



*ugr* | Universidad  
de Granada



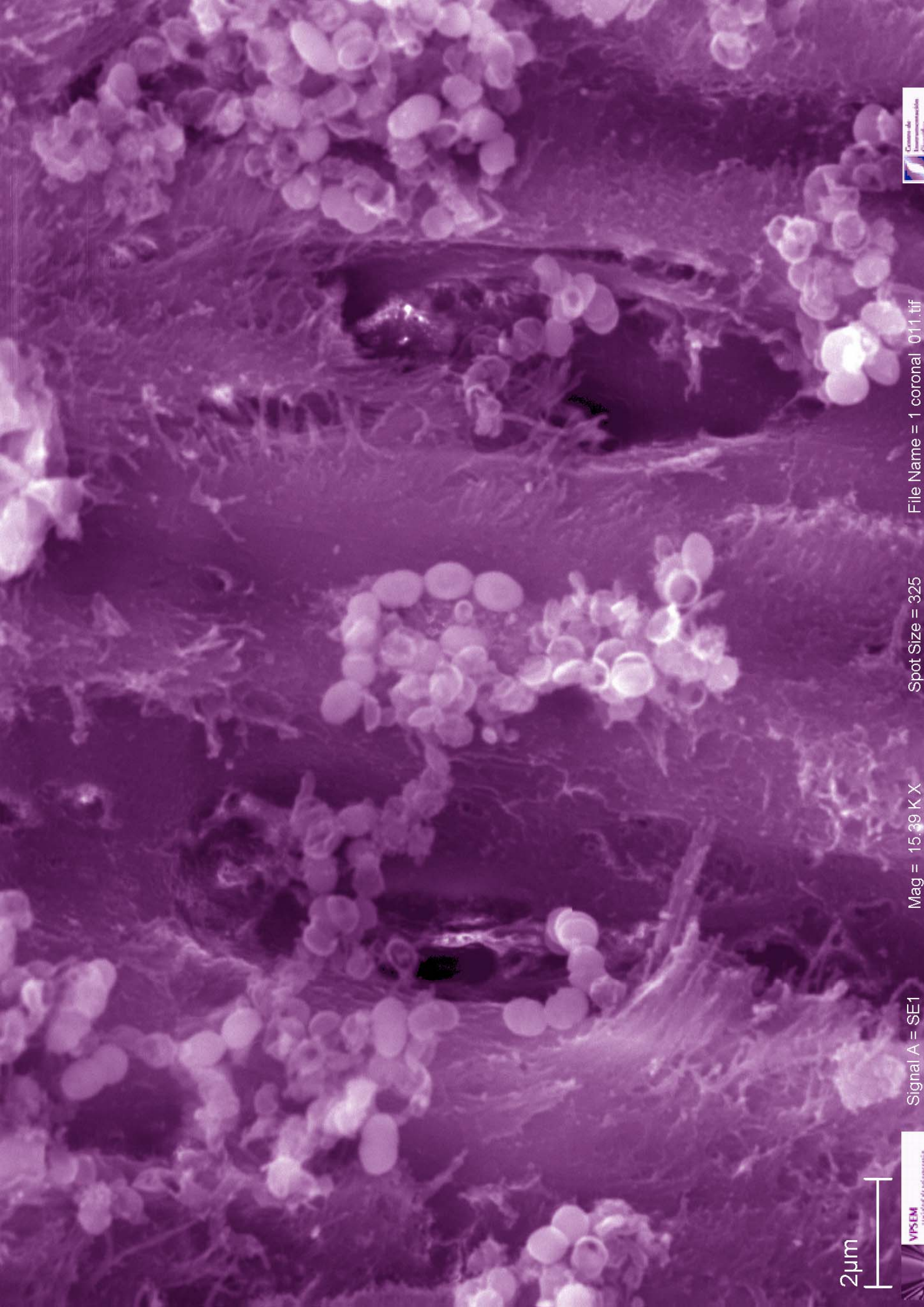
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
UNIVERSIDAD DE GRANADA

# FILTRACIÓN BACTERIANA EN LA OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

Memoria de TESIS DOCTORAL presentada por  
ESTHER NAVARRO ESCOBAR  
para optar al Título de Doctor

Granada, 2011

Editor: Editorial de la Universidad de Granada  
Autor: Esther Navarro Escobar  
D.L.: GR 970-2012  
ISBN: 978-84-694-9339-7



2µm



ugr | Universidad  
de Granada



De acuerdo con lo previsto en el Real Decreto 56/2005, de 21 de enero,

D.<sup>a</sup> CARMEN MARÍA FERRER LUQUE, D.<sup>a</sup> MARÍA PILAR BACA GARCÍA, y D.<sup>a</sup> MARÍA PALOMA GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, profesoras de la UNIDAD DOCENTE DE PATOLOGÍA y TERAPÉUTICA DENTAL Y ODONTOLOGÍA PREVENTIVA Y COMUNITARIA de la Facultad de Odontología de la Universidad de Granada informan:

Que los trabajos efectuados en la elaboración de la Tesis Doctoral titulada: "FILTRACIÓN BACTERIANA EN LA OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES", presentada por D. ESTHER NAVARRO ESCOBAR, han sido realizados bajo nuestra supervisión y dirección, y reúnen las condiciones académicas necesarias para optar al Título de Doctor, si así lo considera el Tribunal designado por la Universidad de Granada.

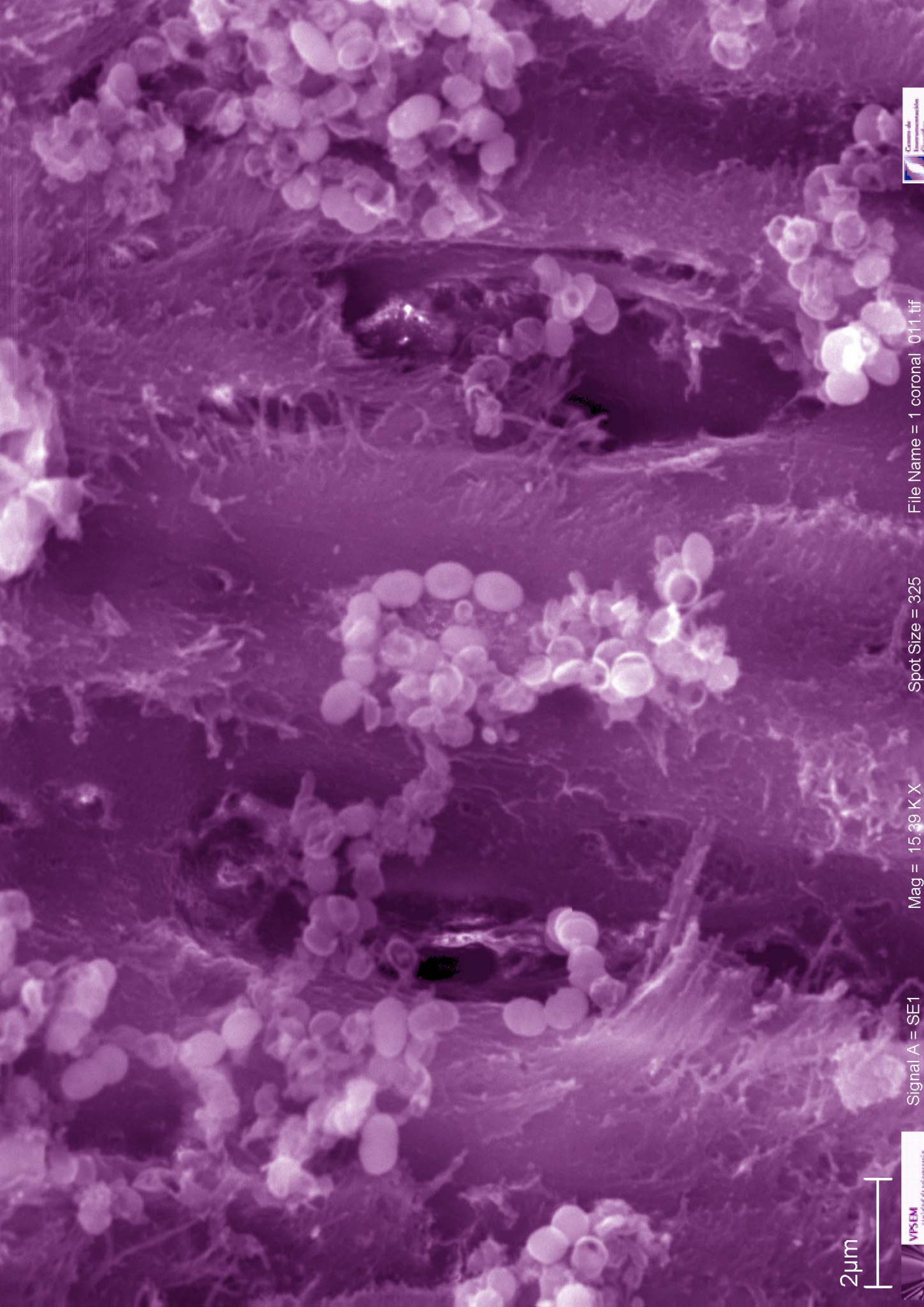
En Granada, a dieciocho de julio de 2011.

Fdo.: Carmen María  
Ferrer Luque  
Profesora TITULAR

Fdo.: Dra. María Pilar  
Baca García  
CATEDRÁTICA de  
Universidad

Fdo.: Dra. María Paloma  
González Rodríguez  
Profesora TITULAR

UNIDAD DOCENTE DE PATOLOGÍA Y TERAPÉUTICA DENTAL  
UNIDAD DOCENTE DE ODONTOLOGÍA PREVENTIVA Y COMUNITARIA  
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA  
UNIVERSIDAD DE GRANADA



2µm

# AGRADECIMIENTOS

“Llevadera es la labor cuando muchos comparten la fatiga”.  
(Homero)

**D**urante estos años son muchas las personas e instituciones que han participado en este trabajo a quienes quiero expresar mi gratitud por el apoyo y la confianza que me han prestado de forma desinteresada.

En primer lugar quiero agradecer a la Dra. Carmen María Ferrer Luque por aceptarme para realizar esta Tesis Doctoral bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta Tesis, sino también en mi formación como investigadora.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a la Dra. Pilar Baca García por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta Tesis Doctoral. Debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia que hizo que nuestras reuniones redundaran benéficamente en mí, tanto a nivel científico como personal.

A mi otra directora, la Dra. María Paloma González Rodríguez, por su generosidad científica y valiosas críticas al discutir los resultados de este trabajo, no

---

---

cabe duda que su participación ha enriquecido el trabajo realizado y, además, ha significado el surgimiento de una sólida amistad.

A Francisca Castillo Pérez, sin su ayuda no hubiera podido llevar a cabo esta Tesis Doctoral, gracias por escucharme y brindarme tu ánimo y amistad durante todo este tiempo en mis momentos de desánimo.

Al personal del Hospital Neurotraumatológico del Complejo Hospitalario Ciudad de Jaén, especialmente a Luisa Gutiérrez, por la disponibilidad y la ayuda en la esterilización de los especímenes de este trabajo.

A mis compañeros del grupo de investigación, especialmente a Merche, quienes me han brindado su amistad y compañía, y con los cuales he compartido agradables momentos que no olvidaré jamás.

Por último quiero dar las gracias a todos aquellos que me han devuelto una sonrisa, a todos aquellos que me ofrecieron ayuda, a todos aquellos que han puesto de su parte para que mi trabajo diario sea más llevadero.

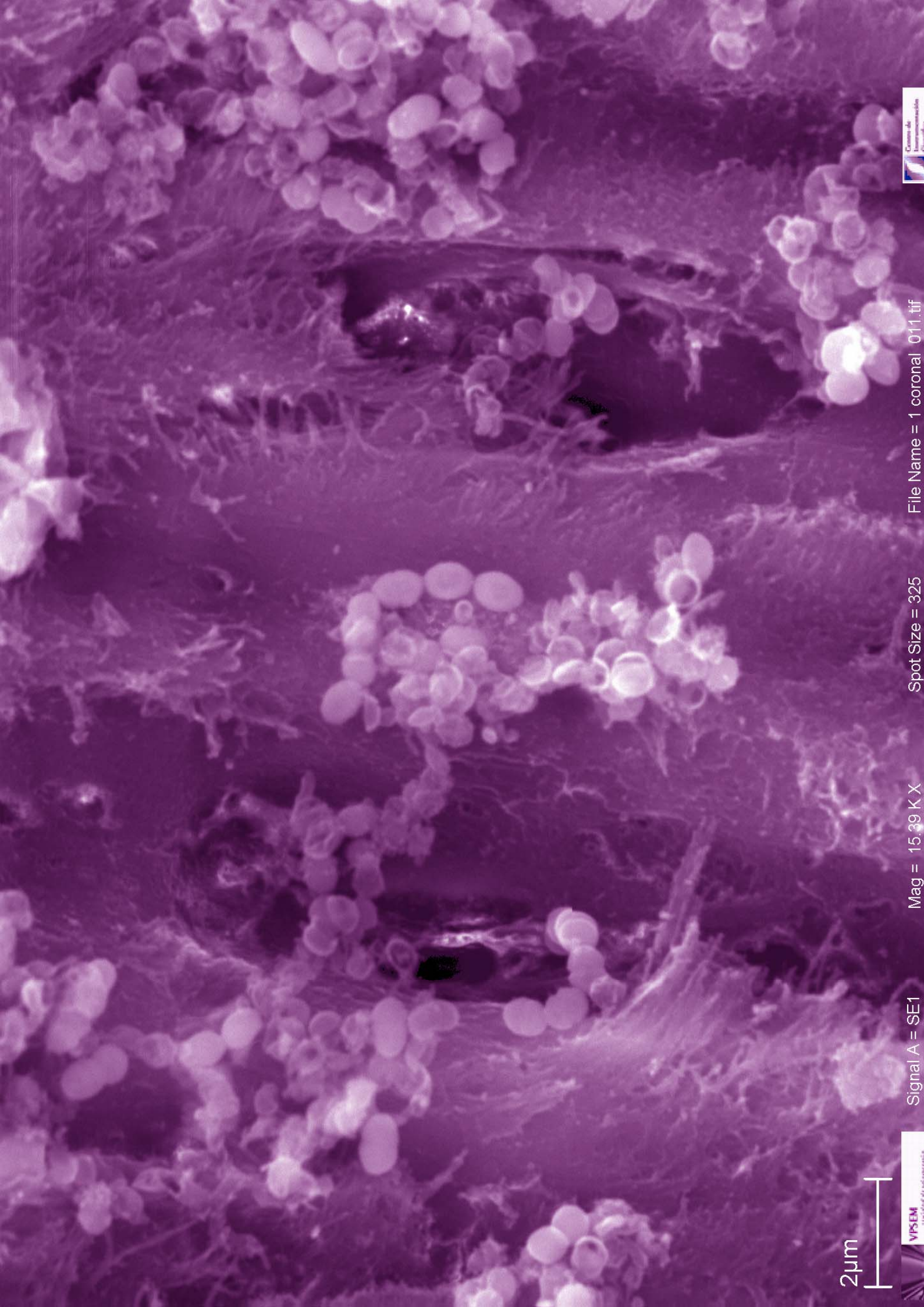


# DEDICATORIA

**D**edico este trabajo a mis padres y a mis hermanos, por su apoyo, por su ánimo, por su ejemplo.







2µm



# Capítulo 0. ÍNDICE

<b>1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
2.1. IRRIGACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES .....	5
2.1.1. Importancia de la irrigación.....	6
2.1.2. Soluciones irrigadoras en la terapia endodóntica.....	9
2.1.3. Interacciones entre las soluciones irrigadoras .....	27
2.2. <i>ENTEROCOCCUS FAECALIS</i> .....	30
2.2.1. <i>E. faecalis</i> y su implicación en Endodoncia.....	31
2.2.2. Factores de virulencia de <i>E. faecalis</i> .....	33
2.3. ADHESIÓN A DENTINA.....	38
2.3.1. Conceptos generales.....	38
2.3.2. Sistemas de adhesión .....	39
2.3.3. Clasificación de los sistemas adhesivos.....	41
2.4. OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES.....	43
2.4.1. Requisitos del material de obturación radicular .....	45
2.4.2. Materiales de obturación radicular .....	46
2.5. FILTRACIÓN CORONAL .....	50
2.5.1. Importancia de la filtración coronal .....	51
2.5.2. Métodos de evaluación de la filtración.....	55
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO .....</b>	<b>69</b>
3.1. MATERIAL .....	69

3.2. MÉTODOS.....	73
3.2.1. Protocolos de irrigación final en la obturación de conductos radiculares..	73
3.2.2. Adhesivos dentinarios en la obturación de conductos radiculares.....	77
3.2.3. Procedimiento microbiológico y preparación de <i>E. faecalis</i> .....	80
3.2.4. Evaluación de la filtración coronal .....	81
3.2.5. Métodos estadísticos .....	85
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>87</b>
4.1. FILTRACIÓN CORONAL DE <i>E. FAECALIS</i> CON DIFERENTES PROTOCO- LOS DE IRRIGACIÓN FINAL .....	87
4.2. FILTRACIÓN CORONAL DE CONDUCTOS RADICULARES OBTURADOS CON DIFERENTES ADHESIVOS DENTINARIOS.....	92
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>99</b>
5.1. VALIDEZ INTERNA DEL ESTUDIO.....	99
5.2. FILTRACIÓN CORONAL DE <i>E. FAECALIS</i> CON DIFERENTES PROTOCO- LOS DE IRRIGACIÓN FINAL .....	105
5.3. FILTRACIÓN CORONAL DE CONDUCTOS RADICULARES OBTURADOS CON DIFERENTES ADHESIVOS DENTINARIOS.....	112
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>119</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>121</b>



# Capítulo 1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

“Quien no haya experimentado la irresistible atracción de la ciencia, no podrá comprender su tiranía”.  
(Frankenstein. Mary Shelley)

La obturación tridimensional de conductos radiculares consiste en rellenar lo más herméticamente posible la totalidad del sistema de conductos, desde su inicio en la cámara pulpar hasta su extremo apical, con materiales biológicamente compatibles, para lograr la reparación tisular<sup>1</sup>.

La filtración coronal consiste en el movimiento de fluidos, nutrientes, y microorganismos al interior del conducto radicular desde la cavidad oral, y está considerada como uno de los factores causantes de la persistencia de periodontitis apical<sup>2,3,4,5</sup>.

---

<sup>1</sup> Gutmann JL, Whiserspoon DE. Sistema de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, ed. Vías de la pulpa. 7ª ed. España: Harcourt Mosby; 1998: p. 258-361.

<sup>2</sup> Williamson AE, Marker KL, Drake DR, Dawson DV, Walton RE. Resin-based versus gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial leakage in an *in vitro* model system. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108:292-6.

<sup>3</sup> Trope M, Chow E, Nissan R. *In vitro* endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. Endod Dent Traumatol. 1995;11:90-4.

<sup>4</sup> Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. J Endod. 1993;19:458-61.

<sup>5</sup> Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. Int Endod J. 1995;28:12-18.

La calidad del tratamiento endodóntico está directamente relacionada con la calidad de la preparación y obturación del sistema de conductos radiculares. La limpieza, desinfección y conformación adecuadas son un requisito básico para aumentar las probabilidades de éxito. En este sentido, el régimen de irrigación utilizado durante el tratamiento endodóntico puede retrasar o disminuir la contaminación bacteriana del conducto tratado<sup>6,7</sup>.

Diferentes estudios han demostrado que la filtración coronal no está relacionada con la técnica de obturación utilizada, ya que, una vez que el conducto ha sido desinfectado, los materiales y técnicas de obturación actuales pueden fracasar en su objetivo de proporcionar un sellado apropiado para evitar la reinfección<sup>8,9</sup>.

El empleo de adhesivos dentinarios en la obturación de conductos radiculares, previo al uso de cementos selladores basados en resinas, es una práctica poco habitual en Endodoncia. No obstante, el uso combinado de un adhesivo dentinario y un cemento sellador formulado en base a resina mejora la unión del relleno endodóntico a las paredes dentinarias<sup>10,11</sup>. La introducción de adhesivos dentinarios de autocurado, o de curado dual, permite el empleo de los mismos en el interior del conducto radicular. Es posible que la aplicación de un adhesivo, antes de la introducción del sellador con base de resina, pueda mejorar la adhesión del mismo a las paredes de dentina. Si estos adhesivos dentinarios poseen, además, propiedades antisépticas, el retraso en la filtración coronal podría ser mayor.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, los objetivos que se han planteado en este trabajo de Tesis Doctoral han sido los siguientes:

---

<sup>6</sup> Kishen A, Sum CP, Mathew S, Lim CT. Influence of irrigation regimens on the adherence of *Enterococcus faecalis* to root canal dentin. J Endod. 2008;34:850-4.

<sup>7</sup> Vivacqua-Gomes N, Ferraz CC, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. Int Endod J. 2002;35:791-5.

<sup>8</sup> Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR. Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. J Endod. 1997;23:508-12.

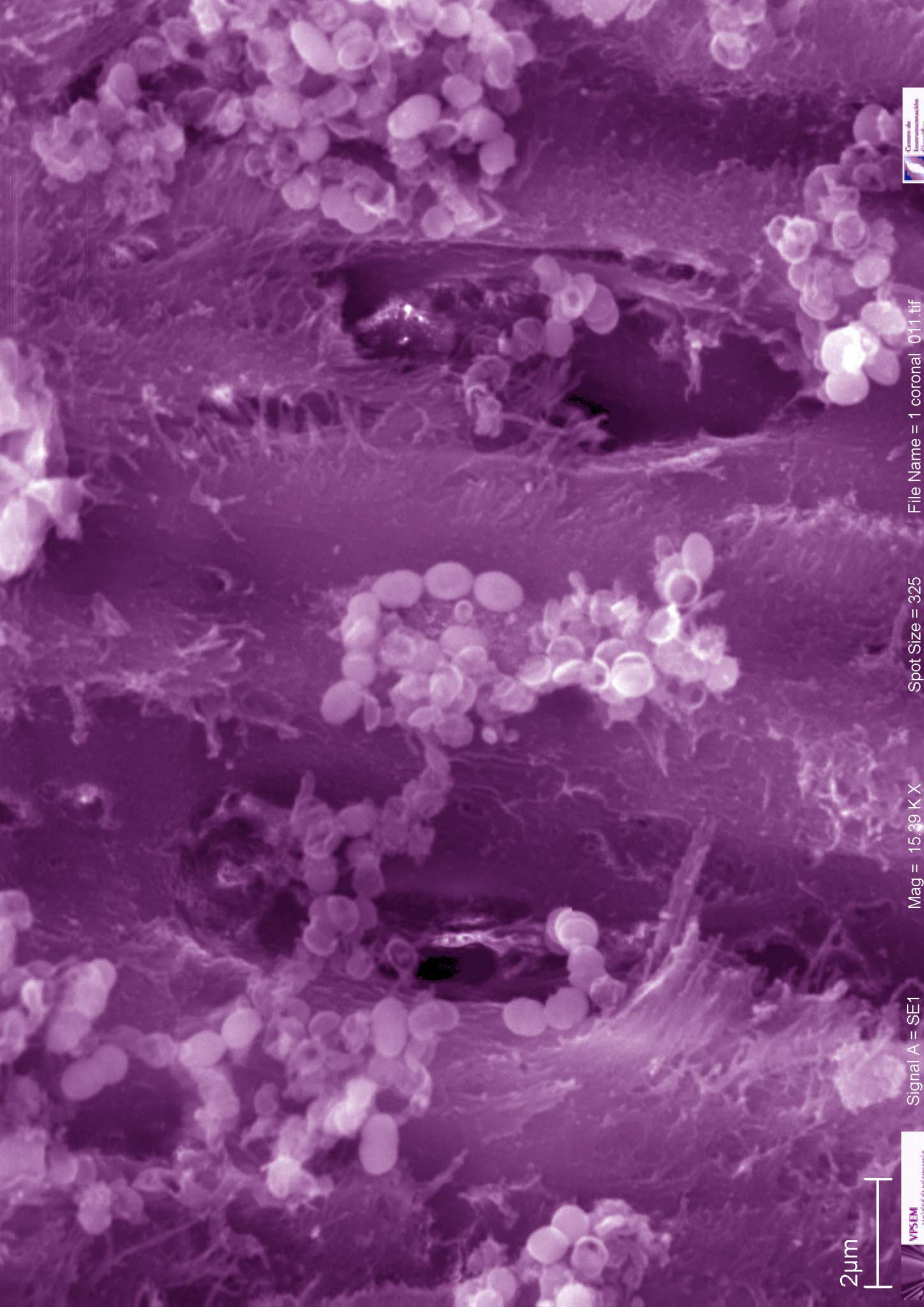
<sup>9</sup> De Moor RJ, Homme GM. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta percha obturation techniques. Int Endod J. 2002;35:275-82.

<sup>10</sup> Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economices N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. J Dent. 2003;31:321-6.

<sup>11</sup> Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. Eur J Oral Sci. 2005;113:70-6.

1. Evaluar la influencia de distintos protocolos de irrigación final, utilizando diversas concentraciones y vehículos de clorhexidina, en la filtración coronal de *Enterococcus faecalis* en conductos radiculares obturados.
2. Comparar la filtración coronal de *Enterococcus faecalis* en conductos radiculares obturados con diferentes adhesivos dentinarios.





2µm

# Capítulo 2. INTRODUCCIÓN

“Hermoso es lo que vemos. Más hermoso es lo que sabemos.  
Pero mucho más hermoso es lo que no conocemos”.  
(Niels Steensen)

## 2.1. IRRIGACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

**E**l éxito del tratamiento endodóntico depende de diversos factores como son: la calidad de la instrumentación, la irrigación, la desinfección y la obturación tridimensional del conducto. La preparación del conducto radicular, que comprende la instrumentación y la irrigación, está considerada como la fase más importante del tratamiento endodóntico. En este sentido, se ha afirmado que “lo más importante del tratamiento de los conductos radiculares es lo que se retira de su interior y no lo que en ellos se coloca”<sup>12</sup>. La irrigación forma parte de la fase de preparación biomecánica del conducto radicular y es esencial para conseguir la limpieza y desinfección del complejo sistema de conductos radiculares. Este proceso de irrigación se lleva a cabo empleando diferentes soluciones irrigadoras.



<sup>12</sup> Kuttler Y, ed. Endodoncia práctica. México: Alpha; 1961. p 199.



### 2.1.1. Importancia de la irrigación

La Asociación Americana de Endodoncistas define la irrigación como “el lavado mediante una corriente de fluido”<sup>13</sup>. En Endodoncia, se define la irrigación como el lavado de las paredes del conducto con una o más soluciones antisépticas, y la aspiración del contenido del mismo con rollos de algodón, conos de papel, gasas o aparatos de succión<sup>14</sup>.

En la terapéutica endodóntica actual es recomendable que los agentes químicos, utilizados como soluciones irrigadoras, posean actividad antimicrobiana, desmineralizante, disolvente de tejidos y blanqueante, entre otras. Ninguna de las soluciones irrigadoras disponibles en el mercado puede ser considerada como ideal u óptima. El uso de una combinación de soluciones, en una secuencia correcta, contribuye a obtener el éxito endodóntico<sup>15</sup>.

La irrigación y la aspiración deben preceder a la localización de conductos, a la conductimetría y a la instrumentación, ya que el acto de irrigar-aspirar hace que fluyan materiales contaminados, tejidos necróticos y productos tóxicos que puede albergar el interior del conducto y que pueden ser desplazados inadvertidamente a planos más profundos del conducto radicular o al tejido periapical cuando se procede a la permeabilización del mismo<sup>16</sup>.

Durante la preparación del conducto radicular la irrigación mantiene húmedas las paredes del conducto y disminuye la fricción de las limas, minimizando el riesgo de fractura de los instrumentos. La irrigación final se realiza para facilitar la eliminación de detritus (orgánicos e inorgánicos), generados durante la pre-

---

<sup>13</sup> Glossary: American Association of Endodontics Contemporary Terminology for Endodontics. 6<sup>th</sup> Ed. Chicago, 1998.

<sup>14</sup> Basrani B, Robinson C. Irrigación y aspiración. En Basrani E, Cañete M, Blank A, ed. Endodoncia Integrada. Colombia: Actualidades Médico Odontológicas; 1999. p: 129-41.

<sup>15</sup> Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. Dent Clin North Am. 2010; 54:291-312.

<sup>16</sup> Soares IJ, Goldberg F. Procedimientos químicos auxiliares de la preparación quirúrgica. En: Soares IJ, Goldberg F, ed. Endodoncia. Argentina: Editorial Panamericana; 2002. p: 127-140.

paración mecánica, y permitir con ello la entrada de los materiales selladores en el interior de los túbulos dentinarios abiertos<sup>17</sup>.

*Los objetivos principales de la irrigación* son<sup>18,19,20,21</sup>:

- **Disolución:** el irrigador debe disolver tanto la materia orgánica como la inorgánica (barrillo dentinario) que se compacta en el interior del conducto.
- **Acción antimicrobiana:** la solución irrigadora debería eliminar toda la microbiota bacteriana y sus productos metabólicos.
- **Arrastre:** para eliminar los restos de dentina y detritus, evitando la acumulación de éstos en el interior del conducto y disminuyendo así la respuesta inflamatoria.
- **Humectación:** el irrigador debe humedecer las paredes del conducto radicular para aumentar la eficacia de corte de los instrumentos.

Así, entre las **propiedades ideales** que debería tener una solución irrigadora encontramos<sup>22</sup>:

- Bactericida o bacteriostática.
- Solvente de tejidos o residuos orgánicos.
- Eliminar la capa de barrillo dentinario.
- Baja tensión superficial.
- Lubricante.
- Acción rápida.
- Soluble en agua.

---

<sup>17</sup> Leonardo M, Simoes A. Preparación biomecánica de los conductos radiculares, medios físicos: irrigación, aspiración e inundación. En: Leonardo M, Leal J, ed. Endodoncia: Tratamiento de los conductos radiculares. 2ª Ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 1994. p: 268-75.

<sup>18</sup> Sen BH, Wesselink PR, Turkun M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. Int Endod J. 1995;28:141-8.

<sup>19</sup> Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. Int Endod J. 1985;18:35-40.

<sup>20</sup> Canalda Sahli C. Preparación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguade E, ed. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 2ª Ed. Barcelona: Masson; 2006. p: 159-198.

<sup>21</sup> Estrela C. Preparación del conducto radicular. En: Estrela C, ed. Ciencia Endodóntica. Brasil: Artes Médicas; 2005. p: 363-413.

<sup>22</sup> Basrani B, Robinson C. Irrigación y aspiración. En Basrani E, Cañete M, Blank A, ed. Endodoncia Integrada. Colombia: Actualidades Médico Odontológicas; 1999. p: 129-41.

- Incolora, inodora y sabor neutro.
- De aplicación simple.
- No corrosiva y mecanismo de dosificación simple.
- Tiempo de vida útil adecuado.
- Fácil almacenaje y bajo costo.

No obstante, la eficacia de las soluciones no sólo depende de la naturaleza química del irrigante, sino también de la concentración del principio activo, la cantidad empleada, temperatura, tiempo de contacto entre la solución y la superficie del conducto, profundidad de penetración de la aguja utilizada para la irrigación, diámetro de la misma o tiempo de almacenamiento de la solución<sup>23,24,25,26</sup>.

Las **recomendaciones de uso** de las soluciones irrigadoras en la terapia endodóntica incluyen<sup>27,28</sup>:

- Irrigación frecuente e intensa.
- Renovar frecuentemente el líquido de la cámara pulpar.
- Irrigar cada vez que se cambie de lima.
- Realizar una irrigación de forma lenta y sin presión, aspirando simultáneamente.
- La punta de la aguja irrigadora debe alcanzar, siempre que sea posible, el tercio apical, a 3-4mm del límite de la preparación del conducto, para evitar inyectar el irrigador en la región periapical.
- Irrigar hasta que el líquido del conducto no salga turbio.

---

<sup>23</sup> Siqueira JF, Rocas IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000;26: 331-4

<sup>24</sup> Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.* 2005;31:669-71.

<sup>25</sup> Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solution: Part 3. *J Endod.* 1983;9:137-42.

<sup>26</sup> Souza MM, Souza MCMG, Saguy PC, Pécora JD. Ação antimicrobiana do hipoclorito de sodio em diferentes concentrações e tempos de contacto. *Odonto.* 1992;2:302-306

<sup>27</sup> Spangberg L. Instruments, materials and devices. En: Cohen S, Burns R, ed. *Pathways of the pulp.* 9<sup>th</sup> Ed. Missouri: Mosby; 1998. p:476-531.

<sup>28</sup> Soares IJ, Goldberg F. Procedimientos químicos auxiliares de la preparación quirúrgica. En: Soares IJ, Goldberg F, ed. *Endodoncia.* Argentina: Editorial Panamericana; 2002. p: 127-140.

- Se recomienda irrigar con volúmenes grandes (de 2 a 5ml por conducto) de solución irrigadora.



## 2.1.2. Soluciones irrigadoras en la terapia endodóntica

Tabla 2-1. Resumen de las soluciones irrigadoras frecuentemente usadas en Endodoncia.

Compuesto (concentraciones recomendadas)	Tipo	AA sobre suspensión	AA sobre biopelículas	Disolución de tejido	Eliminación del barrillo dentinario	Citotoxicidad
NaOCl (0,5-6%)	Compuesto halogenado	+++	+++	+++	++ compuestos orgánicos	ddc
CLX (0,2-2%)	Bisguanida catiónica	++	++	-	-	+
EDTA (10-17%)	Quelante	-	-	-	++ compuestos inorgánicos	+
Ácido cítrico (10-50%)	Ácido orgánico	+	-	-	+++ compuestos inorgánicos	+
Ácido fosfórico (5-37%)	Ácido inorgánico	++	-	-	++ compuestos inorgánicos	+

-: ausente o mínima; +: baja; ++: media; +++: elevada; ddc.: depende de la concentración; AA: actividad antimicrobiana.

Tabla de elaboración propia adaptada de Zehnder<sup>29</sup>.

### ■■■ Hipoclorito de sodio

Es la solución irrigadora más popular<sup>30</sup>. El hipoclorito de sodio (NaOCl) fue la primera solución clorada acuosa producida químicamente. Pertenece al grupo de los compuestos halogenados y su uso por primera a principios del siglo XVIII, cuando se empleó como agente blanqueante con el nombre de agua de Javel, un compuesto que consistía en una mezcla de NaOCl y potasio.

En 1820, esta solución, a una concentración del 2,5%, fue recomendada por Larbaraque para prevenir la fiebre en el parto y otras enfermedades infecciosas. En 1915, durante la primera guerra mundial, Dakin propuso una nueva solución de NaOCl al 0,5%, neutralizado con ácido bórico, para la desinfección de

<sup>29</sup> Zehnder M. Root canal irrigants. J Endod. 2006;32:389-98.

<sup>30</sup> Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. Int Endod J. 2003;36:75-85.

los tejidos necróticos infectados<sup>31</sup>. Este tamponamiento de la solución conducía a la formación de borato de sodio, evitándose así la presencia de hidroxilos libres, irritantes de los tejidos, que provocaban una cicatrización más lenta de los mismos.

NaOCl se ha usado como el irrigador principal en Endodoncia desde 1919, cuando fue recomendado por Coolidge<sup>32</sup>. Además de ser una solución barata, fácilmente disponible, y con una buena vida útil, se ha reconocido como agente efectivo frente a un amplio espectro de microorganismos patógenos, entre ellos, grampositivos, hongos, esporas y virus (incluyendo el virus de la inmunodeficiencia humana)<sup>33</sup>. No obstante, una de sus mayores desventajas es que no elimina la capa de barrillo dentinario<sup>34,35</sup>.

### ■ ■ Capacidad antiséptica

Las bacterias y sus productos de degradación juegan un papel trascendental en las necrosis pulpares y en las lesiones perirradiculares<sup>36</sup>. La contaminación bacteriana puede encontrarse en la cámara pulpar aún sin existir ninguna exposición de la misma, ya que los gérmenes pueden acceder a ella a través de los túbulos dentinarios infectados en dientes con caries o con exposición pulpar. La evolución hacia la necrosis sólo ocurre con la presencia de bacterias<sup>37</sup>.

Existen multitud de factores que influyen en el crecimiento bacteriano en el interior del conducto radicular, entre ellos: el acceso a los nutrientes, el bajo potencial de oxígeno en los casos de necrosis, y las interacciones bacterianas. Los

---

<sup>31</sup> Dakin HD. On the use of certain antiseptic substances in treatment of infected wounds. *Br Med J.* 1915;2:318-320.

<sup>32</sup> Coolidge ED. The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps. *J Nat Dent Assoc.* 1919;6:337-349.

<sup>33</sup> Hidalgo E, Bartolome R, Dominguez C. Cytotoxicity mechanisms of sodium hypochlorite in cultured human dermal fibroblasts and its bactericidal effectiveness. *Chem Biol Interact.* 2002;139:265-82.

<sup>34</sup> Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod.* 1992;18:605-12.

<sup>35</sup> Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78:359-67.

<sup>36</sup> Siqueira JF, Rocas IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000;26:331-4.

