

**PENETRACIÓN DEL IRRIGANTE HYBEN X® EN EL SISTEMA DE
CONDUCTOS RADICULARES. (*In vitro*).**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA ASPIRAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA.**

**EDUARDO COVO MORALES
JOSE LLANOS TORRES
LEONARDO PADILLA CORREALES**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
CARTAGENA DE INDIAS
2017**

**PENETRACIÓN DEL IRRIGANTE HYBEN X® EN EL SISTEMA DE
CONDUCTOS RADICULARES. (*In vitro*).**

INVESTIGADOR PRINCIPAL

EDUARDO ENRIQUE COVO MORALES

Odontólogo. Especialista en Endodoncia. Pontificia Universidad Javeriana
Magíster en Microbiología. Universidad de Cartagena

CO-INVESTIGADORES ESTUDIANTES

JOSE LLANOS TORRES

Odontólogo. Universidad Metropolitana de Barranquilla

LEONARDO PADILLA CORREALES

Odontólogo. Fundación Universitaria San Martín Sede Caribe

Residentes Especialización en Endodoncia. Universidad de Cartagena

ASESOR METODOLÓGICO

NATALIA FORTICH MESA

Odontólogo. Pontificia Universidad Javeriana. Especialista en
Endodoncia. Universidad de Cartagena. Magister en Epidemiología Clínica.
Universidad Nacional.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ENDODONCIA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
CARTAGENA DE INDIAS
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por darnos la sabiduría y guiarnos por el camino correcto. A nuestras familias que han sido y serán la mayor fuente de apoyo e inspiración en nuestras vidas.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4. MARCO TEÓRICO.....	22
4.1 MARCO CONCEPTUAL	22
4.2 IRRIGACIÓN Y BIOFILM BACTERIANO.....	24
4.3 DENTINA E IRRIGANTES ENDODÓNTICOS.....	25
4.4 IRRIGACIÓN Y DE PENETRACIÓN DE LOS IRRIGANTES	29
4.5 MARCO REFERENCIAL.....	33
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
5.1 TIPO DE ESTUDIO.....	35
5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	35
5.2.1 Población	35
5.2.2 Muestra	35
5.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	36
5.3.1 Criterios de inclusión	36
5.3.2 Criterios de exclusión	36
5.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	36
5.5 OBTENCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ÓRGANOS DENTALES	37
5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	37
5.7PROTOCOLO DE PREPARACIÓN E IRRIGACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES.....	38
5.8 ANÁLISIS MICROSCÓPICO	40
5.9 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
5.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
5.11 CONSIDERACIONES ÈTICAS	42
6. RESULTADOS.....	43
6.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE NIVELES DE PENETRACIÓN EN GRUPOS EXPERIMENTALES DEL IRRIGANTE HYBEN X®.....	43

6.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE NIVELES DE PENETRACIÓN EN GRUPOS CONTROLES DEL HIPOCLORITO DE SODIO	48
6.3 COMPARACIÓN DE GRUPOS EXPERIMENTALES Y GRUPOS CONTROLES (COMPARACIÓN DE MEDIDAS, PRUEBA T).....	53
6.4 ANOVA DE TRES TÉCNICAS DE IRRIGACIÓN EN LOS TERCIOS RADICULARES.....	54
7. DISCUSIÓN.....	57
8. CONCLUSIONES.....	64
9. RECOMENDACIONES.....	64
10. BIBLIOGRAFÍA.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación estructural de la dentina -----	26
Figura 2. Corte transversal de corona y toma de conductometría-----	39
Figura 3. Inclusión de muestras en resina epóxica-----	39
Figura 4. Micro-cortadora Isomet BUEHLER, corte longitudinal de muestra-----	40
Figura 5. Nivel de penetración del irrigante Hyben X® en grupo A1 usando técnica monoject convencional mediante microscopía de fluorescencia (Rodamina 6G)-----	45
Figura 6. Nivel de penetración del irrigante Hyben X® en grupo B1 usando técnica manual mediante microscopía de fluorescencia (Rodamina6G)-----	46
Figura 7. Nivel de penetración del irrigante Hyben X® en grupo C1 usando técnica ultrasónica mediante microscopía de fluorescencia (Rodamina6G)-----	47
Figura 8. Nivel de penetración del irrigante Hipoclorito de sodio en grupo A2 usando técnica monoject convencional mediante microscopía de fluorescencia(Rodamina6G).-----	50
Figura 9. Nivel de penetración del irrigante Hipoclorito de sodio en grupo B2 usando técnica monoject convencional mediante microscopía de fluorescencia(Rodamina6G).-----	51
Figura 10. Nivel de penetración del irrigante Hipoclorito de sodio en grupo C2 usando técnica ultrasónica pasiva mediante microscopía de fluorescencia (Rodamina6G)-----	52
Figura 11.Comparación niveles de penetración grupos controles vs grupos experimentales de acuerdo con cada tercio evaluado. A: apical; C: coronal; M: medio.-----	57

Figura 12. Comparación de medias en grupo irrigado con Hyben X® e hipoclorito de sodio mediante técnicas monoject, manual y ultrasónica en tercio cervical-----58

LISTA DE TABLAS

Pág

Tabla 1. Valores de penetración en μm para el grupo de estudio con Hyben X® usando 3 técnicas de irrigación -----	44
Tabla 2. Valores de penetración en μm para el grupo de estudio con irrigante Hipoclorito de Sodio usando 3 técnicas de irrigación-----	49
Tabla 3. T Student Grupos experimentales vs Controles-----	54
Tabla 4. Análisis ANOVA para tres grupos por tercios radiculares-----	55
Tabla 5. Análisis descriptivo de la media de penetración de cada grupo de estudio IC95% -----	56
Tabla 6. Análisis ANOVA de dos vías para tres grupos de estudio por tercios radiculares -----	56

RESUMEN

Introducción. Está demostrado que la desinfección del sistema de conductos radiculares es crucial para el éxito del tratamiento endodóntico. La forma del conducto radicular influye para realizar una irrigación efectiva. Otros factores que influyen al momento de realizar la irrigación son el diámetro de la aguja, la longitud y su diseño; y el tipo de instrumentación utilizada. A lo largo de la historia de la endodoncia se han usado varias sustancias irrigadoras sin obtener resultado óptimos debido a que no son capaces de eliminar 100 % el *biofilm* bacteriano, en la actualidad existe Hyben X® un agente anti-*biofilm* que contiene desnaturalizantes de tejidos, como el ácido sulfúrico y compuestos fenólicos sulfonados, en una solución acuosa que utiliza sus propiedades higroscópicas, absorbiendo el agua por desecación (secado tópico) del *biofilm*, de manera rápida y efectiva, por lo tanto es eficaz como coadyuvante en el tratamiento de las enfermedades relacionadas con el *biofilm* de la superficie de los dientes. **Objetivos.** Estimar el grado de penetración del irrigante Hyben X® en el sistema de conductos radiculares de raíces vestibulares de primeros premolares superiores extraídos con fines ortodónticos. **Materiales y métodos.** Se realizó un estudio de intervención experimental *in vitro* en raíces vestibulares de primeros premolares superiores extraídos con fines ortodónticos utilizando diferentes técnicas de irrigación, entre ellas irrigación ultrasónica pasiva (IUP), irrigación manual dinámica (cono de gutapercha) e irrigación convencional con aguja monoject. El grado de penetración del irrigante se evaluó mediante microscopía de fluorescencia, teniendo en cuenta los tercios coronal, medio y apical. Se conformaron 3 grupos experimentales (Hyben X®) y 3 grupos controles (NaOCl) seleccionados de forma aleatoria. Teniendo en cuenta la naturaleza de las variables se describieron utilizando estadística descriptiva tipo T de student y ANOVA de una vía y dos vías para evaluar la diferencia entre grupos y tercios. **Resultados.** Hyben X® penetró los túbulos dentinarios a lo largo de los tres tercios radiculares con las tres técnicas de irrigación utilizadas, alcanzando una valores de penetración promedios bajo técnica de irrigación convencional monoject

de 479.38 μm , 522.1 μm y 523.41 μm para los tercios cervical, medio y apical, respectivamente. De igual manera en los especímenes irrigados mediante técnica ultrasónica pasiva se determinaron valores promedios de penetración de 1015.8 μm para el tercio cervical, 880,08 μm para el tercio medio y 769.514 μm para el tercio apical. **Conclusión.** Hyben X[®] presenta una alta penetración de los túbulos dentinarios, principalmente con la técnica de irrigación ultrasónica pasiva. Además los niveles de penetración del irrigante Hyben X[®] son efectivos en los tres tercios mediante las tres técnicas de irrigación evaluadas. Considerando estas condiciones Hyben X[®] posee el mismo potencial de penetración que el hipoclorito de sodio.

PALABRAS CLAVE: HybenX[®], Irrigaciónn de canal, Biopelícula, Fenoles Sulfonados.(DECS)

INTRODUCCIÓN

Está demostrado que la desinfección del sistema de conductos radiculares es crucial para el éxito del tratamiento endodóntico. La forma del conducto radicular influye para realizar una irrigación efectiva, condición ideal para un tratamiento endodóntico satisfactorio. Otros factores que influyen al momento de realizar la irrigación son el diámetro de la aguja, la longitud y su diseño; y el tipo de instrumentación utilizada. A lo largo de la historia de la endodoncia se han usado varias sustancias irrigadoras sin obtener resultados óptimos debido a que no son capaces de eliminar el 100% del *biofilm* bacteriano, en la actualidad existe Hyben X® un agente anti-*biofilm* que contiene desnaturalizantes de tejidos, como el ácido sulfúrico y compuestos fenólicos sulfonados, en una solución acuosa que utiliza sus propiedades higroscópicas, absorbiendo el agua por desecación (secado tópico) del *biofilm* de manera rápida y efectiva, por lo tanto es eficaz como coadyuvante en el tratamiento de las enfermedades relacionadas con el *biofilm* de la superficie de los dientes.

Se realizó un estudio de intervención experimental *in vitro* en raíces vestibulares de primeros premolares superiores extraídos con fines ortodónticos utilizando diferentes técnicas de irrigación, entre ellas irrigación ultrasónica pasiva (IUP), irrigación manual dinámica (cono de gutapercha) e irrigación convencional con aguja monoject. El grado de penetración se identificó mediante microscopía de fluorescencia y se evaluó teniendo en cuenta los tercios coronal, medio y apical. Los resultados obtenidos con el siguiente proyecto de investigación están encaminados a la ampliación del conocimiento de los irrigantes usados en endodoncia estimando la penetración de un nuevo irrigante Hyben X® en el sistema de conductos radiculares para mejorar la tasa de éxito de los tratamientos endodónticos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La desinfección del sistema de conductos radiculares es crucial para el éxito del tratamiento endodóntico lo que se logra combinando instrumentación e irrigación para remover la dentina infectada y restos pulpares. La instrumentación tiene como objetivo principal la ampliación del conducto radicular permitiendo la penetración del irrigante¹.

Idealmente los irrigantes deben tener la capacidad de disolver tejido orgánico, ser antimicrobianos de amplio espectro, ser eficaces contra microorganismos anaerobios y facultativos organizados en *biofilm*. En contacto con tejido vital no deben ser tóxicos para los tejidos periodontales y con poco potencial para causar una reacción anafiláctica; sin embargo, hasta el momento no existe un irrigante con todas esas propiedades².

Es de suma importancia lograr que los irrigantes alcancen por cualquier medio el tercio apical radicular de manera rápida y suficiente, debido a que en este tercio se encuentran la mayor cantidad de ramificaciones anatómicas, 75% tercio apical, el 11% en tercio medio y el 15% en tercio coronal. Estas ramificaciones representan vías potenciales para que, a través de ellas las bacterias y sus productos provenientes de un conducto necrótico alcancen y dañen el ligamento periodontal³.

La efectividad de algunos irrigantes como el hipoclorito de sodio en estudios *in vivo* no ha sido tan prometedora como en los estudios *in vitro*, especialmente a nivel de

¹ARZATE S. *et al.* R. M. L. (Estudio comparativo de dos sistemas rotatorios evaluando la penetración del irrigante con un medio de contraste. *En: Rev ADM*, 2013 70(3), p.140-145.

²VERAS R. *et al.*; Conceptos y Técnicas actuales en la irrigación endodóntica / Contemporary concepts and irrigation techniques in Endodontics *EN: Endodoncia (Madr.); ene.-mar. 2012. Ilus. 30(1): p.31-44.*

³MOON, Y. M, *et al.* Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *EN: J Endod*, 36(2010). (4),p. 732-736.

tercio apical, esto se debe a la complejidad anatómica propia de los conductos radiculares que dificulta su difusión y por lo tanto, su acción⁴.

Existen factores importantes que influyen en la penetración del irrigante en el sistema de conductos radiculares incluyendo tamaño de la preparación apical y la forma cónica, la distancia de la irrigación de la aguja hasta el ápice, técnica de irrigación, el volumen de riego y dimensión de las agujas de irrigación. Además, la curvatura del conducto radicular se ha identificado como un factor potencial limitante en algunos estudios⁵.

Bronnec, F. et al., en 2010, realizaron un estudio en donde evaluaron la penetración del hipoclorito de sodio en conductos curvos después de su conformación, en donde concluyeron que sólo la irrigación activa permitió la penetración completa y el intercambio de solución de irrigación⁶.

Por otra parte Arzate, S. et al., 2013 realizaron un estudio *in vivo* en raíces mesiales de molares mandibulares, donde evaluaron la penetración del irrigante mediante un medio de contraste donde se comprobó que el irrigante alcanza el tercio apical cuando se instrumenta hasta una lima calibre 35 independientemente de la técnica irrigación usada⁷.

Hyben X® es un líquido semi-viscoso, opaco y de color púrpura, considerado como un desnaturalizante de tejidos. Contiene ácido sulfúrico y compuestos fenólicos sulfonados. Elimina la capa de *biofilm* en contacto con tejidos blandos y duros de la cavidad oral. Posee propiedades higroscópicas que absorben el agua del *biofilm* de

⁴TUNCER KARA, A., & TUNCER, S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. EN: *J Endod*,(2012). 38(6), p.860-863.

⁵BRONNEC F, BOUILLAGUET S, MACHTOU P. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the cleaning and shaping of root canals: a digital subtraction radiographic study. *Int EN: Endod J*, (2010). 43(4), 275-282.

⁶Ibid., p.277.

⁷ARZATE S, et al. R. M. L. (Estudio comparativo de dos sistemas rotatorios evaluando la penetración del irrigante con un medio de contraste. **En:** *Rev ADM*, 2013 70(3),p.140-145.

manera rápida y efectiva, precipitando los polímeros orgánicos, actuando como un desecante y no como un ácido, reduciendo los efectos adversos a nivel del periápice⁸. Las propiedades de Hyben X® son las de un desecante y no las de un ácido, es menos erosivo que el ácido cítrico y el ácido láctico. Muestra una amplia gama de aplicaciones odontológicas. G. Lombardo et al, en 2015 en el reporte de un caso usó Hyben X® como un complemento al tratamiento de perimplantitis, seguido por el injerto de hueso compuesto usando hueso de bovino inorgánico mezclado con sulfato de calcio bifásico arrojando resultados favorables que representan un posible tratamiento futuro para la perimplantitis. Además del uso en asociación con desbridamiento ultrasónico para el tratamiento inicial de periodontitis crónica⁹. SR Porter et al., 2009, realizaron un estudio aleatorizado en donde usaron Hyben X® en el tratamiento de estomatitis aftosa recurrente. El resultado de la aplicación a un área de la ulceración es la desnaturalización, la precipitación y la coagulación de los restos de tejido en la superficie de la úlcera y la creación de una capa protectora de restos de tejido coagulado sobre la superficie de la úlcera que por lo tanto disminuye molestias locales a los estímulos dolorosos¹⁰. Existen varios estudios donde se evidencia la efectividad de Hyben X® contra el *biofilm* bacteriano, entre ellos el de Lauritano D. et al., 2014 donde se evalúa la eficacia Hyben X® usado como descontaminante de tejido oral en el tratamiento de la periodontitis crónica. De igual manera Gianna M. et al., 2014, realizaron el reporte de un caso donde se usó Hyben X® en el tratamiento de estomatitis aftosa arrojando como resultado en las posteriores visitas de seguimiento una mejora de dolor, el malestar y la curación de la úlcera aftosa¹¹. Como es sabido el *biofilm* se encuentra también

⁸MICHAEL L. BASARA MD An Innovative Chemical Approach to Eradication of Microbial Biofilm Infection and Stabilization of Necrotized Tissue with Applications in Clinical Dentistry EN: EPIEN Medical, Inc. Saint Paul, Minnesota, USA. 2015 p.15-20

⁹LOMBARDO, G, *et al.* Decontamination using a desiccant with air powder abrasion followed by biphasic calcium sulfate grafting: a new treatment for peri-implantitis. EN: *Case Rep Dent*, 2015, 474839. p.1-7

¹⁰PORTER, S. R., *et al.* Randomised controlled trial of the efficacy of HybenX in the symptomatic treatment of recurrent aphthous stomatitis. EN: *Oral Dis*, (2009). 15(2), 155-161.

