibacterial activity of Propolis versus conventional endodontic disinfectants against *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 37(5), pp. 376-380. doi: 10.1016/j.joen.2010.11.024. Epub 2011 Jan 8.
 - Leonardo, M. (2005). Tratamiento de conductos radiculares: principios técnicos y biológicos. Volumen I, São Paulo, Brasil: Artes Médicas.
 - Massó, ML., Maugard, J. & Montiel, P. (2007). Evaluación In Vitro de la Desinfección de Conductos Radiculares mediante el uso del Sistema Endox en comparación con la Preparación Biomecánica Convencional. Tesis de grado para optar al título de Cirujano Dentista. Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.
 - Mendoza, D., Monar, J. & Sandoval, F. (2013). Estudio comparativo in vitro de remoción de barrillo dentinario con MTAD y EDTA al 17% en conductos radiculares instrumentados con técnica Protaper. *Academia Internacional de Odontología Integral*, 25(6), pp. 32-35.
 - Moenne, I. (2013). Dinámica de los irrigantes. Tesis de grado para optar al título de Cirujano Dentista. Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.
 - Padrón, EJ. (2006). Ultrasonido en Endodoncia. junio 18, 2014, de Carlos Boveda
 Sitio web:
http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvita do_50.htm
 - Pérez de Arce, C., Rodríguez, O. & Echeverri, D (2014). Activación sónica versus ultrasónica de EDTA al 10% para remoción de barrillo dentinario en el tercio apical del canal radicular. *Int. J. Odontostomat.*, 8 (1):154-156-157.

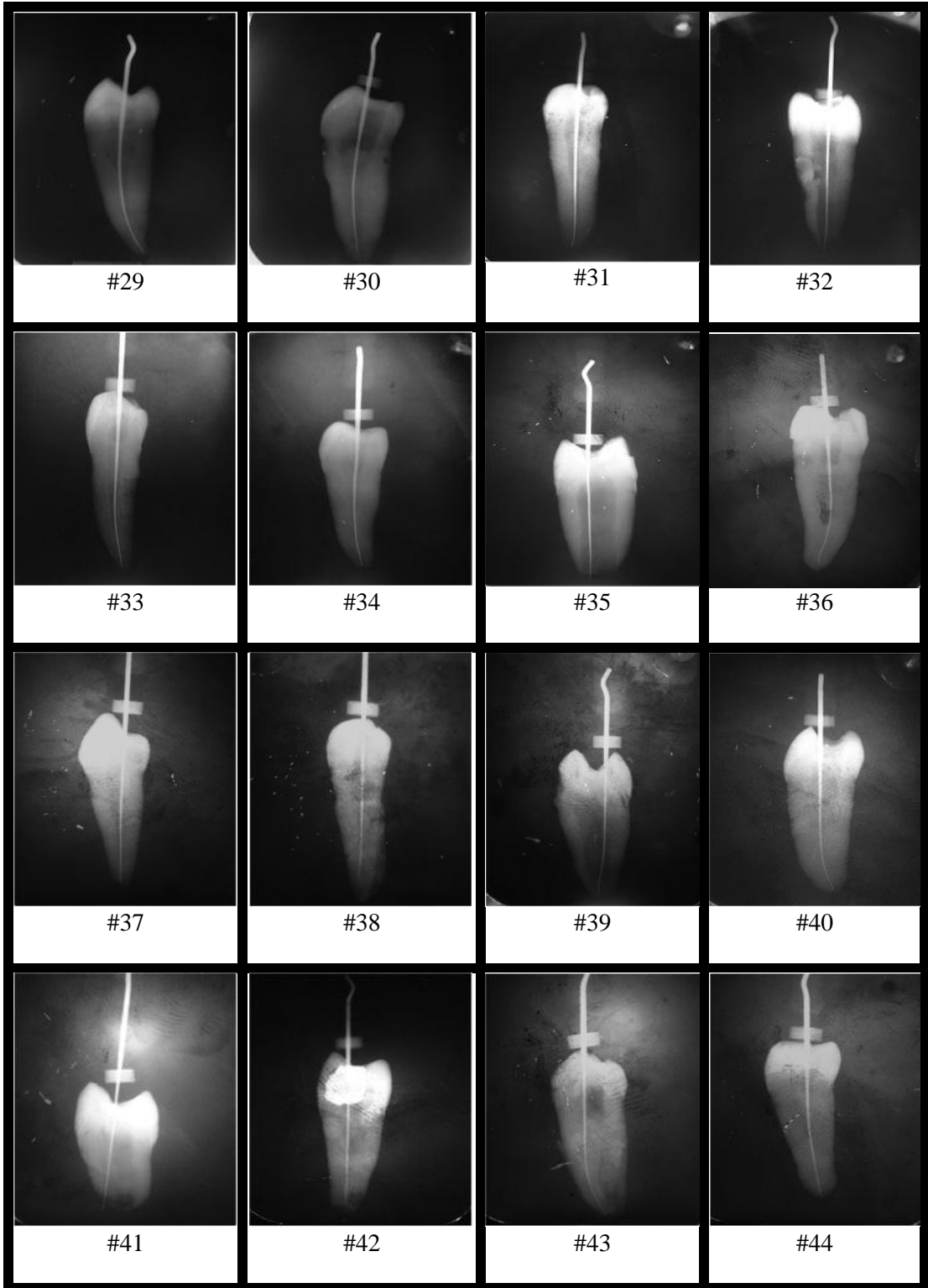
- Prado, M., Gusman, H., Gomes, BP. & Simão, R. (2011). Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *Journal of Endodontics*, 37(2), p.255-257. doi: 10.1016/j.joen.2010.11.011.
- Rangel, P. (1999). Una alternativa de irrigación en los tratamientos de conductos: hidróxido de sodio. Tesis de Maestría en Ciencias Odontológicas con especialidad en Endodoncia. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Rôças, IN. & Siqueira, JF Jr. (2011). Comparison of the in vivo antimicrobial effectiveness of sodium hypochlorite and chlorhexidine used as root canal irrigants: a molecular microbiology study. *Journal of Endodontics*, 37(2), p.148. doi: 10.1016/j.joen.2010.11.006.
- Saber, Sel-D. & Hashem, AA. (2011). Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *Journal of Endodontics*, 37(9), p. 1272. doi: 10.1016/j.joen.2011.06.007. Epub 2011 Jul 16.
- Shen, Y., Stojicic, S. & Haapasalo, M. (2011). Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. *Journal of Endodontics*, 37(5), pp. 658-660. doi: 10.1016/j.joen.2011.02.007. Epub 2011 Mar 23.
- Soares, IJ. & Goldberg, F. (2002). Endodoncia: técnicas y fundamentos, Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- Torabinejad, M. & Walton, RE. (2010). Endodoncia: principios y práctica. Barcelona, España: Elsevier Saunders.
- Vera, J., Arias, A. & Romero, M. (2011). Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical third of root canals when using passive ultrasonic irrigation: an in vivo study. *Journal of Endodontics*, 37(9), pp. 1277-1278. doi: 10.1016/j.joen.2011.05.042. Epub 2011 Jul 16.
- Vera, J., Benavides, M., Moreno, E. & Romero, M. (2012). Conceptos y técnicas actuales en la irrigación endodóntica. *Endodoncia*, 30(1), p.38.
- Villa, L. (2012). Irrigación en Endodoncia. Tesis de Maestría en Medicina Dental. Universidad Fernando Pessoa, Porto, Brasil.