<sup>37</sup> Seltzer S, Farber PA. Microbiologic factors in endodontology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78:634-45

residuos del tejido pulpar, bacterias y restos dentinarios pueden persistir en el conducto incluso después de haber realizado una instrumentación biomecánica adecuada<sup>38</sup>, y la persistencia de bacterias en el interior del conducto radicular o en los tejidos periapicales es uno de los principales factores que influyen en el fracaso endodóntico<sup>39</sup>.

El efecto antibacteriano del NaOCl se debe a dos razones: por un lado, cuando entra en contacto con el tejido orgánico forma ácido hipocloroso, el cual contiene cloro activo que produce una oxidación irreversible de los grupos sulfidrilos de las enzimas esenciales bacterianas, alterando las funciones metabólicas de la célula<sup>40</sup>, y por otro lado, sustituye el hidrógeno de las cadenas proteicas citoplasmáticas por el cloro del NaOCl formándose un compuesto que entra en la clasificación de las cloraminas y que tiene un elevado poder bactericida<sup>41</sup>.

Las infecciones presentes en los conductos radiculares son mixtas, con predominio de bacterias anaerobias gramnegativas. La composición de la población microbiana del conducto radicular incluye cocos gramnegativos y bacilos grampositivos, además de hongos. Entre ellos juegan un papel muy importante *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*<sup>42</sup>. En la actualidad, es bien sabido, que el estilo de vida bacteriano más común en los ambientes naturales es aquel en que las bacterias se adhieren a una superficie formando una estructura conocida como biopelícula, donde encuentran las necesidades fundamentales para su desarrollo<sup>43,44</sup>. Las comunidades microbiológicas que crecen formando biopelículas son mucho más difíciles de erradicar con agentes antimicrobianos. NaOCl también se ha mostrado eficaz frente a biopelículas de *Prevotella intermedia*, *Pep-*

---

<sup>38</sup> Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;54:323-8.

<sup>39</sup> Siqueira JF, Rocas IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000;26:331-4.

<sup>40</sup> Hidalgo E, Bartolome R, Dominguez C. Cytotoxicity mechanisms of sodium hypochlorite in cultured human dermal fibroblasts and its bactericidal effectiveness. *Chem Biol Interact.* 2002;139:265-82.

<sup>41</sup> Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod.* 1992;18:605-12.

<sup>42</sup> Tanriverdi F, Esener T, Erganis O, Belli S. An *in vitro* test model for investigation of disinfection of dentinal tubules infected with *Enterococcus faecalis*. *Braz Dental J.* 1997;8:67-72.

<sup>43</sup> Decho, A. Microbial biofilms in intertidal systems: an overview. *Continental Shelf Research.* 2000;20:1257-73.

<sup>44</sup> Danese P, Pratt L, Kolter R. Exopolysaccharide production is required for development of *Escherichia coli* K-12 biofilm architecture. *J Bacteriol.* 2000;182:3593-6.

*tostreptococcus micros*, *Streptococcus intermedius*, *Fusobacterium nucleatum* o *E. faecalis*<sup>45</sup>.

Las concentraciones de NaOCl utilizadas en Endodoncia varían desde el 0,5% hasta el 6%. Actualmente se recomienda irrigar con una concentración de NaOCl al 1% para dientes vitales y al 2,5% para casos de necrosis pulpar<sup>46</sup>.

### ■ ■ Capacidad para disolver el tejido pulpar

El tejido necrótico remanente en el conducto radicular puede proporcionar un soporte nutritivo para las bacterias supervivientes dentro del mismo.

La eficacia de la disolución de NaOCl se ve influida por la integridad estructural de los componentes del tejido conectivo pulpar. Si la pulpa está descompuesta los restos de tejido se disuelven rápidamente, mientras que si la pulpa está vital y hay poca degradación estructural, NaOCl necesita más tiempo para disolver los restos pulpares<sup>47</sup>.

NaOCl reacciona con los residuos orgánicos del conducto radicular, de esta forma facilita la limpieza. Sin embargo, esta reacción inactiva químicamente a NaOCl y reduce su capacidad antibacteriana, por ello, para reactivar dicha reacción química y la remoción de los restos pulpares, debe ser aplicado frecuentemente dentro del conducto radicular. Aunque NaOCl no es capaz de eliminar por sí solo la capa de barrillo dentinario, éste afecta a la parte orgánica del mismo, haciendo posible su posterior remoción gracias a la aplicación de agentes quelantes<sup>48</sup>.

---

<sup>45</sup> Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An *in vitro* evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J.* 2001;34:300-307.

<sup>46</sup> Canalda Sahli C. Preparación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguade E, ed. *Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas*. 2ª Ed. Barcelona: Masson; 2006.p.:159-198.

<sup>47</sup> Salzgeber RM, Brilliant JD. An *in vivo* evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *J Endod.* 1977;3:394-8.

<sup>48</sup> Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54:291-312.

El incremento de temperatura también aumenta la capacidad de NaOCl para disolver tejidos<sup>49,50,51</sup>.

## ■ ■ Citotoxicidad

Durante el tratamiento endodóntico convencional la solución irrigadora puede acceder al foramen apical y a los tejidos vecinos de forma accidental, por lo que debe ser lo más biocompatible posible.

Los agentes irrigadores no deben evaluarse sólo como agentes antibacterianos o quelantes, sino que también debe considerarse la repercusión biológica que tendrá la extrusión de éstos a los tejidos del huésped, así, una solución irrigadora ideal sería aquella que combinara un máximo efecto antibacteriano y solvente de los tejidos orgánicos, con un mínimo efecto tóxico para los tejidos periapicales<sup>52</sup>.

La reacción de los tejidos frente a estos agentes depende de diversos factores, entre ellos: tipo y concentración del agente utilizado, volumen del mismo, metodología a través de la cual se coloca el agente en el conducto, tamaño del foramen apical y estatus histológico del periodonto, tiempo de exposición al agente y susceptibilidad del paciente al daño (capacidad de respuesta)<sup>53</sup>.

Químicamente, NaOCl, es una sal formada por la unión de dos compuestos químicos, el ácido hipocloroso y el hidróxido de sodio. Es una sustancia con un pH alcalino de aproximadamente 11 a 12.

Cuando NaOCl entra en contacto con las proteínas tisulares, se forma nitrógeno, formaldehído y acetaldehído, lo que provoca la disolución de las proteí-

---

<sup>49</sup> Goldman M, Golman LB, Krohman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981;52:197-204.

<sup>50</sup> Malheiros CF, Gavini G. Desmineralizing effect of citric acid in different concentrations over different periods of time. *Rev Odontol Univ Sao Paulo.* 1998;5:64-8.

<sup>51</sup> Scelza MF, Antoniazzi JH, Scelza P. Efficacy of final irrigation: a scanning electron microscopic evaluation. *J Endod.* 2000;26:355-8.

<sup>52</sup> Yesilsoy C, Whitaker E, Cleveland D, Phillips E, Trope M. Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants. *J Endod.* 1995;21:513-5.

<sup>53</sup> Torneck CD. Reaction of hamster tissue to drugs used in sterilization of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1961;14:730-47.



nas<sup>54</sup>. Durante este proceso, el hidrógeno de los grupos amina (HN<sub>2</sub>) es reemplazado por cloro, formándose cloramina, la cual juega un papel muy importante en la eficacia antimicrobiana. Los tejidos pulpaes son disueltos de este modo, lo que permite al agente antibacteriano acceder fácilmente a las áreas infectadas. Como consecuencia de estas propiedades NaOCl es altamente tóxico a altas concentraciones e induce la irritación tisular<sup>55</sup>.

Como ya se ha mencionado anteriormente, existe un amplio rango de concentraciones en el que se ha utilizado NaOCl, y, aunque a concentraciones mayores tiene una mayor capacidad antiséptica y de solvencia de los tejidos, también es cierto que la extravasación al periápice de concentraciones elevadas de esta sustancia originan un mayor efecto tóxico y pueden causar dolor, hemorragia, inflamación, y, en raras ocasiones, parestesia e infecciones secundarias<sup>56</sup>.

### ■ ■ ■ Clorhexidina

La clorhexidina (CHX) se desarrolló en 1940 en los laboratorios de Imperial Chemical Industries. Inicialmente, se sintetizaron una serie de polibisguanidas para obtener sustancias antivirales. Sin embargo, tenían muy poca eficacia antiviral y fueron rechazadas, para ser re-descubiertas años más tarde como agentes antibacterianos.

CHX es una bisguanida catiónica sintética que consiste en dos anillos simétricos 4-clorofenol y dos grupos bisguanida conectados por una cadena central de hexametileno. Este compuesto es una base fuerte y dicatiónica, con dos cargas positivas en cada extremo del puente de hexametileno. La naturaleza dicatiónica de la CHX la hace extremadamente interactiva con los aniones, lo cual es relevante para su eficacia, seguridad, y efectos secundarios locales<sup>57,58,59</sup>.

---

<sup>54</sup> Hulsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation – literature review and case reports. *Int Endod J.* 2000;33:186-193.

<sup>55</sup> Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *Int Endod J.* 2003;36:75-85.

<sup>56</sup> Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *Int Endod J.* 2003;36:75-85.

<sup>57</sup> Yelsilsoy C, Withaker E, Cleveland D, Phillips E, Trope M. Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants. *J Endod.* 1995;21:513-5.

<sup>58</sup> Hauman CHJ, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *Int Endod J.* 2003;36:75-85.

Digluconato de CHX es un antiséptico potente el cual es muy utilizado para el control de la placa bacteriana en la cavidad oral. Se recomiendan para este propósito las soluciones acuosas al 0,12% y 0,2%, mientras que la concentración al 2% es la que se encuentra descrita normalmente en la literatura endodóntica<sup>60</sup>.

La cantidad de adsorción de CHX depende de la concentración utilizada, así, a bajas concentraciones (0,2%), causa una alteración en el equilibrio osmótico de la membrana celular bacteriana, provocando una filtración del interior de la misma de las sustancias de bajo peso molecular (especialmente potasio y fósforo), sin que ésta sea dañada irreversiblemente. A altas concentraciones (2%), CHX es bactericida<sup>61</sup>.

### ■ ■ Capacidad antiséptica

Digluconato de CHX es un agente antibacteriano de amplio espectro que se ha mostrado eficaz contra diversas biopelículas halladas en los conductos radiculares infectados, por ello, CHX se ha propuesto como un buen irrigador endodóntico gracias a su capacidad para adherirse a la dentina, su efectividad como antimicrobiano y su sustentividad en el interior del conducto radicular<sup>62,63</sup>.

Su acción antibacteriana es el resultado de la adsorción de la misma dentro de la pared celular de los microorganismos produciendo la filtración de los componentes intracelulares. También daña las barreras de permeabilidad de la pared celular, originando trastornos metabólicos en las bacterias. Es efectiva frente a gran número de bacterias orales, principalmente frente a las grampositivas y

---

<sup>59</sup> Marley JT, Ferguson DB, Hartwell GR. Effects of chlorhexidine gluconate as an endodontic irrigant and the apical seal: short-term results. *J Endod.* 2001;27:775-7.

<sup>60</sup> Zamany A, Safavi K, Spangberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96:578-81.

<sup>61</sup> Ryan S. Chlorhexidine as a canal irrigant: a review. *Compend Contin Educ Dent.* 2010;31:338-42.

<sup>62</sup> Jeansonne MJ, White RR. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod.* 1994;20:276-8.

<sup>63</sup> Komorowski R, Grad H, Wu XY, Friedman S. Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *J Endod.* 2000;26:315-7.

en menor medida frente a las gramnegativas<sup>64</sup>. No es viricida ni esporicida, y su actividad frente a los hongos es relativa (mejor frente a *C. Albicans*)<sup>65</sup>.

La eficacia de la CHX depende de la concentración y de la forma de presentación de la misma, así como de los microorganismos utilizados. Así, para *E. faecalis* el tiempo de exposición necesario para su eliminación es mayor que para *Staphylococcus aureus* o *C. albicans*, y mejor en solución que en forma de gel<sup>66,67</sup>.

Por otro lado, la adición al protocolo normal de irrigación endodóntica de un lavado con CHX al 2% aumenta el rango de desinfección del conducto radicular<sup>68</sup>.

CHX es también activa frente a biopelículas bacterianas siempre que el tiempo de contacto sea suficiente<sup>69</sup>. Sin embargo, no es capaz de disolver el tejido orgánico, y la biomasa de microorganismos muertos permanece en el interior del conducto radicular si no se aplica a continuación NaOCl.

## ■ ■ Capacidad para la disolución de tejidos

Una solución irrigadora ideal debería disolver la matriz orgánica del interior del conducto radicular. La disolución del tejido orgánico depende de tres factores: la frecuencia de la aplicación de la solución, la cantidad de materia orgánica en relación con la cantidad de agente irrigador, y el área de tejido accesible para el contacto con la solución<sup>70</sup>.

---

<sup>64</sup> Emilson CG. Susceptibility of various microorganisms to chlorhexidine. Scand J Dent Res. 1977;85:255-65.

<sup>65</sup> Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. Int Endod J. 2009;42:288-302.

<sup>66</sup> Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. *In vitro* antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. Int Endod J. 2001;34:424-8.

<sup>67</sup> Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, de Souza-Filho FJ. *In vitro* evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004;97:79-84.

<sup>68</sup> Zamany A, Safavi K, Spångberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;96:578-81.

<sup>69</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-García M, Baca P. *Enterococcus faecalis* biofilms eradication by root canal irrigants. J Endod. 2009;35:711-4.

<sup>70</sup> Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA, Nelson Filho P, Bonifácio KC, Ito IY. *In vivo* antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. J Endod. 1999;25:167-71.

Una de las mayores desventajas de CHX es que tiene muy poca o nula capacidad para disolver el tejido orgánico<sup>71</sup>. Incluso, su actividad disminuye en presencia de materia orgánica como el pus o la sangre<sup>72</sup>.

### ■ ■ Sustantividad

CHX, debido a sus propiedades catiónicas, tiene la capacidad de unirse a las proteínas. Son muchos los trabajos que han demostrado la capacidad única de ésta para ser adsorbida por las superficies aniónicas, como son, la mucosa oral, la placa dental localizada sobre los dientes, las glicoproteínas salivares o las membranas mucosas<sup>73</sup>. CHX puede ser adsorbida también por la hidroxiapatita presente en la estructura dental y, desde allí, actuar como reservorio liberándose gradual y progresivamente. A este hecho se conoce con el nombre de sustantividad<sup>74</sup>.

La sustantividad de la CHX se ha evaluado en diferentes trabajos, tanto de Periodoncia, como de Endodoncia, y aunque todos concluyen que posee una actividad antibacteriana residual después de su aplicación, el mecanismo de acción no está tan claro. Mientras para algunos autores<sup>75</sup> existe una correlación directa entre la concentración de CHX y su sustantividad, para otros<sup>76</sup>, la sustantividad de la CHX depende de la capacidad de la misma para adsorberse en la dentina durante la primera hora de aplicación.

### ■ ■ Citotoxicidad

La CHX se utiliza en Odontología en un rango de concentraciones entre 0,12% y 2,0%, con un pH entre 5,5 y 7<sup>77</sup>. Cuando se compara con otras soluciones como

---

<sup>71</sup> Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod.* 2004;30:785-7.

<sup>72</sup> Marcos Arenal JL, Herguedas Manso K, Astorkia Bordegaray R, Juarros Muño F. Clorhexidina: Puesta al día tras 25 años de uso en Periodoncia. *Periodoncia* 1997; 7: 31-42.

<sup>73</sup> Rolla G, Baastad KL. Chlorhexidine-a new remedy in tooth care?. *Nor Tannlaegeforen Tid.* 1970;80:248-55.

<sup>74</sup> Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J.* 2007;52:S64-82.

<sup>75</sup> Mohammadi Z, Khademi AA, Davari AR. Evaluation of the antibacterial substantivity of three concentrations of chlorhexidine in bovine root dentine. *Iran End J.* 2008;2:113-25.

<sup>76</sup> Lin S, Zuckerman O, Weiss EI, Mazor Y, Fuss Z. Antibacterial efficacy of a new chlorhexidine slow release device to disinfect dentinal tubules. *J Endod.* 2003;29:416-8.

<sup>77</sup> Basrani B, Lemonie C. Chlorhexidine gluconate. *Aust Endod J.* 2005;31:48-52.

NaOCl, CHX es menos tóxica para el tejido periapical<sup>78</sup>. Las reacciones alérgicas a CHX son raras en la población general y se han informado muy pocas reacciones anafilácticas<sup>79</sup>.

## ■ ■ Vehículos de aplicación

En la actualidad, existen en el mercado diferentes formas de aplicación de CHX, como son: colutorios, dentífricos, sprays, geles, chicles o barnices.

## ■ Barnices

El primer barniz de CHX fue desarrollado por Balanyk y Sandham<sup>80</sup>, y contenía un 10% de CHX. Se desarrolló como un mecanismo para incrementar su sustantividad y prolongar el tiempo de contacto de CHX con el diente. Desde entonces, se han realizado multitud de formulaciones con diferentes concentraciones de CHX (1, 3, 20, 30, 35, y 50%) con la intención de conseguir una disminución de los niveles de *S. mutans* en la saliva y en la biopelícula dental. Actualmente los barnices de CHX presentes en el mercado son: Cervitec® (1% de CHX), Chlorzoin® (10% de CHX), BioC (20% de CHX), y EC40 (35% de CHX).

Attin y cols.<sup>81</sup> publicaron que los barnices de CHX pueden penetrar y sellar los túbulos dentinarios, e incluso pueden llegar a detener lesiones cariosas incipientes<sup>82</sup>. No obstante, la efectividad de los barnices de CHX, depende de su concentración, así como de las aplicaciones realizadas. Matthijs y Adriaens<sup>83</sup>, concluyeron que una sola aplicación de barniz EC40 es suficiente para conseguir un reservorio del mismo en la superficie dental, aún con periodos de contacto cortos. Sin embargo, para barnices con menor concentración de CHX (Cervitec®, Chlor-

---

<sup>78</sup> Jeansonne MJ, White RR. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod.* 1994;20:276-8.

<sup>79</sup> Garvey LH, Roed-Petersen J, Hussum B. Anaphylactic reactions in anaesthetised patients: four cases of chlorhexidine allergy. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2001;45:1290-94.

<sup>80</sup> Balanyk TE, Sandham HJ. Development of sustained-release antimicrobial dental varnishes effective against *Streptococcus mutans* *in vitro*. *J Dent Res.* 1985;64:1356-1360.

<sup>81</sup> Arends J, Duschner H, Ruben JL. Penetration of varnishes into demineralized root dentine *in vitro*. *Caries Res.* 1997;31:201-5.

<sup>82</sup> Baca P, Clavero J, Baca AP, González-Rodríguez MP, Bravo M, Valderrama MJ. Effect of chlorhexidine-thymol varnish on root caries in a geriatric population: a randomized double-blind clinical trial. *J Dent.* 2009;37:679-85.

<sup>83</sup> Matthijs S, Adriaens PA. Chlorhexidine varnishes: a review. *J Clin Periodontol.* 2002;29:1-8.

zoin®) se necesitan aplicaciones más frecuentes y durante un mayor periodo de contacto para obtener los mismos resultados.

### ■ ■ ■ Ácido etilendiamino tetraacético

Según la Asociación Americana de Endodoncistas la quelación en Endodoncia es la remoción de iones inorgánicos de la estructura dentinaria mediante un agente químico. El ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) es un agente quelante que fue introducido como solución irrigadora en Endodoncia en 1957 por Nygaard- Ostby<sup>84</sup>.

Los agentes quelantes son utilizados en la terapia endodóntica para ensanchar los conductos estrechos y para remover la capa de barrillo dentinario creado durante la instrumentación. Las concentraciones de uso oscilan entre el 15% y el 17%, con un pH entre 5 y 7, para optimizar la limpieza y conformación de los mismos. EDTA reacciona con los iones de calcio presentes en los cristales de hidroxiapatita de la dentina y produce un quelato metálico. Éste suaviza o reblandece la dentina, particularmente la peritubular y especialmente lo hace en el tercio coronal y medio del conducto radicular<sup>85</sup>. Igualmente, es efectivo en la remoción de la capa de barrillo dentinario, contribuyendo a la correcta desinfección del conducto radicular<sup>86,87,88</sup>.

### ■ ■ Capacidad de eliminación de barrillo dentinario

La capa de barrillo dentinario o *smear layer* fue descrita por primera vez McComb y Smith<sup>89</sup> en 1975 en los conductos tratados endodónticamente, y puede definirse como una capa amorfa, irregular y granular de espesor variable

---

<sup>84</sup> Nygaard-Östby B. Chelation in root canal therapy: Ethylenediamine tetra-acetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol Tskr.* 1957;65:3-11.

<sup>85</sup> Calt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod.* 2000;26:459-61.

<sup>86</sup> Serper A, Calt S, Dogan AL, Guc D, Özçelik B, Kuraner T. Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA. *J Oral Sci.* 2001;43:233-8.

<sup>87</sup> Calas P, Rochd T, Michel G. *In vitro* attachment of *Streptococcus sanguis* to the dentin of the root canal. *J Endod.* 1994;20:71-4

<sup>88</sup> Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94:658-66.

<sup>89</sup> McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975;1:238-42.

(entre 1-5 $\mu$ m) que puede penetrar en el interior de los túbulos hasta unas 40 $\mu$  de profundidad, en forma de material granular o particulado<sup>90</sup>. Se forma siempre en las paredes de los conductos radiculares por la acción mecánica de los instrumentos, no existiendo en las paredes del conducto sin instrumentar o en áreas de conductos apenas instrumentados<sup>91</sup>. Esta capa tapiza las paredes del conducto obliterando los túbulos dentinarios.

Durante un tiempo existió controversia acerca de la conveniencia o no de su eliminación. Actualmente existe un amplio consenso sobre los beneficios de su eliminación puesto que al eliminarlo desaparecen las bacterias presentes en él, se mejora el sellado coronapical y la adhesión a la dentina radicular de los materiales de obturación<sup>92,93</sup>.

Se ha publicado que la eliminación del barrillo dentinario es el procedimiento más útil para conseguir la esterilización del conducto radicular, probablemente porque al disolverlo se favorece la penetración de NaOCl en los túbulos, facilitando de esta forma la actuación de éste<sup>94</sup>. Sin embargo, el uso único de EDTA no está recomendado puesto que se ha demostrado que elimina la porción inorgánica y deja una capa orgánica intacta en el interior de los túbulos, además de provocar una gran erosión en la dentina inter y peritubular<sup>95</sup>.

---

<sup>90</sup> Canalda Sahli C. Preparación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguade E, ed. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 2ª Ed. Barcelona: Masson; 2006. p:159-198.

<sup>91</sup> Basrani B, Robinson C. Irrigación y aspiración. En Basrani E, Cañete M, Blank A, ed. Endodoncia Integrada. Colombia: Actualidades Médico Odontológicas; 1999; p: 129-41.

<sup>92</sup> Canalda Sahli C. Preparación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguade E, ed. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 2ª Ed. Barcelona: Masson; 2006. p: 159-198.

<sup>93</sup> Cobankara FK, Adanr N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. J Endod. 2004; 30: 406-9.

<sup>94</sup> Yoshida T, Shibata T, Shinoara T, Gomyo S, Sekine I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. J Endod. 1995;21:592-3.

<sup>95</sup> Serper A, Calt S, Dogan AL, Guc D, Ozçelik B, Kuraner T. Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potencial water, NaOCl and EDTA. J Oral Sci. 2001;43:233-8.

## ■ ■ Capacidad antibacteriana

EDTA posee un cierto, aunque limitado, efecto antibacteriano, debido a que causa la quelación de los cationes de la membrana externa de las bacterias<sup>96</sup> que son esenciales en el metabolismo, adhesión y crecimiento de hongos como *C. albicans*. Las propiedades antibacterianas de EDTA dependen de su concentración y de su pH. El uso de una concentración de EDTA al 10% provoca la formación de una zona de inhibición del crecimiento bacteriano. A concentraciones menores (0,03%-1%) provoca un efecto antibacteriano muy reducido o nulo<sup>97</sup>.

## ■ ■ Citotoxicidad

Se ha investigado el efecto del EDTA en la unión del péptido intestinal vasoactivo (VIP) a macrófagos, el cual tiene un rol importante en la comunicación entre nervios y células inmunes, regulando la función de varias de éstas células, particularmente de los macrófagos, que juegan un importante papel en la defensa del tejido periapical. La extrusión apical del EDTA durante el tratamiento endodóntico puede modificar los péptidos vasoactivos de las membranas de los macrófagos e interactuar en la modulación de los mecanismos inflamatorios involucrados en las lesiones periapicales, incluso a concentraciones menores de las usadas en Endodoncia (10%), además de provocar una descalcificación irreversible de hueso perirradicular. Este efecto es dependiente tanto de la dosis como del tiempo<sup>98,99</sup>.

## ■ ■ ■ Ácido cítrico (AC)

Es un agente de irrigación clasificado como quelante que, por su bajo pH, reacciona con los iones metálicos de los cristales de hidroxiapatita para formar un

---

<sup>96</sup> Patterson SS. *In vivo* and *in vitro* studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1963;16:83-103.

<sup>97</sup> Russell A, Hugo W, Ayliffe G, ed. *Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization.* 3<sup>a</sup> Ed. Oxford: Blackwell Science; 1999. p: 124-48.

<sup>98</sup> Segura JJ, Calvo JR, Guerrero JM, Jimenez-Planas A, Sampredo C, Llamas R. EDTA inhibits *in vitro* substrate adherence capacity of macrophages: endodontic implications. *J Endod* 1997; 23: 205-8.

<sup>99</sup> Segura JJ, Calvo JR, Guerrero JM, Sampredo C, Jimenez A, Llamas R. The disodium salt of EDTA inhibits the binding of vasoactive intestinal peptide to macrophage membranes: endodontic implications. *J Endod.* 1996;22:337-40.



quelato metálico soluble no iónico<sup>100</sup>. La dentina se reblandece cambiando las características de solubilidad y permeabilidad del tejido, especialmente la dentina peritubular rica en hidroxiapatita, incrementándose así el diámetro de los túbulos dentinarios expuestos<sup>101,102</sup>. Además, AC se encuentra de forma natural en el organismo, lo cual lo hace biológicamente más aceptable que otros ácidos. Yamaguchi y cols.<sup>103</sup>, en 1996, fueron los primeros en proponer el uso de una solución de AC como solución irrigadora en el tratamiento endodóntico. En su investigación *in vitro* compararon el efecto descalcificante de diversas concentraciones de este ácido con una solución de EDTA, y entre sus conclusiones encontraron que AC tenía una mayor capacidad antibacteriana y quelante que EDTA a todas las concentraciones examinadas. A un pH bajo (1-2), concentraciones entre el 5 y el 10% de AC son igualmente eficaces que concentraciones más altas (entre el 25-50%). En este sentido, se ha mostrado que el valor de pH es más importante que la concentración cuando se refiere a la capacidad de desmineralización de este ácido<sup>104,105</sup>. Igualmente, se ha demostrado que posee capacidad antibacteriana frente a microorganismos presentes en el conducto radicular<sup>106,107</sup>, pero no frente a biopelículas de *E. faecalis*<sup>108</sup>.

---

<sup>100</sup> Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. J Endod. 1996;22:27-29.

<sup>101</sup> Serper A, Calt S, Dogan AL, Guc D, Ozçelik B, Kuraner T. Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA. J Oral Sci. 2001;43:233-8.

<sup>102</sup> Dogan H, Calt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. J Endod. 2001;27:578-80.

<sup>103</sup> Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. J Endod. 1996;22:27-9.

<sup>104</sup> Haznedaroglu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;96:340-4.

<sup>105</sup> Hennequin M, Pajot J, Avignant D. Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. J Endod. 1994;20:551-54.

<sup>106</sup> Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. J Endod. 1996;22:27-9.

<sup>107</sup> Siqueira JF Jr, Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. J Endod. 1998;24:414-6.

## ■ ■ ■ Ácido ortofosfórico (AO)

Fue introducido por Buonocuore en 1955<sup>109</sup> para el pretratamiento de esmalte y dentina con el objetivo de favorecer la adhesión de las resinas acrílicas a la estructura dental. Se utiliza en el campo de la Odontología más en el ámbito de la Operatoria Dental, como agente grabador de la dentina a una concentración del 37%, que en el ámbito de la Endodoncia. Se han descrito protocolos de irrigación en donde se ha introducido el ácido ortofosfórico utilizado a diferentes concentraciones (5%, 10%, 37%) y vehículos de aplicación<sup>110,111,112</sup>.

El AO ha mostrado eficacia para eliminar el barrillo dentinario generado durante la instrumentación del conducto radicular<sup>113,114</sup>, así como capacidad de descalcificación de la dentina<sup>115</sup>. No obstante, al igual que ocurre con AC, este ácido posee actividad bactericida frente a *E. faecalis*<sup>116</sup> en suspensión, pero no frente a biopelículas<sup>117</sup>.

## ■ ■ ■ Agentes surfactantes

Los agentes activos superficiales o surfactantes (derivado del inglés *surface active agents*) son moléculas que contienen un segmento liposoluble (soluble en aceite) y otro hidrosoluble (soluble en agua). Así, un agente activo superficial es

---

<sup>108</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-García M, Baca P. *Enterococcus faecalis* biofilms eradication by root canal irrigants. J Endod. 2009;35:711-4.

<sup>109</sup> Buonocuore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res. 1955;34:849-53.

<sup>110</sup> Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1994;78:359-67.

<sup>111</sup> Mohamed FA. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. J Prosthet Dent. 2001;8:67-72.

<sup>112</sup> Padrós FE, Rodríguez VJ. Cómo obtener un sellado microscópico de las paredes de los conductos radiculares (técnica original). Rev Eur Odonto-Estomatol. 2002;14:263-74.

<sup>113</sup> Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1994;7:359-67.

<sup>114</sup> Ayad MF. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. J Prosthet Dent. 2001;85:67-72.

<sup>115</sup> Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Martín-Peinado FJ, González-López S. Decalcifying effect of 15% EDTA, 15% citric acid, 5% phosphoric acid and 2.5% sodium hypochlorite on root canal dentine. Int Endod J. 2008;41:418-23.

<sup>116</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-Rodríguez E, Liébana-Ureña J, Espigares-García M. Bactericidal activity of phosphoric acid, citric acid, and EDTA solutions against *Enterococcus faecalis*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106:e84-9.

<sup>117</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-García M, Baca P. *Enterococcus faecalis* biofilms eradication by root canal irrigants. J Endod. 2009;35:711-4.

aquel que posee la propiedad de adsorberse en la interfase entre la fase acuosa y lipídica. El rasgo estructural que distingue a los surfactantes es la región hidrofílica o la carga iónica de la molécula, la cual los hace aniónicos, cuando su carga molecular es negativa; catiónicos, cuando es positiva; no iónicos, cuando no hay carga; o anfóteros, cuando existen cargas tanto positivas como negativas<sup>118</sup>.

Concretamente, los surfactantes catiónicos destacan por dos propiedades importantes. Por una parte se adsorben sobre sustratos cargados negativamente produciendo una capa hidrófoba que aumenta el ángulo de contacto con el agua, reduciendo, de este modo, la tensión superficial de los líquidos. Por otra parte, los surfactantes catiónicos del tipo amonio cuaternario tienen acción anti-séptica y bactericida<sup>119</sup>. Actúan sobre las membranas bacterianas reaccionando con los componentes fosfolipídicos provocando distorsión de la membrana citoplasmática y lisis por estrés osmótico<sup>120</sup>. Además, la carga positiva de los surfactantes catiónicos genera un efecto biocida sobre las células microbianas<sup>121</sup> ya que cambia el signo de la superficie celular de negativo a positivo y éstas mueren<sup>122</sup>. En el caso de las biopelículas, este cambio electrostático desestabiliza las fuerzas cohesivas que mantienen la integridad de la estructura, originando la eliminación de la misma<sup>123</sup>. En las concentraciones utilizadas no son tóxicos.

El bromuro de cetil-trimetil amonio o cetrimida (CTM) es un surfactante catiónico derivado del amonio cuaternario cuya actividad bactericida se ha demostrado frente a bacterias grampositivas y gramnegativas, así como antifúngica<sup>124</sup>. Tiene la ventaja de ser muy poco irritante y reduce la tensión superficial de los líquidos, favoreciendo la entrada de éstos a lugares de difícil acceso como es el

---

<sup>118</sup> Vittal R, Gomathi H, Kim KJ. Beneficial role of surfactants in electrochemistry and in the modification of electrodes. *Adv Colloid Interface Sci.* 2006;119:55-68.

<sup>119</sup> Merianos JJ. Quaternary ammonium antimicrobial compounds. En: Block SS, ed. *Disinfection, Sterilization, and Preservation.* Philadelphia: Lea & Febiger; 1991. p: 225-62.

<sup>120</sup> Russell AD, Chopra I, ed. *Understanding antibacterial action and resistance.* 2<sup>th</sup> Ed. New York; Ellis Horwood;1996.

<sup>121</sup> Kugler R, Bouloussa O, Rondelez F. Evidence of a charge-density threshold for optimum efficiency of biocidal cationic surfaces. *Microbiology* 2005;151:1341-8.

<sup>122</sup> Campanhã MTN, Mamizuka EM, Carmona-Ribeiro AM. Interactions between cationic liposomes and bacteria: the physical-chemistry of the bactericidal action. *J Lipid Res.* 1999;40:1495-500.

<sup>123</sup> Cloete TE, Jacobs L, Brözel VS. The chemical control of biofouling in industrial water systems. *Biodegradation.* 1998;9:23-37.

<sup>124</sup> Vieira DB, Carmona-Ribeiro AM. Cationic lipids and surfactants as antifungal agents: mode of action. *J Antimicrob Chemother.* 2006;58:760-7.

caso de los túbulos dentinarios<sup>125</sup>. Cuando se combina con CHX se ha demostrado que existe sinergismo, ya que ambos actúan sobre la pared celular de las bacterias<sup>126</sup>.

### ■ ■ ■ Otras soluciones irrigadoras

Recientemente, se han introducido en el mercado diferentes soluciones irrigadoras que combinan antibióticos, detergentes y ácidos. Entre ellos podemos encontrar:

■ ■ **BioPure MTAD** (Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA), es una solución irrigadora de conductos radiculares introducida por Torabinejad y Johnson en el 2003<sup>127</sup>. Esta solución contiene doxiciclina (a una concentración del 3%), AC (4,25%) y un detergente, Tween 80 (0,5%). Se ha mostrado que MTAD es capaz de remover el barrillo dentinario formado en las paredes del conducto radicular<sup>128</sup>, sin embargo, la eficacia antimicrobiana de éste, en combinación con NaOCl al 1,3%, frente al uso alternado de NaOCl al 5,25% y EDTA al 15% es aún controvertida<sup>129</sup>. Además, la aplicación final de MTAD a la dentina tratada con NaOCl al 1,3% puede reducir su sustantividad<sup>130</sup>, que se ha publicado que puede durar hasta 4 semanas<sup>131</sup>.

---

<sup>125</sup> Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. J Endod. 2006;32:1091-3.

<sup>126</sup> Portenier I, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M. Killing of *Enterococcus faecalis* by MTAD and chlorhexidine digluconate with or without cetrimide in the presence or absence of dentine powder or BSA. J Endod. 2006;32:138-41.

<sup>127</sup> Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, *et al.* A new solution for the removal of the smear layer. J Endod. 2003;29:170-5.

<sup>128</sup> Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. J Endod. 2003;29:233-9.

<sup>129</sup> Mohammadi Z, Abbott PV. On the local applications of antibiotics and antibiotic-based agents in endodontics and dental traumatology. Int Endod J. 2009;42:555-567.

<sup>130</sup> Tay FR, Hiraishi N, Schuster GS, Pashley DH, Loushine RJ, Ounsi HF, *et al.* Reduction in antimicrobial substantivity of MTAD after initial sodium hypochlorite irrigation. J Endod. 2006;32:970-5.

<sup>131</sup> Mohammadi Z, Abbott PV. On the local applications of antibiotics and antibiotic-based agents in endodontics and dental traumatology. Int Endod J. 2009;42:555-567.

Zhang y cols.<sup>132</sup> mostraron que posee una menor citotoxicidad que eugenol, peróxido de hidrógeno al 3%, pasta de hidróxido de calcio o que NaOCl al 5,25%, aunque mayor que concentraciones inferiores de NaOCl. Como desventaja cabe destacar que no disuelve el tejido orgánico.

■ ■ **Tetraclean** (Ogna Laboratori Farmaceutici, Milán, Italia), al igual que MTAD, es una mezcla de un antibiótico, un ácido y un detergente. Sin embargo, la concentración de doxiciclina y el tipo de detergente (prolipropilenglicol) difieren del MTAD<sup>133</sup>. Es efectivo para la eliminación del barrillo dentinario y frente a biopelículas de *E. faecalis*<sup>134</sup>, aunque en menor grado que NaOCl al 5,25%. Además, posee baja tensión superficial cuando se compara con EDTA al 17%, lo que le permite penetrar mejor en los túbulos dentinarios<sup>135</sup>. Al igual que MTAD, tampoco disuelve el tejido orgánico.