¹¹GIANNA N., FELICE G., DORINA L. MASSIMO P. An Alternative Approach for the Treatment of Major Aphthosis: Case Report. EN: *J Interdiscipl Med Dent Sci*, (2014). 5(2).

dentro del conducto radicular y es una de las causas más frecuentes del fracaso endodóntico sumando a la gran complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares, lo que dificulta la penetración de los diferentes tipos de irrigantes usados en endodoncia¹². Considerando que ningún irrigante penetra completamente el sistema de conductos radiculares, el objetivo de la presente investigación es determinar la penetración del irrigante Hyben X® en el sistema de conductos radiculares, siendo que es un producto que contiene desnaturalizantes de tejidos, como el ácido sulfúrico y compuestos fenólicos sulfonados, en una solución acuosa que utiliza sus propiedades higroscópicas, absorbiendo el agua por desecación (secado tópico) del *biofilm* de manera rápida y efectiva, precipitando los polímeros orgánicos, por lo tanto es eficaz como coadyuvante en el tratamiento de las enfermedades relacionadas con el *biofilm* de la superficie de los dientes.

Debido a la capacidad de este irrigante para eliminar el *biofilm* es necesario probar su acción dentro del sistema de conducto radiculares con el fin de aumentar la tasa éxito de los tratamientos de conductos.

Bajo la premisa que no existe en endodoncia el irrigante ideal y que existe evidencia científica de que Hyben X® es útil para la remoción del *biofilm* superficial, se hace necesario llevar a cabo estudios que avalen la penetración de éste en el sistema de conductos radiculares.

Por lo descrito anteriormente se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el grado de penetración de Hyben X® en el sistema de conductos radiculares de raíces vestibulares de primeros premolares superiores?

¹²Dorina L., Ambra Gi, Carinci F. The efficacy of hybenx® oral tissue decontaminant for periodontal disease treatment: a case series study. EN: *International Journal Of Advances In Case Reports*, 2015 2(7), 405-408.

2. JUSTIFICACIÓN

La instrumentación de los conductos radiculares deja una capa de barrillo en las paredes dentinales¹³, es por tal razón que los irrigantes de conductos radiculares se utilizan durante los procedimientos de conformación y limpieza del espacio del conducto, con el objetivo de eliminar la capa de este barrillo generado y además, eliminando el *biofilm* bacteriano adherida a la dentina radicular¹⁴. White, R.R., *et al* documentan que la capa de barrillo puede proteger a las bacterias dentro de la túbulo de la dentina y obstaculizar la penetración de selladores de conductos radiculares en los túbulo dentinarios¹⁵. Lo anterior justifica la selección adecuada de un buen irrigante endodóntico que permita mejorar las condiciones de asepsia en los conductos con una excelente capacidad de disolver todos los residuos generados durante la instrumentación. Consecuente con esta premisa se han reseñado un número de irrigantes químicos que se han evaluado para eliminar la capa de detritos generada durante la instrumentación. Aunque la irrigación final de los conductos radiculares con 17% de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), seguido de hipoclorito de sodio 5,25% (NaOCl) ha demostrado ser un protocolo eficaz para la eliminación del barrillo dentinario, aún permanecen vigentes desventajas en cada uno de estos protocolos de irrigación¹⁶. Una de estas desventajas es que pueden alterar la composición de la superficie de la dentina y, por lo tanto, afectar su interacción con los materiales de obturación del conducto radicular¹⁷. Se han realizado varios estudios con el objetivo de seleccionar el irrigante con las mejores cualidades, en donde se ha investigado el efecto que estas

¹³TORABINEJAD M, CHO Y, KHADEMI AA, BAKLAND LK, SHABAHANG S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. EN: Journal of endodontics. 2003;29(4):233-9.

¹⁴MOHAMMADI Z. An update on the antibiotic-based root canal irrigation solutions. Iranian endodontic journal. 2008;3(2):1-7

¹⁵WHITE RR, GOLDMAN M, LIN PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. EN: Journal of endodontics. 1984;10(12):558-62.

¹⁶HULSMANN M, HECKENDORFF M, LENNON A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. EN: International endodontic journal. 2003;36(12):810-30.

¹⁷DOGAN H, QALT S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. EN: Journal of endodontics. 2001;27(9):578-80.

sustancias generan sobre la resistencia de unión entre diferentes tipos de selladores de conducto radicular con la superficie dentinal¹⁸. Saleh. IM, *et al* indican que la fuerza de adhesión de un sellador de canal radicular a la dentina intrarradicular a través de la retención micro mecánica o resistencia a la fricción es ventajoso en el mantenimiento de la integridad de la interfaz sellador-dentina¹⁹.

Para el éxito del tratamiento endodóntico los irrigantes, además de cumplir con las condiciones ideales de biocompatibilidad, es necesario que eliminen la capa de *smear layer* favoreciendo el proceso de adhesión entre los agentes cementantes y la dentina. Estas dos características van muy ligadas a la penetración de un agente irrigante en los túbulos dentinarios ya que esta capacidad se traduce en eliminar bacterias que estén alojadas en conductos ramificados y accesorios como también la limpieza de residuos no bacterianos en sitios diferentes al conducto principal²⁰.

De acuerdo a la literatura reportada el agente desecante Hyben X® posee una buena capacidad antibacteriana debido a que desnaturalizar tejidos atribuida al ácido sulfúrico y sus compuestos fenólicos sulfonados, que bajo sus propiedades higroscópicas, absorben agua por desecación del *biofilm* ayudando a desintegrarlo²¹. La necesidad de utilizar el mejor irrigante endodóntico así como las características de este agente desecante y la inminente necesidad de cada día generar más conocimientos basados en la evidencia científica, se hace importante evaluar la penetración del agente Hyben X® en la dentina radicular durante la realización de tratamientos de conductos. El presente estudio servirá de guía para

¹⁸PINNA L, LOUSHINE RJ, BISHOP FD, JR., COTTI E, WELLER RN, PASHLEY DH, et al. Hybrid Root SEAL (MetaSEAL) creates hybrid layers in radicular dentin only when EDTA is used as the final rinse. EN: American journal of dentistry. 2009;22(5):299-303.

¹⁹SALEH IM, RUYTER IE, HAAPASALO MP, ORSTAVIK D. Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. EN: Journal of endodontics. 2003;29(9):595-601.

²⁰ *Ibid.*, p.598

²¹ARGÜELLO,M. Una mejor manera de eliminar el Biofilm bucodental, causante de la enfermedad periodontal y la peri-implantaria. EnDental Tribune Spain, 2002. P. 6-9.

futuros estudios que deseen evaluar la penetración de agentes irrigantes mediante microscopia de fluorescencia.

3.OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Estimar el grado de penetración del irrigante Hyben X® en el sistema de conductos radiculares, mediante microscopía de fluorescencia, en raíces vestibulares de primeros premolares superiores extraídos con fines ortodónticos

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar la penetración del irrigante Hyben X® en raíces vestibulares de primeros premolares superiores extraídos con fines ortodónticos utilizando irrigación ultrasónica pasiva (IUP) mediante el uso microscopía de fluorescencia.

Identificar la penetración del irrigante Hyben X® en raíces vestibulares de primeros premolares superiores extraídos con fines ortodónticos utilizando irrigación manual dinámica (cono de gutapercha) mediante el uso microscopía de fluorescencia.

Identificar la penetración del irrigante Hyben X® en raíces vestibulares de primeros premolares superiores extraídos con fines ortodónticos utilizando irrigación convencional con aguja monoject mediante microscopía de fluorescencia.

Comparar y establecer diferencias entre los grados de penetración del irrigante Hyben X® en el sistema de conductos radiculares entre las técnicas de irrigación IUP, manual dinámica e irrigación convencional mediante microscopía de fluorescencia.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO CONCEPTUAL

El éxito del tratamiento endodóntico depende de la erradicación de microbios del sistema de conductos radiculares y prevención de la reinfección. Los factores que siguen siendo un desafío en la irrigación y la desinfección del conducto radicular incluyen la resistencia del *biofilm*, la escasa penetración de la solución de irrigación, y el intercambio de irrigantes en la gran complejidad anatómica del conducto radicular. Es necesario avanzar en la búsqueda de mejores irrigantes mediante la utilización de diferentes modelos de estudio en la investigación relacionada con los sistemas de irrigación en endodoncia²².

La instrumentación del sistema de conductos radiculares junto con el uso de irrigantes debe propiciar siempre la eliminación de restos de tejido pulpar y de dentina. Sin el proceso de irrigación, la acumulación de estos desechos provoca que los instrumentos se vuelvan ineficaces rápidamente. Varias soluciones de irrigación también tienen actividad antimicrobiana; eliminan bacterias y levaduras cuando están en contacto directo con ellos²³. La microbiota endodóntica habita dentro de toda la zona del canal radicular como especie de un *biofilm* adherente a la superficie dentinal²⁴. Con el fin de simular esta situación *in vivo*, una variedad de modelos *in vitro* de *biofilms* son actualmente utilizados en la investigación de endodoncia, por ejemplo, para estudiar como la instrumentación y la irrigación puede eliminar bacterias y el *biofilm*²⁵. Aunque otros factores siguen siendo un

²²SHEN, Y, *et al.* Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. EN: *J Endod*, (2011). 37(5), 657-661.

²³SHINGARE, P., & CHAUGULE, V. Comparative evaluation of antimicrobial activity of miswak, propolis, sodium hypochlorite and saline as root canal irrigants by microbial culturing and quantification in chronically exposed primary teeth. *Germs*, (2011). 1(1), 12-21.

²⁴SIQUEIRA, J. F., JR., & ROCAS, I. N. Diversity of endodontic microbiota revisited. EN: *J Dent Res*, (2009) 88(11), 969-981.

²⁵SHEN, Y, *et al.* (Methods and models to study irrigation. EN: *Endodontic Topics*, 2012). 27(1), 3-34.

desafío referente al uso de sustancias irrigantes incluyendo la pobre penetración y la capacidad de disolución tisular limitada en la compleja anatomía del conducto radicular²⁶.

Existen nuevos modelos de dinámica de fluido computacional que ayudan a interpretar y explicar mejor los resultados obtenidos de estudios *ex vivo* y microbiológicos; y ayudan a diseñar nuevas estrategias terapéuticas. De la misma manera, muchos estudios *in vitro* ayudan a comprender y predecir el comportamiento de sustancias irrigantes dentro de los conductos radiculares²⁷. La irrigación óptima y eficiente se basa en los productos de investigación que utilizan modelos de irrigación fiables, reproducibles y estandarizados que pueden replicar escenarios *in vivo* con el fin de predecir una irrigación segura y eficaz²⁸.

La limpieza inicial de los conductos radiculares es comúnmente realizada por la instrumentación mecánica, que elimina la mayor parte del contenido del conducto radicular²⁹. La instrumentación mecánica se lleva a cabo utilizando ya sea instrumentación de acero inoxidable de mano o limas de níquel-titanio rotatorias, ninguno de los cuales se espera que limpie por completo los conductos radiculares cuando se usan solo³⁰. Actualmente, diversas técnicas y dispositivos de irrigación están siendo utilizados junto con la instrumentación mecánica para mejorar la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares. La irrigación del canal suele ser intermitente y se aplica después de utilizar cada instrumento. Metzger, et

²⁶SHOKOUHINEJAD, N., HOSEINI, A., GORJESTANI, H., & SHAMSHIRI, A. R. The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer. EN: *Iran Endod J*, 2013 8(1), 10-13.

²⁷ANDRABI, S. M., et al. An In Vitro SEM Study on the Effectiveness of Smear Layer Removal of Four Different Irrigations. EN: *Iran Endod J*, (2012). 7(4), 171-176

²⁸SHEN, Y., et al. Methods and models to study irrigation. *Endodontic Topics*, (2012). 27(1), 3-34.

²⁹SCHAFFER, E., & SCHLINGEMANN, R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. EN: *IntEndod J*, (2003). 36(3), 208-217.

³⁰TAN, B. T., & MESSER, H. H. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. EN: *J Endod*, (2002) 28(9), 658-664.

al hablan recientemente, de un nuevo concepto de instrumentación mecánica simultánea que ha sido introducido: el irrigante se aplica continuamente a través de un dispositivo hueco a lo largo del proceso de instrumentación³¹. Schafer & Zapke y Wu M K. *et al.*, 2003, expresan que el mayor desafío para todos los protocolos de irrigación es la limpieza eficaz de los finos canales, istmos, y áreas de difícil acceso que a menudo se dejan sin tocar después la realización de la instrumentación mecánica^{32 33}.

4.2 IRRIGACIÓN Y BIOFILM BACTERIANO

El biofilm oral ha sido discutido extensamente en varios artículos de revisión en diferentes estudios. Sin embargo, algunos puntos de especial interés en relación con el sistema de irrigación se cree que es pertinente abordar. Durante los últimos años, el interés en el *biofilm* de endodoncia ha ido creciendo rápidamente, y varios estudios han medido la efectividad de diferentes agentes desinfectantes contra el *biofilm* bacteriano³⁴. Shen, *et al.*, 2009 compararon la sensibilidad a diferentes preparaciones de clorhexidina de especies mixtas de biofilms bacterianos que crecían en condiciones anaeróbicas. Los resultados mostraron que el *biofilm* pasaba de un estado sensible a un estado resistente a partir de la segunda y tercera semana de crecimiento³⁵. Stojicic *et al.*, 2013, ampliaron el experimento utilizando *biofilms* orales de seis sujetos diferentes creciendo anaeróticamente en periodos de 1-8 semanas. La clorhexidina, hipoclorito de sodio, y el yoduro de potasio se utilizaron como las agentes desinfectantes. Este estudio mostró que el desarrollo de

³¹METZGER, Z., *et al.* The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation. EN: *J Endod*, (2010). 36(4), 679-690.

³²SCHAFFER, E., & ZAPKE, K. A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and automated instrumentation of root canals. EN: *J Endod*, (2000).26(11), 660-664.

³³WU, M. K., *et al.* The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. EN: *IntEndod J*, (2003)36(3), 218-224.

³⁴HAAPASALO, M., *at el.* Irrigation: beyond the smear layer. EN: *Endodontic Topics*, (2012)27(1), 35-53.

³⁵SHEN, Y., *et al.* Evaluation of the effect of two chlorhexidine preparations on biofilm bacteria in vitro: a three-dimensional quantitative analysis. EN: *J Endod*, (2009). 35(7), 981-985.

la resistencia del *biofilms* no era dependiente de la fuente de las bacterias orales; los seis *biofilms* siguieron el mismo patrón y se cambiaron de sensible a resistente a partir de la segunda y tercera semana. Otro resultado interesante de este estudio fue que, si bien los tres agentes desinfectantes (CHX, NaOCl, y KI) tienen diferentes mecanismos por los que atacan a la célula microbiana, todos ellos llegaron a ser menos eficaces durante el mismo período de la maduración, entre dos y tres semanas de la formación del *biofilm*. Los resultados de estos dos estudios sugieren que los estudios de irrigación que en su mayoría han utilizado el *biofilm* creciendo entre 12 horas a dos semanas han podido dar una visión de los efectos antimicrobianos de las soluciones irrigantes endodónticas³⁶.

4.3 DENTINA E IRRIGANTES ENDODONTICOS

La dentina es el principal componente estructural del diente. Esta se compone de una matriz orgánica hidratada que consiste principalmente de colágeno tipo I y una matriz inorgánica de apatita carbonatada³⁷. Kinney Marshall et al., 1997 describen la microestructura de la dentina, la cual se caracteriza por la presencia de túbulos dentinarios que se irradian desde el área dentinal adyacente a la pulpa hacia la unión dentina esmalte (UDE) en la dentina coronal, y desde el canal pulpar al cemento en el área radicular. En una dentina de humanos, los túbulos dentinarios están alineados con un alto contenido de dentina peritubular. Por otro lado, las fibrillas de colágeno mineralizado que forman la matriz de dentina intertubular se disponen de manera parecida a un filtro, orientados de manera perpendicular a los túbulos^{38 39}.