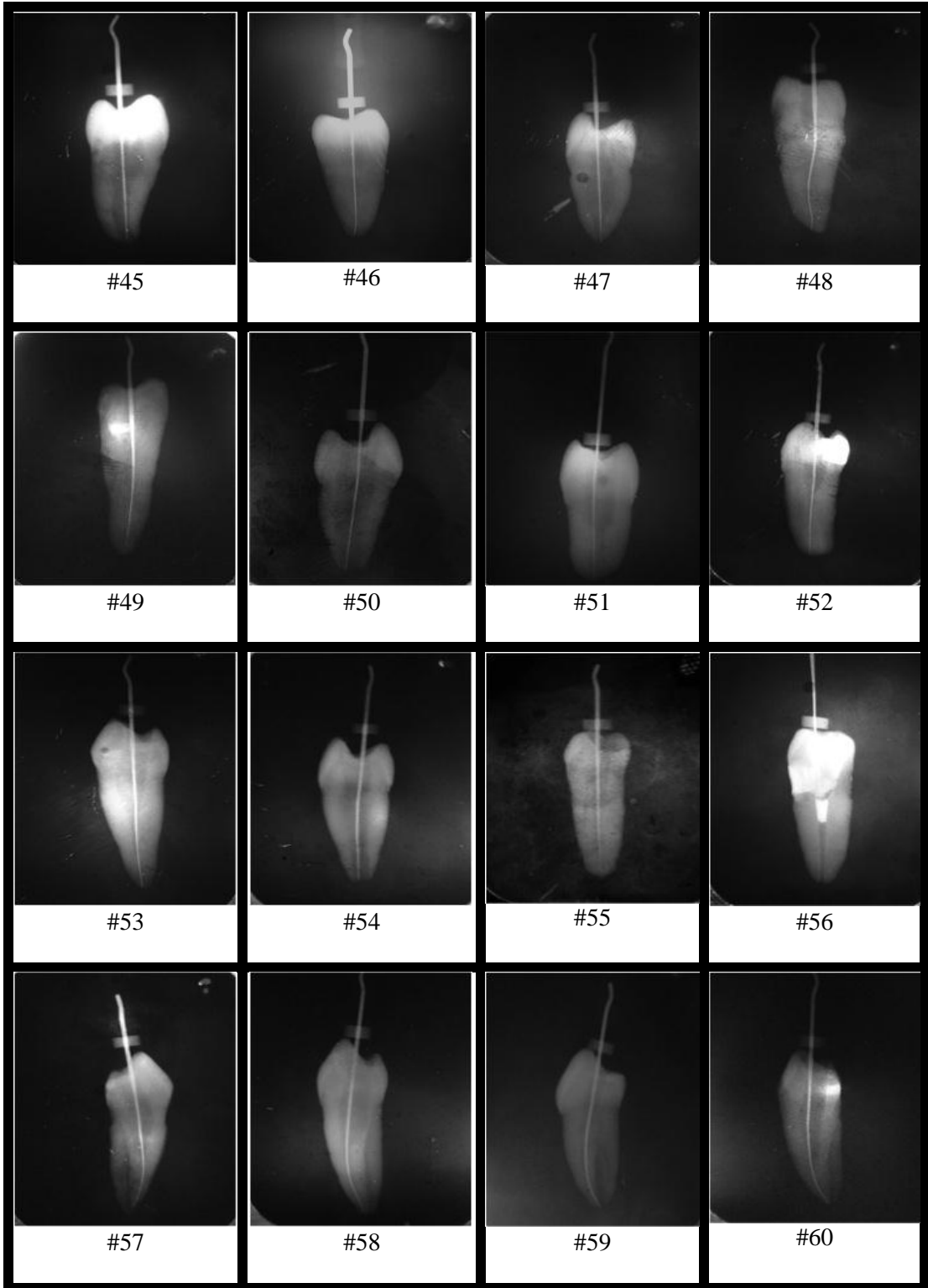
ANEXOS

8. 1. *Radiografías Periapicales del Universo*

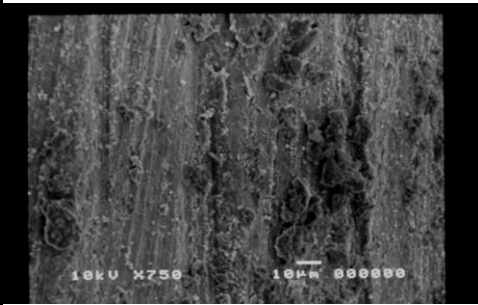
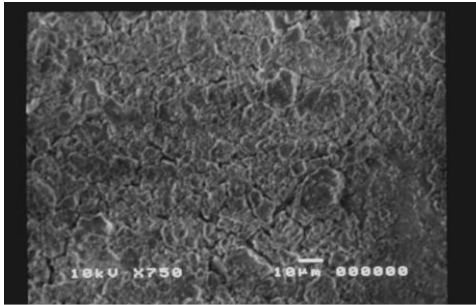
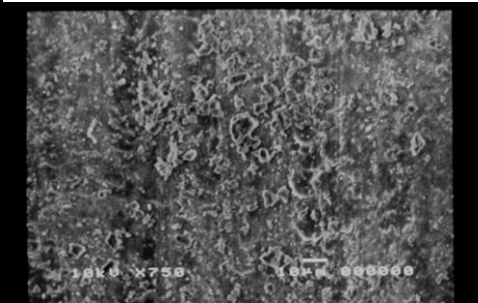
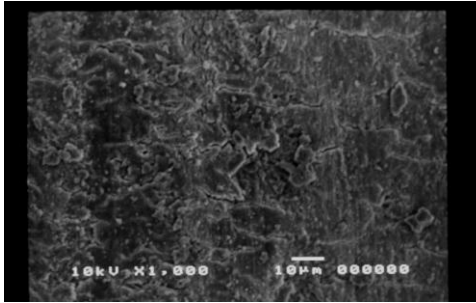
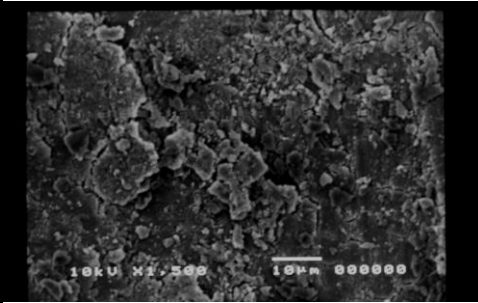
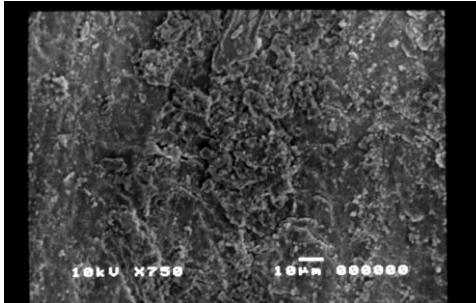