■ ■ **SmearClear** (Sybron Endo, Orange, California, USA), es un producto introducido recientemente para la eliminación del barrillo dentinario. Posee en su composición EDTA al 17% y un agente surfactante. Aunque la combinación de estos dos agentes surfactantes con EDTA no han mejorado su capacidad de eliminación de barrillo dentinario cuando lo comparamos con EDTA sólo<sup>136,137</sup>, sí que han mejorado la capacidad de erradicación de biopelículas de *E. faecalis*<sup>138</sup>.

■ ■ **EDTAC®**, también combina EDTA con un surfactante, en este caso cetavlon, que es el compuesto comercial de la CTR. En 1977, Godberg y Abramo-

---

<sup>132</sup> Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. J Endod. 2003;29:654-7.

<sup>133</sup> Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. J Endod. 2006;32:1091-3.

<sup>134</sup> Giardino L, Ambu E, Savoldi E, Rimondini L, Cassanelli C, Debbia EA Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, MTAD, and Tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. J Endod. 2007;33:852-5.

<sup>135</sup> Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. J Endod. 2006;32:1091-3.

<sup>136</sup> Khedmat S, Shokouhinejad N. Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. J Endod. 2008;34:599-602.

<sup>137</sup> da Silva LA, Sanguino AC, Rocha CT, Leonardo MR, Silva RA. Scanning electron microscopic preliminary study of the efficacy of SmearClear and EDTA for smear layer removal after root canal instrumentation in permanent teeth. J Endod. 2008;34:1541-4.

<sup>138</sup> Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. J Endod. 2006;32:527-31.

vich<sup>139</sup> ya lo utilizaron afirmando que aumentaba la permeabilidad dentinaria eliminando restos orgánicos y microorganismos presentes en el interior del conducto radicular, así como de los medicamentos utilizados durante la terapia endodóntica.

■ ■ **Cetrexidin®** (GABA Vebas, San Giuliano Milanese, Milán, Italia), en una mezcla de CHX al 0,2% y CTR al 0,2% en base acuosa que ha demostrado que posee una baja tensión superficial<sup>140</sup>, capacidad antibacteriana y una toxicidad menor que NaOCl al 5,25%<sup>141</sup>.

■ ■ **Chlor-Extra® y CHX-Plus®** (Vista Dental Products, Racine, WI) son dos soluciones irrigadoras de reciente introducción en el mercado. De acuerdo con el fabricante, Chlor-XTRA® posee NaOCl a una concentración menor del 6%, un agente humectante, modificadores de superficie y agentes alcalinos para incrementar la capacidad eléctrica de esta solución. CHX-Plus® contiene CHX al 2% y modificadores de superficie para disminuir su viscosidad. En el estudio de Williamson y cols.<sup>142</sup>, Chlor- EXTRA® exhibió una actividad antibacteriana frente *E. faecalis* superior a CHX al 2% y a CHX- Plus®.



### 2.1.3. Interacción entre las soluciones irrigadoras

#### ■ ■ ■ NaOCl y EDTA

Está ampliamente demostrado que el uso combinado de NaOCl a concentraciones entre el 2,5%- 5% y EDTA a concentraciones 10%-17% es particularmente efectivo en la remoción de los residuos orgánicos e inorgánicos<sup>143,144</sup>.

---

<sup>139</sup> Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. J Endod. 1977;3:101-5.

<sup>140</sup> Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. J Endod. 2006;32:1091-3.

<sup>141</sup> Onçağ O, Hoşgör M, Hilmioğlu S, Zekioglu O, Eronat C, Burhanoğlu D. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. Int Endod J. 2003;36:423-32.

<sup>142</sup> Williamson AE, Cardon JW, Drake DR. Antimicrobial susceptibility of monoculture biofilms of a clinical isolate of *Enterococcus faecalis*. J Endod. 2009;35:95-7.

<sup>143</sup> Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. J Endod. 1983;9:137-42.

EDTA puede utilizarse como solución irrigadora final para abrir los túbulos dentinarios y obturar un mayor número de conductos. Sin embargo, un tiempo largo de aplicación tiene un efecto agresivo sobre las paredes del conducto radicular y puede causar excesiva erosión y degradación de la dentina inter y peritubular<sup>145,146</sup> y, por consiguiente, una alteración de sus propiedades mecánicas<sup>147</sup>.

Para prevenir que el efecto quelante del EDTA continúe actuando sobre el contenido mineral de la dentina radicular, es importante asegurarse de que su acción esté completamente neutralizada antes de proceder a la obturación del conducto<sup>148</sup>. Para ello, se ha recomendado la irrigación final con NaOCl para neutralizar a EDTA<sup>149</sup>. Esta irrigación final con NaOCl puede actuar esterilizando mejor el sistema del conducto radicular, pues su penetración en los túbulos dentinarios es promovida por la remoción completa del barrillo dentinario. La inactivación del EDTA por parte del NaOCl podría deberse a una reacción de oxidación<sup>150</sup>, limitando la desmineralización progresiva y previniendo un debilitamiento de la estructura inorgánica del diente<sup>151</sup>.

Zehnder<sup>152</sup>, informó que en la interacción de estas dos soluciones, EDTA reduce inmediatamente el cloro disponible en la solución de NaOCl, haciendo que éste se haga inefectivo frente a las bacterias y al tejido necrótico. Baumgartner e Ibay<sup>153</sup> comunicaron que el “efecto burbujeante” o efervescente que se produce al mezclar las dos soluciones, y que ha sido utilizado para defender la asocia-

---

<sup>144</sup> Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod.* 1987;13:147-57.

<sup>145</sup> Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94:658-66.

<sup>146</sup> Hottel TL, el-Refai NY, Jones JJ. A comparison of the effects of three chelating agents on the root canals of extracted human teeth. *J Endod.* 1999;25:716-7.

<sup>147</sup> Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod.* 2002;28:17-9.

<sup>148</sup> Grande NM, Plotino G, Falanga A, Pomponi M, Somma F. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. *J Endod.* 2006;32:460-4.

<sup>149</sup> Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 2003;36:411-7.

<sup>150</sup> Nörtemann B. Biodegradation of EDTA. *Appl Microbiol Biotechnol.* 1999;51:751-9.

<sup>151</sup> Grande NM, Plotino G, Falanga A, Pomponi M, Somma F. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. *J Endod.* 2006;32:460-4.

<sup>152</sup> Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32:389-98.

<sup>153</sup> Baumgartner JC, Ibay AC. The chemical reactions of irrigants used for root canal debridement. *J Endod.* 1987;13:47-51.

ción de éstas, sólo prueba la presencia de una reacción química que tiene lugar entre NaOCl por un lado, y EDTA por otro.

### ■ ■ ■ NaOCl y CHX

CHX se utiliza en el tratamiento endodóntico como solución irrigadora y como medicación intraconducto por su capacidad antiséptica. Sin embargo, presenta una desventaja frente a NaOCl, y es su incapacidad para disolver el tejido orgánico. Por ello, se ha sugerido utilizar CHX como una solución irrigadora final, después de irrigar con NaOCl y EDTA<sup>154,155</sup>.

Es importante señalar que en este régimen de irrigación final con CHX, si el NaOCl está todavía presente en el conducto radicular, la irrigación con CHX provoca la aparición de un precipitado de un color naranja-marrón. Este precipitado contiene una cantidad significativa de paracloroanilina (PCA), un producto derivado de la hidrólisis de la CHX<sup>156</sup>. Esta PCA ha demostrado ser carcinogénica en animales<sup>157,158</sup>. Además, la presencia de este precipitado en la superficie del conducto radicular puede afectar la calidad del sellado de la obturación<sup>159</sup>, especialmente si se utilizan selladores que requieren la presencia de una capa híbrida.

Para evitar esta interacción, y por lo tanto la formación del precipitado, Zehnder<sup>160</sup> recomendó secar los conductos radiculares después del lavado con NaOCl, y antes de la aplicación de CHX, y, Basrani y cols.<sup>161</sup>, y Bui y cols.<sup>162</sup>, reco-

---

<sup>154</sup> Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32:389-98.

<sup>155</sup> Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod.* 1998;24:472-6.

<sup>156</sup> Heard DD, Ashworth RW. The colloidal properties of chlorhexidine and its interaction with some macromolecules. *J Pharm Pharmacols.* 1968;20:505-12.

<sup>157</sup> Van der Bijl P, Gelderblom WC, Thiel PG. On the mutagenicity of parachloroaniline, a breakdown product of chlorhexidine. *J Dent Assoc S Afr.* 1984;39:535-7.

<sup>158</sup> Chhabra RS, Huff JE, Haseman JK, Elwell MR, Peters AC. Carcinogenicity of p-chloroaniline in rats and mice. *Food Chem Toxicols.* 1991;29:119-24.

<sup>159</sup> Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *J Endod.* 2008;34:181-5.

<sup>160</sup> Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32:389-98.

<sup>161</sup> Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *J Endod.* 2007;33:966-9.

<sup>162</sup> Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *J Endod.* 2008;34:181-5.



mendaron un lavado con agua, alcohol o EDTA previamente a la aplicación de CHX.

### ■ ■ ■ EDTA y CHX

La mezcla de CHX y EDTA produce la aparición de un precipitado blanco. Éste es una sal formada a través de la neutralización electrostática de la CHX (catiónica), por el EDTA (aniónico). Químicamente, esta sal está compuesta en el 90% por CHX y EDTA, con una ratio de 1,6:1. El otro 10% lo componen, agua, gluconato y sodio<sup>163</sup>. Aunque las propiedades de este precipitado no han sido aún estudiadas en profundidad, parece ser que el sobrenadante reduce la capacidad de EDTA para eliminar el barrillo<sup>164</sup>.

No obstante, la densidad y la capacidad de adhesión de dicho precipitado dependen de la concentración de CHX empleada. Así, Rasimick y cols.<sup>165</sup> mostraron que con una concentración de CHX al 2% y 17% EDTA la adhesión del precipitado tardaba varios minutos en suceder, mientras que con mayores concentraciones de CHX (20%), la adhesión y el grosor del mismo era superior y de aparición más rápida.



## 2.2. *Enterococcus faecalis*

Los enterococos son cocos Gram positivos que pueden presentarse solos, en parejas o en cadenas cortas. Son anaerobios facultativos, ya que poseen la capacidad de crecer en presencia o en ausencia de oxígeno<sup>166</sup>. Estos cocos habitan como comensales en humanos en el tracto gastrointestinal, en la cavidad oral y en la vagina. Pueden causar multitud de enfermedades infectando el tracto urinario, el torrente sanguíneo, el endocardio, abdomen, o el

<sup>163</sup> Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. J Endod. 2008;34:1521-3.

<sup>164</sup> Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. Dent Clin North Am. 2010;54:291-312.

<sup>165</sup> Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. J Endod. 2008;34:1521-3.

<sup>166</sup> Rôças IN, Siqueira JF Jr, Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. J Endod. 2004;30:315-20.

tracto biliar, también puede causar otitis, neumonía, o meningitis<sup>167</sup>. Los enterococos se encuentran habitualmente entre los tres principales patógenos bacterianos nosocomiales<sup>168,169</sup>, y las cepas resistentes a los antibióticos plantean actualmente una dificultad terapéutica real.

*E. faecalis* es el responsable del 90% de las infecciones humanas causadas por *Enterococcus*. La mayor parte del otro 10% son causadas por *Enterococcus faecium*. Las infecciones por otras especies son muy raras<sup>170</sup>.

Los enterococos sobreviven en condiciones ambientales muy duras, de modo que pueden soportar niveles de pH de hasta 9,6, así como elevadas concentraciones de sal<sup>171</sup>. Pueden resistir igualmente a las sales biliares, detergentes, metales pesados, etanol y desecación. Pueden crecer en un rango de temperatura desde 10°C a 45°C y sobrevivir durante 30 minutos a una temperatura de 60°C<sup>172</sup>.



### **2.2.1. *E. faecalis* y su implicación en Endodoncia**

*E. faecalis* es un microorganismo que habita comúnmente en la cavidad oral. Este microorganismo no suele ser causante de caries dental y, en los casos en donde está presente, su recuento es tres veces menor que los niveles de *S. mutans*<sup>173</sup>. Aunque no están presentes en la caries pueden, teóricamente, colonizar la pulpa necrótica en etapas primarias.

---

<sup>167</sup> Jett BD, Huycke MM, Gilmore MS. Virulence of enterococci. Clin Microbiol Rev. 1994;7:462-78.

<sup>168</sup> Richards MJ, Edwards JR, Culver DH, Gaynes RP. Nosocomial infections in combined medical-surgical intensive care units in the United States. Infect Control Hosp Epidemiol. 2000;21:510-5.

<sup>169</sup> Wisplinghoff H, Seifert H, Tallent SM, Bischoff T, Wenzel RP, Edmond MB. Nosocomial bloodstream infections in pediatric patients in United States hospitals: epidemiology, clinical features and susceptibilities. Pediatr Infect Dis J. 2003;22:686-91.

<sup>170</sup> Jett BD, Huycke MM, Gilmore MS. Virulence of enterococci. Clin Microbiol Rev. 1994;7:462-78.

<sup>171</sup> Tendolkar PM, Baghdayan AS, Shankar N. Pathogenic enterococci: new developments in the 21st century. Cell Mol Life Sci. 2003;60:2622-36.

<sup>172</sup> Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. J Endod. 2006;32:93-8.

<sup>173</sup> Meiers JC, Wirthlin MR, Shklair IL. A microbiological analysis of human early carious and non-carious fissures. J Dent Res. 1982;61:460-4.

Además, no todas las infecciones endodónticas están causadas por caries, debido a que muchos dientes contienen grietas y es posible que los enterococos puedan acceder a los conductos radiculares a través de esta vía más que a través de los túbulos dentinarios en las lesiones cariosas. En este mismo sentido, las restauraciones coronales inadecuadas con márgenes abiertos también se han vinculado a la aparición de periodontitis apical<sup>174</sup>.

La prevalencia de *E. faecalis* se incrementa en aquellos pacientes que están recibiendo un tratamiento o un retratamiento endodóntico cuando se compara con aquellos que no tienen historia endodóntica<sup>175</sup>. Asimismo, *E. faecalis* se ha identificado también en un porcentaje considerable de dientes con persistencia de lesión periapical que tenían un inadecuado tratamiento endodóntico<sup>176</sup>, así como en aquellos casos que tenían un buen tratamiento pero con persistencia de lesión periodontal<sup>177</sup>. Se presenta por tanto en infecciones endodónticas primarias como en secundarias o persistentes.

En la categoría de **infecciones endodónticas primarias**, *E. faecalis* se asocia más a las lesiones perirradiculares crónicas persistentes que a la periodontitis perirradicular aguda o al absceso perirradicular agudo. De este modo, *E. faecalis* se encuentra entre un 4% y un 40% de las infecciones endodónticas primarias<sup>178</sup>.

Su presencia en **infecciones endodónticas secundarias** es mucho mayor, 9 veces más que en las primarias. Los estudios demuestran que el rango de prevalencia de *E. faecalis* en dientes tratados endodónticamente con lesión perirradicular es de un 24% a un 77%<sup>179,180,181,182</sup>. En algunos casos se ha encontrado co-

---

<sup>174</sup> Kirkevang LL, Vaeth M, Hörsted-Bindslev P, Bahrami G, Wenzel A. Risk factors for developing apical periodontitis in a general population. *Int Endod J*. 2007;40:290-9.

<sup>175</sup> Sedgley CM, Lennan SL, Clewell DB. Prevalence, phenotype and genotype of oral enterococci. *Oral Microbiol Immunol*. 2004;19:95-101.

<sup>176</sup> Sundqvist G. Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root canal flora. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994;78:522-30.

<sup>177</sup> Peciuliene V, Balciuniene I, Eriksen HM, Haapasalo M. Isolation of *Enterococcus faecalis* in previously root-filled canals in a Lithuanian population. *J Endod*. 2000;26:593-5.

<sup>178</sup> Rôças IN, Siqueira JF Jr, Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod*. 2004;30:315-20.

<sup>179</sup> Peciuliene V, Balciuniene I, Eriksen HM, Haapasalo M. Isolation of *Enterococcus faecalis* in previously root-filled canals in a Lithuanian population. *J Endod*. 2000;26:593-5.

<sup>180</sup> Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;85:86-93.

mo el único microorganismo (cultivo puro) presente en los conductos radiculares obturados con lesión periapical<sup>183</sup>.

En cuanto a la invasión del conducto radicular por parte de *E. faecalis* durante el tratamiento endodóntico existen pocos datos en la literatura científica que puedan apoyar o contradecir este hecho. Se ha conjeturado que la presencia de este enterococo después de la primera sesión de tratamiento de conductos podría deberse a la filtración a través de la obturación temporal<sup>184</sup>.

En conjunto, la poca evidencia disponible actualmente apunta en la dirección de que *E. faecalis* se introduce en el conducto radicular en un algún momento después de que el tratamiento endodóntico se haya iniciado. La fuente de infección del conducto radicular puede ser la cavidad oral, donde actualmente se han identificado 700 especies bacterianas diferentes<sup>185</sup>.



### 2.2.2. Factores de virulencia de *E. faecalis*

*E. faecalis* posee ciertos factores de virulencia como son las enzimas líticas, citolisinas, sustancias de agregación, feromonas y ácidos lipoproteicos<sup>186</sup>. Se ha demostrado que se adhiere a las células del huésped a través de unas proteínas que le permiten competir con otras bacterias y alterar así la respuesta del huésped<sup>187</sup>. Este microorganismo es capaz de suprimir la acción de los linfocitos, contribuyendo al fracaso endodóntico. Tiene la capacidad de compartir los factores de virulencia con otras especies, contribuyendo a su supervivencia y a su

---

<sup>181</sup> Hancock HH, Sigurdsson A, Trope M, Moiseiwitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;91:579-86.

<sup>182</sup> Gomes BP, Pinheiro ET, Gadê-Neto CR, Sousa EL, Ferraz CC, Zaia AA, *et al.* Microbiological examination of infected dental root canals. *Oral Microbiol Immunol.* 2004;19:71-6.

<sup>183</sup> Pinheiro ET, Gomes BP, Ferraz CC, Sousa EL, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J.* 2003;36:1-11.

<sup>184</sup> Sjögren U, Figdor D, Spångberg L, Sundqvist G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *Int Endod J.* 1991;24:119-25.

<sup>185</sup> Zehnder M, Guggenheim B. The mysterious appearance of enterococci in filled root canals. *Int Endod J.* 2009;42:277-87.

<sup>186</sup> Rôças IN, Siqueira JF Jr, Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod.* 2004;30:315-20.

<sup>187</sup> Love RM. *Enterococcus faecalis*-a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J.* 2001;34:399-405.

habilidad para provocar infección. Sin embargo, su virulencia se debe más que a sus factores de virulencia, a su capacidad para sobrevivir y persistir como patógeno en el conducto radicular.

*E. faecalis* sobrevive a los cambios del interior del conducto radicular de diferentes modos. Se ha mostrado que exhibe un amplio espectro de polimorfismo genético. Posee proteínas de serina, gelatinasa y proteínas de unión al colágeno que le ayudan a adherirse a la dentina. Es lo suficientemente pequeño como para invadir y vivir en el interior de los túbulos dentinarios. Tiene la capacidad para soportar largos periodos de escasez de nutrientes, y una vez accede a ellos se recupera utilizando el suero como soporte nutricional<sup>188</sup>.

Se ha demostrado que puede soportar los medicamentos del conducto radicular, como el hidróxido de calcio, durante más de diez días<sup>189,190</sup>. Por otro lado, forma biopelículas haciendo que la bacteria se vuelva 100 veces más resistente a la fagocitosis, anticuerpos y agentes antimicrobianos con respecto a otros microorganismos que no forman biopelículas<sup>191</sup>.

En resumen, los **factores de virulencia y de supervivencia** de *E. faecalis*, son los siguientes:

- Soporta largos periodos de escasez de nutrientes.
- Se adhiere a la dentina e invade los túbulos dentinarios.
- Altera la respuesta del hospedador.
- Suprime la acción de los linfocitos.
- Utiliza el suero como fuente de nutrientes.
- Es resistente a los medicamentos del conducto radicular (como el hidróxido de calcio).
- Compite con otras células.
- Forma biopelículas.

---

<sup>188</sup> Figdor D, Davies JK, Sundqvist G. Starvation survival, growth and recovery of *Enterococcus faecalis* in human serum. *Oral Microbiol Immunol.* 2003;18:234-9.

<sup>189</sup> Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6:142-9.

<sup>190</sup> Haapasalo M, Orstavik D. *In vitro* infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res.* 1987;66:1375-9.

<sup>191</sup> Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ. Biofilm formation in medicated root canals. *J Endod.* 2002;28:689-93.

Los factores de virulencia anteriores se llevan a cabo fundamentalmente a través de los siguientes elementos:

### ■ ■ ■ Sustancia de agregación (AS)

Es una adhesina bacteriana plásmido codificada que media el contacto eficiente entre el donador y la bacteria receptora, facilitando así la agrupación y el intercambio de plásmidos. Interviene, además, en la unión bacteriana a diversos tipos de células eucariotas (entre ellas las renales o las células epiteliales del intestino), por ello actúa como una verdadera adhesina.

La AS puede servir como elemento de virulencia en, al menos, cuatro formas<sup>192,193</sup>:

- Juega un papel importante en la diseminación de los factores de virulencia codificados por plásmidos, como la citolisina enterocócica y determinadas resistencias a los antibióticos.
- Esta sustancia de agregación facilita la adhesión a las células epiteliales renales e intestinales y a la colonización, por tanto, de estas superficies.
- Protege al microorganismo frente a los leucocitos polimorfonucleares y frente a la lisis mediada por macrófagos.
- La AS y las citolisinas tiene acciones sinérgicas, lo cual aumenta su virulencia. Esto provoca un daño tisular y una invasión profunda.

### ■ ■ ■ Adhesinas de superficie

*E. faecalis* presenta en su pared celular numerosas proteínas de superficie. Las más importantes son la proteína Esp y la Ace, ambas relacionadas con la forma-

---

<sup>192</sup> Kreft B, Marre R, Schramm U, Wirth R. Aggregation substance of *Enterococcus faecalis* mediates adhesion to cultured renal tubular cells. *Infect Immun*. 1992;60:25-30.

<sup>193</sup> Portenier I, Waltimo T, Haapasalo M. *Enterococcus faecalis*—the root canal survivor and ‘star’ in post-treatment disease. *Endod Topics*. 2003;6:135-59.

ción de biopelículas<sup>194</sup> y con la adherencia del microorganismo a las proteínas de la matriz extracelular y al colágeno tipo I y tipo IV<sup>195</sup>.

El nombre de **proteína Esp** deriva del inglés *enterococcal surface protein*. Parece ser que esta proteína pudiera ser la responsable del aumento de la capacidad hidrofóbica, y así facilitar las interacciones de este tipo entre las moléculas.

La **proteína Ace** es una proteína vinculada al colágeno. Es una molécula adherida a la matriz extracelular reconocida como un componente microbiano superficial, la cual media la adherencia a las proteínas de la matriz extracelular, al colágeno tipo I y IV, y a la laminina.

### ■ ■ ■ Feromonas sexuales

Las feromonas sexuales son péptidos hidrofóbicos pequeños, codificados cromosómicamente, a lo largo de 7 u 8 aminoácidos, los cuales promueven la transferencia conjugativa de plásmidos de ADN entre las cepas. Se describen como feromonas sexuales porque obtienen una respuesta específica de unión de las células donadoras transportadoras de plásmidos.

A pesar de que *E. faecalis* secreta normalmente múltiples feromonas, se desconoce porque estos péptidos y sus inhibidores modulan significativamente la respuesta inflamatoria *in vivo*.

### ■ ■ ■ Ácido lipoproteico

Los ácidos lipoproteicos son un grupo de moléculas íntimamente relacionados y asociados con la pared celular, que están constituidos por una columna central de poliglicerofosfato unida covalentemente a una porción glicolípídica hidrofóbica. Se ha publicado que estos ácidos pueden estimular a los leucocitos a liberar numerosos mediadores, los cuales juegan un papel importante en varias fases de la respuesta inflamatoria.

---

<sup>194</sup> Toledo-Arana A, Valle J, Solano C, Arrizubieta MJ, Cucarella C, Lamata M, *et al*. The enterococcal surface protein, Esp, is involved in *Enterococcus faecalis* biofilm formation. *Appl Environ Microbiol*. 2001;67:4538-45.

<sup>195</sup> Nallapareddy SR, Qin X, Weinstock GM, Höök M, Murray BE. *Enterococcus faecalis* adhesin, ace, mediates attachment to extracellular matrix proteins collagen type IV and laminin as well as collagen type I. *Infect Immun*. 2000;68:5218-24.

Por lo tanto, los ácidos lipoproteicos pueden considerarse como unas moléculas que contribuyen a la virulencia de *E. faecalis* facilitando la formación de agregados y la transferencia de plásmidos<sup>196</sup>.

### ■ ■ ■ Producción extracelular de superóxido

Casi todas las cepas de *E. faecalis* producen cantidades importantes de superóxido extracelular. Estos aniones de superóxido son radicales de oxígeno altamente reactivos relacionados con el daño tisular y celular.

Un balance alterado entre la producción de radicales de oxígeno por parte de las células fagocíticas en las lesiones periapicales y su eliminación parece ser un factor contribuyente al daño periapical y a la pérdida de hueso en las periodontitis periapicales crónicas<sup>197</sup>.

### ■ ■ ■ Gelatinasa

La gelatinasa de *E. faecalis* es una metaloproteasa que contiene cinc y que puede hidrolizar la gelatina, el colágeno, fibrinógeno, caseína, hemoglobina, inulina, algunos péptidos relacionados con las feromonas sexuales y otros péptidos bioactivos. La gelatinasa, por tanto, puede degradar las proteínas de la matriz extracelular de los tejidos, lo cual favorece la invasión bacteriana.

### ■ ■ ■ Citolisina (hemolisina)

La citolisina producida por diversas cepas de *E. faecalis* recibe este nombre por su capacidad para destruir eritrocitos, neutrófilos, polimorfonucleares y macrófagos. También puede destruir células bacterianas<sup>198</sup>.



---

<sup>196</sup> Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: relationship to endodontic disease. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2004;15:308-20.

<sup>197</sup> Marton IJ, Balla G, Hegedus C, Redi P, Szilagyi Z, Karmazsin L, *et al*. The role of reactive oxygen intermediates in the pathogenesis of chronic apical periodontitis. *Oral Microbiol Immunol*. 1993;8:254-7.

<sup>198</sup> Portenier I, Waltimo T, Haapasalo M. *Enterococcus faecalis*—the root canal survivor and ‘star’ in post-treatment disease. *Endod Topics*. 2003;6:135-59.



## 2.3. ADHESIÓN A DENTINA

**M**uchas veces se hace necesario poner en contacto partes construidas con iguales o distintos materiales o materias y lograr que ese contacto se mantenga durante el trabajo o durante el uso que se haga del conjunto. El diccionario de la Real Academia de la Lengua<sup>199</sup> define adhesión como “acción o efecto de adherirse”. Fuerzas de adhesión son aquellas fuerzas de atracción que mantienen unidas moléculas de distintas especies químicas, mientras que las fuerzas de cohesión son aquellas que mantienen unidas moléculas de un mismo cuerpo.



### 2.3.1. Conceptos generales

La adhesión puede clasificarse en tres categorías según el mecanismo que se utilice para lograrla:

■ ■ ■ **Adhesión química.** Las partes se mantienen en contacto sobre la base de la fuerza lograda por la formación de uniones químicas entre ambas superficies involucradas, ya sean primarias (iónicas, covalentes...) o secundarias.

■ ■ ■ **Adhesión mecánica.** Las partes se mantienen en contacto sobre la base la penetración de una de ellas en las irregularidades que presenta la superficie de la otra. Así, ambas quedan trabadas, impidiendo su desplazamiento o separación.

La adhesión a dentina con los materiales basados en resina es más compleja que la adhesión a esmalte. Esto es debido a que la dentina es un tejido dentario que contiene aproximadamente un 50% de mineral inorgánico (hidroxiapatita), un 30% de componentes orgánicos (principalmente colágeno tipo I, IV y V) y un 20% de fluidos<sup>200</sup>. Si esta superficie se trata con un ácido, sólo se logra eliminar

<sup>199</sup> Real Academia de la Lengua Española. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, 22<sup>a</sup> ed. Madrid: Espasa-Calpe; 2001.

<sup>200</sup> Mjor IA, Sveen OB, Heyeraas KJ. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 1: normal structure and physiology. Quintessence Int. 2001;32:427- 46.

parte de la hidroxiapatita dejando matriz colágena expuesta. Ésta no constituye una superficie tan apropiada como el esmalte para el material restaurador.

Actualmente, las posibilidades de lograr sobre la dentina el mismo grado de éxito que se obtenía al trabajar sobre el esmalte surgieron al reconocer que una adhesión eficaz a la dentina en una situación clínica necesitaba de mecanismos micromecánicos. Por lo tanto, la adhesión de las resinas a la dentina hoy día se alcanza colocando sobre su superficie moléculas compatibles con el agua que se introducen en el interior de la trama colágena de la dentina intertubular. Al polimerizar, queda formada una estructura o capa en la que coexisten los componentes de la dentina y el material polimerizado, esta capa es denominada “capa híbrida”<sup>201</sup>. Sin embargo, la adhesión a dentina no es tan duradera ni tan estable como la adhesión a esmalte. Está documentado que las fuerzas de adhesión disminuyen con el tiempo y con la función<sup>202,203,204</sup>.

En Endodoncia, es más importante evitar la microfiltración que las fuerzas de adhesión en el interior del conducto radicular, y ninguno de los sistemas adhesivos disponibles actualmente son capaces de evitarla a lo largo del tiempo<sup>205,206,207</sup>.



### 2.3.2. Sistemas de adhesión

Actualmente existen tres tendencias en lo que a mecanismos de adhesión a dentina se refiere:

---

<sup>201</sup> Reis A.F, Giannini M, Pereira P.N. Long-term TEM analysis of the nanoleakage patterns in resin-dentin interfaces produced by different bonding strategies. *Dent Mater.* 2007;23:1164-1172.

<sup>202</sup> De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, *et al.* Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res.* 2003;82:136-40.

<sup>203</sup> Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. *In vivo* degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000;79:1385-91.

<sup>204</sup> Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. Resin-tooth adhesive interfaces after long-term function. *Am J Dent.* 2001;14:211-5.

<sup>205</sup> Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Marshall GW. Microleakage of composite restorations after acid or Er-YAG laser cavity treatments. *Dent Mater.* 2001;17:340-6.

<sup>206</sup> Bouillaguet S. Biological risks of the resin-based materials to the dentin-pulp complex. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15:47-60.

<sup>207</sup> Fabianelli A, Kugel G, Ferrari M. Efficacy of self-etching primer on sealing margins of Class II restorations. *Am J Dent.* 2003;16:37-41.

- La adhesión se logra eliminando el barrillo dentinario y simultáneamente desmineralizando la dentina peritubular hasta una cierta profundidad. Estos sistemas de adhesión provocan un aumento importante de la permeabilidad dentinaria, ya que dan lugar a un aumento variable del diámetro tubular. La adhesión se origina a expensas de la infiltración de la resina entre las fibras de colágeno además de la interdigitación dentro de los túbulos dentinarios.

- En segundo lugar se situarían los sistemas adhesivos que consiguen adhesión preservando el barrillo dentinario e infiltrándolo con un monómero hidrofílico con afinidad por la parte de la capa orgánica e inorgánica que recubre a la dentina. Los túbulos permanecerían obliterados.

- Un tercer grupo de sistemas adhesivos eliminan parcialmente el barrillo dentinario, dejando los túbulos parcialmente obliterados. Esto indica que parte del barrillo dentinario es modificado selectivamente resultando una zona de interdifusión dentina-resina, sin interdigitaciones de resina en el interior del túbulo.

Los materiales que parecen proporcionar mejor sellado tubular y mayor adhesión son los del primer grupo, seguidos de los del tercero, siempre que se utilice una sustancia desmineralizante sobre la dentina que no afecte la integridad de las fibras colágenas.

Los sistemas adhesivos están compuestos fundamentalmente de tres elementos:

**1. Acondicionador:** consiste en compuesto ácido, generalmente ácido fosfórico (32-40%), maleico o cítrico. Tiene como objetivo eliminar el barrillo dentinario y desmineralizar superficialmente la dentina.

**2. Agente promotor de la adhesión, imprimador, o «Primer»:** contiene el monómero con afinidad por el agua (hidrofílico) disuelto en solventes orgánicos como acetona o etanol, o bien la combinación agua-acetona, o alcohol-agua. A la fórmula se añaden fotoiniciadores. Se utiliza para impregnar la red de fibras colágenas expuestas, formando la capa híbrida.

**3. Adhesivo o «Bond»:** compuesto por una mezcla de monómeros con afinidad por el agua (hidrofílicos), sin afinidad (hidrofóbicos), y fotoiniciadores. El ad-

hesivo se une al colágeno impregnado en la superficie y al material restaurador de resina que se utilice.

Estos sistemas pueden incorporar, en algunos productos, además de los fotoiniciadores, iniciadores químicos de la polimerización.



### 2.3.3. Clasificación de los sistemas adhesivos

En la Tabla 2-2 se muestra una clasificación de adhesivos dentinarios atendiendo al mecanismo de adhesión<sup>208</sup>.

Tabla 2-2. Clasificación de adhesivos dentinarios.

ADHESIVOS	ESTRATEGIA DE ADHESIÓN
ADHESIVOS DE GRABADO Y LAVADO (« <i>etch&amp;rinse</i> »)	Grabado ácido+ <i>primer</i> + adhesivo. Grabado ácido+ <i>primer</i> /adhesivo.
ADHESIVOS DE AUTOGRABADO (« <i>self-etching</i> »)	<i>Primer</i> autograbador+adhesivo. <i>Primer</i> y adhesivo autograbador.
ADHESIVOS DE IONÓMERO DE VIDRIO	Acondicionador con ácido polialkenoico+ adhesivo.

#### ■ ■ ■ Adhesivos dentinarios de grabado y lavado

Los adhesivos de grabado y lavado pueden ser de dos o tres pasos, dependiendo si el imprimador y el adhesivo están separados o combinados en un mismo frasco. La estrategia de adhesión implica al menos dos pasos, y en su forma más convencional, tres. El paso del acondicionamiento ácido siempre va separado de la fase de imprimación-adhesión.

La mayor parte de los sistemas adhesivos de grabado-lavado utilizan un ácido fuerte como puede ser el fosfórico al 30%-40%. Cuando éste ácido es aplicado sobre la dentina, la superficie es desmineralizada en una profundidad de aproximadamente 5µm. Un grabado ácido excesivo puede incrementar la mi-

crofiltración<sup>209</sup>. El ácido se lava durante 15 segundos, removiéndose así el barrillo dentinario y exponiéndose la matriz colágena. Posteriormente, se aplica un imprimador hidrofílico para infiltrarse en la matriz colágena y en los túbulos dentinarios. Después de la aplicación del *primer* se aplica el adhesivo hidrofóbico (*bond*) y se polimeriza.

### ■ ■ ■ Adhesivos de autograbado

Los adhesivos de autograbado pueden ser aplicados en uno o dos pasos dependiendo de si el acondicionamiento de la dentina se realiza de forma simultánea con la imprimación o con la imprimación y la adhesión por separado. Más que eliminar el barrillo dentinario, estos adhesivos dentinarios penetran y se incorporan a la capa híbrida. El efecto de autograbado debe ser atribuido a los monómeros que se integran con uno o más grupos carboxílicos o fosfatos ácidos.

Los adhesivos de autograbado pueden clasificarse, en función de su pH, como fuertes o agresivos (pH<1), moderados (pH 1-2), o medios (pH>2). Los adhesivos fuertes forman una capa híbrida de aproximadamente 5µm de grosor, similar a los de grabado y lavado, mientras que los medios forman una capa híbrida de aproximadamente 1µm. La diferencia de espesor en la capa híbrida no tiene relevancia clínica<sup>210</sup>, sin embargo, los sistemas adhesivos fuertes producen una adhesión a esmalte superior que los sistemas medios<sup>211</sup>.

En la Tabla 2-3 se muestra las propiedades y composición de los adhesivos usados en este trabajo.

---

<sup>208</sup> Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, *et al.* Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28:215-35.

<sup>209</sup> Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Sano H, Tay FR, Oguchi H, *et al.* Over-etching effects on micro-tensile bond strength and failure patterns for two dentin bonding systems. *J Dent.* 2002;30:99-105.

<sup>210</sup> Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, *et al.* Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhes Dent.* 2001;3:237-45.

<sup>211</sup> Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, *et al.* Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28:215-35.

Tabla 2-3. Materiales empleados.