³⁶STOJICIC, S., et al. Effect of the source of biofilm bacteria, level of biofilm maturation, and type of disinfecting agent on the susceptibility of biofilm bacteria to antibacterial agents. EN: *J Endod*, 2013. 39(4), 473-477.

³⁷MARSHALL, G. W., et al. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. EN: *J Dent*, 1997 25(6), 441-458.

³⁸KINNEY, J. H., et al. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. EN: *Crit Rev Oral Biol Med*, 2003 14(1), 13-29.

³⁹MARSHALL. Op. cit., p 444

Teniendo en cuenta su ubicación la dentina se puede dividir en dentina coronal y dentina radicular, del mismo modo tanto la dentina coronal como la radicular se puede subdividir de acuerdo a su cercanía con la pulpa dental en dentina interna, dentina media y dentina externa⁴⁰ (Figura 1).

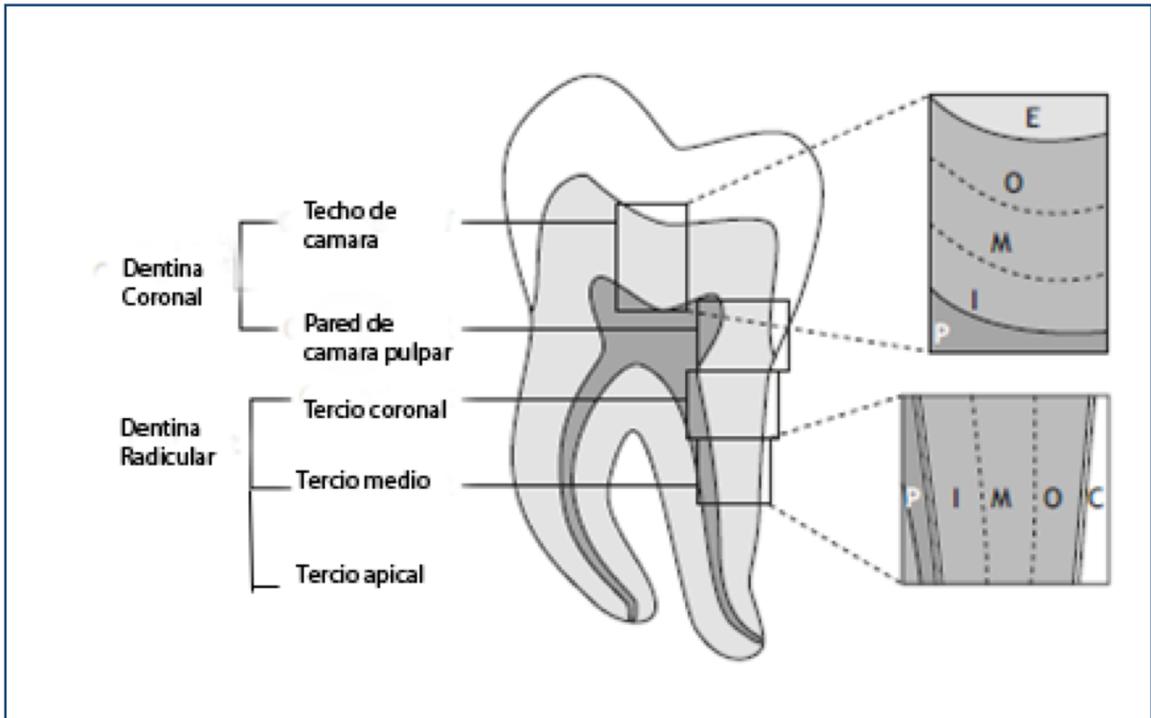


Figura1. **Clasificación estructural de la dentina.** La dentina coronal, se divide en dentina del techo y de la pared de la cámara pulpar. La dentina radicular a su vez se divide en dentina del tercio coronal, medio y apical. Tanto la dentina coronal como la radicular presentan una subdivisión común acorde con su cercanía con el tejido pulpar, en dentina externa (O), dentina media(M) y dentina interna (I).La dentina externa de la porción coronal está íntimamente en cercanía con el esmalte (E), mientras la dentina externa de la porción radicular contacta con el cemento radicular (C). Modificado de Chia-Yi Chu, Tien-Chun Kuo, Shu-Fang Chang, Yow-Chyun Shyu, Lin C-P. Comparison of the microstructure of crown and root dentin by a scanning electron microscopic study. *J Dent Sci* 2010;5(1):14-20.

Microestructuralmente se han reportado diferencias entre la dentina coronal y radicular. Estas diferencias radican principalmente en tres características, como son el espesor de la dentina intertubular, el diámetro y la densidad de los túbulos

⁴⁰CHIA-YI CHU et al. Comparison of the microstructure of crown and root dentin by a scanning electron microscopic study. EN: *J Dent Sci* 2010, 5(1), 14-20.

dentinaros. La densidad de los túbulos dentinarios en la dentina coronal promedia entre los 52.900 – 62.313/mm² en la región de la dentina interna, mientras en la dentina media coronal oscila entre 30,625 – 34.250/mm² y en la dentina externa entre 7250 -7663/mm². En contraste con la dentina radicular, la densidad tubular es más reducida, oscilando en la dentina interna de los tercios medio y coronal entre 39.000 – 42.000/mm², con respecto a la dentina media la densidad se encuentra entre los 11.500 – 12.600/mm² y en la dentina externa de los tercios medios y coronal entre 6400 - 7250 /mm². Estas cifras muestran claras diferencias entre la densidad tubular de la dentina coronal y radicular en la dentina interna y media, sin embargo no existen diferencias significativas en la dentina externa. Chia-Yi Chu et al., 2010 con respecto al diámetro y el espesor de la dentina intertubular ha reportado valores mayores en la dentina coronal. Diferentes estudios han mostrado variaciones marcadas en la resistencia al desplazamiento de sustancias resinosas cuando se compara dentina coronal y dentina radicular^{41 42 43 44}.

Gaston, B. A. et al., 2001 reportan mayor resistencia de desplazamiento y fuerza de unión a la dentina en la raíz, mientras otros autores dentro de estos Yoshiyama, M. et al reportan menos fuerza de unión en este tipo de dentina. Chia-Yi Chu. et al., 1998 sugiere que estas variaciones podrían ser asociadas a la presencia de *smear layer*, densidad de túbulos dentinarios y dirección de túbulos dentinarios sobre la superficie preparada. Durante varios años se ha reconocido que la instrumentación del canal radicular produce *smear layer* que cubre las superficies de las paredes del conducto radicular^{45 46 47}.

⁴¹ Ibid., p.14–20.

⁴² Ibid., p. 16

⁴³ KINNEY, J. H. et al. Age-related transparent root dentin: mineral concentration, crystallite size, and mechanical properties. EN: *Biomaterials*, 2015 26(16), 3363-3376. doi: 10.1016/j.biomaterials.2004.09.004

⁴⁴ MANNOCCI, F., PILECKI, P., BERTELLI, E., & WATSON, T. F. Density of dentinal tubules affects the tensile strength of root dentin. EN: *Dent Mater*, 2004 20(3), 293-296.

⁴⁵ GASTON, B. A., WEST, L. A., LIEWEHR, F. R., FERNANDES, C., & PASHLEY, D. H. Evaluation of regional bond strength of resin cement to endodontic surfaces. EN: *J Endod*, 2001 27(5), 321-324.

⁴⁶ YOSHIYAMA, M., MATSUO, T., EBISU, S., & PASHLEY, D. Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. EN: *J Dent*, 1998 26(7), 609-616.

⁴⁷ CHIA-YI CHU et al. Comparison of the microstructure of crown and root dentin by a scanning electron microscopic study. EN: *J Dent Sci* 2010, 5(1), 14–20.

El *smear layer* es una sustancia con componentes orgánicos e inorgánicos que consta de dos capas; una capa más superficial de 2µm y otra capa más profunda de aproximadamente 40 µm de espesor⁴⁸. Sin embargo, durante el proceso de desobturación del conducto radicular previo al proceso de cementación de postes, además de los componentes que conforman el *smear layer*, dentro de estos, restos de odontoblastos necróticos y residuos bacterianos también se detectan restos de gutapercha. El *smear layer* es capaz de bloquear los túbulos dentinarios y afectar el proceso de adhesión entre el agente cementante y la dentina radicular, afectando directamente la retención del poste dentro del conducto⁴⁹. Con el objetivo de mejorar un excelente proceso de adhesión cemento-dentina varios autores han propuesto el uso de irrigantes de conducto previo al proceso de cementación del poste de fibra de vidrio para eliminar el *smear layer* y potencializar el proceso de adhesión y la consecuente longevidad del tratamiento^{50 51}.

Varios métodos han sido utilizados para remover el *smear layer*, dentro de estos podemos incluir: métodos químicos, ultrasónicos y técnicas laser. Sin embargo, ningún método ha sido totalmente efectivo o de uso universal. Dentro de los métodos químicos las sustancias irrigantes de mayor uso son el hipoclorito de sodio del 1%-5.25%, EDTA al 17% (Ácido etilendiaminotetraacético), MTAD (Asociación de una tetraciclina isomérica, ácido cítrico y un detergente –Tween 80) y clorhexidina al 2%⁵².

⁴⁸MAHAJAN V, KAMRA A, & DAHIWALE S. The effect of 17% EDTA and MTAD on smear layer removal and on erosion of root canal dentin when used as final rinse: An in vitro SEM study. EN: *journal of the international clinical dental research organization*, 2010 2(3), 113-118.

⁴⁹SILVA, T. Formación de capa híbrida al cementar postes metálicos y de fibra de vidrio en dientes tratados endodónticamente. EN: *Av. Odontolestomatol*, 2008 26(2), 97-105.

⁵⁰ANDRABI, S. M. et al. An In Vitro SEM Study on the Effectiveness of Smear Layer Removal of Four Different Irrigations. EN: *Iran Endod J*, 2012 7(4), 171-176.

⁵¹BALDISSERA, R. et al. Adhesion of real seal to human root dentin treated with different solutions. EN: *Braz Dent J*, 2012 23(5), 521-526

⁵² ANDRABI, S.M. Op cit., p. 173.

El hipoclorito de sodio es un irrigante utilizado durante la instrumentación del conducto radicular que tiene la capacidad de promover el debridamiento, lubricación, desinfección, disolución de tejido, remover capa de colágeno y deshidratación de la dentina. Este irrigante ha sido utilizado en varias concentraciones desde el 1% hasta el 5.25%⁵³. El EDTA, es indicado como un agente de irrigación final que produce desmineralización dentinal y provee una excelente limpieza de las paredes del conducto radicular, facilitando la penetración de sustancias químicas a los túbulos dentinarios, dentro de estos agentes adhesivos⁵⁴. Además actúa sobre el componente inorgánico del smear layer, permitiendo una descalcificación de la dentina peri e intratubular⁵⁵.

Grande, N.M. *et al* han mostrado que el uso combinado del hipoclorito de sodio desde 2.5% - 5.25% con EDTA al 17% generan una limpieza óptima del conducto radicular⁵⁶, resultados que han sido atribuidos a las diferentes características de cada componente. Por ejemplo a la capacidad de remover tanto residuos orgánicos como inorgánicos⁵⁷.

4.4 IRRIGACIÓN Y PENETRACIÓN DE LOS IRRIGANTES

La irrigación se considera una parte importante en el éxito del tratamiento de conducto. Las soluciones de irrigación tienen una variedad de efectos dentro de los cuales se pueden citar efectos físico/mecánicos, químicos, biológicos y efectos

⁵³GRANDE, N. M. et al. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. EN: *J Endod*, 2006 32(5), 460-464.

⁵⁴MAHAJAN V, KAMRA A, & DAHIWALE S. The effect of 17% EDTA and MTAD on smear layer removal and on erosion of root canal dentin when used as final rinse: An in vitro SEM study. EN: *Journal of the international clinical dental research organization*, 2010 2(3), 113-118.

⁵⁵Kim, D. S. et al. Effect of EDTA treatment on the hybrid layer durability in total-etch dentin adhesives. EN: *Dent Mater J*, 30(5), 2001 717-722.

⁵⁶GRANDE, N. M. et al. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. EN: *J Endod*, 2006 32(5), 460-464.

⁵⁷Kim, D. S. Op. cit., p 720. ⁵⁷ Mahajan V, Kamra A, & Dahiwalé S. (2010). The effect of 17% EDTA and MTAD on smear layer removal and on erosion of root canal dentin when used as final rinse: An in vitro SEM study. *journal of the international clinical dental research organization*, 2(3), 113-118.

microbiológicos. Por otro lado, la penetración de cada irrigante en los túbulos dentinarios juega un papel crucial dentro del efecto antibacteriano de cada solución.

La vía más común que usan las bacterias de la cavidad oral hacia la pulpa es a través de los canales de la dentina. Después de ocupar el conducto principal de la raíz, las bacterias en la mayoría de los casos invaden los túbulos dentinarios, esta vez en la dirección opuesta, es decir, desde dentro del conducto radicular y la dentina hacia la región dentinal que colinda con el cemento⁵⁸. Peters, L. B, *et al.*, 1995 informaron que "en más de la mitad de las raíces infectadas, las bacterias están presentes en la dentina profunda cerca del cemento"⁵⁹ y permanecen en los canales dentinarios en la mayoría de los casos, incluso después que los principales canales de la raíz se han instrumentado⁶⁰. El papel de las bacterias que permanecen en los túbulos dentinarios después del tratamiento es una cuestión de cierta controversia. Peters, L.B. *et al.* llegaron a la conclusión que "Una técnica de irrigación ultrasónica inmediatamente después de las fases de limpieza, conformación y desinfección permite que las bacterias restantes en los túbulos puedan ser inactivadas o impedidas para repoblar el espacio del conducto. En la mayoría de los casos, esas bacterias parecen no poner en peligro el éxito de el tratamiento de conducto"⁶¹. Sin embargo, se ha enfatizado que la situación puede ser diferente dependiendo de si la superficie ha sido reabsorbida en el área de invasión o no. A través de la evidencia histológica se demuestra que en ausencia de cemento radicular, las bacterias pueden penetrar más fácilmente a través de todo

⁵⁸ANDO, N., & HOSHINO, E. Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentine. EN: *IntEndod J*, 1990 23(1), 20-27.

⁵⁹PETERS, L. B., WESSELINK, P. R., & MOORER, W. R. The fate and the role of bacteria left in root dentinal tubules. EN: *IntEndod J*, 1995 28(2), 95-99.

⁶⁰MATSUO, T. et al. An Immunohistological Study of the Localization of Bacteria Invading Root Pulpal Walls of Teeth with Periapical Lesions. EN: *J Endod*, 2003 29(3), 194-200.

⁶¹PETERS, L. B. Op cit. p 97.

el espesor de la raíz (apical) e incluso crecer como *biofilm* sobre la superficie radicular⁶².

A pesar de la incertidumbre de la función de las bacterias residuales en los canales de dentina en el momento de obturar el conducto, hay un consenso de que, de manera óptima, todas las bacterias deben estar eliminadas del sistema de conductos radiculares, incluidas las de los canales laterales y túbulos dentinarios. En diferentes estudios *in vivo* e *in vitro* se han utilizado diferentes modelos de infección dentinaria. En la mayoría de los estudios, la dentina infectada se ha tomado de muestras directas, por ejemplo, restos de dentina que se alojan en una fresa, posteriormente se cultivan para obtener los números de unidades formadoras de colonias (UFC) de cada muestra. Y. Y. Shen et al, Shuping, G.B et al Vianna, M.E et al., 2001 entre otros autores han evaluado el efecto antibacteriano de diferentes materiales e irrigantes como hidróxido de calcio, diferentes concentraciones de hipoclorito, clorhexidina, y, a veces algunos otros irrigantes de conductos. Los resultados de estos estudios han sido en gran medida contradictorios, y la clasificación del agente con mejor efecto antimicrobiano ha variado de un estudio a otro; incluso en algunos estudios no se determinaron diferencias entre un agente y otro^{63 64 65 66}.

Wang Z et al exponen, recientemente, un nuevo modelo de infección dentinaria que ha sido introducido para los dos principales problemas de los estudios de

⁶²RICUCCI, D., MANNOCCI, F., & PITT FORD, T. R. A study of periapical lesions correlating the presence of a radiopaque lamina with histological findings. EN: *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2006 101(3), 389-394.

⁶³OHARA, P., TORABINEJAD, M., & KETTERING, J. D. Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. EN: *Dental Traumatology*, 1993 9(3), 95-100.