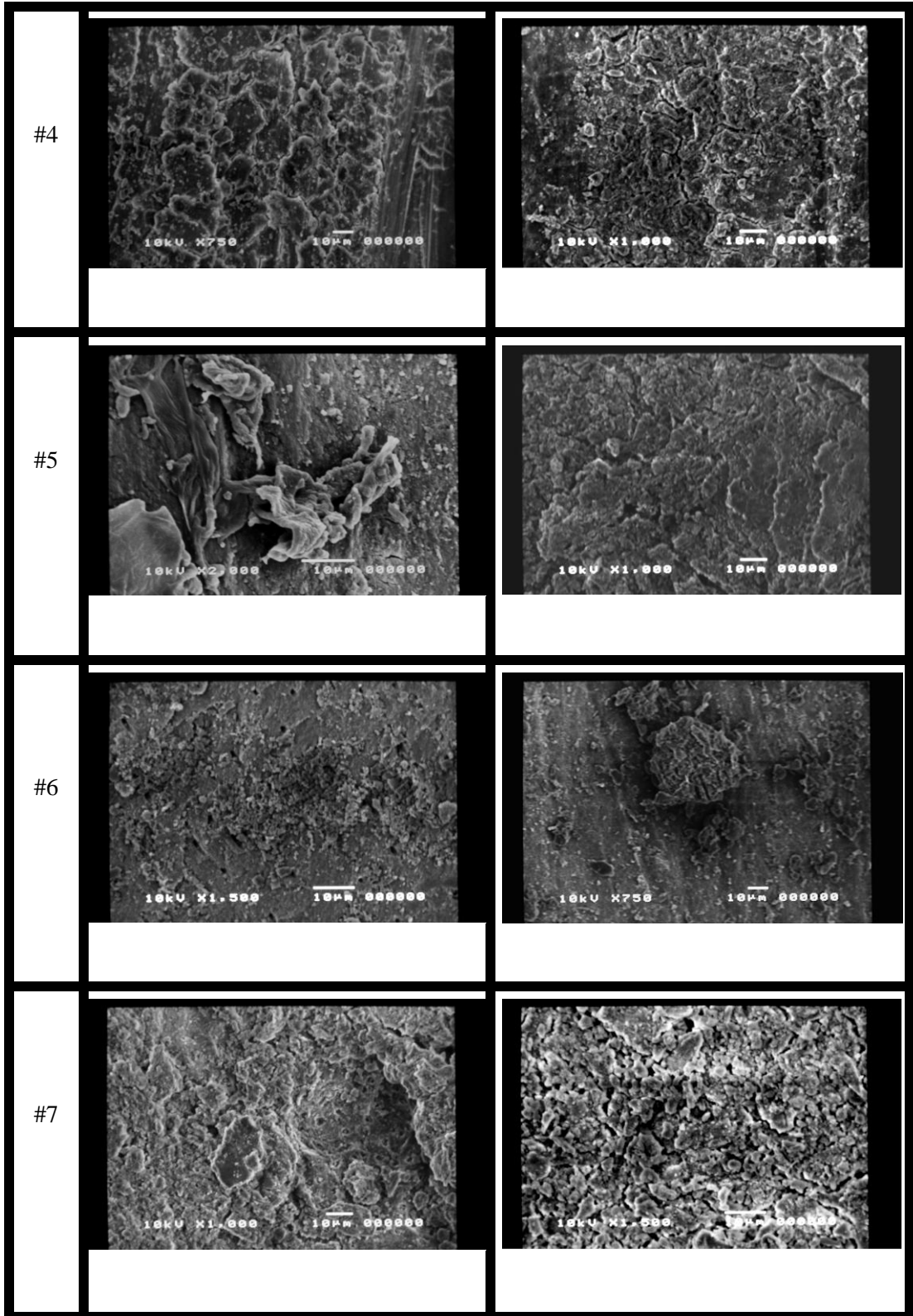


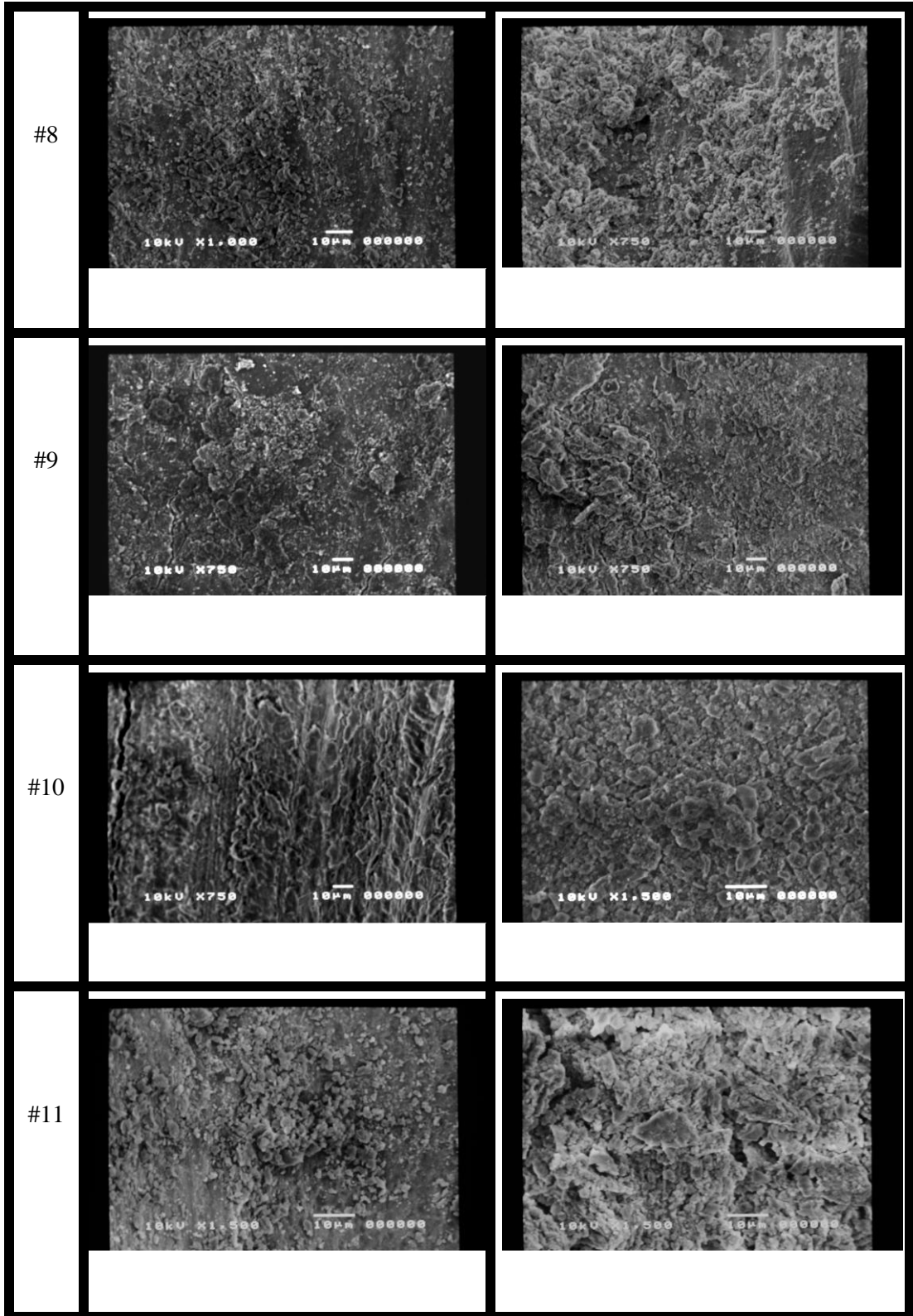