ADHESIVO	PROPIEDADES	COMPOSICIÓN
<b>AdheSE®</b>	Auto-grabante Dos pasos Curado dual	<i>Primer:</i> dimetracrilato, ácido acrilato fosfónico, iniciadores y estabilizadores en solución acuosa. <i>Bond:</i> hidroxietil metacrilato (HEMA), dimetacrilato, dióxido de silicón, iniciadores y estabilizadores.
<b>Excite® DSC</b>	Grabado-lavado Un paso Curado dual	HEMA, dimetracrilato, ácido acrilato fosfónico, dióxido de silicón dispersado (SiO <sub>2</sub> ), iniciadores y estabilizadores en solución alcohólica.
<b>Clearfil™ Protect Bond</b>	Autograbante Dos pasos Curado dual	<i>Primer:</i> 10-metacrilohiloxidecil dihidrógeno fosfato (MDP), 12- bromuro de metacrilohiloxidodecil piridinio (MDPB, monómero antibacteriano), 2-hidroxietil metacrilato (HEMA), dimetacrilato hidrofílico, agua. <i>Bond:</i> 10-metacrilohiloxidecil dihidrógeno fosfato (MDP), diglicidilmetacrilato bisfenol A (Bis-GMA), 2-hidroxietil metacrilato (HEMA), dimetacrilato hidrofóbico, dl-camforquinona, N,N-dietanol-p-toloidina, sílice coloidal silatano, fluoruro de sodio.
<b>One Coat 7.0</b>	Autograbante Un paso Curado Dual	<b>Líquido A:</b> Metacrilatos, fotoiniciadores, etanol, agua. <b>Líquido B (activador):</b> Etanol, agua, activador.



## 2.4. OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

La obturación de los conductos radiculares es la última fase del tratamiento endodóntico. Los objetivos de la obturación de conductos son dos, **técnico y biológico**<sup>212</sup>.

### ■■■ Objetivo técnico

Basado fundamentalmente en el concepto de sellado coronapical y lateral del conducto radicular.

<sup>212</sup> Laurichesse JM, Breillat J. Le scellement du système canalaire (obturation de l'endodonte): le concept d'unité biocompatible de substitution. En: Laurichesse JM, Maestrom F, Breillat J, ed. Endodontic Clinique. Paris: CDP: 1986. p: 403-406.

## ■ ■ Sellado apical

Cobra importancia ya que, junto al foramen apical pueden existir bacterias que pueden penetrar en el conducto radicular obturado. Estas bacterias también pueden estar presentes, debido a una mala preparación del conducto, en la zona final del mismo. Dichos microorganismos pueden crecer y reproducirse gracias a la llegada de fluidos periapicales que les suministran el sustrato necesario para su desarrollo.

La filtración apical está considerada como una causa de fracaso endodóntico bastante común y está influenciada por multitud de variables, entre ellas, la técnica de obturación, las propiedades físicas y químicas de los selladores y la presencia o ausencia de barrillo dentinario<sup>213</sup>.

## ■ ■ Sellado lateral

Se debe establecer el sellado lateral a lo largo de toda la pared del conducto, ya que existe la posibilidad de la presencia de conductos radiculares laterales y accesorios. Este sellado cobra especial importancia cuando existe un problema periodontal.

## ■ ■ Sellado coronal

El sellado coronal es imprescindible en la obturación de conductos ya que, como se ha mencionado anteriormente, es mucho más probable la entrada de bacterias y fluidos desde la cavidad oral que a través del tejido periodontal. Se ha observado que, para la salud periodontal apical es significativamente más importante una buena obturación coronal que la calidad técnica del tratamiento endodóntico<sup>214</sup>.

---

<sup>213</sup> Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endod.* 2001;27:347-50.

<sup>214</sup> Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995;28:12-8.

## ■ ■ ■ Objetivo biológico

Debe conseguirse con la obturación de los conductos radiculares la reparación completa del tejido periodontal, de ello se encargarán los mecanismos de defensa del organismo. El material de obturación debería favorecer la reparación del tejido periapical y la aposición de cemento en las zonas reabsorbidas del periápice.



### 2.4.1. Requisitos del material de obturación radicular

Grossman<sup>215</sup>, en 1988, enumeró los *requisitos ideales* que debía tener un material de obturación de conductos radiculares, estos son:

- Fácil de introducir en el interior del conducto radicular.
- Sellado del conducto tanto apical como coronalmente.
- Estable dimensionalmente, sin contraerse una vez insertado.
- Impermeable.
- Bactericida, o por lo menos no debe favorecer el crecimiento bacteriano.
- Radiopaco.
- No debe ser irritante para los tejidos periodontales.
- No debe pigmentar al diente.
- Estéril o fácilmente esterilizable antes de su introducción en el conducto radicular.
- Poderse retirar con facilidad si fuera necesario.

En la obturación radicular debe combinarse más de un material para aproximarse a los requisitos anteriores. Por lo general, esta combinación suele ser la de un material central, denso, que hará de núcleo, con un material de mayor plasticidad para ocupar el espacio entre el material del núcleo y las irregularidades de las paredes del conducto.





## 2.4.2. Materiales de obturación radicular

Grossman<sup>216</sup> indicó que el material de obturación debía ser blando, semisólido y maleable para permitir la entrada del mismo en todos los recovecos del conducto. Sin embargo, estas cualidades no aseguran un sellado impermeable del conducto radicular<sup>217,218</sup>.

### ■ ■ ■ Gutapercha

Es el material de obturación preferido desde que Bowman lo introdujo en 1867 en el campo de la Odontología como material de relleno sólido del conducto radicular. Tiene baja toxicidad, poca irritabilidad tisular y la menor actividad alérgica cuando se encuentra dentro del sistema radicular. En caso de sobretensión hacia el tejido peridontal la gutapercha es bien tolerada si el conducto está limpio y sellado.

Gutapercha posee dos formas cristalinas diferentes:  $\alpha$  y  $\beta$ . La gutapercha  $\alpha$  fluye mejor por los conductos radiculares y tiene un cierto grado de adhesividad, mientras que la gutapercha  $\beta$  es viscosa, densa y sin adherencia a dentina. No obstante, la gutapercha, ya sea  $\alpha$  o  $\beta$ , no puede sellar herméticamente el conducto radicular. Ésta requiere un sellador para proporcionar un sellado de la interfase entre la gutapercha y conducto radicular, o entre los propios conos de material.

Generalmente, la gutapercha es aplicada en el interior de los conductos radiculares mediante algún tipo de condensación por presión, dicha condensación puede ser lateral, mediante un espaciador, o vertical, mediante un *plugger*. Ambos métodos están diseñados para proporcionar una mejor adaptación de la gutapercha a los intersticios anatómicos del sistema radicular.

---

<sup>215</sup> Grossman LI, Oliet S, Del Río C. En: Grossman LI, ed. Endodontics. 11<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1988. p: 279.

<sup>216</sup> Grossmann LI. Physical properties of root canal cements. J Endod. 1976;2:166-75.

<sup>217</sup> Evans JT, Simon JH. Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized Gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. J Endod. 1986;12:100-7.

<sup>218</sup> Fulkerson MS, Czerw RJ, Donnelly JC. An *in vitro* evaluation of the sealing ability of Super-EBA cement used as a root canal sealer. J Endod. 1996;22:13-8.

Resilon es un material realizado con un polímero de poliéster, un vidrio inactivo, hidróxido de calcio y un relleno radiopaco de sulfato de bario y óxido de bismuto<sup>219,220,221</sup>. Está disponible en el mercado en la misma variedad de conos maestros y conos accesorios que gutapercha. Además, las puntas de Resilon también pueden utilizarse con las técnicas de obturación termoplástica. Se utiliza junto a un *primer*, el cual es un adhesivo de autograbado y un cemento sellador Epiphany<sup>®</sup>, a base de resina de fraguado dual. Actualmente, ha salido al mercado el sellador Epiphany<sup>®</sup> SE (*self-etching* o de autograbado), que ya incorpora el *primer* de autograbado en la fórmula. Con la obturación del conducto radicular mediante este sistema, se dice que se crea un “*monoblock*”<sup>222</sup>, en el cual Resilon se adhiere al sellador Epiphany<sup>®</sup>, y el sellador se adhiere a las paredes dentinarias. Las instrucciones del fabricante para su uso incluyen un lavado con EDTA al 17% para eliminar el barrillo dentinario. Después de la obturación, es necesario fotopolimerizar durante 40 seg, lo cual permitirá el curado de los 2mm coronales, e inducirá el autocurado del resto del sellador incluido en el interior del conducto radicular. Su retratamiento es posible, debido a que éste material es disuelto fácilmente con cloroformo.

Es un material que ha demostrado ser biocompatible, no citotóxico y no mutagénico<sup>223</sup>. Además, presenta un efecto de inhibición bacteriana debido al vidrio inactivo y al hidróxido de calcio<sup>224</sup>. Tay y cols.<sup>225,226</sup>, han puesto de relieve

<sup>219</sup> Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. J Endod. 2005;31:91-6.

<sup>220</sup> Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha *versus* Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. J Endod. 2006;32:642-5.

<sup>221</sup> Tay FR, Hiraishi N, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Gillespie WT, *et al.* Bondability of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. J Endod. 2006;32:133-7.

<sup>222</sup> Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). J Endod. 2004;30:342-7.

<sup>223</sup> Maltezos C, Glickman GN, Ezzo P, He J. Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. J Endod. 2006;32:324-7.

<sup>224</sup> Nahmkias Y, Serota KS. Predictable endodontic success. Part II. Microstructural replication. Oral Health. 2003;12:36-41.

<sup>225</sup> Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, *et al.* Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. J Endod. 2005;31:514-9.

la capacidad de la policaprolactona (el poliéter que aporta la termoplasticidad a Resilon) para biodegradarse por la acción de las enzimas salivales y bacterianas. Es por ello, por lo que se precisan más estudios para cuantificar la relevancia clínica de este hallazgo.

## ■ ■ ■ Cementos selladores

El uso de selladores es esencial para el éxito del tratamiento de conductos. Estas sustancias facilitan la obtención de un sellado impermeable, actúan como relleno de las irregularidades del conducto y entre las discrepancias entre la pared del conducto y el material de relleno radicular.

### ■ ■ Clasificación de los cementos selladores

En la Tabla 2-4 se muestran las características de los cementos selladores endodónticos clasificados según su composición química<sup>227,228</sup>.

Tabla 2-4. Cementos selladores.

COMPONENTE PRINCIPAL	CEMENTO SELLADOR	FABRICANTE	CARACTERÍSTICAS GENERALES
<b>ÓXIDO DE ZINC-EUGENOL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento de Grossman.</li> <li>- Cemento de Rickert.</li> <li>- Cemento de Wach.</li> <li>- Tubli-Seal™.</li> <li>- Tubli-Seal EWT.</li> <li>- Endométhasone.</li> <li>- N2®.</li> <li>- Rocanal™ 2 y 3.</li> <li>- Treatment Spad.</li> <li>- Roth 801.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Star Dental, Sultan Chemist.</li> <li>- Sybron Kerr.</li> <li>- Sultan.</li> <li>- Sybron Kerr.</li> <li>- Sybron Kerr.</li> <li>- Septodont.</li> <li>- Agsa.</li> <li>- La Maison Dentaire.</li> <li>- Spad.</li> <li>- Roth Int.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buenas características físico-químicas.</li> <li>- Amplio tiempo de trabajo.</li> <li>- Fraguado rápido a temperatura corporal.</li> <li>- Consistencia adecuada.</li> </ul>
<b>HIDRÓXIDO DE CALCIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sealapex.</li> <li>- Calciobiotic Root Canal Sealer o CRCS™.</li> <li>- Apexit®.</li> <li>- Vitapex®.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sybron Kerr.</li> <li>- Hygenic.</li> <li>- Vivadent.</li> <li>- Neo Dental Chemical Products.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biocompatibilidad.</li> <li>- Antiséptico (pH alto).</li> <li>- Radiopacidad baja.</li> <li>- Soluble, reabsorbible.</li> <li>- Estimulan el cierre apical y la formación ósea.</li> </ul>
<b>IONÓMERO DE VIDRIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ketac™-Endo.</li> <li>- Activ GP™.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ESPE.</li> <li>- Brasseler.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adhesión a dentina.</li> <li>- Biocompatibilidad adecuada.</li> <li>- Insolubles (difíciles de eliminar en casos de retratamiento).</li> </ul>

<sup>226</sup> Tay FR, Pashley DH, Williams MC, Raina R, Loushine RJ, Weller RN, *et al.* Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline hydrolysis. *J Endod.* 2005;31:593-8.

<sup>227</sup> Canalda Salhi C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Salhi C, Brau Aguadé E, eds. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas.* Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.

<sup>228</sup> Gatewood RS. *Endodontic Materials.* Dent Clin N Am. 2007;51:695-712.

Tabla 2-4. Cementos selladores.

COMPONENTE PRINCIPAL	CEMENTO SELLADOR	FABRICANTE	CARACTERÍSTICAS GENERALES
SILICONAS	- Lee Endo-Fill. - RSA RoekoSeal. - GuttaFlow®.	- Lee Parapharmaceuticals. - Roeko. - Coltene-Whaledent.	- Buen sellado apical. - Biocompatibles. - Expansión tras el fraguado. - Insolubles.
RESINAS PLÁSTICAS	- Diaket™. - AH 26®. - AH Plus™ o Topseal®. - Thermaseal®.	- Espe. - DeTrey/Dentsply. - DeTrey/Dentsply. - Tulsa Dental.	- Adhesión a dentina. - Toxicidad moderada. - Solubilidad baja una vez fraguados. - Radiopacidad mayor que la gutapercha.
RESINAS HIDROFÍLICAS	- EndoREZ®. - Hydron.	- Ultradent. - NDP Dental System.	- Elevada fluidez. - Tiempo de trabajo corto.
MODIFICACIONES DE GUTAPERCHA	- Kloroperka N-Ø. - Cloropercha.	- N-Ø Therapeutics. - Moyco.	- Contracción elevada. - Filtración elevada.
POLIÉSTERES	- Epiphany®. - Epiphany SE®. - RealSeal™.	- Pentron, Sybron. - Pentron, Sybron. - Pentron, Sybron.	- Proporcionan resistencia frente a la fractura radicular. - pH alcalino que se vuelve neutro al polimerizar.

### ■ Cemento sellador AH Plus™

Este cemento sellador es un derivado de AH 26®, con algunas propiedades mejoradas, y tiene como componentes principales resina epoxidiamina, tungsteno cálcico, óxido de circonio y de hierro, aerosil y aceite de silicona. Se dispensa en sistema de pasta-pasta o mediante jeringa de automezclado. Presenta un tiempo de trabajo de 4 horas, y de fraguado de 8 horas.

Entre sus **características** cabe destacar que:

- No provoca actividad estrogénica en cultivos de células cancerígenas<sup>229</sup>.
- No provoca citotoxicidad ni mutagenicidad en fibroblastos del ligamento periodontal humano<sup>230</sup>, en células de Hamster<sup>231</sup> y provoca una escasa reacción citotóxica en fibroblastos de ratones<sup>232</sup>.

<sup>229</sup> Pulgar R, Segura-Egea JJ, Fernández MF, Serna A, Olea O. The effect of AH 26 and AH Plus on MCF-7 breast cancer cell proliferation *in vitro*. Int Endod J. 2002;35:551-6.

<sup>230</sup> Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH Plus. J Endod. 1999;25:109-13.

<sup>231</sup> Miletic I, Jukic S, Anic I, Zeljezic D, Garaj-Vrhovac V, Osmak M. Examination of cytotoxicity and mutagenicity of AH 26 and AH Plus sealers. Int Endod J. 2003;36:330-5.

- Determina una respuesta tisular satisfactoria que conduce a la reparación apical y periapical<sup>233</sup>.
- Obtiene excelentes resultados en pruebas de filtración apical<sup>234, 235, 236</sup>.
- Presenta una buena difusión a través de todo el conducto radicular, incluidos los conductos accesorios laterales<sup>237</sup>.
- Posee gran estabilidad en solución acuosa, muestra un buen espesor de película y una alta fluidez<sup>238</sup>.
- Su gran capacidad de adhesión a las paredes, al igual que la de AH 26®, hace que su eliminación del conducto sea difícil<sup>239</sup>. No obstante, en pruebas realizadas con solventes volátiles como halotano y cloroformo muestra un nivel de solubilidad aceptable<sup>240</sup>.



## 2.5. FILTRACIÓN CORONAL

La filtración coronal es el ingreso de fluidos orales a lo largo de cualquier interfase entre la superficie dentaria y la restauración, el cemento, o el material de obturación del conducto radicular. El concepto de filtración

<sup>232</sup> Dartar Öztan M, Yilmaz S, Kalayci A, Zaimoglu L. A comparison of the *in vitro* cytotoxicity of two root canal sealers. J Oral Rehabil. 2003;30:426-9.

<sup>233</sup> Leonardo MR, Medeiros Salgado AA, Bezerra da Silva LA, Tanomaru Filho M. Apical and periapical repair of dogs' teeth with periapical lesions after endodontic treatment with different root canal sealers. Pesqui Odontol Bras. 2003;17:69-74.

<sup>234</sup> De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. Int Endod J. 2000;33:25-7.

<sup>235</sup> Kont Çobankara F, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. Int Endod J. 2002;35:979-84.

<sup>236</sup> Monticelli F, Sword J, Martin RL, Schuster GS, Weller RN, Ferrari M, *et al.* Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. Int Endod J. 2007;40:374-85.

<sup>237</sup> Ventura M, Prati C, Capella G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. Int Endod J. 2003;36:54-63.

<sup>238</sup> McMichen FRS, Pearson G, Rahbaran H, Gulavibala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. Int Endod J. 2003;36:629-35.

<sup>239</sup> Erdemir A, Adanir N, Belli S. *In vitro* evaluation of the dissolving effect of solvents on root canal sealers. J Oral Sci. 2003;45:123-6.

<sup>240</sup> Whitworth JM, Boursin EM. Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. Int Endod J. 2000;33:19-24.

también es aplicable al traspaso de fluidos a los tejidos periapicales desde la corona y a lo largo de cualquier interfase entre la superficie del conducto radicular y sus materiales de obturación<sup>241</sup>.

Existen varios factores que pueden afectar a la filtración coronal, entre ellos se encuentran<sup>242,243</sup>:

- Espesor del cemento sellador.
- Presencia de vacíos dentro del conducto radicular obturado.
- Solubilidad del sellador.
- Penetración de bacterias y el efecto de la saliva.
- Retraso en la colocación de una corona dentaria permanente.
- Fractura de la restauración coronal, o del diente.



### **2.5.1. Importancia de la filtración coronal**

El propósito del tratamiento endodóntico es prevenir el recrecimiento bacteriano o reducir y/o eliminar los microorganismos del interior del conducto radicular y de las estructuras periodontales que rodean al diente.

La desinfección del espacio radicular se lleva a cabo a través de la instrumentación mecánica y de la irrigación con agentes antimicrobianos. Si se consigue un control microbiológico adecuado, el porcentaje de éxito endodóntico aumenta.

Después de la fase de control microbiológico, se debe obturar el conducto radicular para aislarlo del medio externo oral. Esta obturación debe cumplir 3 funciones principales<sup>244</sup>:

---

<sup>241</sup> Glossary of Endodontic Terms. American Association of Endodontics, ed. Chicago: The Association; 2003. p: 34.

<sup>242</sup> Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol.* 1994;10:105-8.

<sup>243</sup> Zaia AA, Nakagawa R, De Quadros I, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, *et al.* An *in vitro* evaluation of four materials as barriers to coronal microleakage in root-filled teeth. *Int Endod J.* 2002; 35:729-34.

- Sepultar a las bacterias supervivientes.
- Detener la llegada de los fluidos del tejido periodontal que pueden alcanzar a las bacterias supervivientes en el sistema del conducto radicular.
- Prevenir la reinfección del conducto radicular.

La filtración coronal puede ser una causa importante de fracaso endodóntico y puede ocurrir por diferentes situaciones clínicas, como pueden ser la pérdida de la restauración temporal, la fractura de la estructura dentaria, la filtración marginal del material de restauración definitivo, o la caries recurrente<sup>245</sup>. Todos estos factores pueden exponer el material de obturación a los fluidos y a los microorganismos presentes en la cavidad oral.

El concepto del fracaso del tratamiento del conducto radicular a causa de la filtración bacteriana no es nuevo, ya en 1961, Marshall y Massler<sup>246</sup>, mediante un estudio con marcadores radiactivos, mostraron que la filtración bacteriana ocurría a pesar de la presencia de una cubierta coronal. Desde entonces, se han publicado multitud de trabajos que evalúan la capacidad de sellado del conducto radicular con diferentes materiales y técnicas de obturación, combinadas con distintos protocolos de irrigación.

Sin embargo los resultados sobre la capacidad de sellado de los materiales endodónticos varían dependiendo de los autores consultados, así por ejemplo, mientras que, para Khayat y cols.<sup>247</sup>, y Shipper y Trope<sup>248</sup>, la capacidad de sellado de gutapercha (con técnica de condensación lateral y vertical) y sellador fue muy baja en los primeros 30 días de evaluación, para De Deus y cols.<sup>249,250</sup>,

---

<sup>244</sup> Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998;85:86-93.

<sup>245</sup> Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. *J Endod.* 2004;30:782-4.

<sup>246</sup> Marshall FJ, Massler M. The sealing ability of pulpless teeth with radioisotopes. *J Dent Med.* 1961;16:172-84

<sup>247</sup> Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod.* 1993;19:458-61.

<sup>248</sup> Shipper G, Trope M. *In vitro* microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *J Endod.* 2004;30:154-8.

<sup>249</sup> De-Deus G, Murad C, Paciornik S, Reis CM, Coutinho-Filho T. The effect of the canal-filled area on the bacterial leakage of oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2008;41:183-90.

la capacidad de sellado de gutapercha y resilon frente a la filtración bacteriana fue mucho mejor.

Del mismo modo, Britto y cols.<sup>251</sup>, analizaron la capacidad de sellado coronal de diferentes técnicas de obturación (condensación vertical y lateral de la gutapercha) con cinco tipos distintos de selladores endodónticos. Tras 60 días de exposición, todas las muestras de todos los grupos experimentales mostraron contaminación bacteriana. Chailertvantikul y cols.<sup>252</sup>, también observaron la filtración de bacterias anaerobias y sus metabolitos a lo largo de los conductos obturados con la técnica de la condensación lateral de la gutapercha. En su trabajo, no se observaron diferencias significativas entre los conductos radiculares obturados con gutapercha y distintas clases de selladores endodónticos, ya que todos los grupos experimentales filtraron aproximadamente a las ocho semanas de exposición. En un estudio posterior<sup>253</sup>, estos mismos autores evaluaron también la capacidad de sellado de los conductos radiculares obturados frente a *Streptococcus sanguis*. Al final de un periodo de observación de 90 días todos los especímenes incubados habían filtrado.

Por otro lado, también se ha evaluado la influencia del régimen de irrigación sobre la filtración coronal bacteriana, así por ejemplo, encontramos diferentes trabajos que examinan el efecto del barrillo dentinario sobre la capacidad de sellado coronal. Los resultados encontrados también son contradictorios en esta línea de investigación, porque, mientras que para Saleh y cols.<sup>254</sup>, la presencia de barrillo dentinario retrasó la penetración coronal bacteriana, para Vassiliadis y cols.<sup>255</sup>, la eliminación del barrillo dentinario mejoró significativamente la capacidad de sellado coronal con respecto al grupo de muestras en donde el barrillo dentinario estaba presente.

---

<sup>250</sup> De-Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel RA. Sealing ability of oval-shaped canals filled using the System B heat source with either gutta-percha or Resilon: an *ex vivo* study using a polymicrobial leakage model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;104:114-9.

<sup>251</sup> Britto LR, Grimaudo NJ, Vertucci FJ. Coronal microleakage assessed by polymicrobial markers. *J Contemp Dent Pract.* 2003;4:1-10.

<sup>252</sup> Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D, Weetman DA. An *in vitro* study of the coronal leakage of two root canal sealers using an obligate anaerobe microbial marker. *Int Endod J.* 1996;29:249-55.

<sup>253</sup> Chailertvanitkul P, Saunders WP, Mackenzie D. An assessment of microbial coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and three different sealers. *Int Endod J.* 1996;29:387-92.

<sup>254</sup> Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J.* 2008;41:32-40.



Estos resultados coinciden con los de Khayat y Jahanbin<sup>256</sup>, y con los de Taylor y cols.<sup>257</sup>, que también observaron una reducción de la filtración en aquellos casos en donde se había eliminado el barrillo dentinario.

Sharifian y cols.<sup>258</sup> compararon la penetración coronal de saliva en conductos radiculares obturados con Resilon y sellador Epiphany® SE tras la irrigación final con CHX al 2% o con agua destilada. Aunque en sus resultados no encontraron diferencias significativas, la irrigación con CHX retrasó la filtración coronal durante más tiempo que la irrigación con agua destilada.

Kishen y cols.<sup>259</sup> evaluaron el efecto de los irrigantes en la adhesión de *E. faecalis* a la dentina. Sus resultados mostraron que el régimen de irrigación de NaOCl al 5,2%, EDTA al 17% y CHX al 2% propició el menor número de bacterias adheridas, pero con una mayor fuerza de adhesión. Su trabajo puso de manifiesto que las soluciones irrigadoras pueden alterar las propiedades de la dentina e influir, en la fuerza de adhesión, en la formación y en la naturaleza de biopelículas. En esta misma línea de pensamiento, Calas y cols.<sup>260</sup> analizaron el efecto sobre la adhesión bacteriana de dos cepas de *Prevotella nigrescens* sobre bloques de dentina bovina tratados con AC al 6% y NaOCl al 6,25%, o con agua destilada únicamente, observando que la adhesión bacteriana disminuía en aquellos bloques en donde se había eliminado el barrillo dentinario.

El análisis de la filtración coronal no sólo se ha evaluado con trabajos *in vitro*, sino que también encontramos algunos trabajos realizados *in vivo*, como el de Shipper y cols.<sup>261</sup>, que compararon la eficacia de la obturación con gutapercha y AH 26® o con Resilon en la prevención de la periodontitis apical o el trabajo de

---

<sup>255</sup> Vassiliadis L, Liolios E, Kouvas V, Economides N. Effect of smear layer on coronal microleakage. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996;82:315-20.

<sup>256</sup> Khayat A, Jahanbin A. The influence of smear layer on coronal leakage of Roth 801 and AH26 root canal sealers. Aust Endod J. 2005;31:66-8.

<sup>257</sup> Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR. Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. J Endod. 1997;23:508-12.

<sup>258</sup> Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany Self-Etch. J Oral Sci. 2010;52:83-7.

<sup>259</sup> Kishen A, Sum CP, Mathew S, Lim CT. Influence of irrigation regimens on the adherence of *Enterococcus faecalis* to root canal dentin. J Endod. 2008;34:850-4.

<sup>260</sup> Calas P, Rochd T, Druilhet P, Azais JM. *In vitro* adhesion of two strains of *Prevotella nigrescens* to the dentin of the root canal: the part played by different irrigation solutions. J Endod. 1998;24:112-5.

<sup>261</sup> Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. J Endod. 2005;31:91-6.

Ricucci y cols.<sup>262</sup>, en donde se relaciona la pérdida del material temporal de restauración o la presencia de caries recurrente en dientes con tratamiento endodóntico con las lesiones osteolíticas presentes en dichas piezas.



## 2.5.2. Métodos de evaluación de la filtración

La metodología *in vitro* utilizada para evaluar la capacidad de sellado, tanto coronal como apical, de los diferentes materiales de obturación ha sido muy variada. Comúnmente se han utilizado isótopos radiactivos, tintes, fluidos, bacterias y sus productos (como las endotoxinas) o mediante el análisis de la filtración electroquímica.

### ■ ■ ■ Metodologías que utilizan tintes

El método que utiliza la inmersión del diente en varios tipos de tinte (eosina, azul de metileno, tinta negra india...) fue publicado por primera vez por Grossman en 1939.

Es el método más usado, probablemente debido a su fácil utilización. Se ha empleado sobre todo para la evaluación de la filtración apical y está fundamentado en el fenómeno de la capilaridad: el diente se sumerge en tinte y éste penetra a través de cualquier espacio existente entre la pared dentinaria y el material de relleno. A continuación, el diente se secciona longitudinal o transversalmente y se evalúa la cantidad de penetración lineal del tinte. El grado de penetración de éste se ve influido en esta técnica por el tamaño molecular de la partícula de tinte empleada, del pH y de la reactividad química entre tinte y material<sup>263</sup>.

El tinte más utilizado es el azul de metileno, probablemente debido a su bajo costo, a su fácil manipulación, su alto grado de tinción y a que posee un peso molecular más bajo aún que algunas toxinas bacterianas. Sin embargo, esta

---

<sup>262</sup> Ricucci D, Gröndahl K, Bergenholtz G. Periapical status of root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration or caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000; 90:354-9.

<sup>263</sup> Ahlberg KM, Assavanop P, Tay WM. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and india ink in root-filled teeth. *Int Endod J.* 1995;28:30-4.

partícula presenta algunas desventajas como por ejemplo, la dilución durante el proceso de desmineralización y aclarado, además de la dificultad de observación, en algunos casos, del punto máximo de penetración<sup>264</sup>.

La tinta india también ha sido utilizada ya que posee un diámetro de partícula igual o menor a 3µm. Su amplio uso es debido a que es improbable que la invasión bacteriana ocurra en espacios en donde este tinte es incapaz de penetrar. Se ha publicado que el peso y el tamaño de partícula de esta tinta son más pequeños incluso que algunas moléculas bacterianas presentes en el conducto radicular. Por lo tanto, esta sustancia no representa fielmente a las moléculas de los fluidos presentes en los tejidos perirradiculares, dando lugar a resultados falsos-positivos en los estudios de filtración<sup>265</sup>.

Una de las mayores consideraciones a tener en cuenta cuando se emplean tintes es que el aire atrapado en los huecos presentes a lo largo del conducto radicular podría dificultar el movimiento de fluidos, es por esto por lo que se ha recomendado que esta técnica se realice bajo una presión reducida<sup>266</sup>. Sin embargo, es muy difícil eliminar ese aire atrapado aplicando una presión reducida a la muestra. Estas dificultades no se encuentran cuando el método empleado para la evaluación de la filtración se realiza con bacterias.

### ■■■ Metodologías de extracción del tinte

En este tipo de métodos, el diente se disuelve en ácidos que liberan todo el tinte de la interfase entre el diente y el material de relleno radicular. La posterior densidad óptica de la solución se mide con un espectofotómetro. El método de extracción del tinte tiene una ventaja con respecto al método de filtración de fluidos, ya que el valor de filtración tiende a disminuir con el tiempo.

De acuerdo con Camps y Pashley<sup>267</sup>, no existe una correlación entre los resultados de las técnicas de penetración del tinte con la de filtración de fluidos y la

---

<sup>264</sup> Schäfer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *J Endod.* 2002;28:638-42.

<sup>265</sup> Valois CRA, de Castro AJR. Comparison of the apical sealing ability of four root canal sealer. *J Bras Endod.* 2002;3:317-322.

<sup>266</sup> Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1994;27:233-8.

<sup>267</sup> Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod* 2003;29:592-4.

técnica de extracción del tinte. En su trabajo, la filtración de fluidos aportó unos resultados similares a los del método de extracción del tinte. Esto es debido a que ambas técnicas tienen en cuenta la porosidad de la interfase entre el material de obturación y el conducto radicular.

### ■ ■ ■ Método de filtración de fluidos

Este método fue diseñado en 1986 por Derkson y cols.<sup>268</sup> para evaluar las propiedades de sellado de los materiales temporales y fue modificado por Wu y cols.<sup>269</sup> para los estudios de filtración endodóntica. Con él se mide el movimiento de una burbuja de aire dentro de un tubo de capilaridad. El método consiste en conectar la porción coronal del conducto radicular obturado a un tubo relleno con agua que está bajo presión, y la porción apical a un tubo de capilaridad de vidrio de 170mm de largo. Después, se aplica una presión de 0,1atm a través de la parte coronal, lo cual fuerza al agua a pasar a través de los espacios vacíos del conducto radicular. Generalmente, los resultados se expresan en  $\mu\text{l}/\text{min}$ .

Este análisis presenta multitud de ventajas frente al de penetración del tinte, ya que las muestras no se destruyen y permite analizar el sellado coronal y apical después de un periodo largo de tiempo. Además, los resultados pueden leerse inmediatamente, proporcionando mediciones cuantitativas y evitando los errores que pueda cometer el operador. Los resultados obtenidos con este método son precisos y más sensibles que en los métodos en donde se emplean tintes, ya que detectan los espacios vacíos en el conducto radicular. La sensibilidad del sistema se puede ajustar alterando la presión aplicada o el diámetro de la micropipeta.

Sin embargo, este análisis presenta algunas desventajas como puede ser que la presión aplicada no está estandarizada, ya que pueden aplicarse desde 10 hasta 20psi y por un periodo de tiempo que puede ir desde 1 minuto hasta 3 horas. Esto podría alterar los resultados obtenidos, ya que los menores resultados de filtración se han encontrado en aquellos análisis con un mayor tiempo de apli-

---

<sup>268</sup> Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *J Prosthet Dent.* 1986;56:435-40.

<sup>269</sup> Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorers WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1993;26:203-8.

cación de presión, y los mayores resultados se obtienen con la aplicación de un mayor valor de presión<sup>270</sup>.

### ■ ■ ■ Método de filtración bacteriana

Son métodos que utilizan bacterias para analizar la filtración bacteriana. Se considera que tienen una mayor relevancia clínica y biológica con respecto a aquellas metodologías que emplean tintes. Se han empleado sobretodo en los análisis de filtración coronal. Generalmente, este sistema se compone de dos cámaras que permiten mantener separadas la porción coronal de la porción apical del diente. En la cámara superior (coronal) se coloca un caldo de cultivo con un determinado microorganismo/s. En el caso de que haya filtración la bacteria pasa a una cámara inferior (apical) de forma que la presencia de turbidez en esta última será el primer indicador de filtración.

Se han utilizado multitud de bacterias para analizar la filtración marginal, lo cual ha dado lugar a resultados contradictorios con el mismo tipo de material evaluado<sup>271</sup>.

El microorganismo más utilizado en este tipo de trabajos es *E. faecalis*, debido a que se encuentra frecuentemente en las infecciones endodónticas y en los conductos radiculares obturados. Otro microorganismo comúnmente utilizado es *C. albicans* gracias a su capacidad para penetrar fácilmente en los conductos radiculares obturados.

Los análisis de filtración bacteriana son más de carácter cualitativo que de carácter cuantitativo, ya que, con una sola bacteria que atraviese el conducto radicular obturado puede aparecer turbidez puesto que ésta se multiplica en el caldo de cultivo.

Estos métodos presentan algunas ventajas frente a los métodos que emplean tintes ya que los microorganismos viables tienen capacidad para cambiar de

---

<sup>270</sup> Pommel L, Camps J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. J Endod. 2001;27:256-8.

<sup>271</sup> Veríssimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. J Oral Sci. 2006;48:93-8.

forma y tamaño y para moverse activamente y multiplicarse en el interior del conducto<sup>272</sup>.

Sin embargo, esta metodología también presenta algunas desventajas como puede ser que suelen utilizar una sola especie bacteriana, cuando en la cavidad oral se han descrito más de 700 especies de flora mixta transitoria y unas 30 especies comensales. Además, *in vivo*, hay numerosos microorganismos que generan una gran respuesta del huésped que no pueden ser medidos *in vitro*<sup>273</sup>. Asimismo, es importante tener en cuenta que si el sellador endodóntico tiene actividad antibacteriana, puede influir en los resultados introduciendo un sesgo adicional a la variable objeto de estudio.

Xu y cols.<sup>274</sup>, introdujeron un nuevo método para el análisis de la filtración endodóntica basado en el rango de filtración de la glucosa a lo largo del conducto radicular obturado. La cantidad de filtración se medía con un espectrofotómetro. Estos autores seleccionaron la glucosa como marcador por su bajo peso molecular y porque es un nutriente para las bacterias. De esta manera, si la glucosa podía entrar en el conducto desde la cavidad oral, las bacterias podían sobrevivir en el interior de la preparación endodóntica y podrían multiplicarse provocando así una inflamación periapical.

### ■■■ Método de filtración electroquímica

Este método fue descrito por Jacobsen y Fraunhofer en 1976. En este modelo, se pasa una corriente eléctrica a través del conducto radicular obturado. Midiendo los valores de impedancia de este circuito, se pueden obtener resultados acerca de las interferencias en la microfiltración. En este método se mide el movimiento iónico a través de un espécimen.

---

<sup>272</sup> Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Orstavik D. Bacterial leakage *versus* dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J.* 1999;32:370-5.

<sup>273</sup> Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J.* 1999 ;32:197-203.

<sup>274</sup> Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;99:107-11.

En la Tabla 2-5 se muestran los estudios que evalúan las soluciones irrigadoras sobre filtración coronal en conductos radiculares. Los estudios se han localizado mediante una búsqueda medline (1990-2011) con las siguientes estrategia de búsqueda: “root canal treatment AND coronal leakage” y “coronal leakage AND irrigation”.

Tabla 2-5. Estudios que evalúan el efecto de las soluciones irrigadoras en la filtración coronal de conductos radiculares.