⁶⁴SHEN, Y., STOJICIC, S., & HAAPASALO, M. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. EN: *J Endod*, 2011 37(5), 657-661.

⁶⁵SHUPING, G. B., ØRSTAVIK, D., SIGURDSSON, A., & TROPE, M. Reduction of Intracanal Bacteria Using Nickel-Titanium Rotary Instrumentation and Various Medications. EN: *J Endod*, 2000 26(12), 751-755.

⁶⁶VIANNA, M. E., HORZ, H. P., GOMES, B. P., & CONRADS, G. In vivo evaluation of microbial reduction after chemo-mechanical preparation of human root canals containing necrotic pulp tissue. EN: *IntEndod J*, 2006 39(6), 484-492.

desinfección dentinaria: la presencia desigual de bacterias en los canales de dentina y los desafíos en la toma de muestras y cultivo. En el nuevo modelo, las bacterias se ven obligados a entrar a los canales de dentina por centrifugación. Usando este método, células de *Enterococcus faecalis* han sido exitosamente introducidas profundamente en los canales de dentina con una alta densidad. Los resultados han demostrado que, por ejemplo, altas concentraciones de NaOCl eliminan bacterias dentro de la dentina mucho más eficaz que las soluciones 1 y 2%, lo que mostró una eficacia similar al uso de clorhexidina al 2 %. Sin embargo, existe carencia de evidencias científicas que evalúen la penetración de las sustancias irrigantes⁶⁷.

Actualmente no existen muchos estudios que hayan analizado el nivel de penetración de NaOCl al interior de los túbulos dentinarios. Zou, L. et al evidenció el primer informe en el que la penetración del NaOCl en la dentina se ha medido con una precisión micrométrica. En su diseño experimental, la profundidad de penetración del NaOCl varió entre 77 y 300 μm . Los tres parámetros que puedan afectar a la penetración de NaOCl y que fueron evaluados en el estudio fueron la concentración, el tiempo y la temperatura. Todos ellos tenían un impacto en la penetración, pero el efecto fue generalmente menor de lo previsto. Tal vez lo más sorprendente de esta observación fue que el aumento de la concentración de 1% a 6% no dio lugar a más de un 30%-50% de aumento en la penetración. Un mayor tiempo de exposición en su estudio dio como resultado una penetración más profunda de NaOCl, aunque la velocidad de penetración disminuyó bruscamente en horas extras. Por ejemplo, a 20 ° C, la profundidad de penetración de NaOCl al 1% en 2 minutos fue aproximadamente 77 μm .; después a 18 min a la misma temperatura, la profundidad alcanzó alrededor de 185 μm . Debido a que la capacidad solubilizante del NaOCl se reduce por contacto con material orgánico, se puede especular que la mayoría de su actividad se pierde después de 2 min, por lo tanto se necesitará uso de solución fresca. Las profundidades de penetración de

⁶⁷WANG, Z., SHEN, Y., & HAAPASALO, M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. EN: J Endod, 2012 38(10), 1376-1379.

soluciones al 1%, 2%, 4% y 6% después de 2 min a temperatura ambiente fue de 77, 96, 105 y 123 μm , respectivamente. Los valores más altos, 291 y 300 μm , fueron encontrados en los grupos tratados con NaOCl al 6% a 37 °C y 45 °C durante 20 min⁶⁸.

4.5 MARCO REFERENCIAL

De acuerdo a la literatura disponible, Hyben X® está indicado para diferentes tratamientos odontológicos: eliminación de *biofilm* bacteriano, enfermedades periodontales, remoción de placa, peri-implantitis⁶⁹.

Las propiedades de Hyben X® son las de un desecante y no las de un ácido, es menos erosivo que el ácido cítrico y el ácido láctico. SR Porter, *et al*, en 2009, realizaron un estudio aleatorizado en donde usaron Hyben X® en el tratamiento de estomatitis aftosa recurrente⁷⁰. De igual manera Gianna M, *et al* en 2014, realizaron el reporte de un caso donde se usó Hyben X® en el tratamiento de estomatitis aftosa arrojando como resultado en las posteriores visitas de seguimiento una mejora de dolor, el malestar y cicatrización de la úlcera aftosa⁷¹. Giorgio Lombardo, *et al* en 2015 en el reporte de un caso usó Hyben X® como un complemento al tratamiento de perimplantitis. Además del uso en asociación con desbridamiento ultrasónico para el tratamiento inicial de periodontitis crónica⁷². Existen varios estudios, entre ellos el de Lauritano Dorina *et al* donde se evidencia la efectividad de Hyben X® contra el *biofilm* bacteriano donde se evalúa la eficacia Hyben X® usado como

⁶⁸ZOU, L., SHEN, Y., LI, W., & HAAPASALO, M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. EN: *J Endod*, 2010 36(5), 793-796.

⁶⁹MICHAEL L. BASARA MD An Innovative Chemical Approach to Eradication of Microbial Biofilm Infection and Stabilization of Necrotized Tissue with Applications in Clinical Dentistry EN: EPIEN Medical, Inc. Saint Paul, Minnesota, USA. 2015 p.15-20

⁷⁰PORTER, S. R., *et al*. Randomised controlled trial of the efficacy of HybenX in the symptomatic treatment of recurrent aphthous stomatitis. EN: *Oral Dis*, (2009). 15(2), 155-161.

⁷¹GIANNA N., FELICE G., DORINA L. MASSIMO P. An Alternative Approach for the Treatment of Major Aphthosis: Case Report. EN: *J Interdiscipl Med Dent Sci*, (2014). 5(2).

⁷²LOMBARDO, G, *et al*. Decontamination using a desiccant with air powder abrasion followed by biphasic calcium sulfate grafting: a new treatment for peri-implantitis. EN: *Case Rep Dent*, 2015, 474839. p.1-7

descontaminante de tejido oral en el tratamiento de la periodontitis crónica en pacientes adultos⁷³.

⁷³DORINA L., AMBRA G., FRANCESCO C. The efficacy of hybenx® oral tissue decontaminant for periodontal disease treatment: a case series study. EN: *International Journal Of Advances In Case Reports*, 2015 2(7), 405-408.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un tipo de estudio de intervención, cuasi-experimental, in vitro para estimar el grado de penetración del irrigante Hyben X® en raíces vestibulares de primeros premolares superiores extraídos con fines ortodónticos. En este estudio se seleccionaron los primeros premolares superiores pues el hecho de tener dos raíces homologas con casi exactamente la misma configuración morfológica y estructural permitió seleccionar las raíces vestibulares como unidades experimentales y las raíces palatinas como raíces controles, tal y como se explicará más adelante, conservando así el principio de igualdad entre las unidades experimentales y unidades controles. Por otra parte, este estudio por ser el primer ensayo de Hyben X® se realizó en raíces con poca curvatura como la de los primeros premolares superiores.

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

5.2.1. Población

El estudio se realizó con una muestra de 30 premolares superiores extraídos con fines ortodónticos. De los que se tomaron las raíces vestibulares como grupo experimental y raíces palatinas como grupo control.

5.2.2 Muestra

El calculo del tamaño de la muestra fue realizado teniendo en cuenta la tendencia histórica de estudios previos realizados con metodologías similares como los reportados por:

- Bronc et al 2010 *Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the cleaning and shaping of root canals: a digital subtraction radiographic study. 30 órganos dentarios como muestra.*

- Aysun Kara Tuncer 2012 *Effect of Different Final Irrigation Solutions on Dentinal Tubule Penetration Depth and Percentage of Root Canal Sealer*
32 órganos dentarios como muestra
- Y. Moon et al Effect of Final Irrigation Regimen on Sealer Penetration in Curved Root Canals.
45 órganos dentarios como muestra
- Bronec et al 2010 *Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation régime.*
30 órganos dentarios como muestra

5.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

5.3.1 Criterios de inclusión:

- Dientes extraídos con fines ortodónticos
- Dientes con corona completa
- Formación radicular completa y ápices cerrados

5.3.2 Criterios de exclusión:

- Dientes con morfología atípica (Dislaceración, fusión, macrodoncia, microdoncia).
- Dientes con conductos impermeables o calcificados
- Dientes con tratamiento endodóntico previo
- Dientes con reabsorción interna o externa

5.4 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

El grado de penetración Hyben X® en el sistema de conductos radiculares se evaluó con variables de tipo cuantitativo y cualitativo. Para datos cualitativos se utilizó la rodamina que es un compuesto heterocíclico fluorescente que a la excitación con luz ultravioleta emite un color amarillo, lo cual permitió identificar las zonas donde el Hyben X® y el hipoclorito de sodio lograron penetrar. Mientras que para datos

cuantitativos se utilizó la μm como unidad de medida para evaluar la penetración de los irrigantes.

5.5 OBTENCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ÓRGANOS DENTALES

Previa autorización de los pacientes mediante consentimiento informado se tomaron como muestra 30 premolares superiores recién extraídos de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión. Los dientes extraídos se almacenaran en solución salina a 4°C para evitar la desecación hasta su posterior uso.

5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se conformaron 3 grupos experimentales y 3 grupos controles, seleccionados aleatoriamente. Cada grupo estaba conformado por 10 especímenes (premolares superiores), los cuales fueron decoronados y seccionados a nivel de furca con disco metálico a baja velocidad para dividir raíces vestibulares y palatinas que se encontraban previamente rotuladas para asegurar su posterior identificación. Luego se tomó conductometría de cada raíz para ser empotradas en resina epóxica y colocadas en un recipiente plástico para su transporte e identificación por grupo (Figura 2,3).

Grupo A1 (raíces vestibulares): conformado por 10 especímenes que durante el proceso de preparación del conducto fueron irrigados por la solución Hyben X® mediante técnica de irrigación convencional con aguja monoject.

Grupo B1 (raíces vestibulares): conformado por 10 especímenes que durante el proceso de preparación del conducto fueron irrigados por la solución Hyben X® mediante técnica de irrigación manual dinámica.

Grupo C1 (raíces vestibulares): conformado por 10 especímenes que durante el proceso de preparación del conducto fueron irrigados por la solución Hyben X® mediante técnica de irrigación ultrasónica pasiva.

Grupo A2 (Grupo control- raíces palatinas): conformado por 10 especímenes que durante el proceso de preparación del conducto fueron irrigados por la solución solución hipoclorito de Sodio al 5% mediante técnica de irrigación convencional con aguja monoject.

Grupo B2 (Grupo control- raíces palatinas): conformado por 10 especímenes que durante el proceso de preparación del conducto fueron irrigados por la solución de hipoclorito de Sodio al 5% mediante técnica de irrigación manual dinámica.

Grupo C2 (Grupo control- raíces palatinas): conformado por 10 especímenes que durante el proceso de preparación del conducto fueron irrigados por la solución hipoclorito de Sodio al 5% mediante técnica de irrigación ultrasónica pasiva.

5.7 PROTOCOLO DE PREPARACIÓN E IRRIGACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

Para facilitar la preparación se realizó un corte transversal a nivel de corona de cada diente con disco metálico a baja velocidad y además se realizó otro corte a nivel interradicular para separar la raíz vestibular de la palatina. Se tomó conductometría con lima # 10k (Dentsply Maillefer, Zurich, Suiza) sobrepasando la lima a través del foramen apical, posteriormente se restó 1 mm y se tomó esta medida como longitud de trabajo⁷⁴ (Figura 2).

⁷⁴Shrestha A, Fong SW, Khoo BC, Kishen A. Delivery of antibacterial nanoparticles into dentinal tubules using high-intensity focused ultrasound. *Journal of endodontics*. 2009;35(7):1028-33

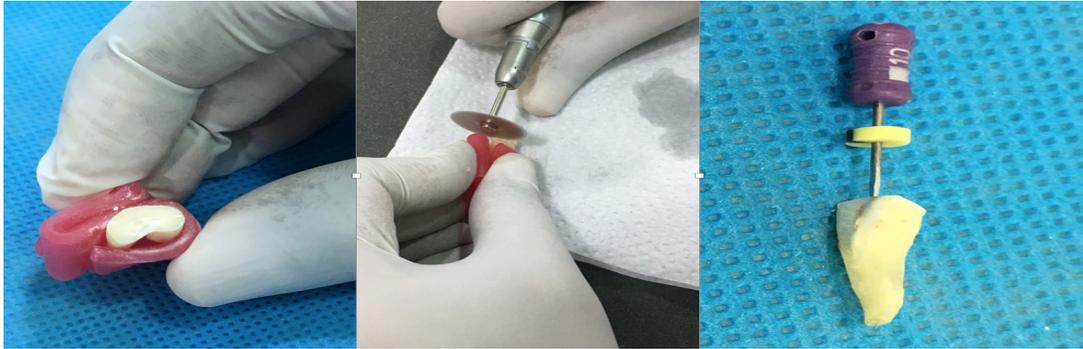


Figura 2. Corte transversal de corona y toma de conductometría.

Posteriormente cada raíz se embebió en un cubo de resina epóxica, para facilitar su manipulación y su posterior corte. La preparación se realizó con sistema reciprocante WAVE ONE GOLD® primary taper 25.07 (Figura 3).



Figura 3. Colocación de muestras en resina epóxica.

Se utilizó 1 ml de solución irrigante Hyben X® durante la preparación por el tiempo en que el operador realizó la preparación para cada técnica de irrigación (ultrasónica pasiva, manual dinámica y aguja monoject) en los grupos A1, B1, y C1. Para los grupos controles A2, B2 y C2, la irrigación se realizó con las mismas técnicas con la diferencia que el irrigante fué hipoclorito de Sodio al 5% bajo las mismas condiciones de los grupos experimentales. Después de la terminación de la preparación biomecánica, se irrigó nuevamente con 1 ml de solución de Hyben X® diluida en 1ml de fluorescent rhodamine 6G (Sigma-Aldrich, St Louis, MO) en los

grupos experimentales y de igual manera se realizó esta mezcla con hipoclorito de sodio al 5% por 1 minuto. La rodamina es un compuesto heterocíclico fluorescente que a la excitación con luz ultravioleta emite un color amarillo, lo cual permitió identificar las zonas donde el Hyben X® y el hipoclorito de sodio lograron penetrar.

Una vez terminada la irrigación del conducto radicular se selló a nivel cervical con ionomero de vidrio y se realizó un corte longitudinal a cada muestra del grupo experimental y control mediante una micro cortadora isomet BUEHLER para luego ser llevado a análisis microscópico (figura 4).



Figura 4. Fotografía Micro-cortadora Isomet BUEHLER, corte longitudinal de muestra 500 μm .

5.8 ANÁLISIS MICROSCÓPICO

Posteriormente las muestras fueron estudiadas bajo microscopía de fluorescencia. Para este análisis se realizaron secciones longitudinales de 500 μm . Las muestras se analizaron en el microscopio de fluorescencia AXIO VISION ZOOM marca Carl

Zeiss. Se realizaron medidas en μm con software ZEN para determinar el grado de penetración de las sustancias evaluadas.

5.9 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN

Se diseñó un instrumento de observación para la recolección de la información teniendo en cuenta las variables ya mencionadas. (Ver anexo A. Instrumento de recolección de información)

5.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

H₀= No existen diferencias entre las medias de los valores de penetración entre los tres grupos de estudio.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_a= La media del valor de penetración del grupo IUP > grupos con irrigación convencional con aguja monoject e irrigación manual dinámica (cono de gutapercha)

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Teniendo en cuenta la naturaleza de las variables se analizaron utilizando estadística descriptiva mediante software R commander. Para datos cuantitativos la media acompañada de medidas de dispersión. Inicialmente para comparar la diferencia entre cada grupo experimental con su grupo control se utilizó la prueba T de student, previa verificación de normalidad de datos mediante shapiro-wilk (Grupo A1 vs A2). Para comparar la diferencia entre los tres grupos de estudio se empleó la prueba estadística ANOVA, teniendo en cuenta una significancia estadística de $P < 0.05$ para aceptar o rechazar la hipótesis nula.

5.11 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente trabajo de investigación siguió los lineamientos y recomendaciones contempladas en la declaración de Helsinki y en las normas técnico-científicas y administrativas para la investigación en salud resolución No. 008430 de 1.993 emanada del Ministerio de Protección social en su título II Capítulo I sobre los aspectos éticos de la investigación en humanos, artículos del 5 al 11. Para tal cumplimiento, solo se utilizaron órganos dentales de aquellos pacientes que voluntariamente desearan donar sus órganos dentales extraídos por motivos ortodónticos al firmar un consentimiento informado, donde claramente quedó su intención voluntaria de realizar la donación de su órgano dental extraído. Por ningún motivo se obtuvieron muestras de dientes premeditadamente que afecten el estado de salud oral de los pacientes. Ver anexo B de Consentimiento informado.

6. RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE NIVELES DE PENETRACIÓN EN GRUPOS EXPERIMENTALES DEL IRRIGANTE HYBEN X®

Al evaluar el grado de penetración en μm del irrigante Hyben X® en raíces vestibulares de primeros premolares bajo tres sistemas de irrigación como lo fueron: Irrigación convencional monoject, irrigación manual dinámica e irrigación ultrasónica pasiva se encontraron en el grupo A1 bajo técnica de irrigación convencional monoject valores de $479.38 \mu\text{m}$ ($\pm 89,3530868 \mu\text{m}$), $522.1 \mu\text{m}$ ($\pm 110,855511\mu\text{m}$) y $523.41 \mu\text{m}$ ($\pm 134,727728 \mu\text{m}$) para los tercios cervical, medio y apical, respectivamente. En el grupo B1 bajo técnica de irrigación manual convencional los valores obtenidos fueron $618.22 \mu\text{m}$ ($\pm 138,233604 \mu\text{m}$), $549.47 \mu\text{m}$ ($\pm 148,684147 \mu\text{m}$) y $619.98 \mu\text{m}$ ($\pm 172,590689 \mu\text{m}$) para los tercios cervical, medio y apical, respectivamente. Por último, en el grupo C1 que fue irrigado a través de técnica ultrasónica pasiva se identificaron valores superiores a los grupos A1 y B1 con valores de $1015.8 \mu\text{m}$ ($\pm 163,075454 \mu\text{m}$) para el tercio cervical, $880,08 \mu\text{m}$ ($\pm 221,330449 \mu\text{m}$) para el tercio medio y $769.514 \mu\text{m}$ ($\pm 203,480628 \mu\text{m}$) para el tercio apical. Adicionalmente se evaluó la dispersión de los datos calculando desviación estándar (SD) y coeficiente de variación. Con respecto a este último se obtuvieron valores mínimos de 0.16 y máximo de 0,27 no superando valores de 0,3 lo que indica que las medias obtenidas son representativas del conjunto de observaciones. (Ver Tabla 1. Valores de penetración en μm para el grupo de estudio con irrigante Hyben X® usando 3 técnicas de irrigación).

	A1 HYBEN X® con Irrigación Convencional Monoject			B1 HYBEN X® con Irrigación Manual Dinámica			C1 HYBEN X® con Irrigación Ultrasónica pasiva		
	Cervical	Medio	Apical	Cervical	Medio	Apical	Cervical	Medio	Apical
R1	496,3	614,32	484,69	516,5	458,25	474,67	690	708,6	963,76
R2	402,29	545,82	836,01	369,63	318,33	575,23	908,77	672,54	685,04
R3	375,29	563,88	372,99	503,83	450,35	500,2	1261,39	602,86	725,67
R4	383,53	659,05	608,7	666,26	376,71	700,5	1198,17	1139,19	515,79
R5	595,34	559,45	539,19	679,84	615,59	531,18	981,06	634,69	1038,72
R6	489,12	550,85	585,12	739,23	608,89	531,18	1075,02	895,91	580,17
R7	629,04	581,05	450,25	807,32	753,02	430,53	1119,94	1070,43	648,89
R8	400,82	307,41	392,14	765,34	600,52	826,87	903,85	942,24	595,17
R9	483,78	483,78	436,37	608,26	763,02	978,77	1008,02	903,17	854,69
R10	538,32	355,44	528,72	526,04	550,02	650,7	1011,83	1231,25	1087,24
CV	0,18639 186	0,2123 2417	0,25739 988	0,22359 756	0,27059 557	0,27837 971	0,16053 815	0,25148 672	0,26442745
SD±	89,3530 868	110,85 5511	134,727 728	138,233 604	148,684 147	172,590 689	163,075 454	221,330 449	203,480628
Media	479,383	522,10	523,418	618,225	549,47	619,983	1015,80	880,088	769,514

Tabla1. Valores de penetración en μm para el grupo de estudio con irrigante Hyben X® usando 3 técnicas de irrigación. SD, Desviación estándar ; CV, coeficiente de Variación. Los valores para SD, Media y cada replica (R) están dados en μm .

El grupo A1 muestra una similitud de distribución entre los tres tercios con unos ligeros aumentos en el tercio apical donde se obtuvo el mayor valor de la media correspondiente a 523.41 μm . En el grupo B1 al igual que en el grupo A1 la distribución de los valores más altos de profundidad están ubicados en el tercio apical. Sin embargo, cabe anotar que los valores observados en los tercios cervical y medio no difieren tanto con respecto al tercio apical. La técnica ultrasónica pasiva empleada en el grupo C1 mostró los mayores valores de medias de profundidad de Hyben X® tanto en el tercio cervical como medio y apical comparado con los grupos A1 y B1.

A través de microscopía de fluorescencia se pudo identificar cualitativa y cuantitativamente los valores de penetración mediante software ZEN del microscopio AXIO VISION ZOOM V9 de Carl Zeiss. Las figuras 5, 6 y 7 muestran detalladamente algunas de las replicas analizadas en los grupos experimentales.

En la figura 5A y 5B se puede observar mediante fluorescencia de emisión color amarillo de la Rodamina G que Hyben X® penetró los túbulos dentinarios a lo largo

de los tres tercios radiculares (Grupo A1 100 x). En la figura 5C y 5D se puede identificarse mismo patrón de penetración para el tercio apical (las medidas corresponden a las reportadas en la tabla 1).

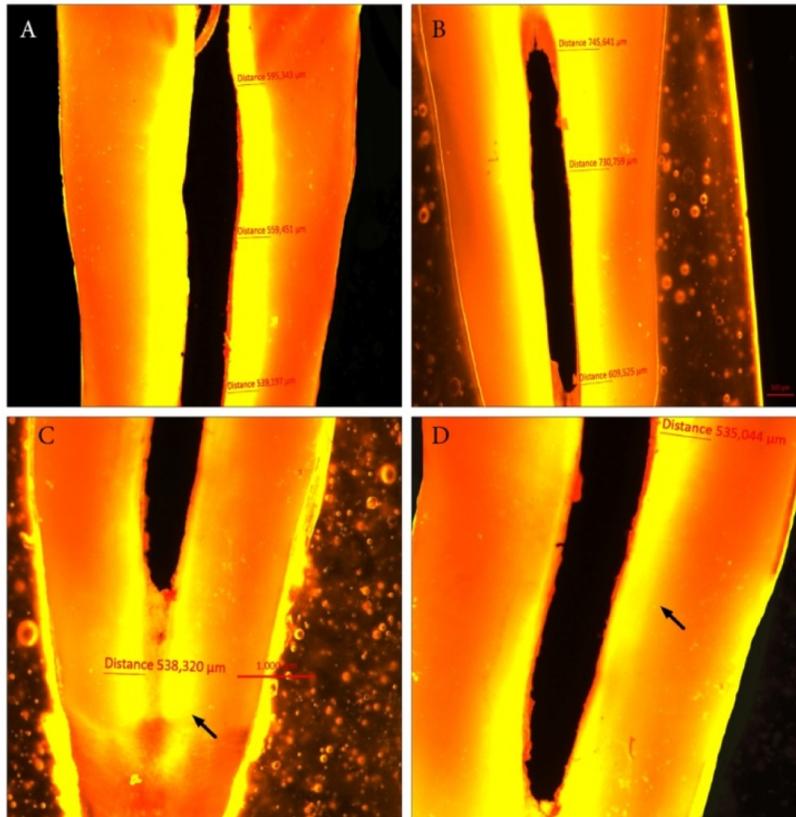


Figura 5. Microfotografía de nivel de penetración de Hyben X® en grupo A1 usando técnica monoject convencional mediante microscopía de fluorescencia (Rodamina). A, B, C y D muestran niveles de penetración en μm . 100X

Con respecto al grupo irrigado mediante técnica manual B1 también se identificó como Hyben X® mezclado con rodamina 6G pudo penetrar la superficie dentinal. En la figura 6B y 6D se muestra un zoom de 120X de las figuras 6A y 6C respectivamente. Acá se puede observar claramente indicado por las flechas negras la penetración en los túbulos dentinarios.

Siguiendo con el grupo C1 irrigado mediante técnica ultrasónica pasiva se pudo identificar algunos aspectos de relevancia al analizar el patrón de penetración de Hyben X®. En primera instancia tal como se registró en la tabla 1 este grupo reportó los niveles de penetración más altos de los grupos experimentales. Adicionalmente cabe destacar que se evidenció como Hyben X® puede penetrar en conductos accesorios, probablemente por la potenciación de difusión al usar la técnica ultrasónica, tal y como se evidencia en la figura 7C.

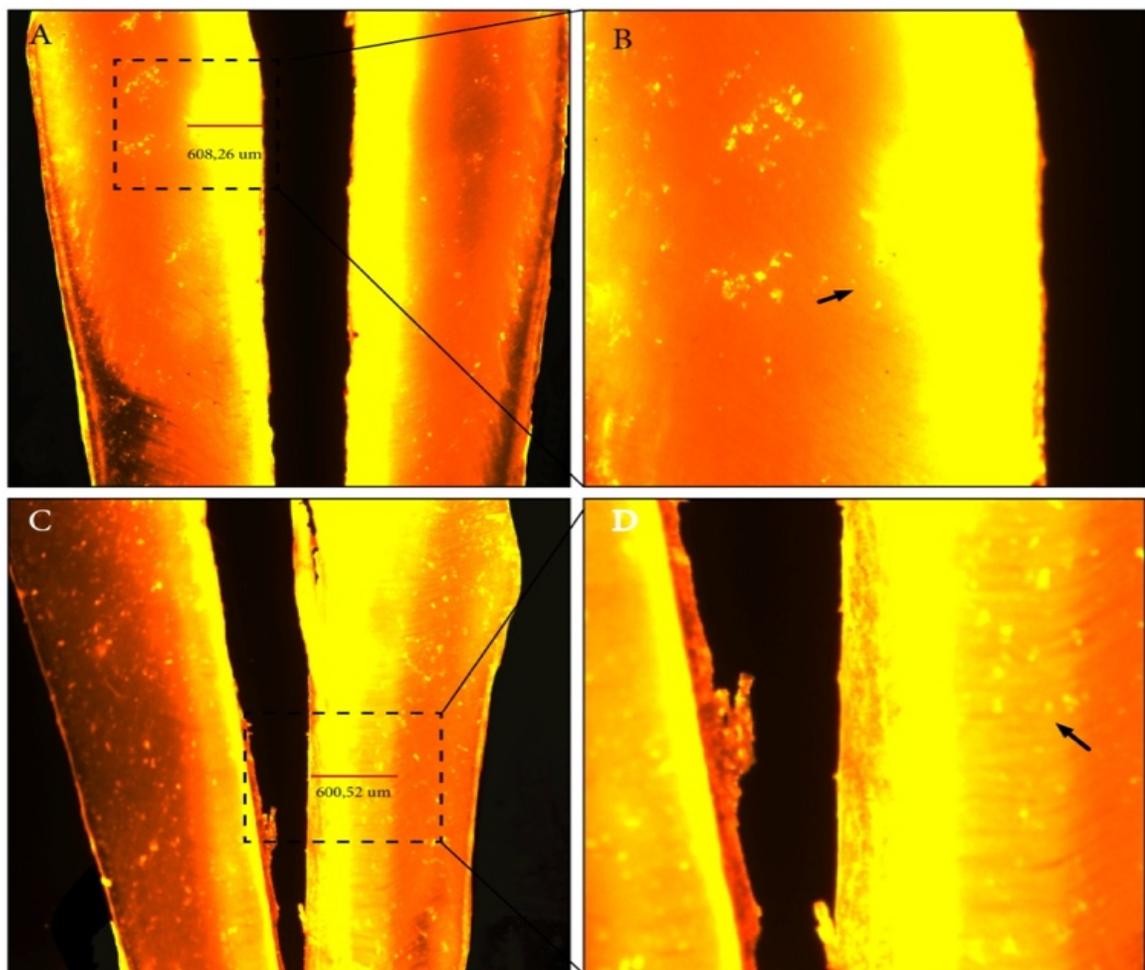


Figura 6. Microfotografía de nivel de penetración de Hyben X® en grupo B1 usando técnica manual mediante microscopía de fluorescencia (Rodamina 6G). A y C (100X), muestran niveles de penetración en μm y se proporciona un zoom de 120 X de ambas imágenes.

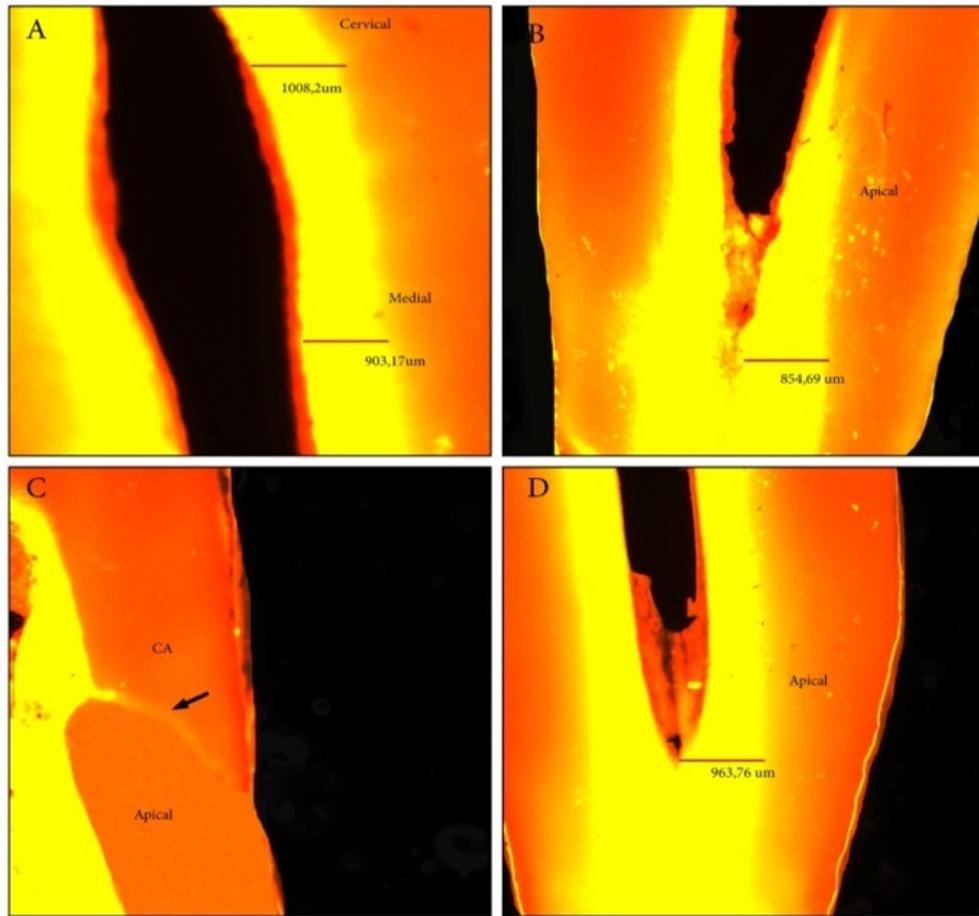


Figura 7. Microfotografía de nivel de penetración del irrigante Hyben X® en grupo C1 usando técnica Ultrasónica pasiva mediante Microscopia de fluorescencia(Rodamina6G). A,B y D muestran niveles de penetración en μm en tercios cervical, medio y apical. C. penetración de Hyben X® en conducto accesorio.CA, conducto accesorio.100X

6.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE NIVELES DE PENETRACIÓN EN GRUPOS CONTROLES DEL HIPOCLORITO DE SODIO

Con el propósito de realizar comparaciones entre Hyben X® con otro irrigante de referencia ó “GOLD ESTÁNDAR” se decidió tener como control el hipoclorito de sodio al 5% ya que es el irrigante por excelencia dado su poder antimicrobiano y sobre todo su penetración en los túbulos dentinarios. De esta manera se procedió a conformar tres grupos controles Grupo A2 (raíces irrigadas mediante técnica monoject convencional, grupo control de A1), grupo B2 (irrigación con técnica manual, control del grupo B1) y por último grupo C2 (irrigados con técnica ultrasónica pasiva, control del grupo C1). Teniendo en cuenta las condiciones de homogeneidad experimental, obtuvimos los siguientes resultados. En la Tabla 2 se puede observar que al igual que el grupo experimental se analizaron 10 replicas por cada grupo control (A2, B2 y C2) para un total de 30 especímenes reportándose cada uno de los valores obtenidos por cada tercio radicular. De los valores obtenidos se procedió a identificar la media aritmética (promedio) del valor de penetración de cada grupo obteniéndose los siguientes valores: En el grupo A2 bajo técnica de Irrigación convencional monoject se encontraron valores de 744.62 μm , 707,954 μm y 658.58 μm para los tercios cervical, medio y apical, respectivamente. En el grupo B2 bajo técnica de irrigación manual convencional los valores obtenidos fueron 516.09 μm , 459.77 μm y 460.09 μm para los tercios cervical, medio y apical, respectivamente. Por último, en el grupo C2 que fue irrigado a través de técnica ultrasónica pasiva se identificaron valores de 653.55 μm para el tercio cervical, 606.31 μm para el tercio medio y 566.53 μm para el tercio apical. Adicionalmente se evaluó la dispersión de los datos calculando desviación estándar (SD) y coeficiente de variación. Con respecto a este último al igual que en los grupos experimentales se obtuvieron valores mínimos de 0.15 y máximo de 0,26 no superando valores de 0,3 lo que indica que las medias obtenidas son representativas del conjunto de observaciones.