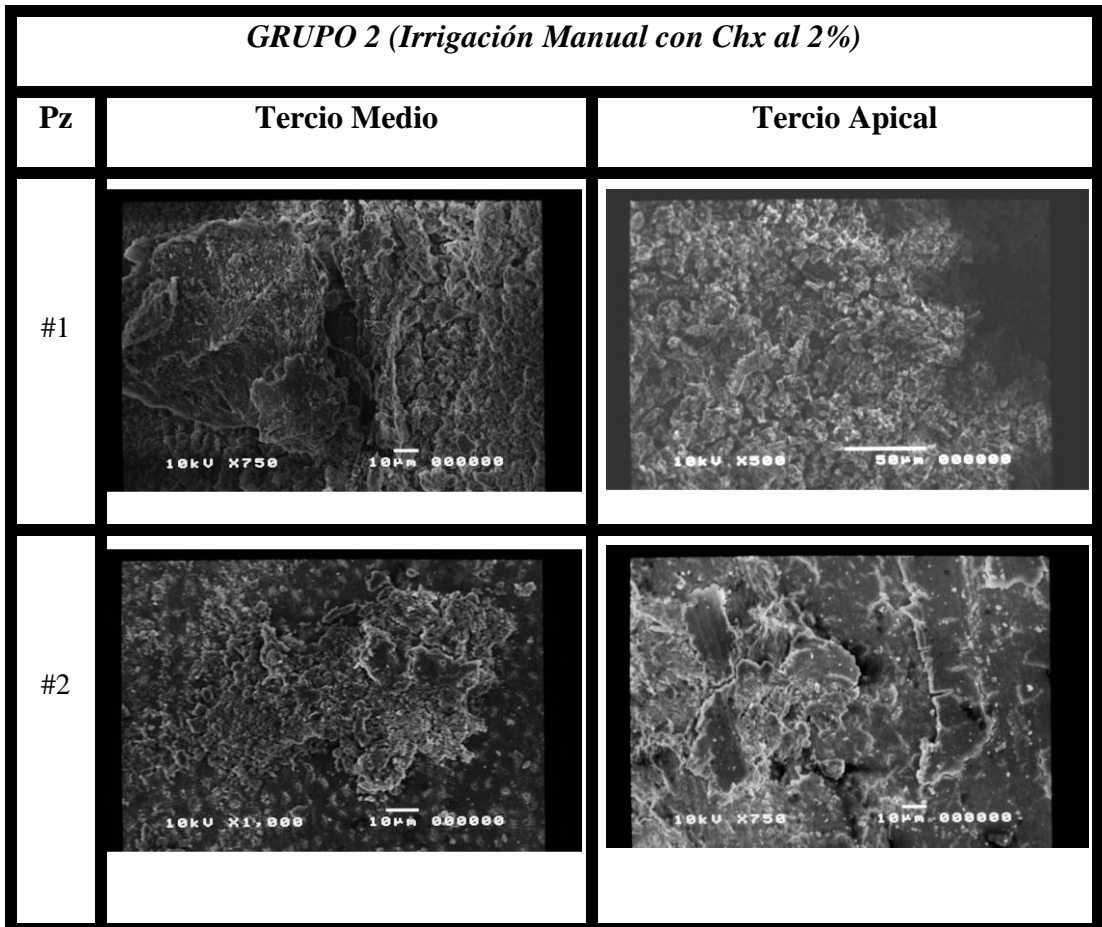
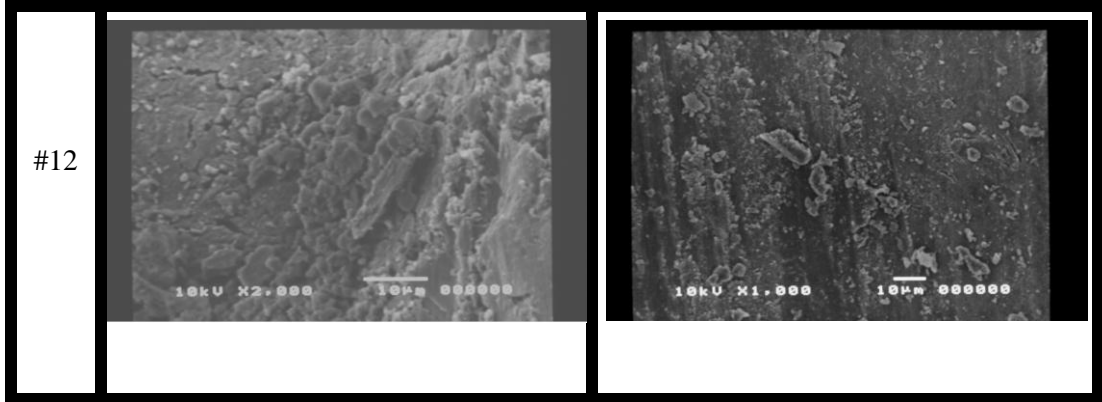