REFERENCIA	SOLUCIONES	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<b>Sharifian y cols.<sup>275</sup>, 2010.</b>	NaOCl al 1,3%- EDTA al 17%. CHX al 2% Agua destilada	Compararon la FC de saliva en conductos obturados tras la irrigación final con diferentes protocolos y una preparación previa con NaOCl en la instrumentación y eliminación del barrillo con EDTA. G1: lavado con agua destilada. G2: lavado con CHX. Posterior obturación con Resilon/ Epiphany® SE. Modelo bacteriano de doble cámara. Observación durante 60 días.	No hubo diferencias significativas entre los grupos. El número de días sin filtrar del grupo CHX al 2% fue mayor.
<b>Saleh y cols.<sup>276</sup>, 2008.</b>	NaOCl al 1% EDTA al 17%	Estudiaron si la presencia de barrillo dentinario influía en la penetración coronal de <i>E. faecalis</i> . Especímenes preparados con NaOCl, la mitad de las se sometieron a una irrigación final con EDTA. G1: obturación con gutapercha (GP) y AH Plus™, con o sin barrillo dentinario. G2: GP y sellador Apexit®, con o sin barrillo dentinario. G3: GP y sellador RealSeal™, con o sin barrillo dentinario. Modelo de filtración bacteriana de doble cámara. Incubación: 135 días.	En presencia de barrillo dentinario RealSeal™ y Apexit® filtraron más lentamente que en su ausencia. En ausencia de barrillo dentinario, AH Plus™ filtró más lentamente que RealSeal™. La eliminación de barrillo no evitó la filtración coronal.
<b>Ghoddusi y cols.<sup>277</sup>, 2007.</b>	NaOCl al 5,25% EDTA al 17% MTAD	Evaluaron el efecto del MTAD como irrigador final en la FC del conducto radicular. G1: no se eliminó el barrillo dentinario. G2: se eliminó barrillo dentinario con EDTA. G3: se eliminó con MTAD. Obturación con GP y AH Plus™, o sellador Rickert. Modelo de doble cámara con <i>S. mutans</i> como marcador microbiológico. Incubación 90 días.	La irrigación con EDTA o MTAD evitó la filtración coronal mejor que la irrigación con NaOCl solo. No hubo diferencias entre la irrigación con EDTA o con MTAD.

<sup>275</sup> Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany Self-Etch. J Oral Sci. 2010;52:83-7.

<sup>276</sup> Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. Int Endod J. 2008;41:32-40.

<sup>277</sup> Ghoddusi J, Rohani A, Rashed T, Ghaziani P, Akbari M. An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. J Endod. 2007;33:173-6.

Tabla 2-5. Estudios que evalúan el efecto de las soluciones irrigadoras en la filtración coronal de conductos radiculares.

REFERENCIA	SOLUCIONES	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<b>Khayat y Jahanbin</b> <sup>278</sup> , 2005.	NaOCl al 1% EDTA al 17%	Examinaron el efecto de la remoción de barrillo dentinario en la FC de tinte. especímenes preparados con NaOCl al 1%, la mitad se sometieron a una irrigación final con EDTA. G1: GP y sellador AH 26®, con barrillo dentinario. G2: GP y AH 26® sin barrillo. G3: GP y sellador Roth 801, con barrillo. G4: GP y sellador Roth 801, sin barrillo. Modelo de doble cámara. Incubación: 48h.	La remoción de barrillo redujo la filtración coronal en ambos grupos. La menor filtración se observó en el grupo obturado con GP y AH 26®.
<b>Clark-Holke y cols.</b> <sup>279</sup> , 2003.	NaOCl al 2,5% EDTA al 17%	Determinaron si la presencia de barrillo dentinario afectaba a la FC de <i>F. nucleatum</i> , <i>Campylobacter rectus</i> , y <i>Peptostreptococcus micros</i> . G1: irrigación final con NaOCl. G2: irrigación final con EDTA. G3: control. Obturación con GP y AH 26®. Modelo de doble cámara. Observación durante 60 días.	La eliminación de barrillo dentinario redujo la filtración bacteriana a lo largo del conducto radicular.
<b>Vivacqua-Gomes y cols.</b> <sup>280</sup> , 2002.	NaOCl al 1% EDTA al 17% Gel de CHX al 2% Agua destilada	Compararon la FC de saliva y tinte en dientes obturados mediante GP y sellador Endometasona. G1: irrigación final con NaOCl. G2: NaOCl y EDTA. G3: gel de CHX. G4: gel de CHX e NaOCl. G5: agua destilada. Modelo de doble cámara. Observación: 10 días en saliva, y 10 días en tinta india.	Los grupos NaOCl y EDTA, y gel de CHX fueron los que presentaron la menor FC.

<sup>278</sup> Khayat A, Jahanbin A. The influence of smear layer on coronal leakage of Roth 801 and AH26 root canal sealers. Aust Endod J. 2005;31:66-8.

<sup>279</sup> Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. J Dent. 2003;31:275-81.

<sup>280</sup> Vivacqua-Gomes N, Ferraz CC, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. Int Endod J. 2002;35:791-5.



Tabla 2-5. Estudios que evalúan el efecto de las soluciones irrigadoras en la filtración coronal de conductos radiculares.

REFERENCIA	SOLUCIONES	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<b>von Fraunhofer y cols.<sup>281</sup>, 2000.</b>	NaOCl al 5,25% REDTA al 17%	Evaluaron los efectos del barrillo dentinario y la instrumentación del conducto en la FC de dientes obturados. Los especímenes se instrumentaron con limas K o con limas MAF, en la mitad de los grupos se eliminó el barrillo, y en la otra mitad se dejó intacto. Obturación con AH 26 <sup>®</sup> y condensación lateral o compactación termomecánica. Sistema de filtración de fluidos Observación: 10, 20, 30 y 45 días.	La filtración fue menor cuando se eliminó el barrillo dentinario, se realizó instrumentación mecánica y el método de obturación fue la GP termoplastificada.
<b>Taylor y cols.<sup>282</sup>, 1997.</b>	NaOCl al 5,25% REDTA al 17%	Analizaron el efecto de la técnica de obturación, el sellador y la presencia de barrillo dentinario en la FC. Se establecieron dos grupos experimentales: con o sin barrillo dentinario; cada grupo se dividió en 6 subgrupos: condensación lateral con sellador AH 26 <sup>®</sup> o Roth 811, condensación vertical, obturación con Thermafil <sup>®</sup> , Obtura <sup>®</sup> , Ultrafil o Ketac Endo <sup>®</sup> . Los dientes se expusieron durante 10 días a saliva artificial y 10 días más a tinta Pelikan.	La eliminación de barrillo dentinario, la obturación con condensación lateral combinada con compactación vertical y el uso de sellador AH 26 <sup>®</sup> tuvieron un efecto acumulativo en la reducción de la filtración coronal.
<b>Behrend y cols.<sup>283</sup>, 1996.</b>	NaOCl al 5,25% EDTA al 17%	Analizaron el efecto de la remoción del barrillo dentinario en la FC de <i>Proteus vulgaris</i> . Grupo I: irrigación final con NaOCl. Grupo 2: irrigación final con EDTA. Obturación con Thermafil <sup>®</sup> y sellador de Roth. Modelo de doble cámara. Observación durante 21 días.	La remoción de barrillo dentinario aumentó la capacidad de sellado, incrementándose la resistencia a la penetración coronal bacteriana.
<b>Vassiliadis y cols.<sup>284</sup> 1996.</b>	NaOCl al 1% EDTA.	Evaluaron el efecto del barrillo dentinario en la FC del tinte. Dientes obturados con GP y sellador Roth 811. Observación: 7 días.	La eliminación de barrillo mejoró la capacidad de sellado en el área coronal.

<sup>281</sup> von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an *in vitro* study. Int Endod J. 2000;33:355-360.

<sup>282</sup> Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. J Endod. 1997;23:508-12.

<sup>283</sup> Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL. An *in-vitro* study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings. Int Endod J. 1996;29:99-107.

<sup>284</sup> Vassiliadis L, Liolios E, Kouvas V, Economides N. Effect of smear layer on coronal microleakage. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996;82:315-20.

Tabla 2-5. Estudios que evalúan el efecto de las soluciones irrigadoras en la filtración coronal de conductos radiculares.

REFERENCIA	SOLUCIONES	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<b>Chailertvanitkul y cols.<sup>285</sup>, 1996.</b>	NaOCl al 2% AC al 40%	Determinaron el efecto de la remoción de barrillo dentinario en la FC de <i>S. sanguis</i> en dientes obturados con GP y sellador Apexit®, o con técnica Trifecta y sellador Apexit®. Grupo 1: irrigación final con NaOCl. Grupo 2: irrigación final con AC. Modelo de doble cámara. Observación: 90 días.	No se encontraron diferencias significativas entre la eliminación o no de barrillo dentinario.
<b>Saunders y Saunders<sup>286</sup>, 1994.</b>	NaOCl al 2% AC al 40%	Estudiaron la eficacia de la eliminación de barrillo dentinario en combinación con dos métodos de obturación radicular. Los especímenes se irrigaron con NaOCl, se eliminó el barrillo dentinario en uno de los grupos con AC. Los grupos se subdividieron dependiendo del sistema de obturación (condensación lateral o Thermafil®) con cemento sellador Ketac™ Endo. Se evaluó la FC con tinta india. Observación: 7 días y 4 meses.	Tras 7 días hubo menos filtración en el grupo obturado con Thermafil® sin barrillo dentinario. Tras 4 meses, no se encontraron diferencias significativas ninguno de los grupos.
<b>Tidswell y cols.<sup>287</sup>, 1994.</b>	NaOCl al 2,2% Gel de EDTA	Observaron el efecto del barrillo dentinario en la FC de tinte de dientes obturados con cono único, o con condensación lateral de la GP y sellador Ketac™ Endo. Los especímenes se dividieron atendiendo a la irrigación final y al método de obturación. G1: NaOCl y cono único. G2: gel de EDTA y cono único. G3: NaOCl y cono único. G4: EDTA y condensación lateral. Inmersión en tinta india durante 90 h.	No hubo diferencias significativas entre los grupos.

<sup>285</sup> Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D. The effect of smear layer on microbial coronal leakage of gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 1996;29:242-8.

<sup>286</sup> Saunders WP, Saunders EM. Influence of smear layer on the coronal leakage of Thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer. *J Endod.* 1994;20:155-8.

<sup>287</sup> Tidswell HE, Saunders EM, Saunders WP. Assessment of coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and a glass of ionomer root canal sealer. *Int Endod J.* 1994;27:208-12.

Tabla 2-5. Estudios que evalúan el efecto de las soluciones irrigadoras en la filtración coronal de conductos radiculares.

REFERENCIA	SOLUCIONES	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
Saunders y cols. <sup>288</sup> , 1992.	NaOCl al 2% AC al 40%	Estudiaron el efecto de la remoción del barrillo dentinario en la FC de tinta india. G1: irrigación final con NaOCl y obturación mediante condensación lateral con cemento sellador Tubliseal™. G2: NaOCl y obturación con GP y Vitrebond. G3: AC y Tubliseal™. G4: AC y Vitrebond. Inmersión en tinta india durante 90 h	La eliminación de barrillo dentinario disminuyó la FC, independientemente del sellador empleado.

**AZUL:** análisis que emplean bacterias.

**BLANCO:** análisis que emplean tintes.

**ROSA:** análisis que emplean bacterias y tinte.

**GRIS:** análisis de filtración de fluidos.

En la Tabla 2-6 se muestran los trabajos que evalúan la influencia de la aplicación de adhesivos dentinarios en el interior del conducto radicular. Los estudios se han localizado mediante una búsqueda medline (1990-2011) con las siguientes estrategias de búsqueda: “bacterial penetration AND dentin adhesive system” y “leakage AND dentin bonding agent AND root canal treatment”.

Tabla 2-6. Estudios que evalúan la influencia de la aplicación de adhesivos dentinarios en la filtración de conductos radiculares.

REFERENCIA	ADHESIVOS	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
Kokorikos y cols. <sup>289</sup> , 2009.	Nanobond® Primer del sellador Epiphany®	Compararon la capacidad de sellado a corto y largo plazo de especímenes obturados. Grupo 1: aplicación de un adhesivo Nanobond®, obturación con GP y sellador AH26®. Grupo 2: Nanobond®, GP+AH 26®. Grupo 3: obturación con GP+AH 26®. Grupo 4: primer Epiphany®, obturación con Resilon y sellador Epiphany®. Análisis de transporte de fluidos. Evaluación a los 7 días, 1 mes y 1 año.	La obturación mediante sistema Epiphany® o mediante GP en combinación con adhesivo mostraron los mejores resultados frente a la filtración apical.

<sup>288</sup> Saunders WP, Saunders EM The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J.* 1992;25:245-9.

<sup>289</sup> Kokorikos I, Kolokouris I, Economides N, Gogos C, Helvatjoglu-Antoniades M. Long-term evaluation of the sealing ability of two root canal sealers in combination with self-etching bonding agents. *J Adhes Dent.* 2009;11:239-46.

Tabla 2-6. Estudios que evalúan la influencia de la aplicación de adhesivos dentinarios en la filtración de conductos radiculares.

REFERENCIA	ADHESIVOS	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<b>Kokorikos y cols.</b> <sup>290</sup> , 2009.	Nanobond® Primer del sellador Epiphany®	Compararon la capacidad de sellado a corto y largo plazo de especímenes obturados. Grupo 1: aplicación de un adhesivo Nanobond®, obturación con GP y sellador AH26®. Grupo 2: Nanobond®, GP+AH 26®. Grupo 3: obturación con GP+AH 26®. Grupo 4: primer Epiphany®, obturación con Resilon y sellador Epiphany®. Análisis de transporte de fluidos. Evaluación a los 7 días, 1 mes y 1 año.	La obturación mediante sistema Epiphany® o mediante GP en combinación con adhesivo mostraron los mejores resultados frente a la filtración apical.
<b>Moradi y cols.</b> <sup>291</sup> , 2009	Excite® DSC	Ensayaron la filtración apical de especímenes obturados con adhesivo dentinario o con cemento sellador, en presencia o ausencia de barrillo dentinario. Grupo 1: obturación con GP y AH 26®, con barrillo dentinario. Grupo 2: GP y AH 26®, sin barrillo dentinario. Grupo 3: GP y Excite® DSC, con barrillo dentinario. Grupo 4: GP y Excite® DSC, sin barrillo dentinario. Análisis de transporte de fluidos. Evaluación: a los 3 días y 3 meses.	En ausencia de barrillo dentinario, Excite® DSC no mostró diferencias significativas con respecto a AH 26® en ningún período de observación.
<b>Ishimura y cols.</b> <sup>292</sup> , 2007.	Primer del sistema Epiphany®. Primer Accel	Estudiaron la capacidad de sellado de materiales adhesivos en el conducto radicular. Grupo 1: obturación mediante sistema Resilon-Epiphany®. Grupo 2: GP y sellador Sealapex. Grupo 3: obturación con GP y sellador Superbond. Grupo 4: Accel, GP y sellador Superbond. Evaluación de la filtración del tinte en modelo de doble cámara. Observación: 1, 4, 8, 15 y 30 días.	La filtración fue mayor en el grupo tratado con GP y Superbond.

<sup>290</sup> Kokorikos I, Kolokouris I, Economides N, Gogos C, Helvatjoglu-Antoniades M. Long-term evaluation of the sealing ability of two root canal sealers in combination with self-etching bonding agents. *J Adhes Dent.* 2009;11:239-46.

<sup>291</sup> Moradi S, Naghavi N, Rohani E, Javidi M. Evaluation of microleakage following application of a dentin bonding agent as root canal sealer in the presence or absence of smear layer. *J Oral Sci.* 2009;51:207-13.

<sup>292</sup> Ishimura H, Yoshioka T, Suda H. Sealing ability of new adhesive root canal filling materials measured by new dye penetration method. *Dent Mater J.* 2007;26:290-5.

Tabla 2-6. Estudios que evalúan la influencia de la aplicación de adhesivos dentinarios en la filtración de conductos radiculares.

REFERENCIA	ADHESIVOS	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<b>Kokorikos y cols.</b> <sup>293</sup> , 2009.	Nanobond® <i>Primer</i> del sellador Epiphany®	Compararon la capacidad de sellado a corto y largo plazo de especímenes obturados. Grupo 1: aplicación de un adhesivo Nanobond®, obturación con GP y sellador AH26®. Grupo 2: Nanobond®, GP+AH 26®. Grupo 3: obturación con GP+AH 26®. Grupo 4: <i>primer</i> Epiphany®, obturación con Resilon y sellador Epiphany®. Análisis de transporte de fluidos. Evaluación a los 7 días, 1 mes y 1 año.	La obturación mediante sistema Epiphany® o mediante GP en combinación con adhesivo mostraron los mejores resultados frente a la filtración apical.
<b>Shipper y cols.</b> <sup>294</sup> , 2004.	<i>Primer</i> del sistema Epiphany®.	Analizaron la FC de <i>E. faecalis</i> y <i>S. mutans</i> en dientes obturados con GP y sellador AH 26®, o con Resilon y sellador Epiphany®, mediante compactación vertical o lateral. Modelo de doble cámara. Observación: 30 días.	Los mejores resultados fueron para el grupo obturado con Resilon, mediante técnica de compactación vertical, expuesto a <i>E. faecalis</i> .
<b>Assouline y cols.</b> <sup>295</sup> , 2001.	Gluma®. EBS.	Estudiaron la capacidad de proliferación bacteriana, tras la aplicación de adhesivos dentinarios en el interior del conducto radicular y túbulos dentinarios bovinos. Grupo 1: Gluma® <i>Primer</i> y <i>Bond</i> . Grupo 2: EBS <i>Primer</i> y <i>Bond</i> . Grupo 3: sin adhesivo dentinario. Inoculación en tubos de ensayo con <i>E. faecalis</i> durante 21 días.	La aplicación de adhesivos dentinarios redujo la cantidad de bacterias viables presentes en el interior de los túbulos. Los mejores resultados se obtuvieron cuando el adhesivo aplicado fue Gluma.

<sup>293</sup> Kokorikos I, Kolokouris I, Economides N, Gogos C, Helvatjoglu-Antoniades M. Long-term evaluation of the sealing ability of two root canal sealers in combination with self-etching bonding agents. *J Adhes Dent*. 2009;11:239-46.

<sup>294</sup> Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod*. 2004;30:342-347.

<sup>295</sup> Assouline LS, Fuss Z, Mazor Y, Weiss EI. Bacterial penetration and proliferation in root canal dentinal tubules after applying dentin adhesives *in vitro*. *J Endod*. 2001;27:398-400.

Tabla 2-6. Estudios que evalúan la influencia de la aplicación de adhesivos dentinarios en la filtración de conductos radiculares.

REFERENCIA	ADHESIVOS	DISEÑO	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<b>Kataoka y cols.</b> <sup>296</sup> , 2000.	Glutaraldehido /2hidroxietil metacrilato.	Evaluaron la filtración apical y coronal de un adhesivo experimental en dientes obturados con GP. Grupo 1: adhesivo y GP. Grupo 2: sellador Pulp Canal Sealer y GP. Grupo 3: Sellador Sealapex y GP. Inmersión en tinte azul de metileno. Observación: 1, 4 y 12 semanas.	La aplicación del adhesivo experimental retrasó la FC y apical en mayor grado que los cementos selladores en los tres periodos de tiempo evaluados.
<b>Kokorikos y cols.</b> <sup>297</sup> , 2009.	Nanobond® Primer del sellador Epiphany®	Compararon la capacidad de sellado a corto y largo plazo de especímenes obturados. Grupo 1: aplicación de un adhesivo Nanobond®, obturación con GP y sellador AH26®. Grupo 2: Nanobond®, GP+AH 26®. Grupo 3: obturación con GP+AH 26®. Grupo 4: primer Epiphany®, obturación con Resilon y sellador Epiphany®. Análisis de transporte de fluidos. Evaluación a los 7 días, 1 mes y 1 año.	La obturación mediante sistema Epiphany® o mediante GP en combinación con adhesivo mostraron los mejores resultados frente a la filtración apical.
<b>Leonard y cols.</b> <sup>298</sup> , 1996	C&B Metabond	Evaluaron la filtración apical y coronal en dientes endodonciados. Grupo 1: obturación con adhesivo C&B Metabond y resina. Grupo 2: GP y cemento sellador Ketac™ Endo. Inmersión en tinta india durante 90h.	Los especímenes obturados con C&B Metabond y resina, presentaron un mejor sellado, tanto coronal, como apical.

**AZUL:** análisis que emplean bacterias.

**BLANCO:** análisis que emplean tintes.

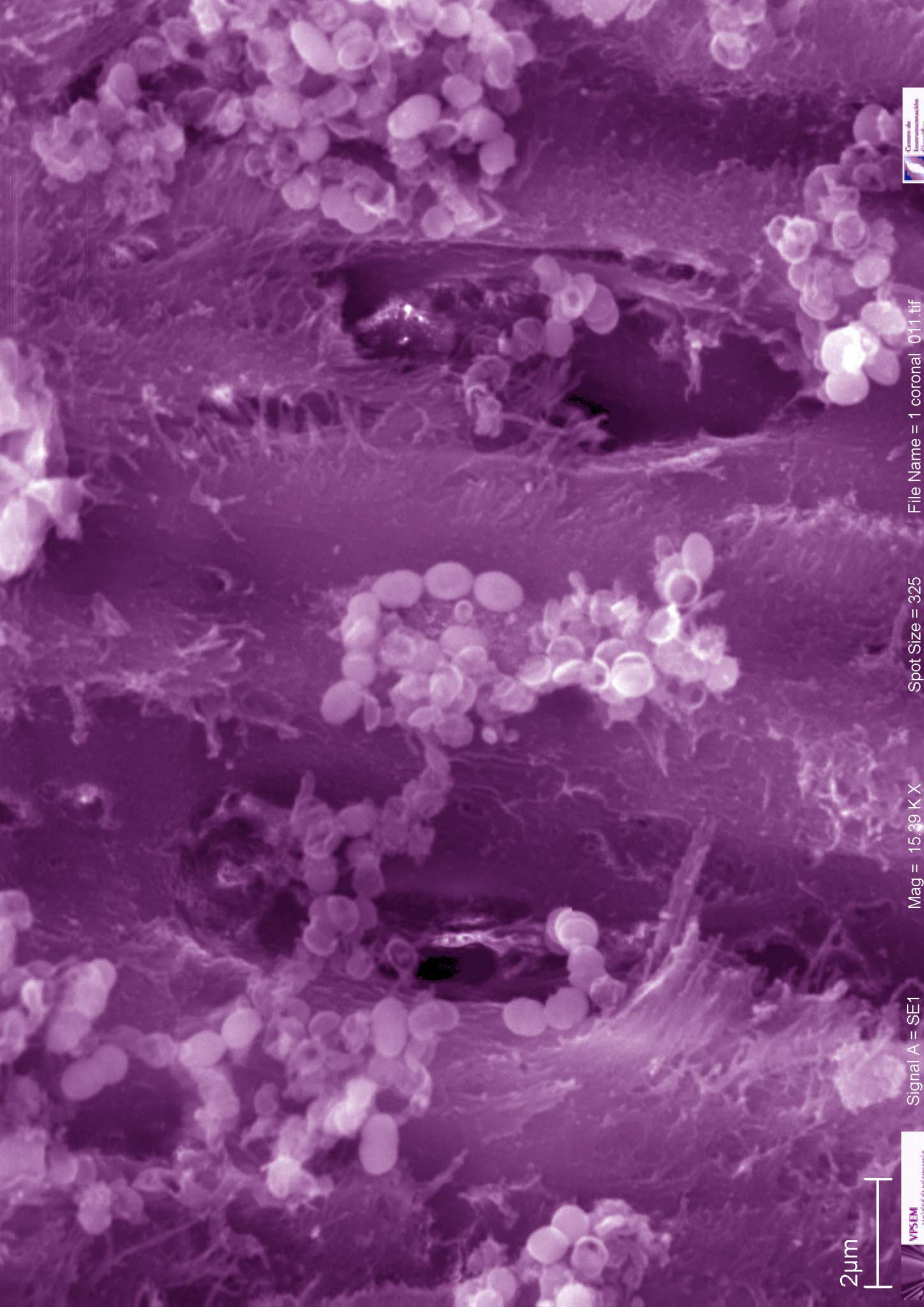
**GRIS:** análisis de filtración de fluidos.



<sup>296</sup> Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. J Endod. 2000;26:230-5.

<sup>297</sup> Kokorikos I, Kolokouris I, Economides N, Gogos C, Helvatjoglu-Antoniades M. Long-term evaluation of the sealing ability of two root canal sealers in combination with self-etching bonding agents. J Adhes Dent. 2009;11:239-46.

<sup>298</sup> Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. Int Endod J. 1996;29:76-83.



2µm

# Capítulo 3. MATERIAL Y MÉTODOS

“Recordarás algo de lo que leas, bastante de lo que oigas, mucho de lo que veas, y todo lo que hagas”.  
(John Little)

## 3.1. MATERIAL

Los materiales que se han empleado en la realización de este estudio se detallan a continuación en la siguiente Tabla (Tabla 3-1):

Tabla 3-1. Materiales empleados.

	<b>MATERIAL [FABRICANTE]</b>
<b>MUESTRA</b>	■ 140 incisivos mandibulares.
<b>CONSERVACIÓN DE LA MUESTRAS</b>	■ Timol [Fórmula magistral].
<b>PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES</b>	■ Cureta periodontal Gracey, núm 5/6 [Hu-Friedy Mfg. Co.,Inc. Rudolf-Diesel-Straße 8, D-69181 Liemen, Germany]. ■ Calibrador [Leone S.p.A, Via P. a Quaracchi, 50 - 50019 Sesto Fiorentino, Firenze].



Tabla 3-1. Materiales empleados.

	<b>MATERIAL [FABRICANTE]</b>
<b>PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Contraángulo</b> [KaVo Dental S.L. Joaquín María López, 41 dpdo. 28015 Madrid, España].</li> <li>■ <b>Discos de diamante</b> [Komet Iberica Tools S.L. Av. Corts Catalanes 9-11, 08173 Sant Cugat del Valles, España].</li> </ul>
<b>PREPARACIÓN BIOMECÁNICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Regla de endodoncia</b> Endo-M-Block® [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Limas K número 10</b> [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Motor de Endodoncia</b> X-Smart [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Limas ProTaper®</b> [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Aguja y jeringa de irrigación</b> de calibre 27 [MONOJET™, Sherwood Medical. ST Louis, MO. USA].</li> <li>■ <b>Puntas de papel F3</b> [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> </ul>
<b>SOLUCIONES IRRIGADORAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>NaOCl al 2,5%</b> [Fórmula magistral].</li> <li>■ <b>EDTA al 17%</b> [Fórmula magistral].</li> <li>■ <b>CHX al 2%</b> [Fórmula magistral].</li> <li>■ <b>CHX al 0,2% + CTM al 0,1%</b> [Fórmula magistral].</li> </ul>
<b>ADHESIVOS DENTINARIOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>AdheSE®</b> [Ivoclar Vivadent AG. Bendererstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein]</li> <li>■ <b>Excite® DSC Ivoclar Vivadent AG.</b> Bendererstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein].</li> <li>■ <b>Clearfil™ Protect Bond</b> [Kuraray Europe GmbH. D-65926 Frankfurt am Main Germany].</li> <li>■ <b>One Coat 7.0</b> [Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG. Raiffeisenstraße 30 89129 Langenau, Germany].</li> </ul>
<b>OBTURACIÓN DE LOS ESPECÍMENES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Cemento Sellador AH Plus™</b> [DENTSPLY DeTrey GmbH. De-Trey- Straße 1. 78467 Konstan, Germany].</li> <li>■ <b>Gutapercha ProTaper® F3</b> [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Espaciador digital</b> calibre 25 [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Gutapercha</b> calibre 20 y 25 [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Mechero.</b></li> <li>■ <b>Cucharilla</b> [Asa Dental s.p.a. uninominale - Via Valenzana 60 -55054 - Bozzano, LU, Italy].</li> </ul>

Tabla 3-1. Materiales empleados.

	<b>MATERIAL [FABRICANTE]</b>
<b>OBTURACIÓN DE LOS ESPECÍMENES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Cemento Sellador AH Plus™</b> [DENTSPLY DeTrey GmbH, De-Trey- Straße 1. 78467 Konstan, Germany].</li> <li>■ <b>Gutapercha ProTaper® F3</b> [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Espaciador digital calibre 25</b> [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Gutapercha calibre 20 y 25</b> [DENTSPLY Maillefer, Ballaigues, Switzerland].</li> <li>■ <b>Mechero</b>.</li> <li>■ <b>Cucharilla</b> [Asa Dental s.p.a. uninominale - Via Valenzana 60 -55054 - Bozzano, LU, Italy].</li> </ul>
<b>ESTERILIZACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Gas Plasma [Sterrad-50]</b>, Advanced Sterilization Products, Johnson &amp; Johnson, Irvine, CA, USA].</li> <li>■ <b>Autoclave [Hirayama HMC Europe GmbH]</b> Zuletzt aktualisiert von PoPart or- und Kellerstr. 184577 Tüssling].</li> </ul>
<b>ANÁLISIS DE FILTRACIÓN CORONAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Viales de penicilina Penilevel®</b> [Laboratorios ERN, S.A. C/ Pedro IV, 499-08020, Barcelona, España].</li> <li>■ <b>Eppendorf 1,5ml</b> [Elkay, Shrewbury, MA, USA].</li> <li>■ <b>Parafilm</b> [Parafilm® M, Pechiney Plastic Packaging, Chicago, IL, USA].</li> <li>■ <b>Micropipeta con volumen ajustable</b> [Finnipipette, Boeco, Boeckel + Co, GmbH +Co, Hamburg, Germany].</li> <li>■ <b>Puntas de micropipeta</b> [Finnipipette, Boeco, Boeckel + Co, GmbH +Co, Hamburg, Germany].</li> <li>■ <b>Campana de flujo laminar</b> [Telstar S.A., Modelo Bio-II-B, Tarrasa, España].</li> <li>■ <b>Estufa</b> [Raypa S.L. Pol. Ind. "Els Bellots" 08227 Terrassa, Barcelona, España].</li> </ul>
<b>MICROORGANISMO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b><i>Enterococcus faecalis</i></b> [Colección Española de Cultivos Tipo, CECT, Valencia, España].</li> </ul>
<b>PREPARACIÓN DE <i>E. FAECALIS</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Medio de cultivo</b> [BHI, Scharlau Chemie S.A., Barcelona, España].</li> <li>■ <b>Placas de Petri con agar sangre</b> [Agar Columbia + 5% de sangre de cordero, BioMérieux S.A., Marcy l'Etoile, Francia].</li> <li>■ <b>Turbidímetro</b> [Densicheck Plus, BioMerieux, Inc. 15969 Durham, North California].</li> <li>■ <b>Vórtex</b> [VELP Scientifica SRL via Stazione 16 20865 Usmate (MB), Italy].</li> </ul>

Tabla 3-1. Materiales empleados.

	<b>MATERIAL [FABRICANTE]</b>
<b>ANÁLISIS DE LOS ESPECÍMENES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Microscopio electrónico de barrido</b> [FESEM: <i>Field Emission Scanning Electron Micrograph</i>; Modelo DSM 950, Zeiss, Oberkochen, Alemania].</li> </ul>
<b>SOPORTE INFORMÁTICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Ordenador Intel Pentium</b> dual-core, 1Gb Memoria RAM y 120 Gb de disco duro [Acer Inc. Investor Relations 8F, 88, Section 1, Hsin Tai Wu Rd.Hsichih, Taipei Hsien 221, Taiwan].</li> <li>■ <b>Programa estadístico SPSS/PC+, versión 15.0</b> [SPSS Inc. Headquarters, 233 S. Wacker Drive, 11th floor Chicago, Illinois 60606 USA].</li> </ul>
<b>OTROS MATERIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Ácido ortofosfórico en gel al 37%</b> [Total Etch®, Ivoclar Vivadent AG. Bendererstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein].</li> <li>■ <b>Roeko CanalBrush™</b> [Coltène/ Whaledent GmbH + Co. KG Raiffeisenstraße 30 89129 Langenau/Germany].</li> <li>■ <b>Mango de bisturí</b> [Bontempi, C/ Fernando Pessoa 9 - 08030 Barcelona España].</li> <li>■ <b>Hojas de bisturí número 15</b> [AESCULAP Inc., 3773 Corporate Parkway Center Valley, PA 18034].</li> <li>■ <b>Rotuladores indelebiles</b> [STAEDTLER Mars GmbH &amp; Co. Moosaeckerstraße 3 90427 Nuernberg, Germany].</li> <li>■ <b>Barniz de clorhexidina EC40</b> [Certichem, Nijmegen, The Netherlands].</li> <li>■ <b>Pegamento de cianocrilato</b> [Super Glue-3, Henkel Ibérica, S.A., Barcelona, España].</li> <li>■ <b>Barniz de uñas</b> [Loreal, Paris, France].</li> </ul>



## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. Protocolos de irrigación final en la obturación de conductos radiculares

#### ■ ■ ■ Selección de la muestra

Para la realización de este estudio se han utilizado 70 incisivos mandibulares (Figura 1), extraídos recientemente, con ápices maduros, raíces rectas, y conducto único. Tras un raspado inicial con curetas Gracey nº 5/6



Figura 1. Incisivos inferiores.

para eliminar mecánicamente cualquier resto de sarro o tejido periodontal remanente, los especímenes fueron conservados en timol hasta completar el tamaño muestral. Antes de ser utilizados, los dientes se aclararon con agua destilada para eliminar la solución de conservación de los mismos.

#### ■ ■ ■ Preparación de los especímenes

Se eliminó la corona de todos los dientes, a nivel de la unión amelo cementaria, con un disco de diamante montado en un contraángulo y abundante irrigación acuosa. La longitud radicular de todos los especímenes se estandarizó a 12mm (Figura 2).



Figura 2. Estandarización de la longitud radicular.

La permeabilidad del conducto radicular se confirmó mediante la inserción de una lima K de calibre 10. La longitud de trabajo se estableció restando 1mm a la longitud obtenida cuando la punta de la lima era visible a través del foramen apical. Todos los conductos radiculares se instrumentaron por el mismo operador, usando el sistema ProTaper® con técnica crown-down, según recomienda el fabricante. La secuencia de limado de los conductos fue la siguiente: lima K #10, y secuencialmente, limas ProTaper® SX, S1, S2, F1, F2, F3. La lima K #10 se

utilizó entre cada lima ProTaper® para confirmar la permeabilidad del conducto radicular (Figura 3).



Figura 3. Material para la preparación biomecánica.

La irrigación se llevó a cabo mediante una jeringa de 3ml de capacidad a la que se acopló una aguja Monojet® de calibre 27. Previamente a la inserción de la lima se irrigaron todos los conductos con 5ml de NaOCl al 2,5%. Durante la instrumentación, se realizó una irrigación alternada con 3ml de NaOCl al 2,5% o 3ml de EDTA al 17% entre cada cambio de lima. Después de la preparación de conductos, éstos se sometieron a una irrigación final con 10ml de NaOCl al 2,5% (Figura 4).



Figura 4. Irrigación del conducto radicular.

Posteriormente, los especímenes fueron asignados al azar a cuatro grupos de estudio ( $n=15$ ) diferentes atendiendo al protocolo final de irrigación al que iban a ser sometidos (Tabla 3-2).

Tabla 3-2. Grupos de estudio.

GRUPO	PROTOCOLO FINAL DE IRRIGACIÓN
I	10ml NaOCl al 2,5%
II	10ml CHX al 2%
III	Barniz EC40
IV	10ml CHX al 0,2% + CTR al 0,1%

■ ■ **Grupo I:** no recibió otra irrigación adicional.

Con el objetivo de evitar la interacción entre hipoclorito y clorhexidina, y por tanto, la formación de PCA, previa a la aplicación del resto de protocolos finales de irrigación, se irrigaron todos los especímenes con 5ml de agua destilada, a continuación, los conductos radiculares se secaron con puntas de papel absorbente ProTaper® de calibre F3. De este modo, se prepararon para distribuirlos al resto de grupos experimentales (II, III y IV).

■ ■ **Grupo II:** se aplicaron 10ml de CHX al 2%, y se volvieron a secar.

■ ■ **Grupo III:** se aplicó el barniz de CXH EC40 mediante un CanalBrush™ al que se acopló un tope de silicona medido a 9mm, y se volvieron a secar los conductos (Figuras 5 y 6).

■ ■ **Grupo IV:** se aplicaron 10ml de una combinación de soluciones de CHX al 0,2% + CTR al 0,1%, y se volvieron a secar los conductos.

Además, 10 dientes se utilizaron como control positivo ( $n=5$ ) (dientes no obturados), y negativo ( $n=5$ ) (dientes con la corona intacta y cubiertos con dos capas de barniz de uñas).



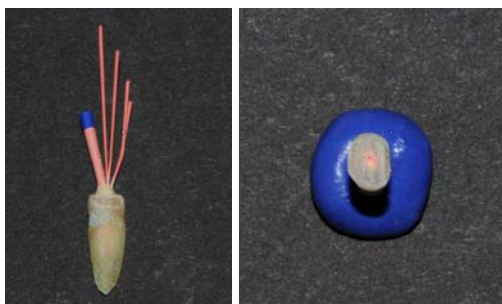
Figura 5. Barniz EC40.



Figura 6. Aplicación de EC40.