	A2 Hipoclorito con Irrigación Convencional Monoject			B2 Hipoclorito con Irrigación Manual Dinámica			C2 Hipoclorito con Irrigación Ultrasónica Pasiva		
	Cervical	Medio	Apical	Cervical	Medio	Apical	Cervical	Medio	Apical
R1	678,76	804,45	841,36	547,01	631,37	403,23	987,44	757,63	550,96
R2	811	947,35	941,65	552,68	474,37	576,9	505,16	558,88	488,2
R3	879	875,34	772,79	469,42	376,76	346,02	918,24	678,79	658,43
R4	856,4	494,57	423,37	484,86	298,01	390,98	543,28	751,28	847,56
R5	715,65	877,72	439,72	327,09	440,03	609,75	704,05	502,07	521,16
R6	851,92	637,68	526,72	579,49	427,39	539,12	467,42	439,16	425,66
R7	509,05	449,19	574,34	582,32	498,69	446,17	515,63	515,85	478,08
R8	761,82	563,6	607,34	680,98	541,68	559,51	697,13	699,04	717,88
R9	745,64	730,75	609,52	555,11	333,32	392,6	597,17	609,91	417,06
R10	637	698,89	849,06	381,94	576,17	336,67	600	550,54	560,33
CV	0,15443 797	0,24115 595	0,27518 2	0,20041 376	0,23144 817	0,22114 711	0,26982 861	0,18244323	0,2417457 3
SD±	114,998 221	170,727 319	181,231 285	103,431 536	106,415 008	101,748 682	176,347 028	110,61807	136,95669 4
Media	744,624	707,954	658,587	516,09	459,779	460,095	653,552	606,315	566,532

Tabla 2. Valores de penetración en μm para el grupo de estudio con irrigante Hipoclorito de Sodio usando 3 técnicas de irrigación. SD, Desviación estándar; CV, coeficiente de Variación. Los valores para SD, Media y cada replica (R) están dados en μm .

En el grupo A2 se pudo identificar que los valores de penetración son superiores a los del grupo experimental A1, de hecho los valores de su media para los tercios cervical, medio y apical fueron superiores tal y como está consignado en la tabla 2. Para una mejor comprensión la comparación de las tablas 1 y 2 se encuentran graficadas en la figura 11.

En el grupo control B2 la distribución de los valores es parecida al del grupo experimental B1. Sin embargo, se observan valores más altos a nivel del tercio apical. El último grupo control fue el grupo C2 irrigado mediante técnica ultrasónica pasiva con hipoclorito de sodio. En este grupo control se pudieron observar valores de penetración considerables de acuerdo a la bibliografía reportada. De manera destacable los valores de penetración observados en este grupo parecen estar relacionados con el uso del ultrasonido.

Al igual que en los grupos experimentales, también se dan a conocer microfotografías de inmunofluorescencia donde a diferencia de los grupos experimentales en lugar de detectar Hyben X® se detecta la penetración del hipoclorito de sodio contrastado con la Rodamina 6G. En la figura 8, se puede visualizar claramente los niveles de penetración del hipoclorito de sodio mediante la fluorescencia emitida por la rodamina. En este grupo control se pudo observar un nivel considerable de penetración tanto en el tercio cervical como medio y apical, tal y como se muestra en las figuras 8A, B,C y D.

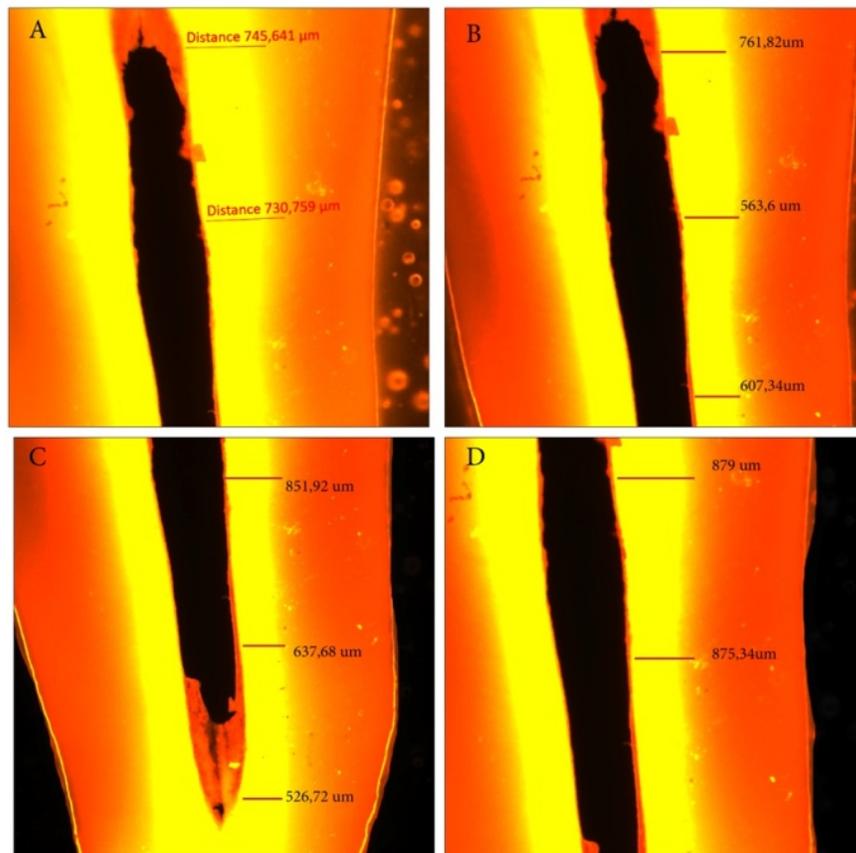


Figura 8. Microfotografía de nivel de penetración del irrigante Hipoclorito de sodio en grupo A2 usando técnica convencional con aguja monoject mediante microscopía de fluorescencia(Rodamina6G). 100x

El grupo control B2 también evidenció una excelente penetración del irrigante hipoclorito de sodio. En este grupo también se pudo determinar que el hipoclorito de sodio tal y como se esperaba presentaría niveles de penetración representativos a nivel de los túbulos dentinarios como se observa en la figura 9C.

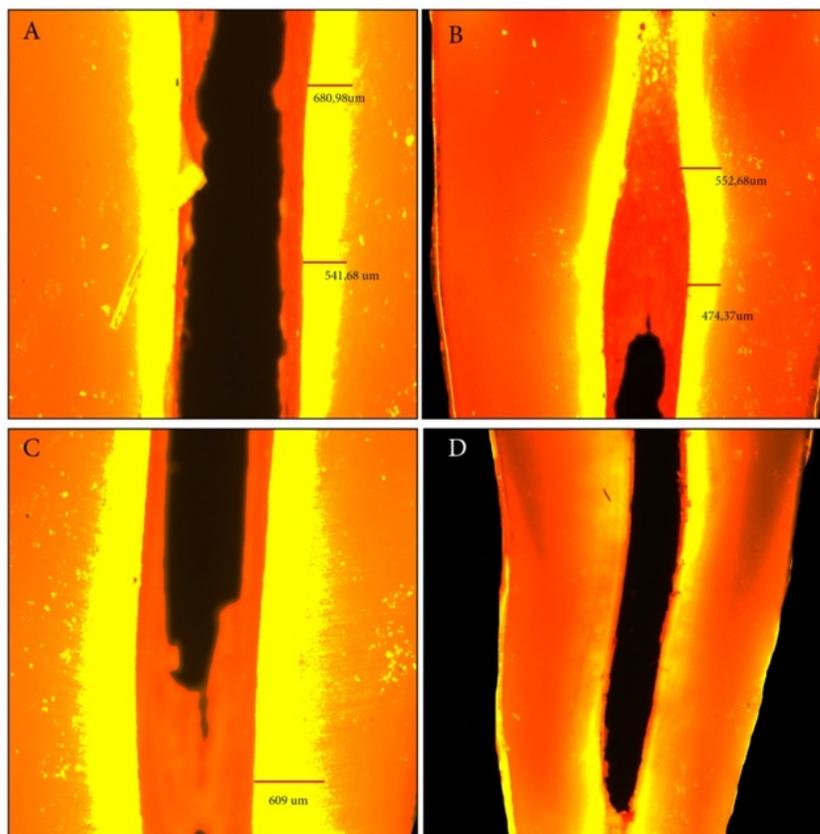


Figura 9. Microfotografía de nivel de penetración del irrigante Hipoclorito de sodio en grupo B2 usando técnica manual convencional mediante microscopía de fluorescencia (Rodamina6G). 100x

Por último, en el grupo C2 se pudo determinar niveles de penetración significativos en los tercios cervical, medio y apical con unos promedios de penetración de $653.55\mu\text{m}$, $606.31\mu\text{m}$ y $566.53\mu\text{m}$, para cada tercio respectivamente (ver tabla 2). En la figura 10 estos valores pueden ser visualizados y se puede apreciar el nivel de penetración en algunas de las replicas utilizadas. En la figura 10C y 10D es fácil identificar la gran penetración en el tercio apical, así con en el resto de tercios (Figura 10A y 10B).

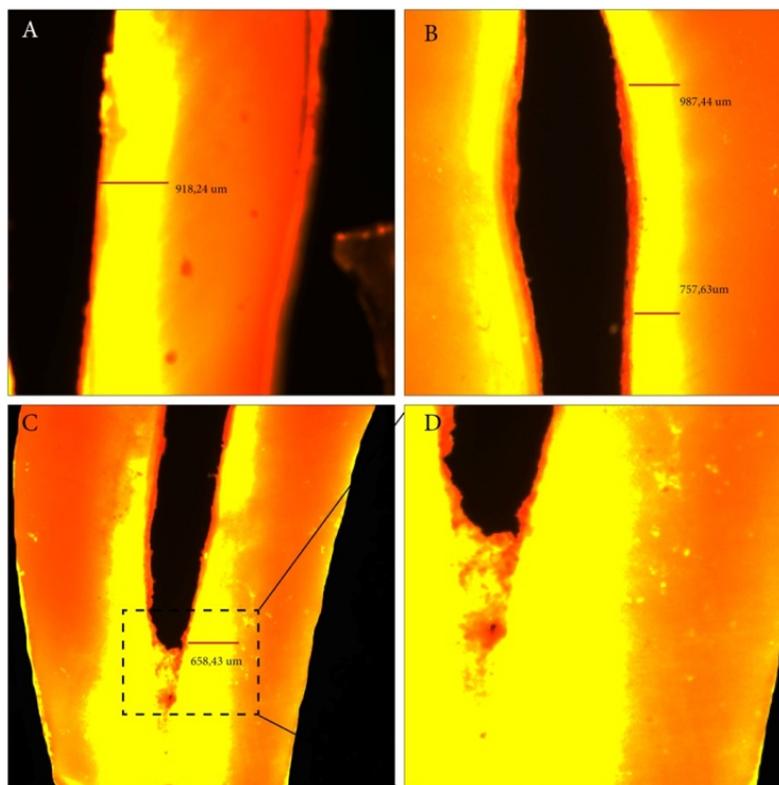


Figura 10. Microfotografía de nivel de penetración del irrigante Hipoclorito de sodio en grupo C2 usando técnica ultrasónica pasiva mediante microscopía de fluorescencia (Rodamina6G) 100 x. A, nivel de penetración en tercio cervical. B, penetración en tercios cervical y medio penetración en tercio apical. D, muestra un zoom de la región apical observada en C 120 x.

6.3 COMPARACIÓN DE GRUPOS EXPERIMENTALES Y GRUPOS CONTROLES (COMPARACIÓN DE MEDIAS, PRUEBA T).

Uno de las principales inquietudes que tenía el grupo de trabajo era saber cómo se estaba comportando Hyben X® con respecto a un irrigante ejemplar ó “Gold estándar”, como es el hipoclorito de sodio en cada uno de los tercios radiculares. Esta fue la razón por la cual se crearon los grupos control por cada técnica de irrigación. Es importante aclarar en este punto, que esta comparación se hace necesaria para saber que tanta penetración tenía Hyben X® con respecto a los datos reportados bajo unas mismas condiciones experimentales, y adicionalmente, era esta comparación el paso final de este trabajo para evaluar con mayores fundamentos cual de las tres técnicas de irrigación favorecía más la penetración de este irrigante de manera significativa y así poder realizar nuestra prueba de hipótesis. Dado lo anterior se procedió a realizar una comparación de medias mediante análisis de prueba t de cada una de las técnicas de irrigación entre los grupos experimentales vs su grupo control respectivo tercio a tercio (comparación de dos grupos). De esta manera al comparar el grupo A1 vs el grupo control A2 irrigados mediante técnica monoject con un valor de $p < 0,05$ en el tercio cervical se encontraron diferencias estadísticamente significativas que sugieren que con esta técnica en el tercio cervical el hipoclorito logra penetrar más en los túbulos dentinarios. Por el contrario a nivel de los tercios medio y apical con valor de $P > 0,05$ no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la penetración de Hyben X® y el gold estándar hipoclorito de sodio (Ver tabla 3). En la comparación del grupo B irrigado mediante técnica manual con valor de $p > 0,05$ no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los tercios evaluados lo cual indica que esta técnica de irrigación no favorece ni al hipoclorito ni al Hyben X® y que ambos irrigantes pueden lograr valores de penetración similares (Tabla 3).

Por último, al comparar el grupo C que fue irrigado mediante técnica ultrasónica pasiva, se encontró que con valores de $p < 0,05$ en los tres tercios evaluados se puede decir que el Hyben X® presentó mejores valores de penetración que el hipoclorito, lo cual puede deberse principalmente a la técnica ultrasónica. Los resultados antes mencionados permiten decir que el irrigante Hyben X® presenta altos niveles de penetración de los túbulos dentinarios cuando es comparada con un irrigante ejemplar como lo es el hipoclorito de sodio y que su penetración parece ser favorecida por la técnica ultrasónica.

T Student Grupos experimentales vs Controles						
Tercios	Valor de P	Significancia	Valor de P	Significancia	Valor de P	Significancia
radiculares	A1 vs A2	valor P	B1 vs B2	valor P	C1 vs C2	valor P
Tercio Cervical	0,008	S	0,0671	NS	0,0001558	S
Tercio Medio	0,0584	NS	0,0895	NS	0,003827	S
Tercio Apical	0,0965	NS	0,2419	NS	0,01885	S

Tabla 3. T Student Grupos experimentales vs Controles. S, Significativo estadísticamente; NS, no significativo estadísticamente.