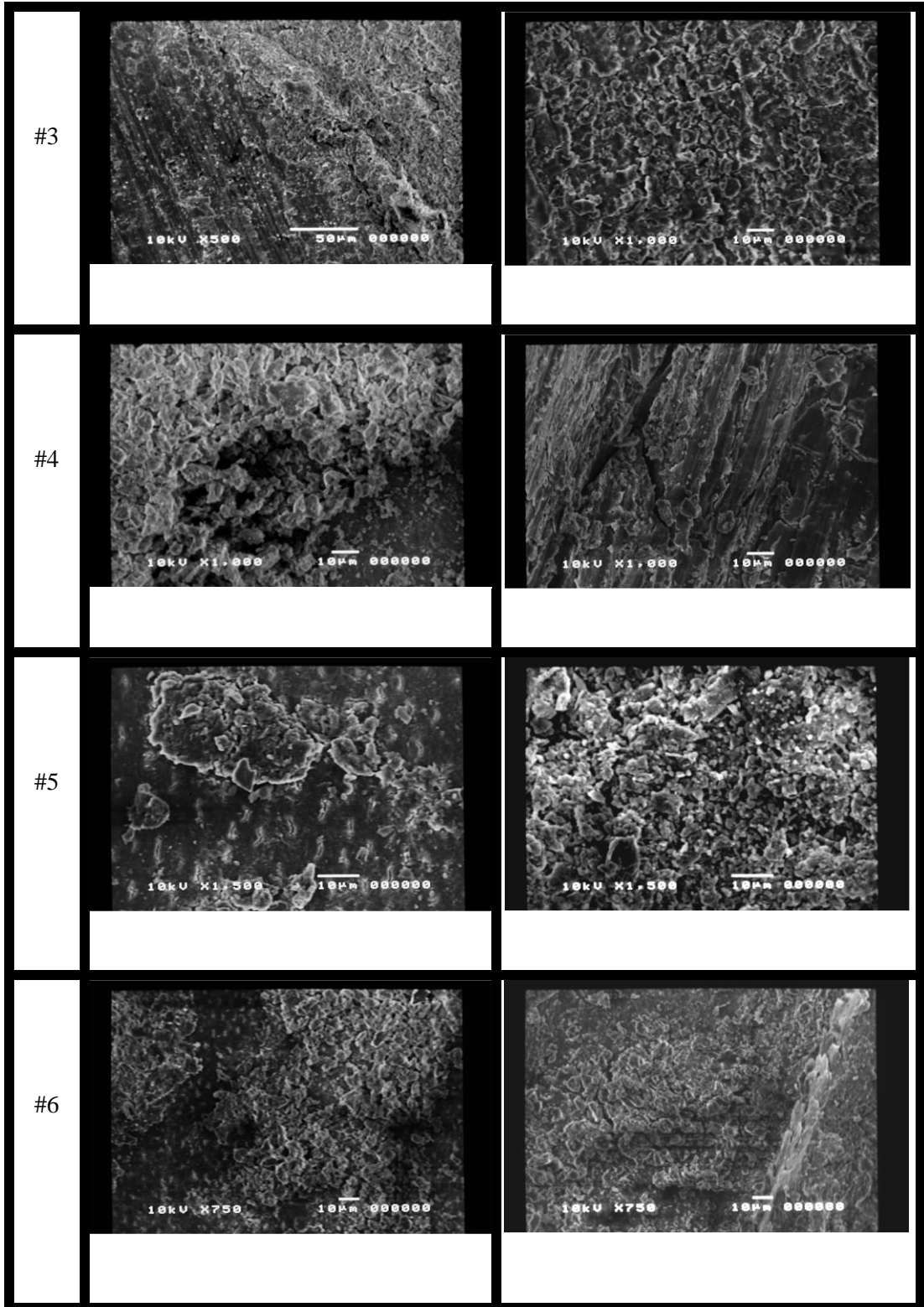
8.2. Microfotografías Seleccionadas del Tercio Medio y Tercio Apical de la Muestra

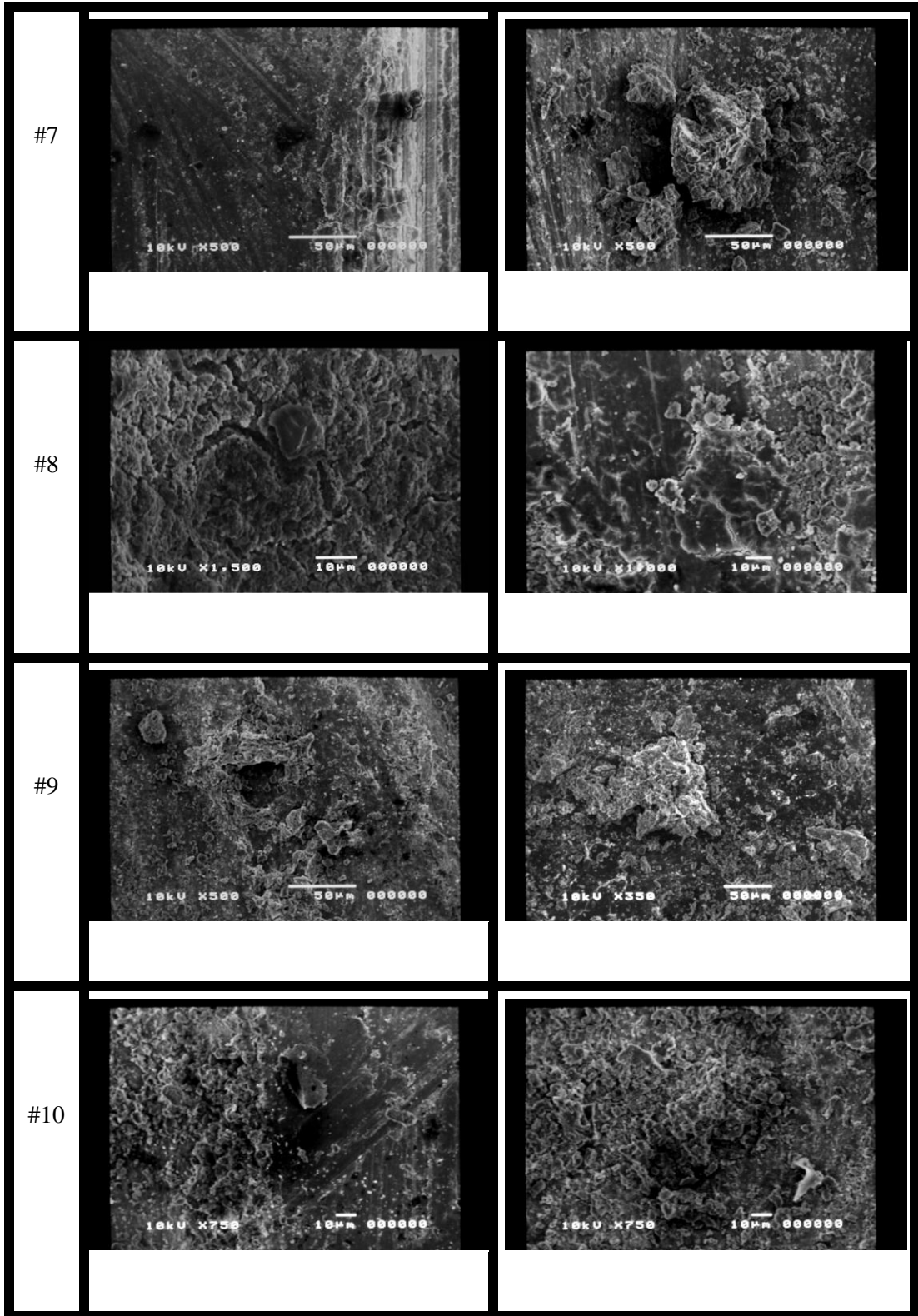
| <i>GRUPO 1 (Irrigación Manual con NaClO al 5,25%)</i> | | |
|---|---|--|
| Pz | Tercio Medio | Tercio Apical |
| #1 |  |  |
| #2 |  |  |
| #3 |  |  |