### ■ ■ ■ Obturación de los especímenes

Todos los grupos experimentales se obturaron con la técnica de condensación lateral. Para ello, se utilizó el cemento sellador AH Plus™ siguiendo las instrucciones del fabricante. Se embadurnó el cono maestro de gutapercha (ProTaper® F3) con cemento y se introdujo con movimientos en sentido coroapical hasta la longitud de trabajo, de tal forma que quedó ajustado en el ápice. Para la técnica de condensación lateral, se utilizaron espaciadores manuales de calibre 25 y conos accesorios n° 25 y 20 recubiertos con una pequeña cantidad de sellador.



Figuras 7 y 8.

Este procedimiento fue repetido hasta llenar la totalidad del conducto con conos accesorios (Figura 7). El exceso de gutapercha y de cemento sellador se eliminó y compactó con una cucharilla calentada con un mechero. Por último, se utilizó algodón embebido en alcohol para retirar los excesos de material sellador (Figura 8).

Tras la obturación, las muestras se almacenaron durante 72 horas a 37°C en una cámara de humedad para permitir el fraguado del sellador.



### **3.2.2. Adhesivos dentinarios en la obturación de conductos radiculares**

#### **■ ■ ■ Selección de la muestra**

Se seleccionaron 70 dientes incisivos mandibulares humanos siguiendo los mismos criterios que en el epígrafe anterior.

#### **■ ■ ■ Preparación de los especímenes**

Se cortaron las coronas a nivel de la unión amelocementaria y se estandarizó la longitud radicular a 12mm. La longitud de trabajo se estableció restando 1mm cuando la punta de la lima era visible a través del foramen apical. Todos los conductos radiculares fueron instrumentados utilizando el sistema ProTaper®, tal y como se describió anteriormente.

Para analizar la influencia de la aplicación de adhesivos en el interior del conducto radicular, el protocolo de irrigación fue el siguiente: 3ml de NaOCl al 2,5% y 3ml de EDTA al 17% alternadamente entre cada cambio de lima, al final de la preparación mecánica, se aplicaron 10ml de EDTA al 17% para eliminar el barrillo dentinario que pudiera interferir en la adhesión, y se secaron los conductos con puntas de papel absorbente F3. Con el objetivo de evitar la interacción entre EDTA y adhesivos dentinarios, se volvieron a lavar los conductos con 5ml de agua destilada y, nuevamente, se secaron con puntas de papel. Este protocolo fue aplicado en todos los especímenes. Posteriormente, éstos se distribuyeron aleatoriamente en 4 grupos experimentales atendiendo al adhesivo dentinario que se iba a testar (Tabla 3-3).



Tabla 3-3. Grupos de estudio.

GRUPO	ACONDICIONAMIENTO ÁCIDO	ADHESIVO DENTINARIO
V	No	AdheSE®
VI	Sí	Excite® DSC
VII	No	Clearfil™ Protect Bond
VIII	No	One Coat 7.0

La manipulación de los adhesivos se realizó según las instrucciones del fabricante, y fue la siguiente:

■ ■ **Grupo V:** se aplicó AdheSE® *Primer* mediante una punta de papel frotando uniformemente toda la longitud radicular durante 30seg y se eliminaron los excesos con otra punta de papel absorbente. A continuación, se mezclaron en proporción 1:1 AdheSE® *Bond* y AdheSE® *Activador* y se volvieron a frotar los conductos con puntas de papel. Por último se secaron los especímenes con puntas de papel absorbente (Figuras 9 y 10).



Figura 9. AdheSE®.

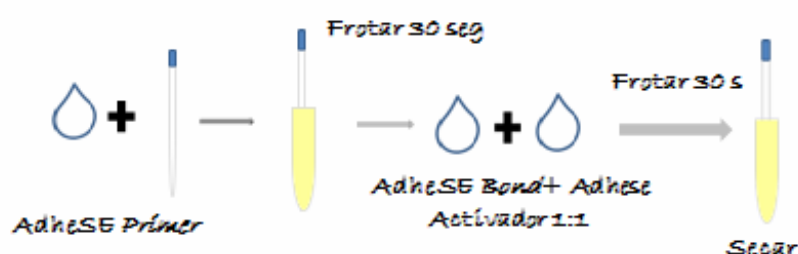


Figura 10. Esquema de aplicación de AdheSE®.

■ ■ **Grupo VI:** el interior del conducto radicular fue grabado durante con gel de ácido ortofosfórico al 37% Total Etch® durante 15seg. Transcurrido este tiempo, los conductos se lavaron durante 10seg y se secaron con puntas de papel. Una vez acondicionada la dentina radicular, se aplicó el adhesivo dentinario Excite® DSC con puntas de papel distribuyéndolo por toda la superficie frotando de forma homogénea durante 10seg. Se eliminó el sobrante con puntas de papel y se polimerizó con una lámpara de luz halógena Bluephase durante 20seg (Figuras 11 y 12).



Figura 11. Excite® DCS.

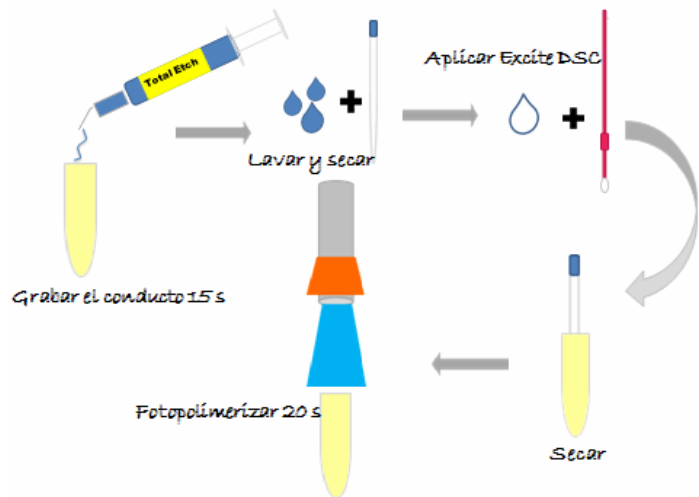


Figura 12. Esquema de aplicación de Excite® DCS.

■ ■ **Grupo VII:** se aplicó Clearfil™ Protect Bond *Primer* mediante una punta de papel frotando la superficie durante 20seg y se retiraron los excesos con otra punta de papel. Seguidamente, se aplicó Clearfil™ Protect Bond *Bond* hasta formar una película adhesiva y se polimerizó durante 10seg (Figuras 13 y 14).



Figura 13. Clearfil™ Protect Bond.

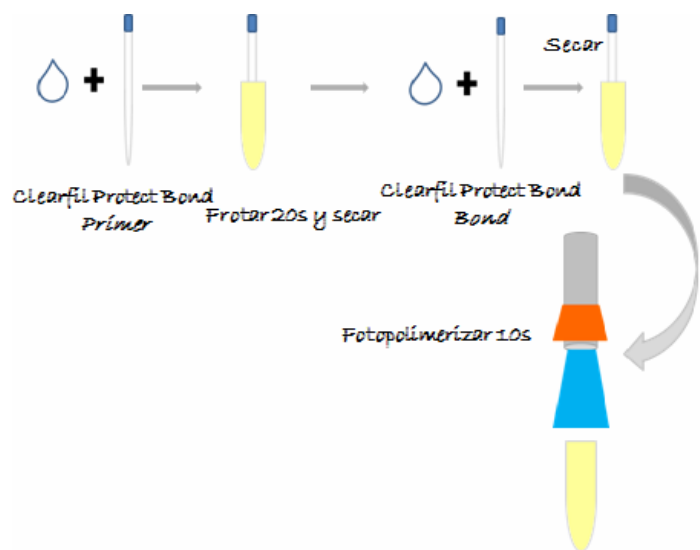


Figura 14. Esquema de aplicación de Clearfil™ Protect Bond.

■ ■ **Grupo VIII:** se mezclaron en proporción 1:1 el Adhesivo One Coat 7.0 y One Coat 7.0 Activador y se aplicó mediante puntas de papel en el interior de los conductos radiculares, se absorbió el exceso y se polimerizó durante 10seg (Figuras 15 y 16).



Figura 15. One Coat 7.0.

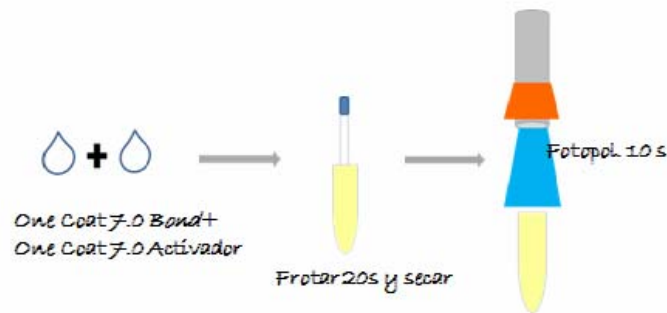


Figura 16. Esquema de aplicación de One Coat 7.0.

Además, 10 dientes se establecieron como control: positivo ( $n=5$ ) (dientes instrumentados sin obturar), y negativo ( $n=5$ ) (dientes con la corona intacta y cubiertos completamente con dos capas de barniz de uñas).

### ■ ■ ■ Obturación de los especímenes

Todos los grupos experimentales se obturaron con la técnica de condensación lateral descrita anteriormente. El cono maestro utilizado fue el cono F3 de ProTaper® con cemento sellador AH Plus™ y conos accesorios n° 25 y 20 recubiertos con una pequeña cantidad de sellador.

El exceso de gutapercha y de cemento sellador se eliminó y compactó con una cucharilla calentada con un mechero.



### 3.2.3. Procedimiento microbiológico y preparación de *E. faecalis*

En este trabajo se utilizó la cepa de *E. faecalis* CECT 795 (ATCC 29212) de la Colección Española de Cultivos Tipo<sup>299</sup>. La bacteria *E. faecalis* se incubó 24 horas en caldo tripticasa de soja, posteriormente, se adicionó glicerol estéril al 50% y se conservó a  $-20^{\circ}\text{C}$  en este medio.

<sup>299</sup> Colección Española de Cultivos Tipo. Página web: <http://www.cect.org/>

Para su uso, se sembró durante 24 horas a 37°C en caldo infusión cerebro corazón (BHI). Transcurrido este tiempo se volvió a sembrar en placas de Petri que contenían agar sangre para comprobar que la bacteria estaba en cultivo puro.

Una vez aislado *E. faecalis* se procedió a la preparación de la suspensión bacteriana en BHI, que se agitó en un vórtex para obtener una suspensión homogénea (Figura 17). Por último, mediante un turbidímetro, se ajustó la suspensión del microorganismo a una turbidez correspondiente a 2 en la escala de McFarland ( $6 \times 10^8$  ufc) (Figura 18).



Figura 17. Vórtex.



Figura 18. Turbidímetro.



### 3.2.4. Evaluación de la filtración coronal

Transcurrido el período de incubación, las raíces, excepto los 2mm apicales, se cubrieron completamente con dos capas de barniz de uñas para prevenir la filtración a través de los conductos laterales. Los controles negativos se cubrieron completamente.

El método de análisis de filtración coronal consistió en un modelo de doble cámara. Para la cámara superior se utilizaron tubos Eppendorf de plástico de 1,5ml de volumen al que se les cortó la punta para que las raíces pudieran

emerger a través de los mismos. En la interfase entre diente y Eppendorf se colocó, mediante presión, un tapón de caucho de un vial de penicilina que previamente había sido recortado con una hoja de bisturí caliente, para que éste pudiera entrar en el interior de los viales de penicilina que iban a ser utilizados posteriormente como cámaras de incubación de los dientes (cámara inferior).

Las zonas de contacto entre tapón de caucho y diente, y tapón de caucho y Eppendorf, se sellaron además con adhesivo de cianoacrilato. Posteriormente, en la parte superior del Eppendorf se colocaron varias capas de Parafilm® M para que éste ajustara al vial de penicilina (Figura 19).



Figura 19. Cámara superior.

Una vez realizados los montajes diente-Eppendorf, se procedió a la esterilización de los mismos mediante gas plasma de peróxido de hidrógeno durante 45 minutos (Figuras 20 y 21).



Figura 20. Máquina de gas-plasma.



Figura 21. Especímenes estériles.

Por otro lado, se rellenaron con caldo de cultivo BHI los viales de penicilina hasta que el caldo cubría los 2-3mm apicales de las muestras. Posteriormente, se esterilizaron en autoclave a 128°C (Figuras 22, 23 y 24). A partir de la esterilización de los materiales, todas las manipulaciones de los especímenes se realiza-

ron en una campana de flujo laminar en condiciones de esterilidad para evitar la contaminación por parte de cualquier microorganismo.



Figura 22. Autoclave.

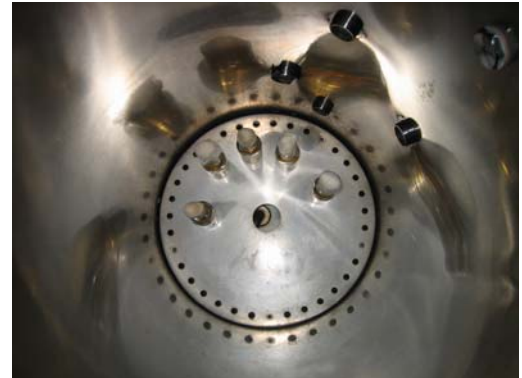


Figura 23. Viales colocados en autoclave.



Figura 24. Cámara inferior con medio de cultivo.



Figura 25. Sellado de la cámara con cianocrilato.

Llevada a cabo la esterilización de las dos cámaras que componían el sistema de evaluación de filtración coronal bacteriana se introdujeron los montajes diente-Eppendorf en el interior de los viales que contenían el caldo de cultivo BHI y se selló la interfase entre vial y Eppendorf con adhesivo de cianoacrilato (Figura 25).

Los reservorios de Eppendorf se rellenaron, mediante una micropipeta, con 1ml de caldo de cultivo BHI que contenía *E. Faecalis* (Figura 26) y se incubaron en una estufa a 37°C (Figuras 27-29).



Figura 26. Inoculación de *E. faecalis* en la cámara superior.



Figura 27. Muestras preparadas.



Figura 28. Estufa de incubación.



Figura 29. Método de análisis de doble cámara.

Todos los dispositivos se controlaron diariamente durante 180 días. El medio de cultivo de la cámara superior se cambiaba dos veces en semana, y la viabilidad de los microorganismos se confirmaba mediante la siembra de una muestra de la cámara de cultivo superior en placas de agar sangre.

La presencia de turbidez en el caldo de cultivo de la cámara inferior indicaba filtración y por tanto la ruptura del sellado coronal endodóntico (Figura 30).

Una vez que la turbidez estaba presente, una muestra del caldo de cultivo de la cámara inferior era sembrada en placas de agar sangre para identificar y confirmar la bacteria que estaba presente en la cámara superior.

Finalmente, tres especímenes filtrados, elegidos al azar, de cada grupo experimental se prepararon para ser observados con microscopía electrónica de barrido (MEB), y detectar con ello la presencia de *E. faecalis* en las paredes del interior del conducto radicular y túbulos dentinarios (Figura 31).



Figura 30. Comparación entre especímenes.

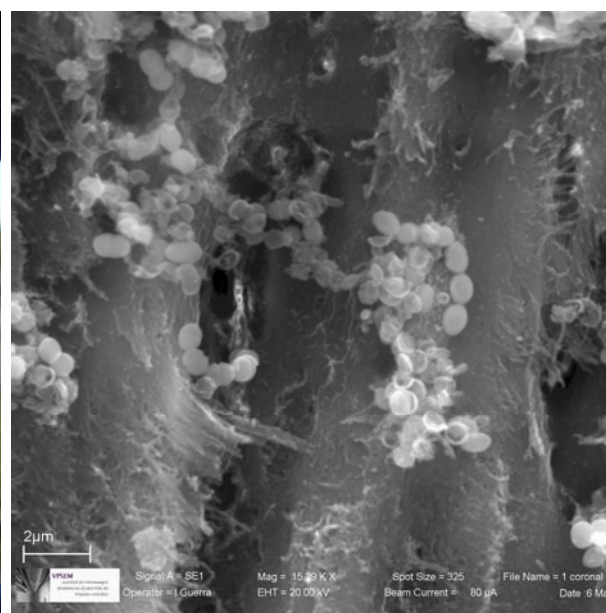


Figura 31. Biopelículas de *E. faecalis* en el interior de los especímenes.



### 3.2.5. Métodos estadísticos

Los datos obtenidos en ambas partes del estudio fueron introducidos en el paquete estadístico SPSS/PC+ (SPSS Inc, Chicago, IL), versión 15.0 (licencia de la Universidad de Granada) para su posterior análisis. Los métodos estadísticos utilizados fueron los siguientes:

#### ■ Descriptivos

- Mediana, máximo y mínimo.
- Tamaño absoluto y porcentual.



---

---

## ■ Analíticos

- Comparación de  $n$  proporciones independientes mediante el test de  $\chi^2$  de Pearson.
- Comparación de  $n$  proporciones apareadas mediante el test de Friedman.
- Análisis de supervivencia mediante el test de Kaplan Meier.
- Comparación de las distribuciones de supervivencia mediante el test log-rank (Mantel Cox).

El nivel de significación fue establecido en  $p < 0,05$ .

# Capítulo 4. RESULTADOS

“En lo tocante a la ciencia, la autoridad de un millar no es superior al humilde razonamiento de una sola persona”.  
(Galileo Galilei)

## 4.1. FILTRACIÓN CORONAL DE *E. FAECALIS* CON DIFERENTES PROTOCOLOS DE IRRIGACIÓN FINAL

En la tabla 4-1 se muestra una descriptiva de los valores de filtración de los protocolos de irrigación final. El tamaño muestral inicial era de 15 para cada grupo. Los valores de la mediana más extremos correspondieron a la irrigación final con CHX, con un 50% de especímenes filtrados a los 103 días, y en otro extremo se encuentra la irrigación final de CHX al 0,2%+ CTR al 0,1%, cuya mediana correspondía al día 140.

Tabla 4-1. Filtración bacteriana en los diferentes protocolos de irrigación final (máximo, mínimo y mediana en días).

GRUPOS DE ESTUDIO	n	MIN	MAX	MEDIANA
Grupo I: NaOCl 2,5% final	15	21	>180	108
Grupo II: CHX 2% final	15	68	>180	103
Grupo III: EC40 final	15	90	>180	125
Grupo IV: CHX 0,2% + CTR 0,1% final	15	25	>180	140

En la Tabla 4-2 se muestra el porcentaje de especímenes no filtrados en los diferentes periodos de evaluación, y las comparaciones entre grupos. El grupo control positivo filtró al segundo día de exposición; por el contrario, el grupo control negativo no filtró en ningún momento de este estudio.

La comparación global entre grupos, teniendo en cuenta los cinco periodos de evaluación, y determinada mediante el modelo global de Friedman, mostró diferencias estadísticamente significativas con un valor de  $p=0,021$ . Los resultados de las comparaciones dos a dos entre los distintos protocolos de irrigación, tomando en consideración los cinco periodos evaluados, se pueden observar en la Tabla 4-2. El grupo EC40 final exhibió un comportamiento similar al grupo CHX al 2% final; aunque, a los 90 días, en el grupo EC40 sólo se observó un espécimen filtrado, en contraste con los cinco especímenes filtrados encontrados en el grupo CHX al 2% final. El grupo EC40 final mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo NaOCl al 2,5% final y al grupo CHX al 0,2%+ CTR al 0,1%. El comportamiento de los grupos NaOCl al 2,5% final, CHX al 2% final, y CHX al 0,2%+ CTR al 0,1% final fue estadísticamente similar.

Tabla 4-2. Especímenes no filtrados en los diferentes períodos de evaluación (muestra inicial  $n=15$  en cada grupo).

PROTOCOLO FINAL	PERÍODOS DE EVALUACIÓN (DÍAS)				
	45	60	90	120	180
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
<b>Grupo I: NaOCl 2,5%<sup>a</sup></b>	13 (86,7)	12 (80,0)	11 (73,3)	9 (40,0)	3 (20,0)
<b>Grupo II: CHX 2%<sup>a,b</sup></b>	15 (100,0)	15 (100,0)	10 (66,7)	7 (46,7)	3 (20,0)
<b>Grupo III: EC40<sup>b</sup></b>	15 (100,0)	15 (100,0)	14 (93,3)	9 (60,0)	5 (33,3)
<b>Grupo IV: CHX 0,2% + CTR 0,1%<sup>a</sup></b>	12 (80,0)	12 (80,0)	9 (60,0)	8 (53,3)	1 (6,7)

Las mismas letras en superíndice indican grupos estadísticamente similares, teniendo en cuenta simultáneamente los cinco períodos de evaluación, utilizando el test de Friedman. Un valor de  $p<0,05$  se consideró estadísticamente significativo.

**Comparaciones dos a dos:** NaOCl 2,5% *versus* CHX 2%:  $p=0,317$ ; NaOCl 2,5% *versus* EC40:  $p=0,025$ ; NaOCl 2,5% *versus* CHX 0,2% + CTR 0,1%:  $p=0,317$ ; CHX 2% *versus* EC40:  $p=0,083$ ; CHX 2% *versus* CHX 0,2% + CTR 0,1%:  $p=0,18$ ; EC40 *versus* CHX 0,2% + CTR 0,1%:  $p=0,025$ .

Ninguna de las comparaciones en los diferentes tiempos de supervivencia mostró diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ). En los primeros 60

días, los grupos CHX al 2% final, o EC40 final no mostraron ningún espécimen filtrado. En el grupo EC40, la filtración coronal ocurrió más lentamente que en el resto de grupos. A los 180 días, un 33,3% de especímenes no presentaba filtración, comparado con el 20% de los grupos NaOCl y CHX, o el 6,7% por el grupo CHX al 0,2% +CTR al 0,1% final.

En las Figuras 4-1 a 4-5 se muestran las gráficas de la supervivencia en los cinco periodos de tiempo evaluados; en ellas se puede observar la disminución de la proporción de la supervivencia acumulada de cada protocolo de irrigación final en cada uno de dichos momentos temporales.

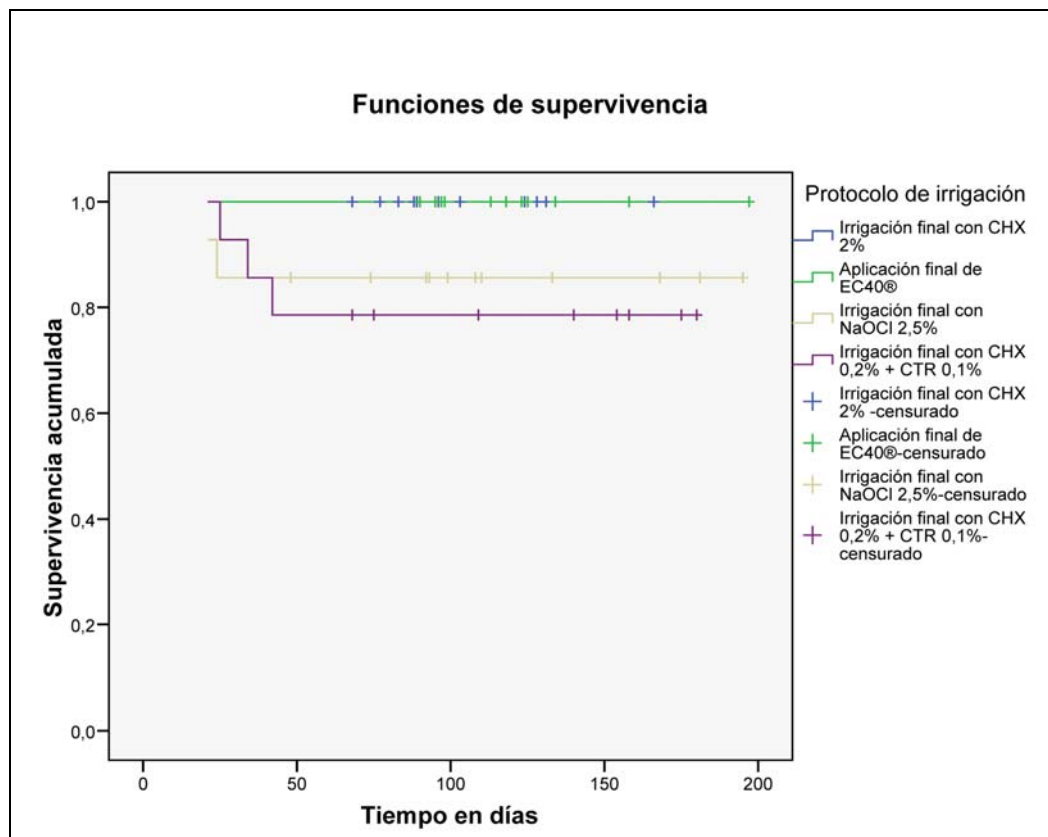


Figura 4-1. Supervivencia a los 45 días.

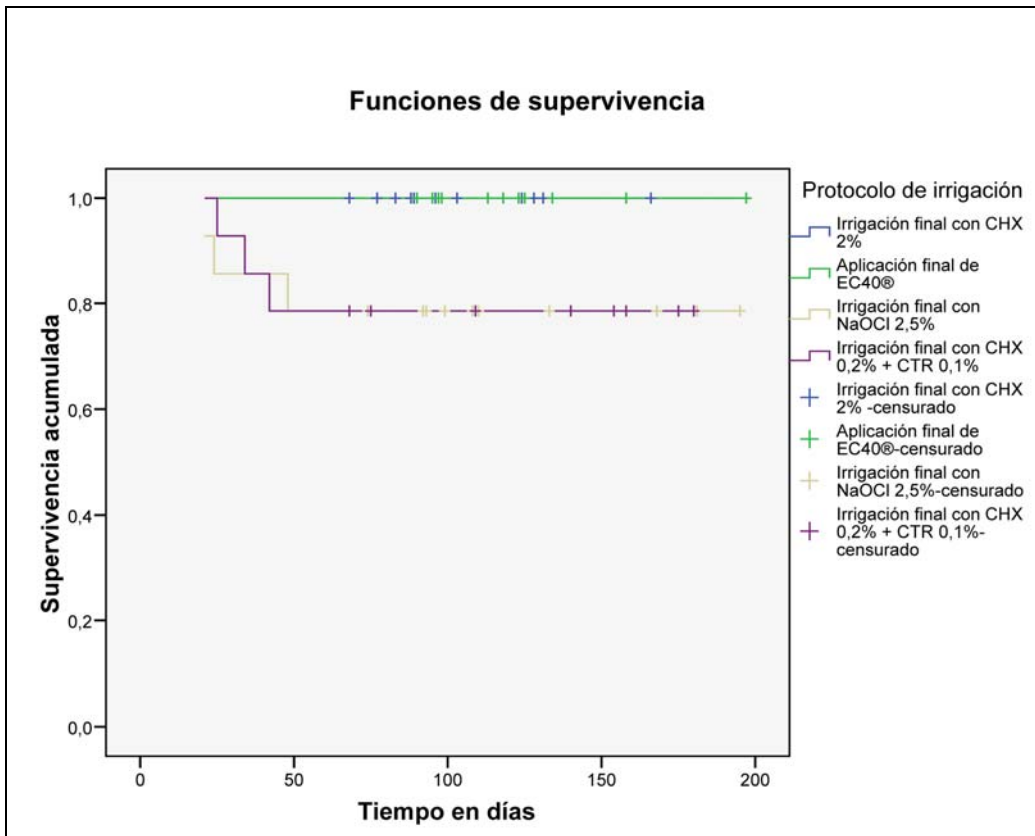


Figura 4-2. Supervivencia a los 60 días.

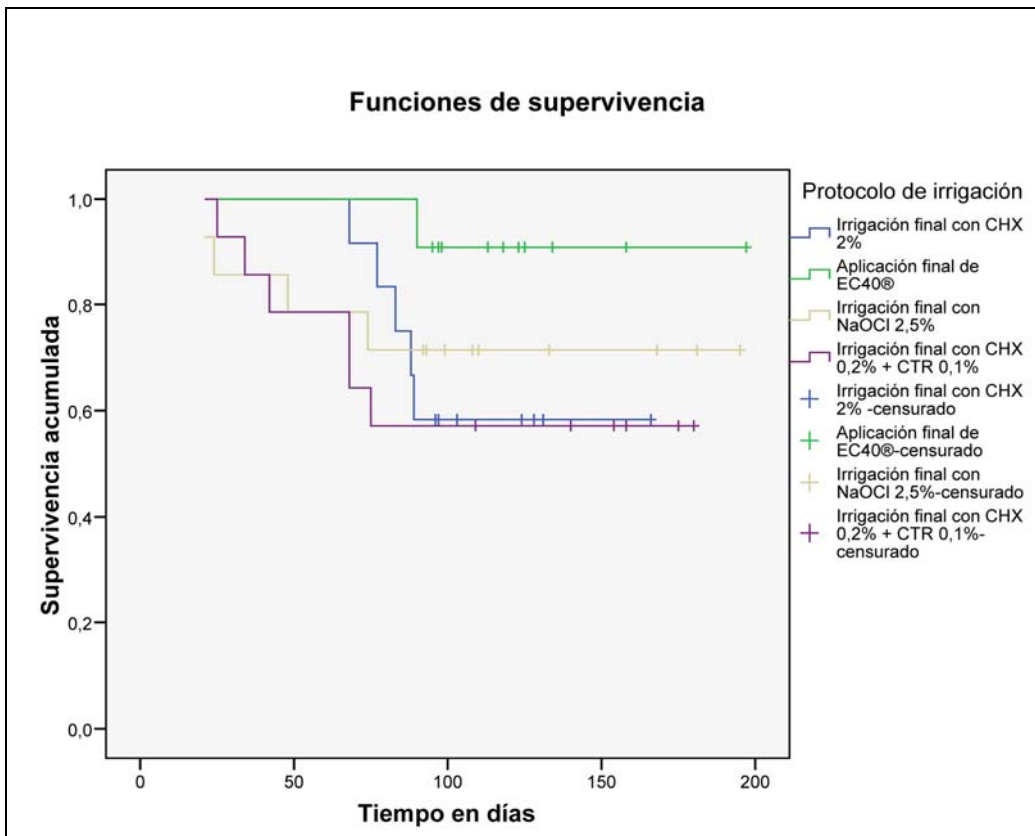


Figura 4-3. Supervivencia a los 90 días.

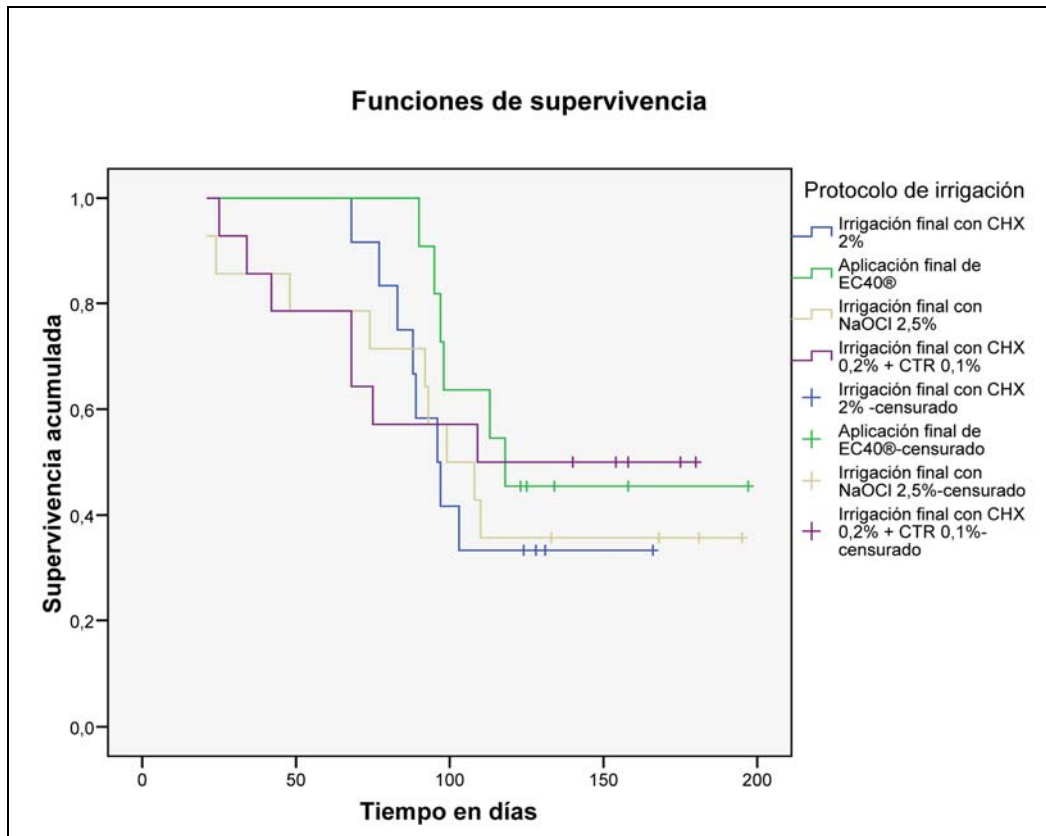


Figura 4-4. Supervivencia a los 120 días.

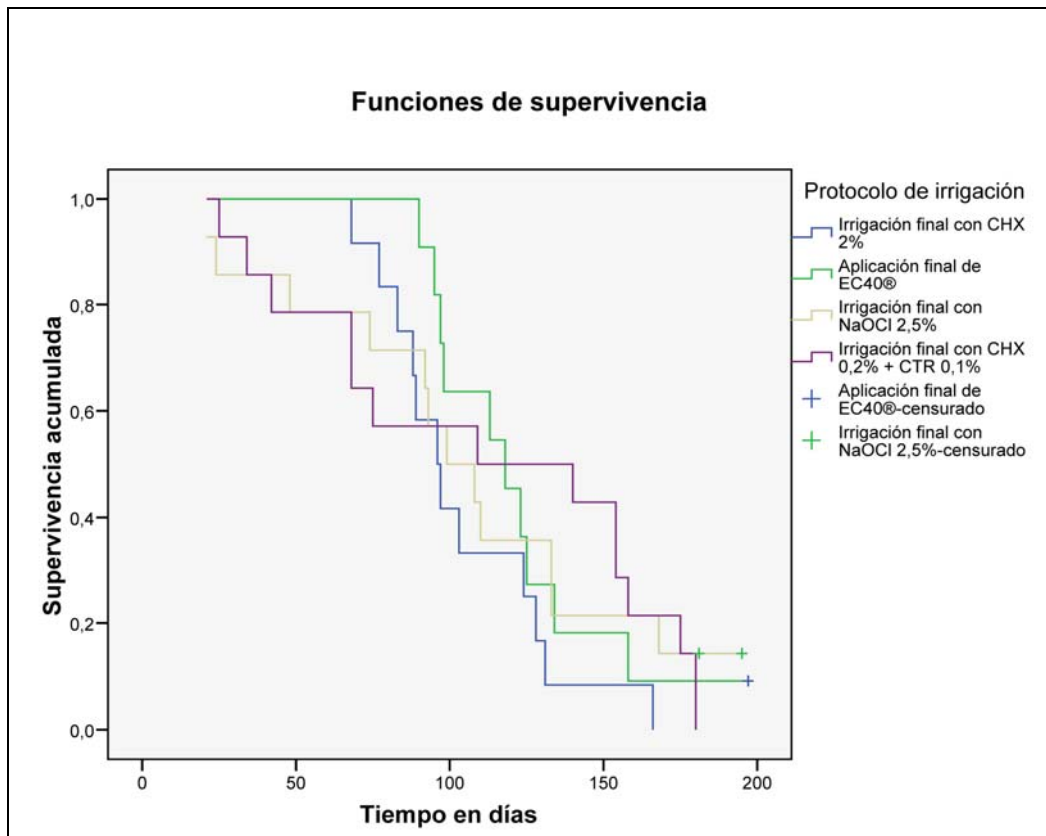


Figura 4-5. Supervivencia a los 180 días.

La Tabla 4-3 muestra las comparaciones de las curvas de supervivencia, dos a dos, de los protocolos de irrigación final en los distintos tiempos de observación. Dichas comparaciones no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los periodos evaluados, a excepción de los grupos EC40 final y CHX al 0,2% + CTR al 0,1% final, que mostraron diferencias en el estudio de supervivencia a los 90 días.

Tabla 4-3. Comparaciones entre curvas de supervivencia de los protocolos finales [valor de *p*].

PROTOCOLOS FINALES	DÍAS DE SUPERVIVENCIA				
	45	60	90	120	180
2% CHX <i>versus</i> EC40	-	-	0,060	0,279	0,265
2% CHX <i>versus</i> 2,5%NaOCl	0,150	0,073	0,878	0,730	0,978
2% CHX <i>versus</i> 0,2% CHX + 0,1% CTR	0,073	0,073	0,490	0,976	0,756
EC40 <i>versus</i> 2,5%NaOCl	0,150	0,073	0,130	0,171	0,249
EC40 <i>versus</i> 0,2% CHX + 0,1% CTR	0,073	0,073	0,027	0,449	0,196
2,5% NaOCl <i>versus</i> 0,2% CHX + 0,1% CTR	0,701	0,966	0,518	0,605	0,917



## 4.2. FILTRACIÓN CORONAL DE CONDUCTOS RADICULARES OBTURADOS CON DIFERENTES ADHESIVOS DENTINARIOS

En la Tabla 4-4 se muestra una descriptiva de los valores de filtración de los adhesivos. El tamaño muestral inicial fue de 15 para cada grupo. Los valores de la mediana más extremos correspondieron a Excite® DSC, con un 50% de especímenes filtrados a los 90 días y a One Coat 7.0, cuya mediana se situaba en el día 153.