6.4 ANOVA DE TRES TÉCNICAS DE IRRIGACIÓN EN LOS TERCIOS RADICULARES

Con el propósito de dar cumplimiento al cuarto objetivo de este trabajo de investigación se procedió a realizar un ANOVA de una vía para determinar cuál de los tres protocolos de irrigación era el que favorecía la mayor penetración del irrigante Hyben X® ya que previamente se había identificado que Hyben X® eran tan efectivo en cuestión de penetración en túbulos dentinarios como el gold estándar hipoclorito de sodio. Al realizar el ANOVA de los tres protocolos de irrigación en el tercio medio se pudo identificar que con un $p < 0,05$ equivalente a $3.75e-09$ existían

diferencias estadísticamente significativas entre alguno de los tres protocolos. Por lo tanto se procedió a realizar un modelo lineal que permitiera identificar cuál de las tres técnicas en este tercio era la que permitía obtener los valores más altos de penetración obteniendo un $P=0,00281$ para la técnica de irrigación ultrasónica y un P de $0,021$ para la técnica con aguja monoject indicando que estas dos técnicas ejercen un efecto en esa profundidad de penetración. Sin embargo es la técnica ultrasónica la que favorece mejor ese aumento de penetración en los túbulos dentinarios (Ver tabla 4). Con respecto a los dos tercios restantes efectivamente se encontraron diferencias estadísticas entre las medias de los valores de penetración obtenidas por cada técnica de irrigación con valores de $p<0,05$ como se evidencian en la tabla 4. Sin embargo a diferencia del tercio cervical fue solo la técnica ultrasónica pasiva la que favoreció ese aumento en los niveles de penetración del irrigante Hyben X®. En la figura 12 se visualiza mediante un box plot la comparación de estos grupos de estudio donde claramente se puede evidenciar que la técnica ultrasónica en los tres tercios es en la que se encontraron los valores de media más altos entre las tres técnicas.

Así mismo se realizó un análisis ANOVA de dos vías para evaluar la diferencia entre cada uno de los grupos de estudio de acuerdo con los tercios evaluados donde se encontró que existía diferencia estadísticamente significativa entre grupos y entre tercios de cada grupo $p<0,05$. (Ver Tabla 5 y 6)

	Comparación de las tres técnicas en el tercio cervical	Comparación de las tres técnicas en el tercio medio	Comparación de las tres técnicas en el tercio apical
Valor de P	3.75e-09	5.87e-05 ***	3.93e-07
Significancia estadística	S	S	S
Lineal model	P= 0,0281 para Técnica Ultrasónica	P= 0.000139 para Técnica Ultrasónica	P=0,0325 para Técnica Ultrasónica

Tabla 4. Análisis ANOVA una vía para tres grupos por tercios radiculares. S, estadísticamente significativo.

GRUPO	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
A1	508,302	27,083	454,820	561,784
A2	703,722	27,083	650,240	757,204
B1	595,893	27,083	542,411	649,375
B2	478,655	27,083	425,173	532,137
C1	888,469	27,083	834,987	941,951
C2	608,800	27,083	555,318	662,282

Tabla 5. Análisis descriptivo de la media de penetración de cada grupo de estudio IC95%

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3792518,497 ^a	17	223089,323	10,138	,000*
Intersección	71587213,115	1	71587213,115	3253,170	,000*
GRUPO	3347016,851	5	669403,370	30,420	,000*
TERCIO	162208,357	2	81104,178	3,686	,027
GRUPO * TERCIO	283293,289	10	28329,329	1,287	,242
Error	3564869,875	162	22005,370		
Total	78944601,487	180			
Total corregida	7357388,372	179			

*p<0,05

Tabla 6. Análisis ANOVA de dos vías para tres grupos de estudio por tercios radiculares.

ANEXOS RESULTADOS

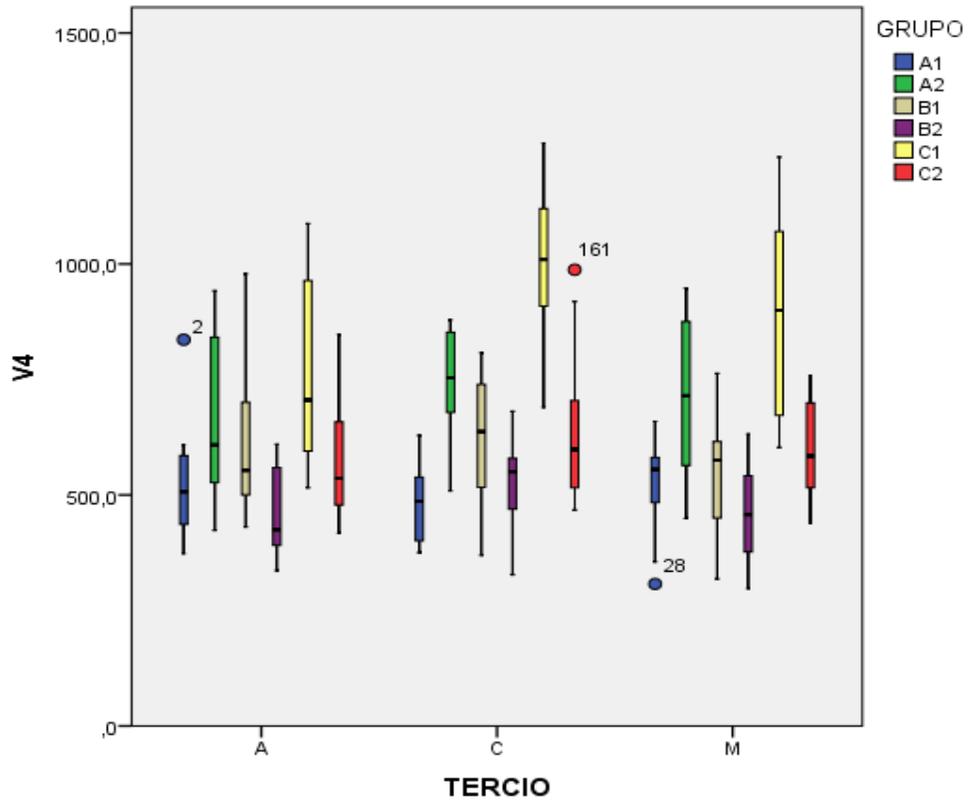


Fig. 11 Comparación niveles de penetración grupos controles vs grupos experimentales de acuerdo con cada tercio evaluado. A: apical; C: coronal; M: medio.

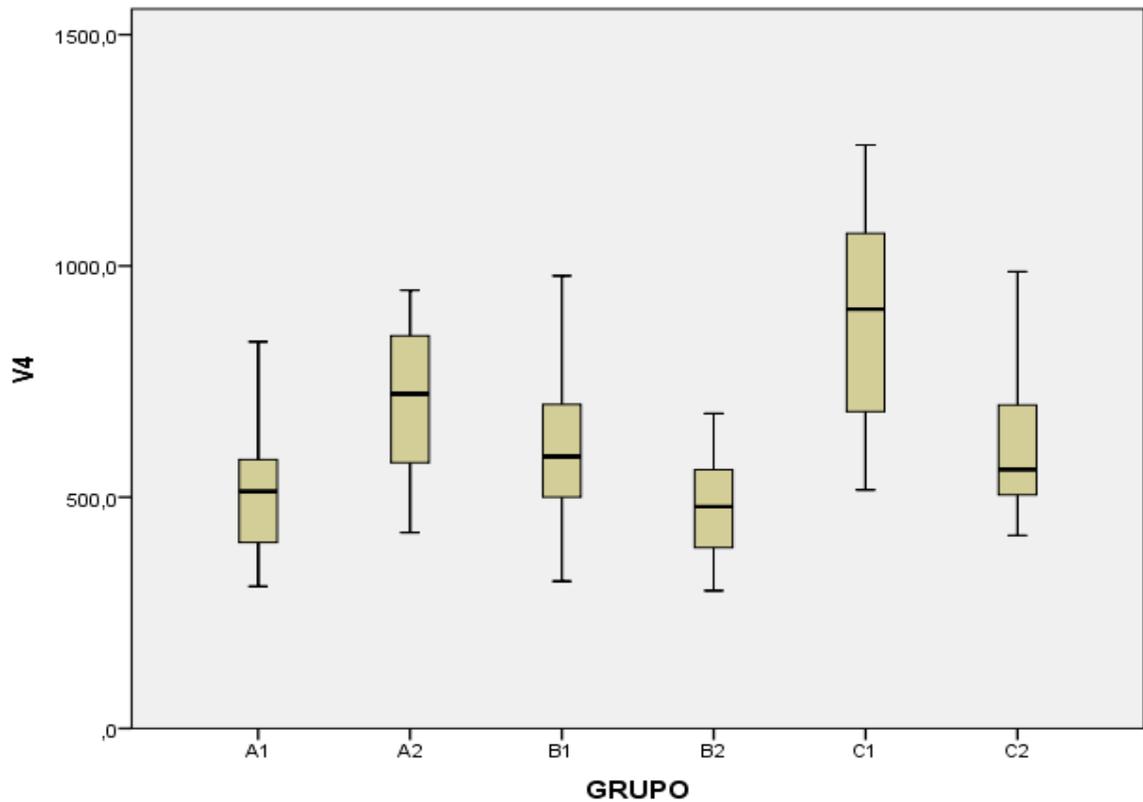


Figura 12. Comparación de medias en grupo irrigado con Hyben X® e hipoclorito de sodio mediante técnicas monoject, manual y ultrasónica en tercio Cervical

En conjunto los datos anteriormente mencionados sugieren que la técnica de irrigación ultrasónica es la que más la penetración del irrigante Hyben X® en los túbulos dentinarios.

7. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se realizó un estudio *in vitro* donde se evaluó la penetración en túbulos dentinarios de conductos radiculares del producto comercial Hyben X® de la casa comercial EPIEM Medical.

La solución Hyben X® comprende un concentrado de una mezcla acuosa de sulfato libre y aromáticos sulfonados, específicamente ácido hidroxibencenosulfónico, hidroxi-metoxibenceno-sulfónico y ácido sulfúrico. Los hidroxibenzenos son queratolíticos, mientras que los sulfonatos y ácido sulfúrico son higroscópicos y desnaturalizantes. Moles *et al* en el 2009 demostraron que la aplicación de Hyben X® en un área ulcerada genera desnaturalización, precipitación y la coagulación de los restos de tejido sobre la superficie de la úlcera y creación de una capa protectora de residuos de tejido coagulado sobre la superficie de la úlcera, lo que disminuye el malestar y los estímulos dolorosos⁷⁵. Por otra parte Arcuri *et al* en el 2016 evidenció que esta solución posee la capacidad de desestabilizar el *biofilm* bacteriano de las superficies dentales y posee función antimicrobiana⁷⁶. Teniendo en cuenta estas sobresalientes características, se planteó como objetivo principal determinar cuáles eran los niveles de penetración que posee Hyben X® bajo tres técnicas de irrigación dentro de las cuales se evaluaron: técnica monoject convencional, técnica manual, y técnica ultrasónica pasiva. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la solución Hyben X® presentó valores de penetración promedios bajo técnica de irrigación convencional monoject de 479.38 µm, 522.1 µm y 523.41 µm para los tercios cervical, medio y apical, respectivamente. De manera interesante, en los especímenes irrigados mediante técnica ultrasónica pasiva se

⁷⁵PORTER SR, AL-JOHANI K, FEDELE S, MOLES DR. Randomised controlled trial of the efficacy of HybenX in the symptomatic treatment of recurrent aphthous stomatitis. EN: Oral diseases. 2009;15(2):155-61

⁷⁶LOPEZ M, BASSI MA, CONFALONE L, SILVESTRE F, ARCURI C. The treatment of peri-implant diseases: a new approach using hybenx(®) as a decontaminant for implant surface and oral tissues. EN: Oral & Implantology. 2016;9(3):106-14.

determinaron valores promedios de penetración de 1015.8 μm para el tercio cervical, 880,08 μm para el tercio medio y 769.514 μm para el tercio apical. Estos valores son superiores a los reportados para otros irrigantes como el hipoclorito de sodio, también evaluado en este estudio. De igual manera también se identificaron los valores de penetración mediante irrigación por técnica manual obteniéndose valores significativos. De todos los resultados obtenidos, se pudo identificar que la técnica de irrigación ultrasónica pasiva fue la que favoreció los máximos valores de penetración del irrigante Hyben X® en los túbulos dentinarios. Jenkinson HF en el 2002 demostraron que las bacterias pueden penetrar en los túbulos dentinarios, y la profundidad de penetración varía de 300 μm a 1.500 μm ⁷⁷. Desafortunadamente, las bacterias dentro de los túbulos dentinarios son inaccesibles a los irrigadores convencionales del conducto radicular, medicamentos, y selladores porque tienen penetrabilidad limitada en los túbulos dentinarios. En estudios similares Mozo *et al* en el 2012 describen que la irrigación ultrasónica pasiva ha mostrado excelentes resultados favoreciendo la penetración de irrigantes convencionales como el hipoclorito de sodio y la consecuente actividad antimicrobiana⁷⁸. Tal y como se mencionó anteriormente, en el presente estudio el grupo de especímenes irrigados con Hyben X® mediante técnica ultrasónica pasiva fue quien mostró los mejores valores de penetración, incluso valores de hasta 1011 μm , que aunque no semejantes a los valores máximos de penetración bacteriana ofrecen un gran potencial terapéutico. Estos datos coinciden con los reportados por Mingues-Vila *et al* en el 2016 quienes evidencian que esta técnica promueve una mayor penetración de los irrigantes⁷⁹. Acorde a los datos obtenidos, se puede pensar que las razones detrás de este éxito de penetración pudieron ser atribuidas primero, a las características químicas de la solución Hyben X® y al proceso de corriente acústica

⁷⁷LOVE RM, JENKINSON HF. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. Critical reviews in oral biology and medicine EN: an official publication of the American Association of Oral Biologists. 2002;13(2):171-83

⁷⁸MOZO S, LLENA C, FORNER L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. EN: Medicina oral, patología oral y cirugía bucal. 2012;17(3):e512-6.

⁷⁹CASTELO-BAZ P *et al*. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in curved root canals. EN: Journal of clinical and experimental dentistry. 2016;8(4):e437-e41

y del proceso de cavitación que genera la técnica ultrasónica y segundo a una acción sinérgica entre estas dos características. Como se ha reportado previamente la irrigación ultrasónica produce dos grandes procesos representados en primer lugar por una corriente acústica que genera movimiento de partículas fluidas alrededor de la punta vibrante y segundo, un proceso de cavitación que promueve la formación de micro burbujas que crecen gradualmente hasta que colapsan al entrar en contacto con la superficie dentinal generando implosiones pequeñas que dan lugar a una agitación irregular del líquido. Según lo descrito por Haapasalo y Shenen en 2010 estos dos procesos, dado la alta capacidad de miscibilidad de la solución Hyben X® que obedece a su composición química por la presencia de los compuestos sulfonados y del ácido sulfúrico sumado a un aumento de temperatura per se la propia técnica, estarían explicando la significativa penetración de Hyben X®⁸⁰. Si bien es cierto este es el primer estudio que evalúa in vitro la penetración de la solución Hyben X® en conductos radiculares, por lo que no existen estudios similares para realizar una comparación de este producto. Sin embargo, si hay estudios que han evaluado el efecto que tienen las diferentes técnica de irrigación sobre la penetración de los irrigantes. Kishen *et al* identificó valores máximos de penetración de hasta 1000 µm mediante técnica ultrasónica pasiva para nano partículas bacterianas. Estos valores coinciden con los obtenidos tanto en el grupo irrigado con Hyben X® como con hipoclorito al 5% mediante esta misma técnica ultrasónica pasiva⁸¹.

Uno de los hallazgos significativos de este estudio fue la identificación de conductos accesorios ocupados por el medio de contraste Rodamina 6G que indica una indudable penetración de la solución Hyben X® en este mismo grupo con irrigación

⁸⁰HAAPASALO M, SHEN Y. Current therapeutic options for endodontic biofilms. EN: Endodontic Topics. 2010;22(1):79-98

⁸¹SHRESTHA A, FONG SW, KHOO BC, KISHEN A. Delivery of antibacterial nanoparticles into dentinal tubules using high-intensity focused ultrasound. EN: Journal of endodontics. 2009;35(7):1028-33

ultrasónica pasiva. Varios autores también han descrito los privilegios que afloran al usar esta técnica cuando de estos conductos accesorios se trata. Nandini *et al* en el 2013 describieron que el uso de esta técnica individual o combinada con una técnica de irrigación negativa apical se puede penetrar de mejor manera en conductos laterales⁸². Mingués-Vila *et al* también pudieron identificar que la técnica ultrasónica pasiva permite obtener mayores valores de penetración que las otras técnicas de irrigación⁸³.