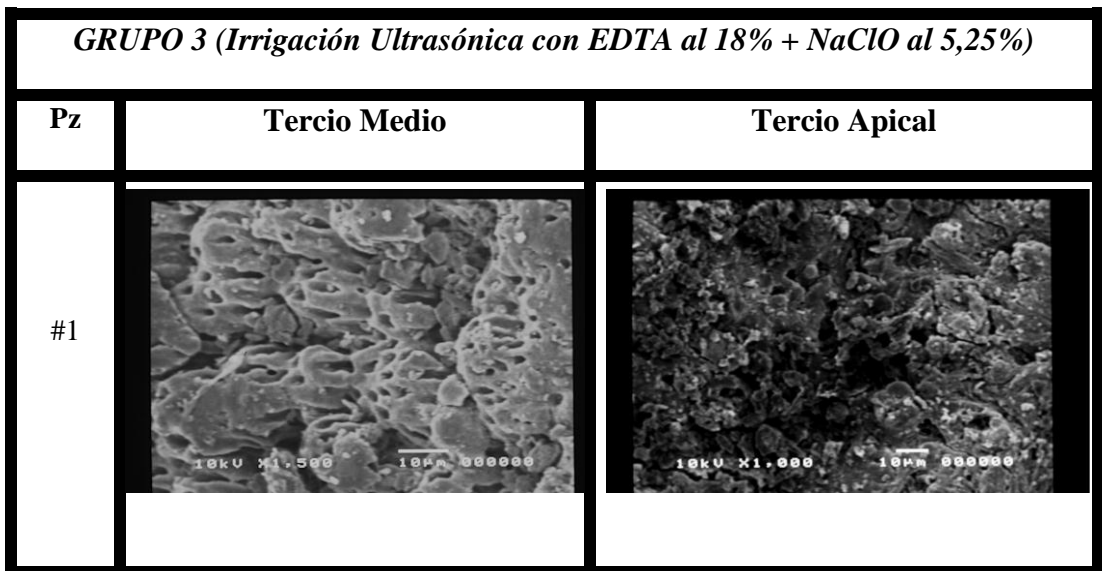
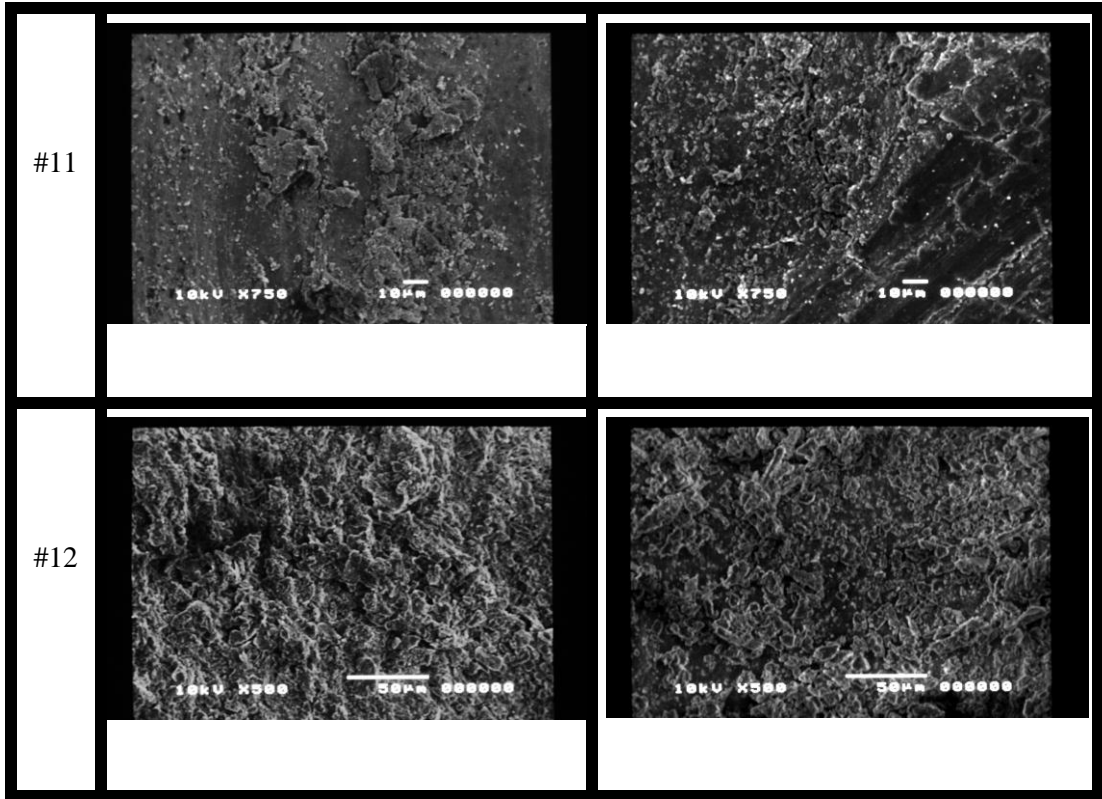