Tabla 4-4. Descriptiva de los adhesivos (máximo, mínimo y mediana en días).

GRUPOS DE ESTUDIO	n	MIN	MAX	MEDIANA
Grupo V: AdheSE®	15	35	>180	113
Grupo VI: Excite® DSC	15	42	>180	90
Grupo VII: Clearfil™ Protect Bond	15	42	>180	98
Grupo VIII: One Coat 7.0	15	64	>180	153

La Tabla 4-5 muestra el porcentaje de especímenes que no han filtrado en diferentes momentos de evaluación y la comparación entre grupos. Al igual que en los protocolos de irrigación final, no se evidenció ningún espécimen filtrado en los controles negativos. Por el contrario, todos los controles positivos filtraron el segundo día.

La comparación global entre grupos, teniendo en cuenta de forma simultánea los cinco periodos de evaluación y determinada mediante el modelo global de Friedman, mostró diferencias significativas con un valor de  $p= 0,018$ . Los resultados de las comparaciones dos a dos entre los diferentes protocolos de irrigación final tomando en consideración los cinco tiempos evaluados están recogidos en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5. Especímenes no filtrados en los diferentes periodos de evaluación (muestra inicial  $n=15$  en cada grupo).

	PERÍODOS DE EVALUACIÓN (DÍAS)				
	45	60	90	120	180
ADHESIVOS	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
<b>Grupo V: AdheSE®<sup>a</sup></b>	10 (66,7)	10 (66,7)	9 (60,0)	5 (33,3)	0 (0,0)
<b>Grupo VI: Excite® DSC<sup>a</sup></b>	13 (86,7)	10 (66,7)	6 (40,0)	6 (40,0)	3 (20,0)
<b>Grupo VII: Clearfil™ Protect Bond<sup>a</sup></b>	13 (86,7)	13 (86,7)	7 (46,7)	4 (26,7)	3 (20,0)
<b>Grupo VIII: One Coat 7.0<sup>b</sup></b>	15 (100,0)	15 (100,0)	13 (86,7)	11 (73,3)	6 (40,0)
<b>Comparación (p)</b>	0,084	0,059	0,046	0,05	0,057

Las mismas letras en superíndice indican grupos estadísticamente similares, teniendo en cuenta simultáneamente los cinco periodos de evaluación, utilizando el test de Friedman. Un valor de  $p<0,05$  se consideró estadísticamente significativo.

**Comparaciones dos a dos:** AdheSE® *versus* Excite® DSC:  $p=0,317$ ; AdheSE® *versus* Clearfil™ Protect Bond:  $p=0,655$ ; AdheSE® *versus* One Coat 7.0:  $p=0,025$ ; Excite® DSC *versus* Clearfil™ Protect Bond:  $p=0,564$ ; Excite® DSC *versus* One Coat 7.0:  $p=0,025$ ; Clearfil™ Protect Bond *versus* One Coat 7.0:  $p=0,025$ .

El adhesivo One Coat 7.0 mostró un comportamiento muy favorable y estadísticamente diferente al resto de los adhesivos testados. En los primeros 60 días, ninguna de los especímenes del grupo One Coat 7.0 habían filtrado. A los 90 días, 13 especímenes de un total de 15 no habían filtrado y a los 120 días solo habían filtrado 11. Al final de este estudio, 180 días, aún permanecían 6 especímenes del grupo One Coat 7.0.



Los otros tres adhesivos: AdheSE®, Excite® DSC y Clearfil™ Protect Bond mostraron un comportamiento estadísticamente similar; aunque a los 180 días no quedaba ningún espécimen del grupo AdheSE® sin filtrar.

En las Figuras 4-6 a 4-10 se muestran las gráficas de la supervivencia en los cinco periodos de tiempo evaluados; en ellas se puede observar la disminución de la proporción de la supervivencia acumulada de cada adhesivo en cada uno de dichos momentos temporales.

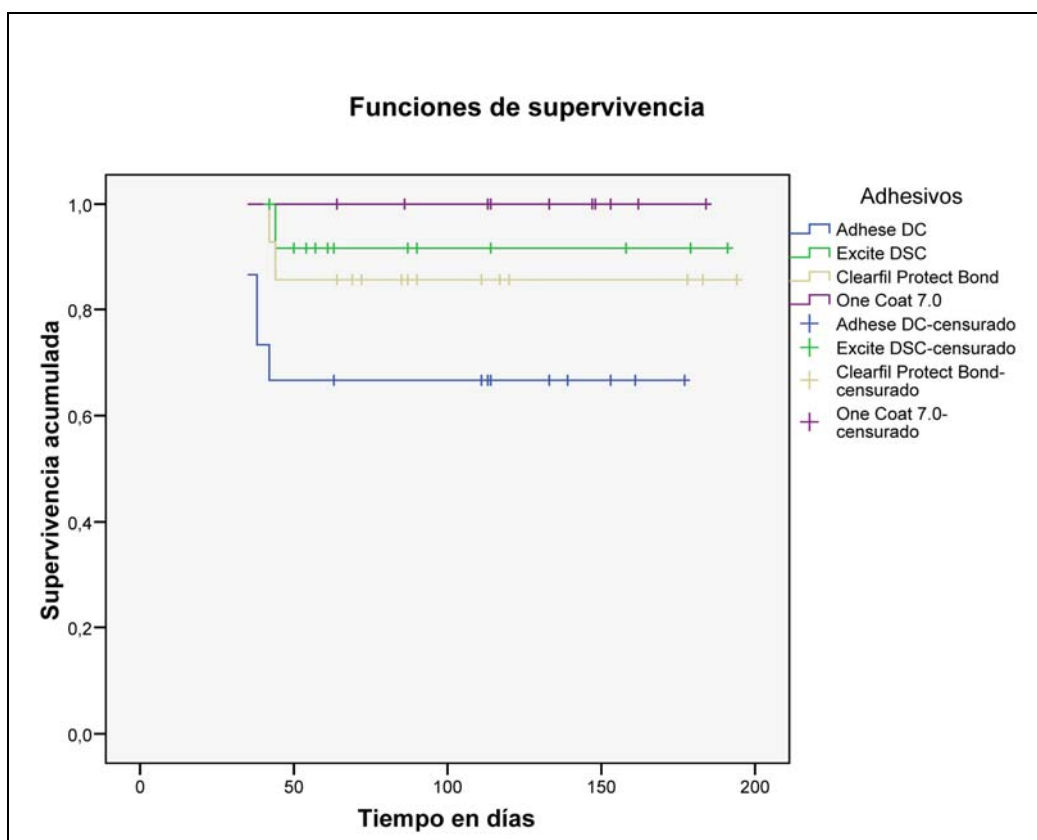


Figura 4-6. Supervivencia a los 45 días.

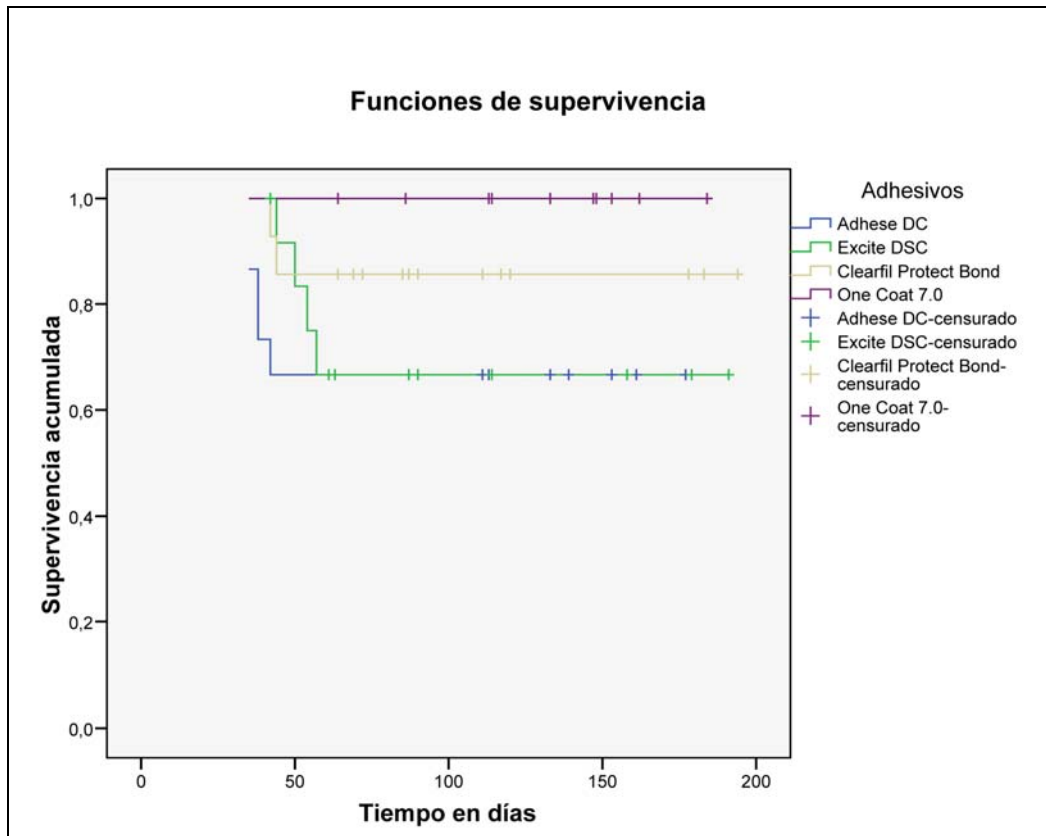


Figura 4-7. Supervivencia a los 60 días.

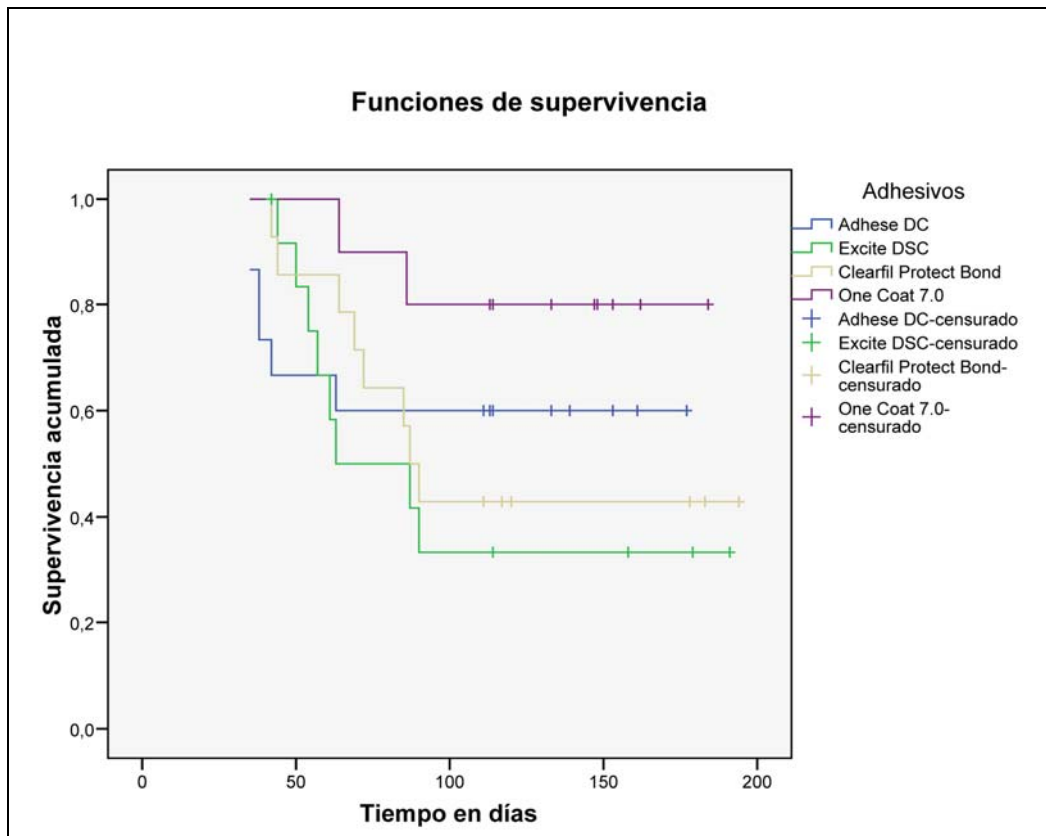


Figura 4-8. Supervivencia a los 90 días.

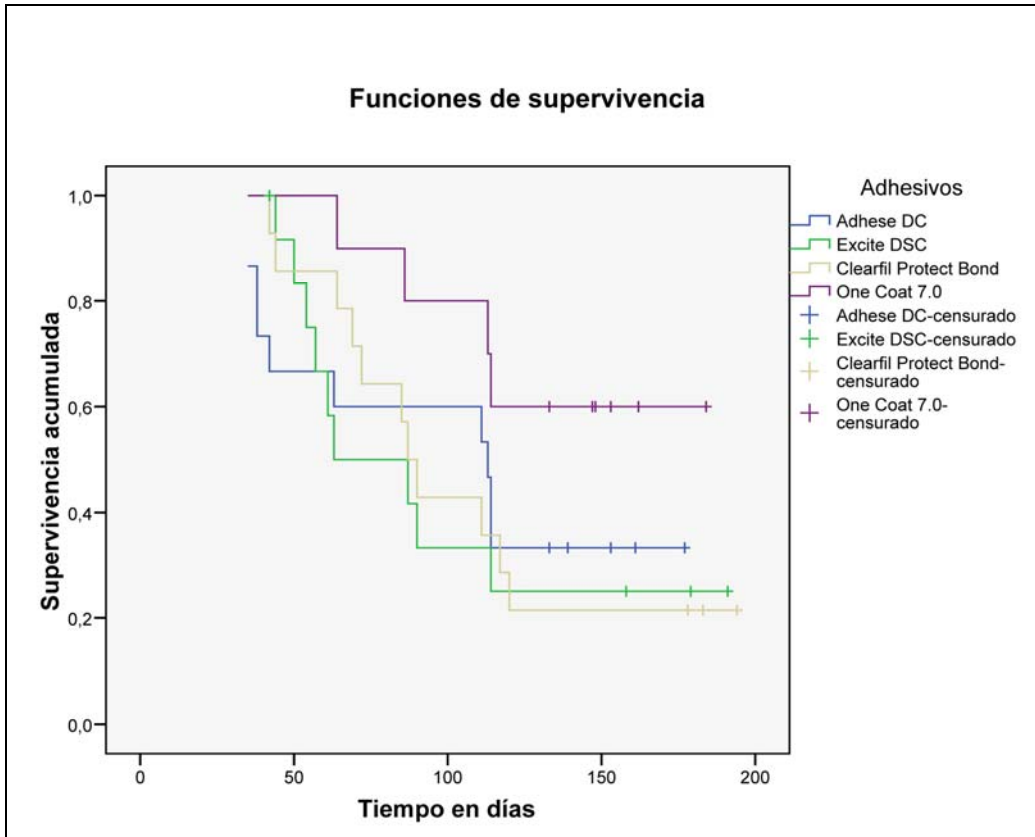


Figura 4-9. Supervivencia a los 120 días.

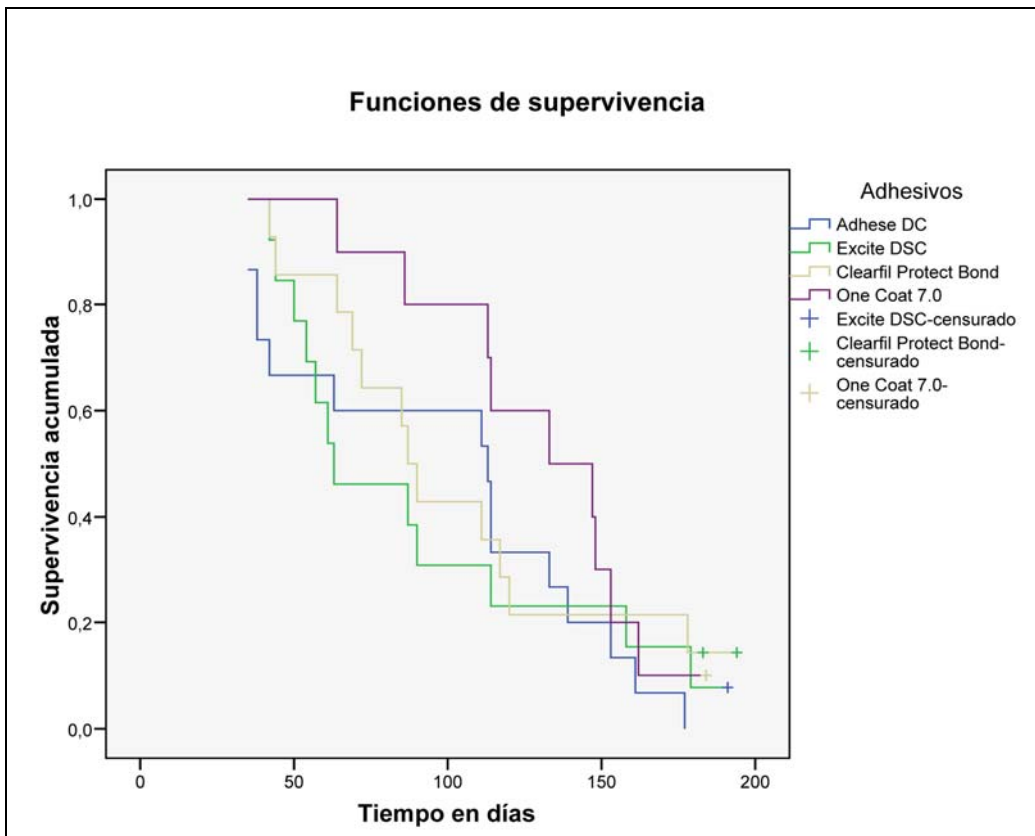
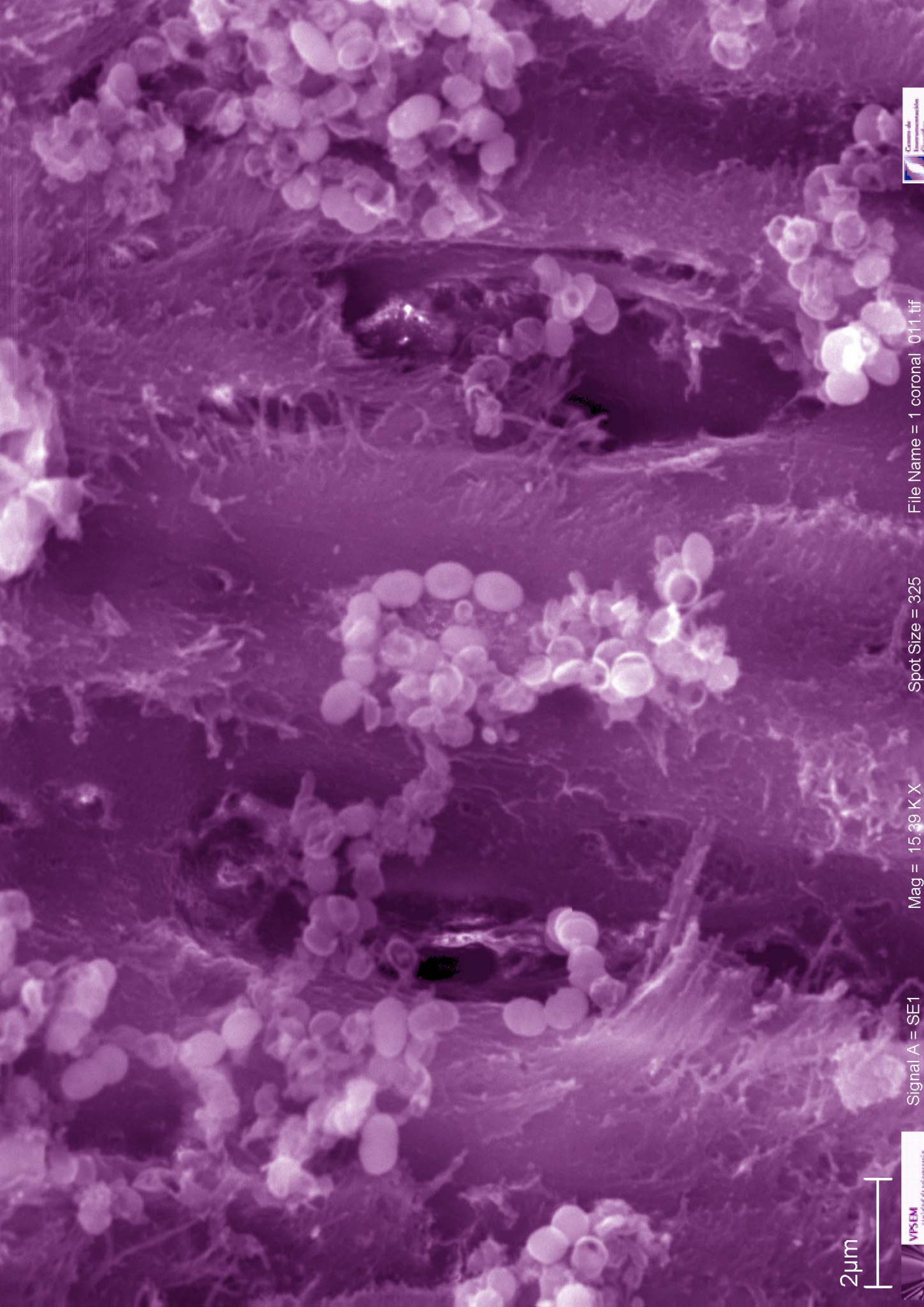


Figura 4-10. Supervivencia a los 1800 días.

La Tabla 4-6 muestra las comparaciones de las curvas de supervivencia, dos a dos, de los adhesivos en los distintos tiempos de observación. El adhesivo One Coat 7.0 mostró diferencias estadísticamente significativas con AdheSE® en todos los tiempos de supervivencia. Con respecto a Excite® DSC y a Clearfil™ Protect Bond, One Coat 7.0 mostró diferencias a partir de 90 días de exposición. En el resto de adhesivos dentinarios no se observaron diferencias en ningún periodo de exposición.

Tabla 4-6. Comparaciones de las curvas de supervivencia de los adhesivos [valor de *p*].

PROTOCOLOS FINALES	DÍAS DE SUPERVIVENCIA				
	45	60	90	120	180
<b>AdheSE® versus Excite® DSC</b>	0,064	0,559	0,673	0,838	0,243
<b>AdheSE® versus Clearfil™ Protect Bond</b>	0,162	0,162	0,821	0,949	0,254
<b>AdheSE® versus One Coat 7.0</b>	0,016	0,016	0,073	0,019	0,002
<b>Excite® DSC versus Clearfil™ Protect Bond</b>	0,559	0,383	0,723	0,921	0,787
<b>Excite® DSC versus One Coat 7.0</b>	0,301	0,028	0,010	0,022	0,076
<b>Clearfil™ Protect Bond versus One Coat 7.0</b>	0,150	0,150	0,021	0,009	0,072



2µm

# Capítulo 5. DISCUSIÓN

“No hay ninguna razón por la que no se pueda enseñar a un hombre a pensar”.  
(Burrhus Frederic Skinner)

La pérdida, entre otros factores, del material de restauración, ya sea provisional o definitivo, puede provocar la exposición del conducto radicular obturado al medio oral. La incapacidad para permitir el sellado coronal completo por parte de los materiales de obturación endodóntica disponibles actualmente en el mercado, hace necesario evaluar la importancia del régimen de irrigación con diversas soluciones antisépticas, o con adhesivos dentinarios que sean capaces de ejercer una actividad antibacteriana residual, o bien de mejorar el sellado de la dentina intrarradicular retrasando con ello la recontaminación bacteriana del conducto tratado.

## 5.1. VALIDEZ INTERNA DEL ESTUDIO

En nuestro estudio, se seleccionó la bacteria *E. faecalis*, coco grampositivo anaerobio facultativo, por un ser un microorganismo que se encuentra con frecuencia en conductos los radicales necróticos<sup>300</sup>, o con un tra-

---

<sup>300</sup> Subramanian K, Mickel AK. Molecular analysis of persistent periradicular lesions and root ends reveals a diverse microbial profile. J Endod. 2009;35:950-7.

tamiento endodóntico incorrecto<sup>301</sup>; así como en aquellos conductos con un tratamiento endodóntico<sup>302</sup> adecuado. *E. faecalis*, se ha aislado, en algunos casos, como organismo único (cultivo puro) presente en el conducto radicular obturado con lesión perirradicular<sup>303,304</sup>. Su capacidad para resistir a numerosos agentes antimicrobianos, para invadir tejidos, así como para formar biopelículas<sup>305,306,307</sup>, hacen de él uno de los microorganismos más utilizados en los estudios de filtración coronal bacteriana<sup>308,309,310</sup>.

En este trabajo de investigación, se seleccionó la cepa CECT 795 (ATCC 29212) de *E. faecalis*, por ser una cepa de referencia utilizada en la mayoría de los trabajos publicados.

El uso de dientes extraídos es una metodología muy extendida y aceptada para evaluar la filtración de materiales odontológicos. Seleccionar el mismo grupo de dientes, incisivos inferiores unirradiculares y de un solo conducto, permite normalizar las condiciones de preparación y obturación en el tratamiento endodóntico<sup>311</sup>, minimizando la influencia de estas variables en los resultados del trabajo. Asimismo, la longitud radicular es otra de las variables que debe ser

---

<sup>301</sup> Ozbek SM, Ozbek A, Erdorgan AS. Analysis of *Enterococcus faecalis* in samples from Turkish patients with primary endodontic infections and failed endodontic treatment by real-time PCR SYBR green method. *J Appl O Sci*. 2009;17:370-4.

<sup>302</sup> Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;85:86-93.

<sup>303</sup> Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;85:86-93.

<sup>304</sup> Pinheiro ET, Gomes BPPA, Ferraz CCR, Sousa ELR, Teixeira FB, Souza Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J*. 2003;36:1-11.

<sup>305</sup> Love RM. *Enterococcus faecalis*: a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J*. 2001;34:399-405.

<sup>306</sup> Kishen A, George S, Kumar R. *Enterococcus faecalis*- mediated biomineralized biofilm formation on root canal dentine *in vitro*. *J Biomed Mater Res A*. 2006;77:406-15.

<sup>307</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-García M, Baca P. *Enterococcus faecalis* biofilms eradication by root canal irrigants. *J Endod*. 2009;35:711-4.

<sup>308</sup> Valadares MA, Soares JA, Nogueira CC, Cortes MI, Leite ME, Nunes E, *et al*. The efficacy of a cervical barrier in preventing microleakage of *Enterococcus faecalis* in endodontically treated teeth. *Gen Dent*. 2011;59:e32-7.

<sup>309</sup> Zmener O, Pameijer CH, Alvarez Serrano S. Effect of immediate and delayed post space preparation on coronal bacterial microleakage in teeth obturated with a methacrylate-based sealer with and without accelerator. *Am J Dent*. 2010;23:116-20.

<sup>310</sup> Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Buruk K, Celik D, Cora S, *et al*. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;108:e129-34.

controlada<sup>312</sup>. En el presente estudio, se eliminó la corona de todos los dientes y se estandarizó la longitud radicular a 12mm. Para evitar cualquier otro sesgo derivado de usar tejidos con patología subyacente, se excluyeron todos los dientes que presentaban caries, reabsorciones radiculares o ápices abiertos.

La longitud de trabajo fue determinada a 1mm del foramen apical, por ser éste el límite recomendado por la mayoría de los autores<sup>313</sup>. Según el trabajo de Wu y cols.<sup>314</sup>, la media del diámetro apical de los incisivos mandibulares, a 1mm del ápice, en sentido mesio-distal es de 0,25mm. Por este motivo, se terminó la preparación radicular de las muestras con la lima F3 del sistema ProTaper®, que se corresponde con un diámetro en la punta de 0,30mm.

Actualmente, existe un amplio consenso sobre los beneficios de la eliminación de la capa de barrillo dentinario, formada por la acción mecánica de los instrumentos, mediante soluciones quelantes como EDTA. Esta capa de desecho puede actuar como una barrera para la difusión de las soluciones irrigadoras, impidiendo su entrada en los túbulos dentinarios<sup>315</sup>. Además, contiene microorganismos o restos celulares<sup>316</sup>, y crea un medio adecuado para la proliferación de bacterias, siendo un reservorio de agentes irritantes<sup>317</sup>. Por ello, en este trabajo se procedió a eliminar el barrillo con una solución de EDTA al 17%.

La técnica de obturación mediante condensación lateral se utilizó en este trabajo por ser la que utilizan habitualmente la mayoría de los clínicos. Además, es la más estudiada, lo que la ha convertido en una técnica de referencia que permite

---

<sup>311</sup> Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J.* 1993;26:37-43.

<sup>312</sup> Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101:662-7.

<sup>313</sup> Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979;5:83-90.

<sup>314</sup> Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89:739-43.

<sup>315</sup> Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J.* 2000;33:266-71.

<sup>316</sup> White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod.* 1984;10:558-62.

<sup>317</sup> Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod.* 1990;16:442-5.



la comparación con otras técnicas establecidas y con las de reciente introducción<sup>318</sup>.

Las metodologías *in vitro* se utilizan para evaluar la capacidad de sellado de los materiales testados y generalmente emplean un agente trazador. Para evaluar la capacidad de sellado de los materiales endodónticos, se han empleado multitud de métodos, como son: penetración de tintes<sup>319,320,321</sup>, radioisótopos<sup>322,323</sup>, técnicas de filtración de fluidos<sup>324,325</sup>, métodos electroquímicos<sup>326</sup>, modelos de filtración de glucosa<sup>327</sup>, y bacterias<sup>328,329,330,331</sup>.

Los estudios de filtración con tintes han sido los más usados durante décadas. A pesar de su fácil uso, estos estudios presentan una serie de desventajas<sup>332</sup>:

---

<sup>318</sup> Lertchirakarn V, Timyam A, Messer HH. Effects of root canal sealers on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Endod.* 2002;28:217-9.

<sup>319</sup> Khayat A, Jahanbin A. The influence of smear layer on coronal leakage of Roth 801 and AH26 root canal sealers. *Aust Endod J.* 2005;31:66-8.

<sup>320</sup> Saunders WP, Saunders EM. Influence of smear layer on the coronal leakage of Thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer. *J Endod.* 1994;20:155-8.

<sup>321</sup> Ishimura H, Yoshioka T, Suda H. Sealing ability of new adhesive root canal filling materials measured by new dye penetration method. *Dent Mater J.* 2007;26:290-5.

<sup>322</sup> Dow PR, Ingle JI. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1955;8:1100-4.

<sup>323</sup> Marshall FJ, Massler M. The sealing of pulpless teeth evaluation with isotopes. *J Dent Med.* 1961;16:172-7.

<sup>324</sup> Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1993;26:203-8.

<sup>325</sup> von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an *in vitro* study. *Int Endod J.* 2000;33:355-360.

<sup>326</sup> Jacobson SM, von Fraunhofer JA. The investigation of microleakage in root canal therapy. An electrochemical technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1976;42:817-23.

<sup>327</sup> Shemesh H, van den Bos M, Wu MK, Wesselink PR. Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. *Int Endod J.* 2007;40:866-72.

<sup>328</sup> Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany Self-Etch. *J Oral Sci.* 2010;52:83-7.

<sup>329</sup> Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J.* 2008;41:32-40.

<sup>330</sup> Ghoddusi J, Rohani A, Rashed T, Ghaziani P, Akbari M. An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. *J Endod.* 2007;33:173-6.

<sup>331</sup> Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod.* 2004;30:342-347.

<sup>332</sup> Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 1995;21:109-12.

a) La mayoría de ellos miden la filtración en sentido longitudinal, haciendo difícil evaluar la cantidad total de filtración.

b) Al igual que los marcadores radiactivos, los tintes tienen un tamaño de partícula superior a las moléculas bacterianas, lo que provoca un patrón de filtración diferente con respecto a los estudios que utilizan microorganismos.

c) Comparados con las condiciones clínicas, estos estudios son estáticos y no reflejan las interacciones dinámicas entre los conductos radiculares y los tejidos periapicales con la microbiota.

Los estudios de filtración bacteriana tienen más semejanza con las condiciones clínicas orales y con las bacterias presentes en la cavidad oral, haciendo que estos métodos sean biológicamente más significativos, y clínicamente más relevantes que otros análisis de filtración coronal<sup>333</sup>.

En nuestro trabajo, se empleó el modelo de dos cámaras descrito por Imura y cols.<sup>334</sup>, y modificado por De-Deus y cols.<sup>335</sup>. La principal ventaja de los sistemas de dos cámaras frente a otros modelos empleados para evaluar la filtración bacteriana es que la cámara coronal está completamente aislada de la cámara apical, reduciéndose así el riesgo de contaminación cruzada<sup>336</sup>.

Recientemente, Rechenberg y cols.<sup>337</sup>, han publicado que el modelo experimental de doble cámara no es capaz de aislar completamente la cámara coronal de la cámara apical, produciéndose el paso de microorganismos por otra ruta que no es el conducto radicular, como es la interfase diente-cámara superior. Hemos de reseñar que en su trabajo se empleó cera pegajosa para las uniones entre los especímenes y las puntas de pipeta empleadas como cámara superior. Esta cera pegajosa podría ser más porosa que el caucho empleado en nuestro estudio, o

---

<sup>333</sup> Mavec JC, McClanahan SB, Minah GE, Johnson JD, Blundell RE Jr. Effects of an intracanal glass ionomer barrier on coronal microleakage in teeth with post space. *J Endod.* 2006;32:120-2.

<sup>334</sup> Imura N, Otani SM, Campos MJA, Jardim EG Jr, Zuolo ML. Bacterial penetration through temporary restorative materials in root canal treated teeth *in vitro*. *Int Endod J.* 1997;30:381-5.

<sup>335</sup> De-Deus G, Murad C, Paciornik S, Reis CM, Coutinho-Filho T. The effect of the canal-filled area on the bacterial leakage of oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2008;41:183-90.

<sup>336</sup> Britto LR, Grimaudo NJ, Verticci FJ. Coronal microleakage versus dye leakage in obturated root canal. *Int Endod J.* 1999;32:370-75.

incluso podría verse afectada por la temperatura alcanzada durante la esterilización de los montajes, algo que en nuestro trabajo es mucho más improbable.

Del mismo modo, los controles negativos en este tipo de estudios también han sido criticados<sup>338</sup>. Estos controles negativos están cubiertos completamente por barniz de uñas, en contraposición a los grupos experimentales, que dejan libres los 2-3mm apicales. La falta de correspondencia entre el grupo control negativo y los diferentes grupos experimentales podría introducir un sesgo en el trabajo, puesto que los microorganismos podrían encontrar otras rutas de acceso a la cámara inferior. No obstante, pensamos que, en nuestro estudio, este hecho es improbable que ocurra, ya que el microorganismo sólo puede acceder al caldo de cultivo inferior a través de la interfase entre el espacio radicular obturado y la dentina, o bien a través del material de obturación, y esa vía no estaba presente en el control negativo, independientemente de que el ápice estuviera cubierto o no de barniz.

El objetivo del presente trabajo fue comparar la filtración coronal de *E. faecalis* usando diferentes protocolos terapéuticos de irrigación y obturación. De acuerdo con Miletic y cols.<sup>339</sup>, en los estudios de filtración coronal con bacterias, el número de microorganismos que causan la turbidez del medio de cultivo inferior no puede contabilizarse. Si un solo microorganismo es capaz de atravesar el material de obturación, la turbidez se hará evidente. Por lo tanto, en este estudio sólo se confirmó la presencia de *E. faecalis* en la cámara inferior y en el interior del conducto radicular, y no se contabilizó el número de bacterias que habrían sido capaces de atravesarlo.



---

<sup>337</sup> Rechenberg DK, Thurnheer T, Zehnder M. Potential systematic error in laboratory experiments on microbial leakage through filled root canals: an experimental study. *Int Endod J*. 2011. En prensa.

<sup>338</sup> Rechenberg DK, De-Deus G, Zehnder M. Potential systematic error in laboratory experiments on microbial leakage through filled root canals: review of published articles. *Int Endod J*. 2011;44:183-94.

## 5.2. FILTRACIÓN CORONAL DE *E. FAECALIS* CON DIFERENTES PROTOCOLOS DE IRRIGACIÓN FINAL

Conceptualmente, la terapia endodóntica es sencilla: realizar una adecuada limpieza, desinfección y conformación de los conductos radiculares, para conseguir un buen sellado tridimensional de los mismos, que aisle los microorganismos que quedaron tras la preparación biomecánica, y que al mismo tiempo evite la entrada de otros a su interior desde la cavidad oral, desde el periápice, o incluso desde el ligamento periodontal. Sin embargo, en la actualidad no existen materiales ni técnicas que puedan garantizar el sellado completo del conducto radicular, ya que las bacterias y sus bioproductos pueden atravesarlo una vez que está obturado.