Es importante mencionar que en este estudio el irrigante “Gold standard” utilizado fue el hipoclorito de sodio quien mediante las tres técnicas de irrigación evaluadas presentó valores de penetración significativos. Al comparar las medias de los valores obtenidos para cada técnica en grupos experimentales y controles irrigados con hipoclorito no se encontraron diferencias estadísticas, evidenciando así que el irrigante Hyben X® puede compararse en términos de penetración con el NaOCl. De esta manera, cabe resaltar que para el hipoclorito de sodio mediante técnica ultrasónica pasiva se identificaron valores de penetración 653.55 µm para el tercio cervical, 606.31 µm para el tercio medio y 566.53 µm para el tercio apical. Estos valores contrastan un poco con los reportados por Angeretti *et al* quienes reportaron valores de penetración máxima de 300 µm⁸⁴. De igual forma, Estrela *et al* no pudieron identificar valores superiores a 299.7 usando el hipoclorito como irrigante. Solo un autor ha reportado valores de penetración significativamente altos y

⁸²SPOORTHY E, VELMURUGAN N, BALLAL S, NANDINI S. Comparison of irrigant penetration up to working length and into simulated lateral canals using various irrigating techniques. *International endodontic journal*. 2013;46(9):815-22

⁸³SHRESTHA A, FONG SW, KHOO BC, KISHEN A. Delivery of antibacterial nanoparticles into dentinal tubules using high-intensity focused ultrasound. *EN: Journal of endodontics*. 2009;35(7):1028-33

⁸⁴BERUTTI E, MARINI R, ANGERETTI A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *EN: Journal of endodontics*. 1997;23(12):725-7.

comparables a los reportados en este estudio⁸⁵. De estos autores, Angelo *et al* encontraron valores de penetración de 542.5 μm para el hipoclorito⁸⁶.

⁸⁵PALAZZI F, BLASI A, MOHAMMADI Z, DEL FABBRO M, ESTRELA C. Penetration of Sodium Hypochlorite Modified with Surfactants into Root Canal Dentin. EN: Brazilian dental journal. 2016;27(2):208-16.

⁸⁶CHRISTOPHER SR, MATHAI V, NAIR RS, ANGELO JM. The effect of three different antioxidants on the dentinal tubular penetration of Resilon and Real Seal SE on sodium hypochlorite-treated root canal dentin: An in vitro study. EN: Journal of conservative dentistry : JCD. 2016;19(2):161-5.

8. CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados presentados en esta investigación, es posible llegar a las siguientes conclusiones:

1. Hyben X® presenta una alta penetración en el sistema de conductos radiculares.
2. Existe mayor penetración de Hyben X® e hipoclorito de sodio cuando se emplea la técnica ultrasónica pasiva.
3. Existe mayor penetración de Hyben X® cuando se emplea la técnica ultrasónica pasiva en comparación con hipoclorito de sodio.
4. La penetración de Hyben X® es efectiva en los tercios cervical, medio y apical mediante los protocolos de irrigación evaluados.

9. RECOMENDACIONES

Para próximas investigaciones se recomienda realizar estudios en donde se usen más variedades de concentraciones de la solución Hyben X® con el objetivo de identificar si a concentraciones mayores al 50% se consiguen los mismos efectos de penetración. Por otro lado, se recomiendan realizar estudios *in vivo* e *in vitro* sobre el efecto antimicrobiano en un modelo animal donde se evalúe intraconducto su efecto bactericida. De igual forma realizar estudio acerca de citotoxicidad de Hyben X®.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. ANDO, N., & HOSHINO, E. Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentine. EN: Int Endod J, 1990 23(1), 20-27.
2. ANDRABI, S. M, et al. An In Vitro SEM Study on the Effectiveness of Smear Layer Removal of Four Different Irrigations. EN: Iran Endod J, (2012). 7(4), 171-176.
3. ARGÜELLO, M. Una mejor manera de eliminar el Biofilm bucodental, causante de la enfermedad periodontal y la peri-implantaria. En Dental Tribune Spain, 2002. P. 6-9.
4. ARZATE Sosa Gabriel, et al. R. M. L. (Estudio comparativo de dos sistemas rotatorios evaluando la penetración del irrigante con un medio de contraste. En: Rev ADM, 2013 70(3), p.140-145.
5. BALDISSERA, R. et al. Adhesion of real seal to human root dentin treated with different solutions. EN: Braz Dent J, 2012 23(5), 521-526.
6. BERUTTI E, MARINI R, ANGERETTI A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. EN: Journal of endodontics. 1997;23(12):725-7.
7. BRONNEC F, BOUILLAGUET S, MACHTOU P. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the cleaning and shaping of root canals: a digital subtraction radiographic study. Int EN: Endod J, (2010). 43(4), 275-282.

8. CASTELO-BAZ P et al. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in curved root canals. EN: Journal of clinical and experimental dentistry. 2016;8(4):e437-e41.
9. CHIA-YI CHU et al. Comparison of the microstructure of crown and root dentin by a scanning electron microscopic study. EN: J Dent Sci 2010, 5(1), 14-20.
10. CHRISTOPHER SR, MATHAI V, NAIR RS, ANGELO JM. The effect of three different antioxidants on the dentinal tubular penetration of Resilon and Real Seal SE on sodium hypochlorite-treated root canal dentin: An in vitro study. EN: Journal of conservative dentistry : JCD. 2016;19(2):161-5.
11. DOGAN H, QALT S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. EN: Journal of endodontics. 2001;27(9):578-80.
12. DORINA L., AMBRA G., FRANCESCO C. The efficacy of hybenx® oral tissue decontaminant for periodontal disease treatment: a case series study. EN: International Journal Of Advances In Case Reports, 2015 2(7), 405-408.
13. GASTON, B. A., WEST, L. A., LIEWEHR, F. R., FERNANDES, C., & PASHLEY, D. H. Evaluation of regional bond strength of resin cement to endodontic surfaces. EN: J Endod, 2001 27(5), 321-324.
14. GIANNA N., FELICE G., DORINA L. MASSIMO P. An Alternative Approach for the Treatment of Major Aphthosis: Case Report. EN: J Interdiscipl Med Dent Sci, (2014). 5(2).

15. GRANDE, N. M. et al. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. EN: J Endod, 2006 32(5), 460-464.
16. HAAPASALO M, SHEN Y. Current therapeutic options for endodontic biofilms. EN: Endodontic Topics. 2010;22(1):79-98.
17. HAAPASALO, M., et al. Irrigation: beyond the smear layer. EN: Endodontic Topics, (2012 27(1), 35-53.
18. HULSMANN M, HECKENDORFF M, LENNON A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. EN: International endodontic journal. 2003;36(12):810-30.
19. Kim, D. S. et al. Effect of EDTA treatment on the hybrid layer durability in total-etch dentin adhesives. EN: Dent Mater J, 30(5), 2001 717-722.
20. Mahajan V, Kamra A, & Dahiwalé S. (2010). The effect of 17% EDTA and MTAD on smear layer removal and on erosion of root canal dentin when used as final rinse: An in vitro SEM study. journal of the international clinical dental research organization, 2(3), 113-118.
21. KINNEY, J. H. et al. Age-related transparent root dentin: mineral concentration, crystallite size, and mechanical properties. EN: Biomaterials, 2015 26(16), 3363-3376. doi: 10.1016/j.biomaterials.2004.09.004
22. KINNEY, J. H., et al. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. EN: Crit Rev Oral Biol Med, 2003 14(1), 13-29.

23. LOMBARDO, G, et al. Decontamination using a desiccant with air powder abrasion followed by biphasic calcium sulfate grafting: a new treatment for peri-implantitis. EN: Case Rep Dent, 2015, 474839. p.1-7.
24. LOPEZ M, BASSI MA, CONFALONE L, SILVESTRE F, ARCURI C. The treatment of peri-implant diseases: a new approach using hybenx(®) as a decontaminant for implant surface and oral tissues. EN: Oral & Implantology. 2016;9(3):106-14.
25. LOVE RM, JENKINSON HF. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. Critical reviews in oral biology and medicine EN: an official publication of the American Association of Oral Biologists. 2002;13(2):171-83.
26. MAHAJAN V, KAMRA A, & DAHIWALE S. The effect of 17% EDTA and MTAD on smear layer removal and on erosion of root canal dentin when used as final rinse: An in vitro SEM study. EN: journal of the international clinical dental research organization, 2010 2(3), 113-118.
27. MANNOCCI, F., PILECKI, P., BERTELLI, E., & WATSON, T. F. Density of dentinal tubules affects the tensile strength of root dentin. EN: Dent Mater, 2004 20(3), 293-296.
28. MARSHALL, G. W., et al. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. EN: J Dent, 1997 25(6), 441-458.
29. MATSUO, T. et al. An Immunohistological Study of the Localization of Bacteria Invading Root Pulpal Walls of Teeth with Periapical Lesions. EN: J Endod, 2003 29(3), 194-200.

30. METZGER, Z., et al. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation. EN: J Endod, (2010). 36(4), 679-690.
31. MICHAEL L. BASARA MD An Innovative Chemical Approach to Eradication of Microbial Biofilm Infection and Stabilization of Necrotized Tissue with Applications in Clinical Dentistry EN: EPIEN Medical, Inc. Saint Paul, Minnesota, USA. 2015 p.15-20.
32. MOHAMMADI Z. An update on the antibiotic-based root canal irrigation solutions. Iranian endodontic journal. 2008;3(2):1-7.
33. Moon, Y. M, et al. Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. EN: J Endod, 36 (2010). (4),p. 732-736.
34. MOZO S, LLENA C, FORNER L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. EN: Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal. 2012;17(3):e512-6.
35. OHARA, P., TORABINEJAD, M., & KETTERING, J. D. Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. EN: Dental Traumatology, 1993 9(3), 95-100.
36. PALAZZI F, BLASI A, MOHAMMADI Z, DEL FABBRO M, ESTRELA C. Penetration of Sodium Hypochlorite Modified with Surfactants into Root Canal Dentin. EN: Brazilian dental journal. 2016;27(2):208-16.
37. PETERS, L. B., WESSELINK, P. R., & MOORER, W. R. The fate and the role of bacteria left in root dentinal tubules. EN: Int Endod J, 1995 28(2), 95-99.

38. PINNA L, LOUSHINE RJ, BISHOP FD, JR., COTTI E, WELLER RN, PASHLEY DH, et al. Hybrid Root SEAL (MetaSEAL) creates hybrid layers in radicular dentin only when EDTA is used as the final rinse. EN: American journal of dentistry. 2009;22(5):299-303.
39. PORTER, S. R., et al. Randomised controlled trial of the efficacy of HybenX in the symptomatic treatment of recurrent aphthous stomatitis. EN: Oral Dis, (2009). 15(2), 155-161.
40. RICUCCI, D., MANNOCCI, F., & PITT FORD, T. R. A study of periapical lesions correlating the presence of a radiopaque lamina with histological findings. EN: Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2006 101(3), 389-394.
41. SALEH IM, RUYTER IE, HAAPASALO MP, ORSTAVIK D. Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. EN: Journal of endodontics. 2003;29(9):595-601.
42. SCHAFER, E., & SCHLINGEMANN, R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. EN: Int Endod J, (2003). 36(3), 208-217.
43. SCHAFER, E., & ZAPKE, K. A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and automated instrumentation of root canals. EN: J Endod, (2000). 26(11), 660-664.

44. SHEN, Y, et al. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. EN: J Endod, (2011). 37(5), 657-661.
45. SHEN, Y, et al. Methods and models to study irrigation. EN: Endodontic Topics, 2012). 27(1), 3-34.
46. SHEN, Y., et al . Evaluation of the effect of two chlorhexidine preparations on biofilm bacteria in vitro: a three-dimensional quantitative analysis. EN: J Endod, (2009). 35(7), 981-985.
47. SHINGARE, P., & CHAUGULE, V. Comparative evaluation of antimicrobial activity of miswak, propolis, sodium hypochlorite and saline as root canal irrigants by microbial culturing and quantification in chronically exposed primary teeth. Germs, (2011). 1(1), 12-21.
48. SHOKOUHINEJAD, N., HOSEINI, A., GORJESTANI, H., & SHAMSHIRI, A. R. The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer. EN: Iran Endod J,2013 8(1), 10-13.
49. SHRESTHA A, FONG SW, KHOO BC, KISHEN A. Delivery of antibacterial nanoparticles into dentinal tubules using high-intensity focused ultrasound. Journal of endodontics. 2009;35(7):1028-33.
50. SHUPING, G. B., ØRSTAVIK, D., SIGURDSSON, A., & TROPE, M. Reduction of Intracanal Bacteria Using Nickel-Titanium Rotary Instrumentation and Various Medications. EN: J Endod,2000 26(12), 751-755.

51. SILVA, T. Formación de capa híbrida al cementar postes metálicos y de fibra de vidrio en dientes tratados endodóticamente. EN: Av. Odontoestomatol, 2008 26(2), 97-105.
52. SIQUEIRA, J. F., JR., & ROCAS, I. N. Diversity of endodontic microbiota revisited. EN: J Dent Res, (2009) 88(11), 969-981.
53. SPOORTHY E, VELMURUGAN N, BALLAL S, NANDINI S. Comparison of irrigant penetration up to working length and into simulated lateral canals using various irrigating techniques. International endodontic journal. 2013;46(9):815-22.
54. STOJICIC, S., et al. Effect of the source of biofilm bacteria, level of biofilm maturation, and type of disinfecting agent on the susceptibility of biofilm bacteria to antibacterial agents. EN: J Endod, 2013. 39(4), 473-477.
55. TAN, B. T., & MESSER, H. H. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. EN: J Endod, (2002) 28(9), 658-664.
56. TORABINEJAD M, CHO Y, KHADEMI AA, BAKLAND LK, SHABAHANG S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. EN: Journal of endodontics. 2003;29(4):233-9.
57. TUNCER KARA, A., & TUNCER, S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. EN: J Endod, (2012). 38(6), p.860-863.

58. VERAS Rojas, et al Jorge; Conceptos y Técnicas actuales en la irrigación endodóntica / Contemporary concepts and irrigation techniques in Endodontics EN: Endodoncia (Madr.); ene.-mar. 2012. Ilus. 30(1): p.31-44.
59. VIANNA, M. E., HORZ, H. P., GOMES, B. P., & CONRADS, G. In vivo evaluation of microbial reduction after chemo-mechanical preparation of human root canals containing necrotic pulp tissue. EN: Int Endod J, 2006 39(6), 484-492.
60. WANG, Z., SHEN, Y., & HAAPASALO, M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. EN: J Endod, 2012 38(10), 1376-1379.
61. WHITE RR, GOLDMAN M, LIN PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. EN: Journal of endodontics. 1984;10(12):558-62.
62. WU, M. K., et al. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. EN: Int Endod J, (2003) 36(3), 218-224.
63. YOSHIYAMA, M., MATSUO, T., EBISU, S., & PASHLEY, D. Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. EN: J Dent, 1998 26(7), 609-616.
64. ZOU, L., SHEN, Y., LI, W., & HAAPASALO, M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. EN: J Endod, 2010 36(5), 793-796.

Anexo A. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____, identificado con c.c _____ como aparece en el pie de mi firma, usuario del servicio que presta la Universidad de Cartagena por medio de la especialización en Endodoncia autorizo a la facultad de Odontología a través de su equipo de docentes y estudiantes a realizar el plan de tratamiento expresado en la historia clínica No. _____, el cual consiste en: ***uso de órgano dental previamente extraído por motivos ortodónticos, para fines investigativos, sin toma, ni manipulación de material genético.***

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación titulada: **“PENETRACIÓN DEL IRRIGANTE HYBEN X® EN EL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES,** es realizada por los estudiantes José Llanos Torres y Leonardo Daniel Padilla Correales del posgrado de Endodoncia de la Universidad de Cartagena bajo la dirección del docente: Eduardo Covo Morales.

El objetivo de este estudio es: Estimar el grado de penetración del irrigante HYBEN X ® en el sistema de conductos radiculares de raíces palatinas mediante Microscopia de fluorescencia.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá que done de manera voluntaria uno o varios órganos que le serán extraídos por su odontólogo o un especialista por motivos ortodónticos. Estos órganos dentales serán utilizados únicamente con fines investigativos. Los resultados obtenidos a partir de este trabajo de investigación serán consignados en un documento de tesis con el fin de obtener el título de Especialista en Endodoncia de los estudiantes participantes en esta investigación.

Firma del paciente

Anexo B. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

Fecha: _____

Paciente: _____

Órgano dental: _____

Técnica de irrigación

Irrigación ultrasónica pasiva (IUP)

- Grado de penetración: ____ um (micrometros)
- Grado de penetración por 1/3

Cervical: ____ um

Medio: ____ um

Apical: ____ um

Irrigación manual dinámica (cono de gutapercha) : ____ um(micrometros)

- Grado de penetración por 1/3

Cervical: ____ um

Medio: ____ um

Apical: ____ um

Irrigación convencional con aguja monoject : ____ um (micrometros)

- Grado de penetración por 1/3

Cervical: ____ um

Medio: ____ um

Apical: ____ um