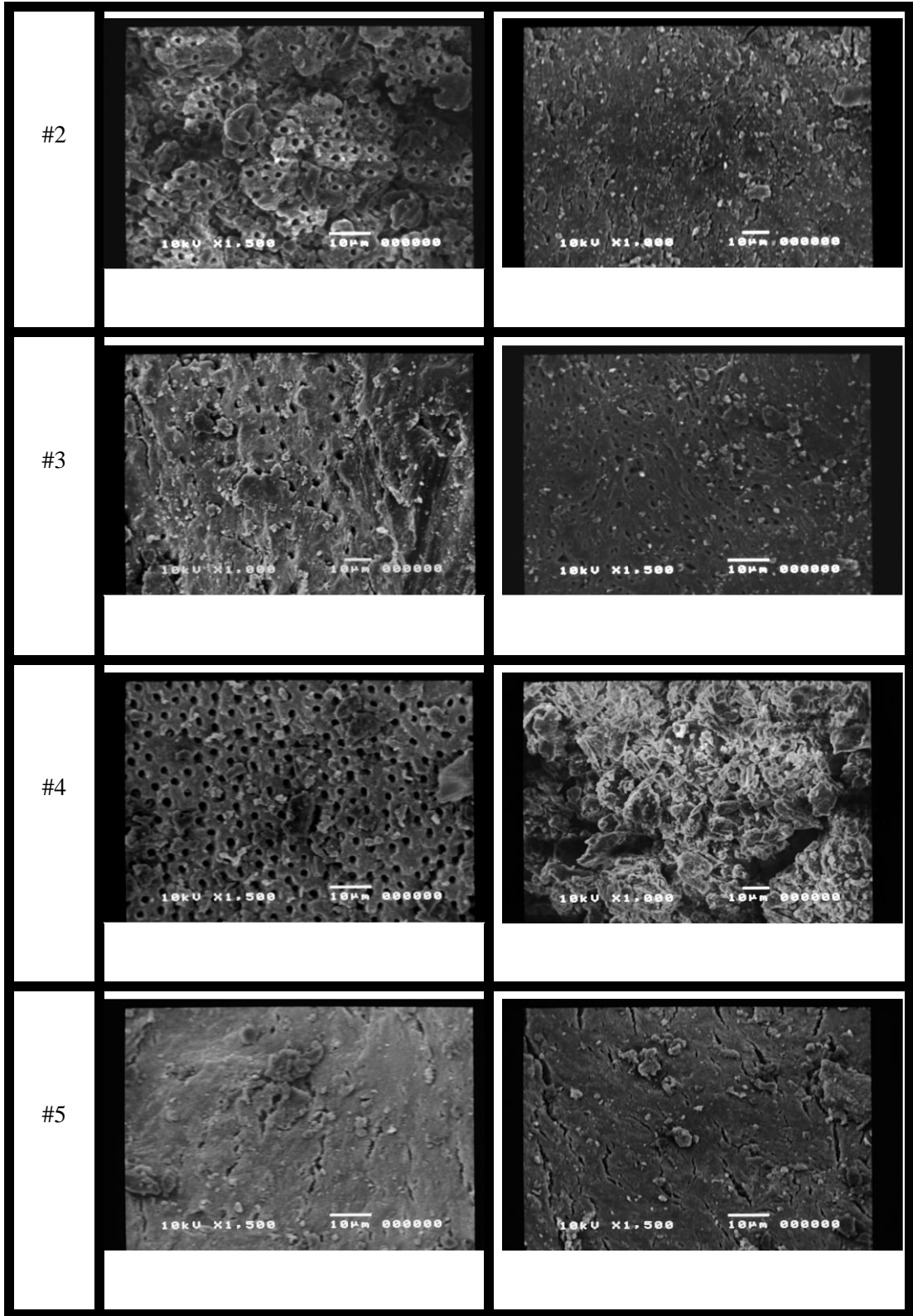


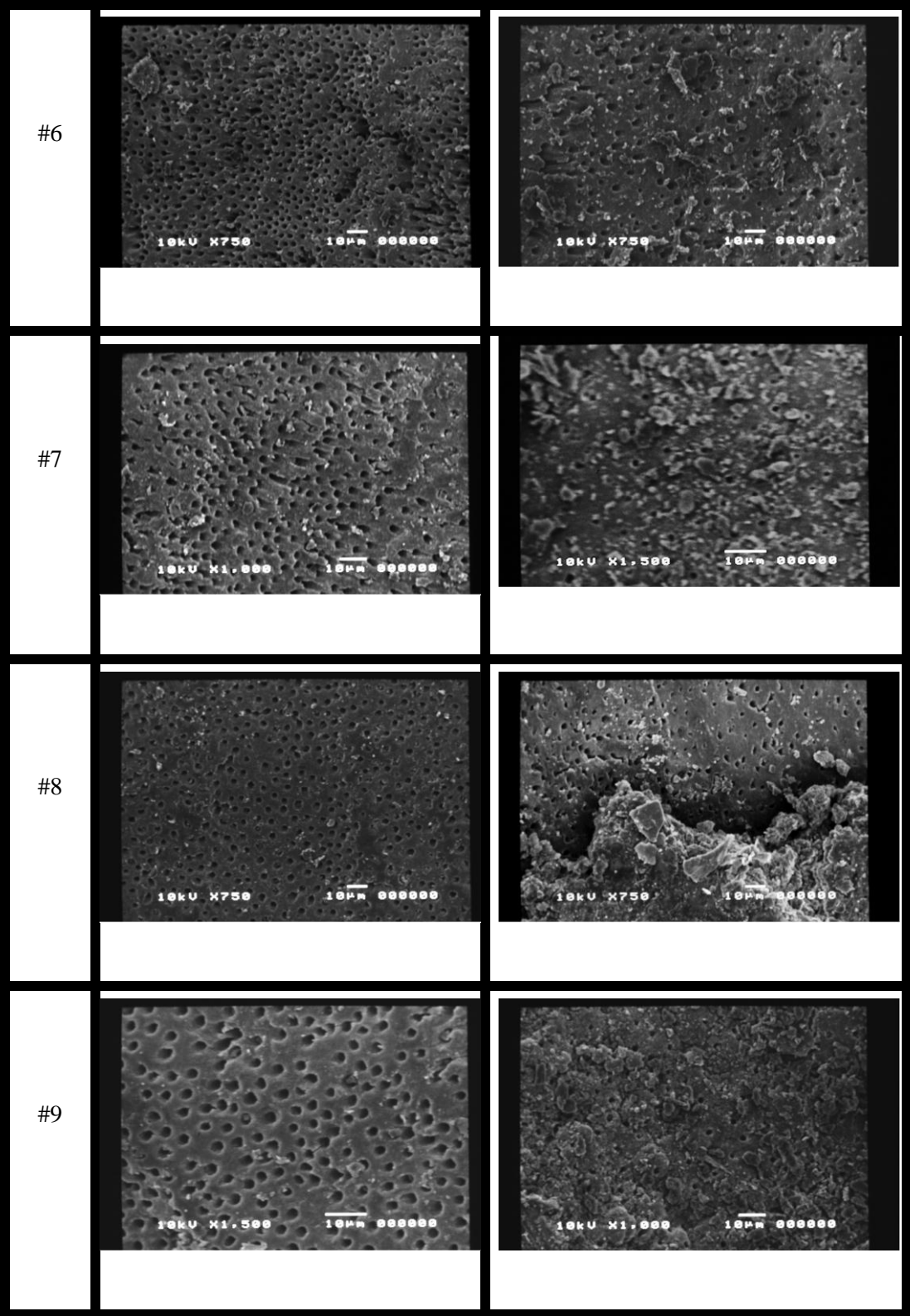


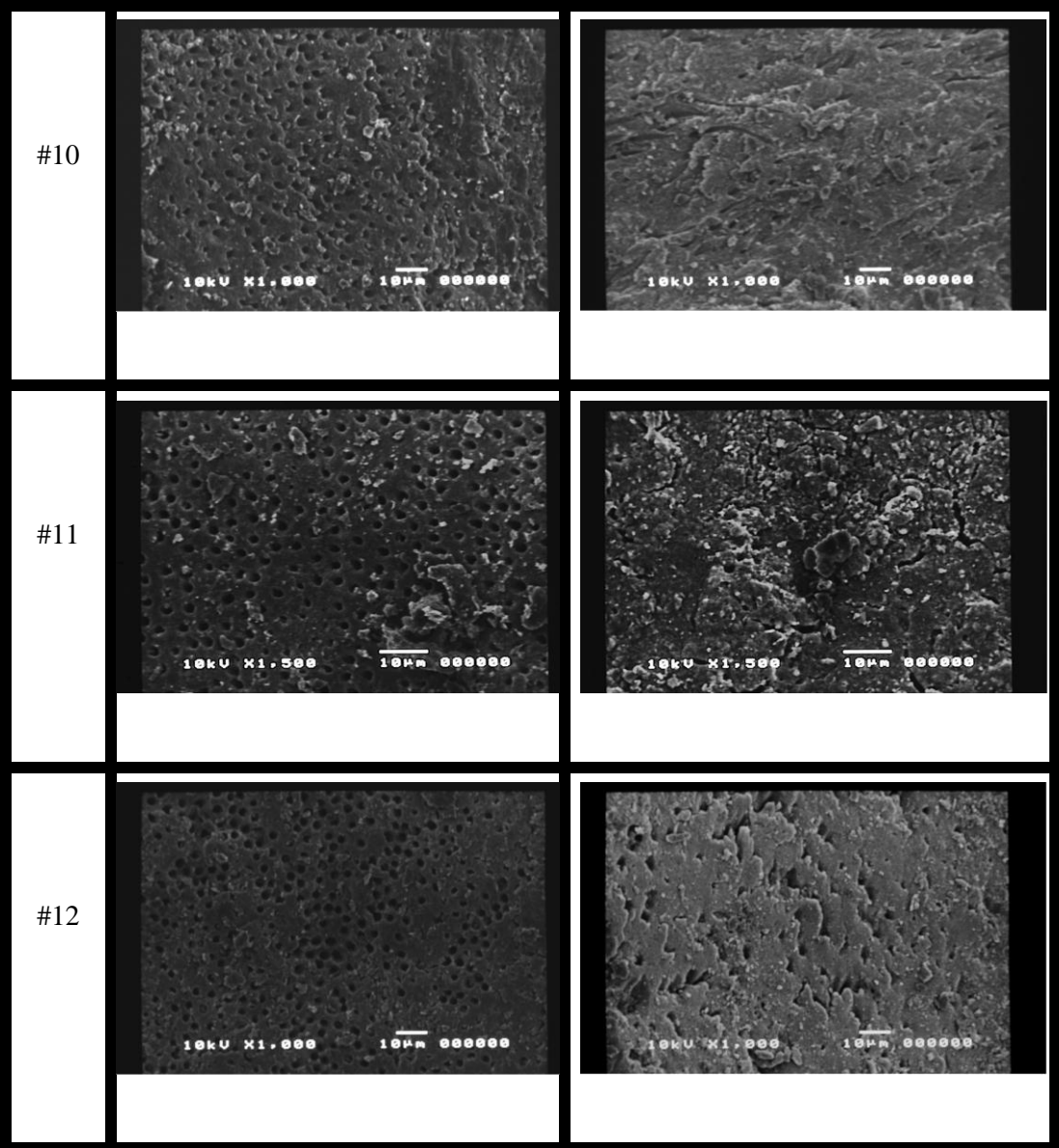












8.3. Tablas de puntuaciones obtenidas a partir de la calificación que los observadores les dieron a las microfotografías

| OBSERVADOR #1 | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---|----------|----------|----------|
| GRUPO | DIENTE | TERCIO | ESCALA DE ROME (ELIMINACIÓN SMEAR-LAYER) | | | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| GRUPO #1 (Hipoclorito de sodio al 5,25% sin activación ultrasónica) | #1 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #2 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | X | | |
| | #3 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | X | | |
| | #4 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #5 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | X | |
| | #6 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #7 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #8 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #9 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #10 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #11 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #12 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |

| | | | | | | | |
|--|-----|--------|---|---|--|---|---|
| GRUPO #2 (Clohexidina al 2% sin activación ultrasónica) (GRUPO CONTROL) | #13 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #14 | Medio | | | | | X |
| | | Apical | | | | X | |
| | #15 | Medio | | | | | X |
| | | Apical | | | | X | |
| | #16 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #17 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #18 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | X | |
| | #19 | Medio | | | | | X |
| | | Apical | | | | X | |
| | #20 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #21 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #22 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | X | |
| | #23 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | X | |
| | #24 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | X | |
| GRUPO #3 (Hipoclorito de sodio al 5,25%, EDTA al 17% con activación ultrasónica) | #25 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | X | |
| | #26 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #27 | Medio | | X | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #28 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | | | X | |
| | #29 | Medio | | | | | X |
| | | Apical | | | | X | |
| | #30 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #31 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #32 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #33 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #34 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #35 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | | | X | |
| | #36 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | | | X | |

| OBSERVADOR #2 | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---|----------|----------|----------|
| GRUPO | DIENTE | TERCIO | ESCALA DE ROME (ELIMINACIÓN SMEAR-LAYER) | | | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| GRUPO #1 (Hipoclorito de sodio al 5,25% sin activación ultrasónica) | #1 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #2 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #3 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #4 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #5 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #6 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #7 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #8 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #9 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #10 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #11 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #12 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| GRUPO #2 (Clorhexidina al 2% sin activación ultrasónica) (GRUPO CONTROL) | #13 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #14 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #15 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #16 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #17 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #18 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #19 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #20 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #21 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #22 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #23 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #24 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |

| | | | | | | |
|--|-----|--------|---|---|---|---|
| GRUPO #3 (Hipoclorito de sodio al 5,25%, EDTA al 17% con activación ultrasónica) | #25 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #26 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #27 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | X | |
| | #28 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | | X |
| | #29 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #30 | Medio | X | | | |
| | | Apical | | X | | |
| | #31 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | X | |
| | #32 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | X | |
| | #33 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | X | |
| | #34 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | | X |
| | #35 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | | X |
| | #36 | Medio | X | | | |
| | | Apical | | | X | |

| OBSERVADOR #3 | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---|----------|----------|----------|
| GRUPO | DIENTE | TERCIO | ESCALA DE ROME (ELIMINACION SMEAR-LAYER) | | | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| GRUPO #1 (Hipoclorito de sodio al 5,25% sin activación ultrasónica) | #1 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #2 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #3 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #4 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #5 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #6 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #7 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #8 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #9 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | X | |
| | #10 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #11 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | X | |
| | #12 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| GRUPO #2 (Clorhexidina al 2% sin activación ultrasónica) (GRUPO CONTROL) | #13 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #14 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #15 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #16 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #17 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #18 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | | X |
| | #19 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #20 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #21 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #22 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #23 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #24 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |

| | | | | | | | |
|--|-----|--------|---|---|--|---|---|
| GRUPO #3 (Hipoclorito de sodio al 5,25%, EDTA al 17% con activación ultrasónica) | #25 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #26 | Medio | | X | | | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #27 | Medio | | X | | | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #28 | Medio | | X | | | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #29 | Medio | | | | | X |
| | | Apical | | | | | X |
| | #30 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #31 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | X | |
| | #32 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #33 | Medio | X | | | | |
| | | Apical | | X | | | |
| | #34 | Medio | | | | X | |
| | | Apical | | | | | X |
| | #35 | Medio | | X | | | |
| | | Apical | | | | X | |
| | #36 | Medio | | | | | X |
| | | Apical | | | | X | |

| MEDIA | | | | | | |
|--|--------|--------|---|---|---|---|
| GRUPO | DIENTE | TERCIO | ESCALA DE ROME (ELIMINACIÓN SMEAR-LAYER) | | | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| GRUPO #1 (Hipoclorito de sodio al 5,25% sin activación ultrasónica) | #1 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #2 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #3 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #4 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #5 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #6 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #7 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #8 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #9 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #10 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #11 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #12 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| GRUPO #2 (Clorhexidina al 2% sin activación ultrasónica) (GRUPO CONTROL) | #13 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #14 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #15 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #16 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | | X |
| | #17 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | X | |
| | #18 | Apical | | | | X |
| | | Medio | | | | X |
| | #19 | Apical | | | | X |
| | | Medio | | | | X |
| | #20 | Apical | | | | X |
| | | Medio | | | | X |
| | #21 | Apical | | | | X |
| | | Medio | | | | X |
| | #22 | Apical | | | X | |
| | | Medio | | | | X |
| | #23 | Apical | | | X | |
| | | Medio | | | | X |
| | #24 | Apical | | | X | |
| | | Medio | | | | X |

| | | | | | | |
|--|-----|--------|---|---|---|---|
| GRUPO #3 (Hipoclorito de sodio al 5,25%, EDTA al 17% con activación ultrasónica) | #25 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | X | |
| | #26 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | | X |
| | #27 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | | X | |
| | #28 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | | X |
| | #29 | Medio | | | | X |
| | | Apical | | | | X |
| | #30 | Medio | X | | | |
| | | Apical | | X | | |
| | #31 | Medio | | | X | |
| | | Apical | | X | | |
| | #32 | Medio | X | | | |
| | | Apical | | X | | |
| | #33 | Medio | X | | | |
| | | Apical | | X | | |
| | #34 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | | X |
| | #35 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | X | |
| | #36 | Medio | | X | | |
| | | Apical | | | X | |