El paso de bacterias, fluidos o nutrientes a través del conducto radicular es una de las principales causas de fracaso endodóntico, y es conocido como filtración coronal<sup>340,341</sup>. Dicha filtración puede ocurrir por diferentes situaciones clínicas, como son: la pérdida de la restauración temporal, la fractura de la estructura dentaria, la filtración marginal del material de restauración definitivo, o la caries recurrente<sup>342</sup>. Diversos estudios han mostrado que la filtración coronal puede ocurrir con cualquiera de las técnicas de obturación utilizadas<sup>343,344,345,346</sup>. Sin embargo, la irrigación puede jugar un papel importante en el éxito del tratamiento de conductos, ya que puede retrasar o disminuir la contaminación bac-

<sup>339</sup> Miletić I, Prpić-Mehićić G, Marsan T, Tambić-Andrasević A, Plesko S, Karlović Z, *et al.* Bacterial and fungal microleakage of AH26 and AH Plus root canal sealers. *Int Endod J.* 2002;35:428-32.

<sup>340</sup> Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990;16:566-9.

<sup>341</sup> Trope M, Chow E, Nissan R. *In vitro* endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 1995;11:90-4.

<sup>342</sup> Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod.* 1993;19:458-61.

<sup>343</sup> Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany Self-Etch. *J Oral Sci.* 2010;52:83-7.

<sup>344</sup> Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J.* 2008;41:32-40.

<sup>345</sup> Khayat A, Jahanbin A. The influence of smear layer on coronal leakage of Roth 801 and AH26 root canal sealers. *Aust Endod J.* 2005;31:66-8.

<sup>346</sup> De-Deus G, Murad C, Paciornik S, Reis CM, Coutinho-Filho T. The effect of the canal-filled area on the bacterial leakage of oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2008;41:183-90.

teriana tras del tratamiento endodóntico<sup>347,348</sup>. Con el objetivo de aumentar la eficacia antibacteriana a lo largo del tiempo, se ha recomendado el uso de diversas soluciones irrigadoras con capacidad antiséptica residual, como la CHX<sup>349</sup>.

Uno de los objetivos de este estudio fue comparar la eficacia de diferentes protocolos de irrigación final, usando diversas concentraciones y vehículos de administración de CHX, en la filtración coronal de *E. faecalis*. NaOCl es la solución irrigadora más utilizada en Endodoncia por su amplio espectro antiséptico y capacidad para disolver materia orgánica y tejido necrótico<sup>350</sup>. La concentración utilizada varía desde el 0,5% hasta el 6%<sup>351</sup>. No obstante, se ha demostrado que un aumento en su concentración aumenta sus propiedades solventes y antisépticas pero también su efecto tóxico, si alcanza el periápice<sup>352,353</sup>. Una de sus mayores desventajas es que no es capaz de eliminar el tejido inorgánico<sup>354,355</sup>, y además no posee actividad antimicrobiana residual<sup>356</sup>. Por estos motivos los especímenes que se sometieron a una irrigación final con NaOCl se pueden considerar como grupo control.

CHX es un agente antibacteriano de amplio espectro y con una eficacia antiséptica comparable a la de NaOCl. Su mecanismo de acción está basado en la interacción entre la carga positiva de la molécula bicatiónica de CHX y el grupo fosfato cargado negativamente de la célula bacteriana, lo que permite a la molé-

---

<sup>347</sup> Vivacqua-Gomes N, Ferraz CC, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. *Int Endod J*. 2002;35:791-5.

<sup>348</sup> Kishen A, Sum CP, Mathew S, Lim CT. Influence of irrigation regimens on the adherence of *Enterococcus faecalis* to root canal dentin. *J Endod*. 2008;34:850-4.

<sup>349</sup> Mohammadi Z, Abbott PV. Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medications: a review. *Aust Endod J*. 2009;35:131-9.

<sup>350</sup> Zehnder M. Root canals irrigants. *J Endod* 2006; 32: 389-98.

<sup>351</sup> Canalda Sahli C. Preparación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Agude E, ed. *Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas*. 2ª Ed. Barcelona: Masson; 2006. p. 159-198.

<sup>352</sup> Pashley EL, Birdsong NL, Browman K, Pashley DH. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod*. 1985;11: 525-8.

<sup>353</sup> Jimenez A, Segura J, Llamas R, Jimenez A, Guerrero J, Calvo J. *In vitro* study of the effect of sodium hypochlorite and glutaraldehyde on substrate adherence capacity of macrophages. *J Endod*. 1997;23:562-4.

<sup>354</sup> Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod*. 1992;18:605-12.

<sup>355</sup> Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994;78:359-67.

<sup>356</sup> Mohammadi Z, Shahriari S. Residual antibacterial activity of chlorhexidine and MTAD in human root dentin *in vitro*. *J Oral Sci*. 2008;50:63-7.

cula de CHX penetrar en el interior de la bacteria y provocar efectos tóxicos intracelulares<sup>357,358</sup>. Además, como se ha mencionado anteriormente, posee una actividad antimicrobiana residual denominada sustantividad que puede ser definida como la capacidad de adherirse a determinadas estructuras dentales para liberarse lentamente en forma activa manteniendo niveles terapéuticos<sup>359</sup>. No obstante, una solución de CHX al 2%, utilizada como medicación intraconducto, no es capaz de reducir la cantidad de bacterias presentes en el conducto radicular, ni de erradicar *in vitro* biopelículas de *E. faecalis* a ninguna de las concentraciones testadas (0,0078-4%)<sup>360</sup>.

Otros vehículos de aplicación de CHX, como geles o barnices, han mostrado resultados más satisfactorios. De este modo, un gel de CHX al 2%, utilizado como antiséptico durante la preparación biomecánica, fue capaz de reducir los recuentos bacterianos de dientes con periodontitis apical<sup>361</sup>, y la aplicación de un sistema experimental de liberación lenta de CHX al 40%, fue más eficaz que una solución de CHX al 0,2% o que el hidróxido de calcio, en la reducción del crecimiento de *E. faecalis* adherido a bloques de dentina<sup>362</sup>. Del mismo modo, Arias-Moliz y cols.<sup>363</sup>, demostraron que los barnices de CHX, al 1% y 35%, eran capaces de inhibir la formación de biopelículas de diferentes cepas de *E. faecalis*.

CTR es un agente tensioactivo catiónico que, al igual que CHX, actúa sobre la pared celular de las bacterias. Su actividad bactericida se atribuye fundamentalmente a que su carga positiva forma uniones electroestáticas con elementos que tienen carga negativa, como son las membranas de las células bacteria-

---

<sup>357</sup> Hugo WB, Longworth AR. Some aspects of the mode of action of chlorhexidine. *J Pharm Pharmacol.* 1964;16:665-72.

<sup>358</sup> Lindskog S, Pierce AM, Blomlöf L. Chlorhexidine as a root canal medicament for treating inflammatory lesions in the periodontal space. *Endod Dent Traumatol.* 1998;14:186-90.

<sup>359</sup> Basrani B, Lemonie C. Chlorhexidine gluconate. *Aust Endod J.* 2005;31:48-52.

<sup>360</sup> Paquette L, Legner M, Fillery ED, Friedman S. Antibacterial efficacy of chlorhexidine gluconate intracanal medication *in vivo*. *J Endod.* 2007;33:788-95.

<sup>361</sup> Wang CS, Arnold RR, Trope M, Texeira FB. Clinical efficiency of 2% chlorhexidine gel in reducing intracanal bacteria. *J Endod.* 2007;33:1283-89.

<sup>362</sup> Lee Y, Han SH, Hong SH, Lee JK, Ji H, Kum KY. Antimicrobial efficacy of a polymeric chlorhexidine release device using *in vitro* model of *Enterococcus faecalis* dentinal tubule infection. *J Endod.* 2008;34:855-8.

<sup>363</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Navarro-Escobar E, Furtado Antunes de Freitas M, Baca P. Antimicrobial activity and *Enterococcus faecalis* biofilm formation on chlorhexidine varnishes. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011. En prensa.

nas<sup>364</sup>; además, su unión a la matriz exopolimérica de naturaleza aniónica desestabiliza las fuerzas cohesivas de la biopelícula, promoviendo la eliminación de la misma.

En la práctica odontológica, CTR suele usarse en combinación con otras soluciones como EDTA y CHX. En este trabajo se seleccionó la combinación CHX+CTR por ser ésta una combinación que se ha recomendado como solución irrigadora durante la preparación biomecánica del conducto radicular, debido a los buenos resultados obtenidos frente a diversos microorganismos<sup>365,366,367</sup>. Además, la combinación de concentraciones CHX al 0,2%+ CTR al 0,1%, se ha mostrado eficaz *in vitro* en la erradicación de biopelículas de *E. faecalis*<sup>368</sup> de la misma cepa de colección.

Los resultados de este estudio revelaron que los cuatro protocolos de irrigación final retrasaron la filtración coronal de *E. faecalis*. No obstante, la aplicación de un barniz de CHX, EC40, como protocolo final, retrasó el tiempo de filtración respecto a aquellos grupos en donde se aplicó CHX al 0,2% en solución combinada con cetrimida, o en el grupo considerado control.

A los 45 y 60 días, los grupos donde se aplicó CHX al 2% o barniz EC40, no presentaban ningún espécimen filtrado, sin embargo, a los 90 días, la diferencia en la filtración de los especímenes del grupo EC40 con respecto al resto de grupos se hace más evidente, habiendo filtrado sólo un espécimen del grupo del barniz con respecto a los cinco del grupo CHX al 2% en solución, seis del grupo CHX al 0,2% + CTR al 0,1%, o cuatro en el grupo control (NaOCl al 2,5%). Esta misma tendencia se mantiene a largo plazo, en los periodos de 120 y 180 días. En este sentido, es posible que los resultados satisfactorios que encontraron Vivacqua-

---

<sup>364</sup> Cloete TE, Jacobs L, Brözel VS. The chemical control of biofouling in industrial water systems. *Biodegradation*. 1998;9:23-37.

<sup>365</sup> D'Arcangelo C, Varvara G, De Fazio P. An evaluation of the action of different root canal irrigants on facultative aerobic-anaerobic, obligate anaerobic, and microaerophilic bacteria. *J Endod*. 1999;25:351-3.

<sup>366</sup> Portenier I, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M. Killing of *Enterococcus faecalis* by MTAD and chlorhexidine digluconate with or without cetrimide in the presence or absence of dentine powder or BSA. *J Endod*. 2006;32:138-41.

<sup>367</sup> Onçağ O, Hoşgör M, Hilmioğlu S, Zekioğlu O, Eronat C, Burhanoğlu D. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. *Int Endod J*. 2003;36:423-32.

<sup>368</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Valderrama MJ, Baca P. Eradication of *Enterococcus faecalis* biofilms by cetrimide and chlorhexidine. *J Endod*. 2010;36:87-90.

Gomes y cols.<sup>369</sup>, en la prevención de la filtración coronal de saliva y tinta india, con el gel de CHX al 2%, aplicado sólo, o en combinación con NaOCl al 1%, se deban precisamente a que el vehículo de aplicación de CHX fue el gel.

Los resultados del presente trabajo pueden deberse a dos factores: por un lado, la eficacia antibacteriana residual de CHX depende de la cantidad de moléculas disponibles para interactuar con la dentina<sup>370</sup>, y EC40 tiene una alta concentración de principio activo (35%). White y cols.<sup>371</sup>, evaluaron la sustentividad antimicrobiana en conductos radiculares instrumentados e irrigados con soluciones de CHX al 0,12% y al 2%, observando que la actividad antimicrobiana remanente era superior en aquellos dientes que se habían tratado con CHX al 2%, respecto a los tratados con CHX al 0,12%. Mohammadi y Abbott<sup>372</sup>, también evaluaron la sustentividad de diferentes concentraciones de CHX (4%, 2% y 0,2%) tras cinco minutos de exposición, sobre dentina bovina. Sus resultados relacionan directamente la concentración de la solución de CHX con su sustentividad. Arias-Moliz y cols.<sup>373</sup>, compararon la eficacia de diferentes concentraciones de CHX, aplicadas en barniz, sobre la eliminación de diversas cepas de *E. faecalis*. En su trabajo, el barniz de CHX que exhibió los mejores resultados fue el de mayor concentración (EC40).

Otro factor que debe tenerse en cuenta es el vehículo de aplicación de CHX. EC40 es un dispositivo de liberación lenta de CHX, de hecho, los barnices se formularon con el objetivo de prolongar la liberación del agente activo<sup>374</sup>. Existe evidencia científica de que los barnices de CHX pueden penetrar y sellar los túbulos dentinarios<sup>375</sup>, y reducir los niveles de *S. mutans* en las superficies radi-

---

<sup>369</sup> Vivacqua-Gomes N, Ferraz CC, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 2002;35:791-5.

<sup>370</sup> Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* 2009;42:288-302.

<sup>371</sup> White RR, Hays GL, Janer LR. Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *J Endod.* 1997;23:229-31.

<sup>372</sup> Mohammadi Z, Khademi AA, Davari AR. Evaluation of the antibacterial substantivity of three concentrations of chlorhexidine in bovine root dentine. *Iran Endod J.* 2008; 113-25.

<sup>373</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Navarro-Escobar E, Furtado Antunes de Freitas M, Baca P. Antimicrobial activity and *Enterococcus faecalis* biofilm formation on chlorhexidine varnishes. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011. En prensa.

<sup>374</sup> Matthijs S, Adriaens PA. Chlorhexidine varnishes: a review. *J Clin Periodontol.* 2002;29:1-8.

<sup>375</sup> Arends J, Duschner H, Ruben JL. Penetration of varnishes into demineralized root dentine *in vitro*. *Caries Res.* 1997;31: 201-5.



culares expuestas<sup>376</sup>. Attin y cols.<sup>377</sup>, observaron una mayor liberación de CHX en las fisuras de dentina bovina cuando se trataban con barnices (EC40, Cervitec®), respecto a otros vehículos de aplicación, como geles o soluciones. En su trabajo el barniz que mostró los mejores resultados fue EC40.

Asimismo, Attin y cols.<sup>378</sup>, y Derks y cols.<sup>379</sup>, compararon la eficacia de diversas concentraciones de barnices de CHX (EC40, Cervitec®) en la reducción de los niveles de *S. mutans* y lactobacilos en la placa interdental y en la saliva. De acuerdo con sus hallazgos, la aplicación de altas concentraciones de CHX (EC40) resultó en una mayor reducción de *S. mutans* en la placa dental y en la saliva, sin embargo ningún barniz fue capaz de disminuir la cantidad de lactobacilos presentes en saliva. En la revisión realizada por Ribeiro y cols.<sup>380</sup>, se publicó que el barniz de CHX al 40% era capaz de disminuir los niveles de *S. mutans* de una manera más eficaz que el barniz de CHX al 1%, y que la disminución prolongada de este microorganismo parecía depender de la concentración de CHX presente en el barniz.

En nuestro estudio, se eliminó el barrillo dentinario tras la instrumentación mecánica, lo que pudo permitir una mejor penetración del barniz en los túbulos dentinarios abiertos. En esta misma línea de pensamiento, se encuentran el trabajo de Saleh y cols.<sup>381</sup>, quienes observaron que, en ausencia de barrillo dentinario, la filtración coronal de *E. faecalis* en muestras obturadas con gutapercha y AH Plus™, se produjo más lentamente que en aquellas muestras donde el barri-

---

<sup>376</sup> Wicht MJ, Haak R, Lummert D, Noack MJ. Treatment of root caries lesions with chlorhexidine-containing varnishes and dentin sealants. *Am J Dent*. 2003;16:Spec No:25A-30A.

<sup>377</sup> Attin T, Abouassi T, Becker K, Viegand A, Roos M, Attin R. A new method for chlorhexidine (CHX) determination: CHX release after application of differently concentrated CHX-containing preparations on artificial fissures. *Clin Oral Invest*. 2008;12:189-96.

<sup>378</sup> Attin R, Tuna A, Attin T, Brunner E, Noack MJ. Efficacy of differently concentrated chlorhexidine varnishes in decreasing mutans streptococci and lactobacilli counts. *Arch Oral Biol*. 2003;48:503-9.

<sup>379</sup> Derks A, Frencken J, Bronkhorst E, Kuijpers-Jagtman AM, Katsaros C. Effect of chlorhexidine varnish application on mutans streptococci counts in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthoped*. 2008;133:435-9.

<sup>380</sup> Ribeiro LG, Hashizume LN, Maltz M. The effect of different formulations of chlorhexidine in reducing levels of mutans streptococci in the oral cavity: A systematic review of the literature. *J Dent*. 2007;35:359-70.

<sup>381</sup> Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J*. 2008;41:32-40.

llo dentinario estaba presente. Del mismo modo, von Fraunhofer y cols.<sup>382</sup>, también mostraron que la eliminación de barrillo permitió el retraso de la filtración coronal en muestras obturadas con gutapercha termoplastificada. Igualmente, Khayat y Jahanbin<sup>383</sup>, y Clark-Holke y cols.<sup>384</sup> encontraron mejores resultados de filtración coronal cuando el barrillo dentinario fue eliminado previamente a la obturación radicular con gutapercha y sellador AH 26<sup>®</sup>, o con gutapercha y sellador Roth 801.

Aunque la solución de CHX al 2% se ha mostrado eficaz frente a multitud de microorganismos frecuentemente presentes en las infecciones endodónticas<sup>385</sup>, en nuestro trabajo, esta solución tuvo un comportamiento intermedio. Este hecho podría estar relacionado, tal y como publicaron Rosenthal y cols.<sup>386</sup>, con la pérdida de concentración de CHX a lo largo del tiempo. En su trabajo, transcurridas 12 semanas de la aplicación de CHX, tan sólo encontraron una concentración de 0,0010% en raíces bovinas tratadas con una concentración inicial de CHX al 2%. Además, cabe resaltar que en nuestro estudio, la CHX aplicada en solución se secó con puntas de papel absorbente, con lo que se pudo eliminar parte de la misma, disminuyéndose así su eficacia en mayor medida que en el caso del barniz, que se dejó secar durante siete minutos (según recomendaciones del fabricante).

Nuestros resultados se asemejan a los de Sharifian y cols.<sup>387</sup>, quienes mostraron que la solución de CHX al 2% tendió a retrasar, aunque sin diferencias significativas, la filtración coronal de saliva en muestras obturadas con Resilon y sellador Epiphany<sup>®</sup> SE, durante un periodo de observación de 60 días. Del mismo

---

<sup>382</sup> von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an *in vitro* study. *Int Endod J.* 2000;33:355-360.

<sup>383</sup> Khayat A, Jahanbin A. The influence of smear layer on coronal leakage of Roth 801 and AH26 root canal sealers. *Aust Endod J.* 2005;31:66-8.

<sup>384</sup> Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent.* 2003;31:275-81.

<sup>385</sup> Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* 2009;42:288-302.

<sup>386</sup> Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98:488-92.

<sup>387</sup> Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany Self-Etch. *J Oral Sci.* 2010;52:83-7.

modo, para Ghoddusi y cols.<sup>388</sup>, la irrigación final con MTAD, un compuesto que posee doxiciclina y que ha demostrado poseer una sustantividad superior a la solución de CHX<sup>389</sup>, también evitó la filtración coronal de *S. mutans* en mayor medida que la aplicación de NaOCl al 5,25%, aunque sin diferencias significativas entre los grupos. En su caso el periodo de observación se prolongó hasta los 90 días.

La combinación de CHX y CTR ha sido capaz de erradicar *in vitro* biopelículas de *E. faecalis*<sup>390</sup>, y recientemente Baca y cols.<sup>391</sup> han demostrado la sustantividad de CTR al 0,2% sobre biopelículas de *E. faecalis*. Sin embargo, cuando se evalúa la filtración coronal de las muestras tratadas con esa combinación, los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los del grupo control (NaOCl al 2,5%). Ello podría atribuirse a la relativamente baja concentración de CHX presente en la combinación de estas soluciones, lo que implicaría una menor sustantividad de la misma. Además, en el trabajo de Baca y cols. la sustantividad se evaluó durante un período de sólo 24h, mientras que en este estudio, los tiempos de seguimiento fueron muy superiores.



### 5.3. FILTRACIÓN CORONAL DE CONDUCTOS RADICULARES OBTURADOS CON DIFERENTES ADHESIVOS DENTINARIOS

El uso de gutapercha y cementos selladores para la obturación de conductos radiculares ha permanecido como el estándar de tratamiento endodóntico, a pesar de su incapacidad para conseguir un sellado imper-

<sup>388</sup> Ghoddusi J, Rohani A, Rashed T, Ghaziani P, Akbari M. An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. *J Endod.* 2007;33:173-6.

<sup>389</sup> Mohammadi Z, Yazdizadeh M. Evaluation of the antibacterial substantivity of a new root canal irrigation solution. *J Dent Clin Res.* 2006;2:271-5.

<sup>390</sup> Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Valderrama MJ, Baca P. Eradication of *Enterococcus faecalis* biofilms by cetrimide and chlorhexidine. *J Endod.* 2010;36:87-90.

<sup>391</sup> Baca P, Junco P, Arias-Moliz MT, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Residual and antimicrobial activity of final irrigation protocols on *Enterococcus faecalis* biofilm in dentin. *J Endod.* 2011;37:363-6.

meable a lo largo de las paredes dentinarias del conducto radicular<sup>392</sup>.

La combinación de EDTA e NaOCl es un método eficaz para la remoción del barrillo dentinario presente en las paredes del conducto radicular y en los túbulos dentinarios<sup>393</sup>. Está demostrado que NaOCl es un agente oxidante que puede causar algunos problemas cuando se usa como último agente de irrigación. NaOCl deja una capa rica en oxígeno en la superficie dentinaria, la cual puede reducir las fuerzas de adhesión<sup>394,395</sup> mediante la inhibición de la polimerización de las resinas<sup>396</sup>, lo que podría incrementar la microfiltración<sup>397</sup>. Por este motivo, para evitar la posible interferencia de EDTA con los adhesivos dentinarios que iban ser aplicados en su interior, se realizó una irrigación final con 10ml de EDTA al 17% y se lavaron los conductos con 10ml de agua destilada. En este sentido, Pameijer y Zmener<sup>398</sup> determinaron la importancia del protocolo de irrigación en la adhesión de selladores adhesivos a dentina. Para ello, evaluaron tres protocolos de irrigación: irrigación final con 10ml de NaOCl al 2,5%; irrigación final con 10ml de EDTA al 17% e irrigación final con 10ml de EDTA al 17%, seguidos de 10ml de agua destilada. En su trabajo concluyeron que las mayores fuerzas de adhesión se obtuvieron en los grupos en los que se utilizó EDTA como solución irrigadora final, siendo las fuerzas de adhesión ligeramente superiores cuando se utilizó EDTA seguido de agua destilada, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

El propósito de la obturación es prevenir la microfiltración en ambas direcciones, coronal y apical, y sepultar las bacterias que permanecen en el sistema de conductos radiculares. Entre las propiedades físicas requeridas de los materia-

---

<sup>392</sup> Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod.* 2004;30:436-40.

<sup>393</sup> Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP. The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. *J Endod.* 2006;32:993-7.

<sup>394</sup> Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, *et al.* Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res.* 2001;80:1919-24.

<sup>395</sup> Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod.* 2004;30:113-6.

<sup>396</sup> Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res.* 1990;69:1652-8.

<sup>397</sup> Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *J Endod.* 2006;32:642-5.

<sup>398</sup> Pameijer CH, Zmener O. The effect of irrigation protocol on the polymerization of resin-based sealers—significance of oxygen inhibition. En: Pameijer CH, Frederic Barnett F, Zmener O,

les de relleno, la adhesión es una característica deseable en los selladores de conductos radiculares<sup>399</sup>. El uso de adhesivos dentinarios puede tener un efecto beneficioso en la obturación de conductos radiculares por sus propiedades adhesivas y su penetración en los túbulos dentinarios<sup>400</sup>. La penetración del cemento sellador en los túbulos dentinarios aumenta la interfase entre el material y las paredes de dentina, mejorando así la retención mecánica en el interior de los túbulos, reduciendo potencialmente la filtración<sup>401</sup>.

Existen pocos estudios que hayan evaluado el potencial de nuevas generaciones de adhesivos dentinarios en el interior de los conductos radiculares. Estos adhesivos utilizan uniones micromecánicas y químicas para aumentar la fuerza de adhesión a la dentina. El grabado ácido causa una desmineralización de varios micrones y remueve el barrillo dentinario, exponiendo con ello el colágeno peritubular e intertubular. El *primer* de los adhesivos es hidrofílico, facilitando la penetración de éste en la dentina grabada, y permitiendo así un incremento en la fuerza de adhesión<sup>402</sup>. Simultáneamente, se forma una capa de unos 5µm de espesor que es conocida con el nombre de capa híbrida<sup>403</sup>. La infiltración de los monómeros hidrofílicos en el interior de la dentina desmineralizada crea una capa híbrida colágeno-resina que produce un aumento de las fuerzas de adhesión, y reduce la microfiltración<sup>404</sup>. Además, los adhesivos dentinarios pueden entrar en contacto con las bacterias residuales presentes en el conducto radicular, por lo que sería deseable que éstos poseyeran también un potencial antimicrobiano.

---

Schein B, ed. Methacrylate based resin sealers—a paradigm shift in endodontics. South Jordan: Ultradent Press; 2009. p. 135.

<sup>399</sup> Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. J Endod. 2002;28:351-4.

<sup>400</sup> Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). J Endod. 2004;30:342-7.

<sup>401</sup> Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and *in vivo*. Int Endod J. 2007;40:873-81.

<sup>402</sup> Erickson RL. Surface interactions of dentin adhesive materials. Oper Dent. 1992;5:81-94.

<sup>403</sup> Nakabayashi N, Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. Dent Mater. 1992;8:125-30.

<sup>404</sup> Nakabayashi N. The hybrid layer: a resin-dentin composite. Proc Finn Dent Soc. 1992;88:321-9.

Para proporcionar actividad antibacteriana a los materiales basados en resina, en 1992, Imazato y cols.<sup>405</sup> incorporaron un monómero antibacteriano, el MDPB (12-bromuro de metacrilohiloxidodecil piridinio), a composites basados en bis-GMA. El MDPB es un monómero que posee un grupo amonio dodecilpiridinio y un grupo metacrilo, que se ha mostrado eficaz frente a *S. mutans*, *Streptococcus sobrinus*, *Streptococcus oralis*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus gordonii*, *S. sanguis* y *Streptococcus salivarius*.<sup>406</sup> La incorporación de MDBP a los sistemas adhesivos dentinarios proporciona una capacidad bactericida a éstos, tanto antes como después de la polimerización de los mismos. Imazato y cols.<sup>407</sup> informaron sobre la capacidad antibacteriana de MDBP después de su polimerización. En su trabajo, con un tiempo de contacto de 2 minutos, la molécula de MDBP polimerizada fue capaz de inhibir el crecimiento bacteriano de *S. mutans* en un 97% cuando se comparó con el *bond* de un sistema adhesivo sin capacidad antibacteriana (Liner Bond 2 system). Del mismo modo, Imazato y cols.<sup>408</sup> demostraron que la molécula MDBP presente en la formulación de adhesivos se mantiene inmóvil después de su polimerización, aunque sigue desarrollando un efecto bactericida. En su trabajo, investigaron el efecto bactericida y bacteriostático tras la polimerización de un *primer* dentinario que contenía un 5% de MDBP. Sus resultados mostraron que el MDBP ejerció un efecto inhibitorio en el crecimiento de *S. mutans*, *Actinomyces viscosus* y *Lactobacillus casei* y un ligero efecto bactericida sobre *S. mutans*, tras 48 horas de exposición.

**Clearfil™ Protect Bond** es un adhesivo dentinario de dos pasos, fotopolimerizable y autograbante, que contiene en su fórmula el monómero antibacteriano MDBP. La posibilidad de polimerización en el interior del conducto radicular estaría limitada a los primeros milímetros del tercio coronal radicular; no obstante, según los resultados de Izutani y cols.<sup>409</sup>, aún no polimerizada, la molécula MDBP exhibe un efecto bactericida frente a *S. mutans*, tanto en cultivos

---

<sup>405</sup> Imazato S, Kawakami M, Torii M, Tsuchitani Y. Antibacterial activity of composites containing chemically bound non-releasing antibacterial component. *J Dent Res.* 1992;71:721.

<sup>406</sup> Imazato S, Ebi N, Tarumi H, Russell RR, Kaneko T, Ebisu S. Bactericidal activity and cytotoxicity of antibacterial monomer MDPB. *Biomaterials.* 1999;20:899-903.

<sup>407</sup> Imazato S, Kinomoto Y, Tarumi H, Ebisu S, Tay FR. Antibacterial activity and bonding characteristics of an adhesive resin containing antibacterial monomer MDPB. *Dent Mater.* 2003;19:313-9.

<sup>408</sup> Imazato S, Ehara A, Torii M, Ebisu S. Antibacterial activity of dentine primer containing MDPB after curing. *J Dent.* 1998;26:267-71.

plantónicos, como en biopelículas, con un periodo corto de exposición (20seg). Además, Clearfil™ Protect Bond también ha mostrado eficacia antibacteriana frente a *E. faecalis*<sup>410,411</sup> cuando se evalúa el contacto directo entre este adhesivo y dicha bacteria.

En nuestro trabajo, la presencia de este adhesivo no mejoró la resistencia a la filtración coronal de *E. faecalis* en un periodo largo de tiempo. Sin embargo, a corto plazo (45 y 60 días), sólo filtraron 2 dientes de 15. Este hecho podría indicar que la molécula antibacteriana pierde su eficacia con el paso de tiempo, disminuyendo con ello la resistencia a la microfiltración. Debemos reseñar que los trabajos encontrados sobre la actividad bactericida de la molécula MDPB evalúan periodos cortos de exposición (24-48h)<sup>412,413</sup>, mientras que en nuestro estudio, la resistencia a la microfiltración se evaluó durante periodos más largos (hasta 180 días). Er y cols.<sup>414</sup> compararon, con un sistema de filtración bacteriana de dos cámaras, la capacidad de sellado de diferentes adhesivos dentinarios de autograbado de 1 y 2 pasos. En su estudio, la aplicación de Clearfil™ Protect Bond no mejoró los resultados de filtración con respecto a la aplicación de los otros adhesivos dentinarios. Asimismo, Fathi y cols.<sup>415</sup>, evaluaron la capacidad de sellado de diferentes materiales restauradores en dientes endodonciados observando que la combinación de Clearfil™ Protect Bond con un composite fotopolimerizable (Clearfil™ AP-X) no evitó la filtración coronal de *E. faecalis* en mayor grado que la aplicación de un cemento de ionómero de vidrio (Ketac™ Cem), o que un cemento de resina autoadhesivo (Max Cem), obteniendo incluso mejores resultados con Ketac™ Cem, aunque sin diferencias significativas con

---

<sup>409</sup> Izutani N, Imazato S, Nakajo K, Takahashi N, Takahashi Y, Ebisu S, *et al.* Effects of the antibacterial monomer 12-methacryloyloxydodecylpyridinium bromide (MDPB) on bacterial viability and metabolism. *Eur J Oral Sci.* 2011;119:175-81.

<sup>410</sup> Giammanco GM, Cumbo EM, Luciani A, Gallina G, Mammina C, Pizzo G. *In vitro* evaluation of the antibacterial activity of cured dentin/enamel adhesive incorporating the antimicrobial agent MDPB. *New Microbiol.* 2009;32:385-90.

<sup>411</sup> Baca P, Freitas M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Arias-Moliz MP. *In vitro* *Enterococcus faecalis* biofilm formation on five adhesive systems. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* En prensa.

<sup>412</sup> Korkmaz Y, Ozalp M, Attar N. Comparison of the antibacterial activity of different self-etching primers and adhesives. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9:57-64.

<sup>413</sup> Imazato S, Kuramoto A, Takahashi Y, Ebisu S, Peters MC. *In vitro* antibacterial effects of the dentin primer of Clearfil Protect Bond. *Dent Mater.* 2006;22:527-32.

<sup>414</sup> Er K, Taşdemir T, Bayramoğlu G, Siso SH. Comparison of the sealing of different dentin bonding adhesives in root-end cavities: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106:152-8.

<sup>415</sup> Fathi B, Bahcall J, Maki JS. An *in vitro* comparison of bacterial leakage of three common restorative materials used as an intracoronal barrier. *J Endod.* 2007;33:872-4.

el resto. Los hallazgos de estos dos trabajos son similares a los obtenidos en este estudio.

**Excite® DSC** es un adhesivo dentinario de grabado-lavado, de un solo paso y de curado dual, que ha mostrado poseer un efecto inhibitorio de la formación de biopelículas de *E. faecalis* en su superficie<sup>416</sup>. En nuestro trabajo, la aplicación de Excite® DSC no impidió la filtración coronal de *E. faecalis*, y tuvo un comportamiento muy similar al de Clearfil™ Protect Bond. Nuestros resultados coinciden con los hallados por Moradi y cols.<sup>417</sup>, quienes publicaron que la aplicación de Excite® DSC en conductos radiculares, y en ausencia de barrillo dentinario, no mejoró el sellado apical de los mismos, en comparación con el uso de gutapercha y cemento sellador AH 26®. En su trabajo se empleó el análisis de filtración de fluidos, y el adhesivo dentinario se utilizó como agente sellador.

En relación a **AdheSE®**, podemos destacar que cuando se evalúa su capacidad bactericida mediante el test de difusión en agar, el *primer* ha mostrado tener un efecto antibacteriano sobre *S. mutans*, *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus acidophilus*<sup>418</sup>. Además, los adhesivos dentinarios de dos pasos obtienen mejores resultados con respecto otros sistemas adhesivos, en cuanto a la resistencia a la degradación se refiere<sup>419</sup>. Sin embargo, en nuestro trabajo, obtuvo peores resultados que el adhesivo One Coat 7.0, que es un sistema adhesivo de un solo paso. Cuando se compara con Clearfil™ Protect Bond, y con Excite® DSC, no se encuentran diferencias significativas en ningún periodo de exposición. Los resultados similares encontrados entre estos tres adhesivos podrían deberse a la diferente naturaleza de los mismos. Aunque Clearfil™ Protect Bond es un adhesivo fotopolimerizable, y no se conoce que ocurre con la polimerización a lo largo del conducto, posee una molécula antimicrobiana en la formulación del *primer*,

---

<sup>416</sup> Baca P, Freitas M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Arias-Moliz MP. *In vitro* *Enterococcus faecalis* biofilm formation on five adhesive systems. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. En prensa.

<sup>417</sup> Moradi S, Naghavi N, Rohani E, Javidi M. Evaluation of microleakage following application of a dentin bonding agent as root canal sealer in the presence or absence of smear layer. *J Oral Sci*. 2009;51:207-13.

<sup>418</sup> Korkmaz Y, Ozalp M, Attar N. Comparison of the antibacterial activity of different self-etching primers and adhesives. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9:57-64.

<sup>419</sup> De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, *et al*. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005;84:118-32.



lo que pudo compensar la falta de polimerización, y por tanto de adhesión, del mismo.

AdheSE® es un adhesivo de curado dual, lo que lo hace más compatible en el interior del conducto radicular. Por último, Excite® DSC es un adhesivo de grabado-lavado, de polimerización dual que ha mostrado poseer muy poca capacidad inhibitoria del crecimiento de biopelículas de *E. faecalis*<sup>420</sup>, a pesar de ello, es conocido que los adhesivos de grabado-lavado son los que presentan mayor capacidad de adhesión a dentina<sup>421</sup>, compensado así su falta de capacidad antibacteriana. En este sentido, Hayashi y cols.<sup>422</sup>, encontraron que los valores de adhesión del cemento de resina de curado dual Duo-Link™ disminuían al utilizar un agente adhesivo de autograbado (Tyrian™ SPE + One Step® Plus), en comparación con los resultados obtenidos con un adhesivo de grabado total (ácido fosfórico al 32% + One Step®).

En el presente estudio, los mejores resultados en el retraso de la filtración coronal de *E. faecalis*, se observaron en el grupo **One Coat 7.0**, mostrando diferencias estadísticamente significativas con el resto de grupos en una comparación 2 a 2, teniendo en cuenta de forma global todos los periodos de exposición, y a los 90 y 120 días cuando se evaluaron los periodos de forma independiente. Aunque no hemos encontrado en la literatura trabajos que evalúen el efecto antibacteriano del adhesivo One Coat 7.0, creemos que los resultados tan satisfactorios mostrados por este adhesivo podrían deberse a tres factores: en primer lugar, One Coat 7.0 posee una molécula antibacteriana (no facilitada por el fabricante) en su formulación; en segundo lugar, los adhesivos de un solo paso tienen menor grado de conversión<sup>423</sup>, lo cual permitiría a la molécula antibacteriana actuar libremente y ejercer su eficacia durante más tiempo. Por último, One Coat 7.0 requiere el uso de un activador para el autocurado, lo que podría haber

---

<sup>420</sup> Baca P, Freitas M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Arias-Moliz MP. *In vitro* *Enterococcus faecalis* biofilm formation on five adhesive systems. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. En prensa.

<sup>421</sup> Moodley D, Grobler SR. Dentine bonding agents--a review of adhesion to dentine. *SADJ*. 2002;57:234-8.

<sup>422</sup> Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci*. 2005;113:70-6.

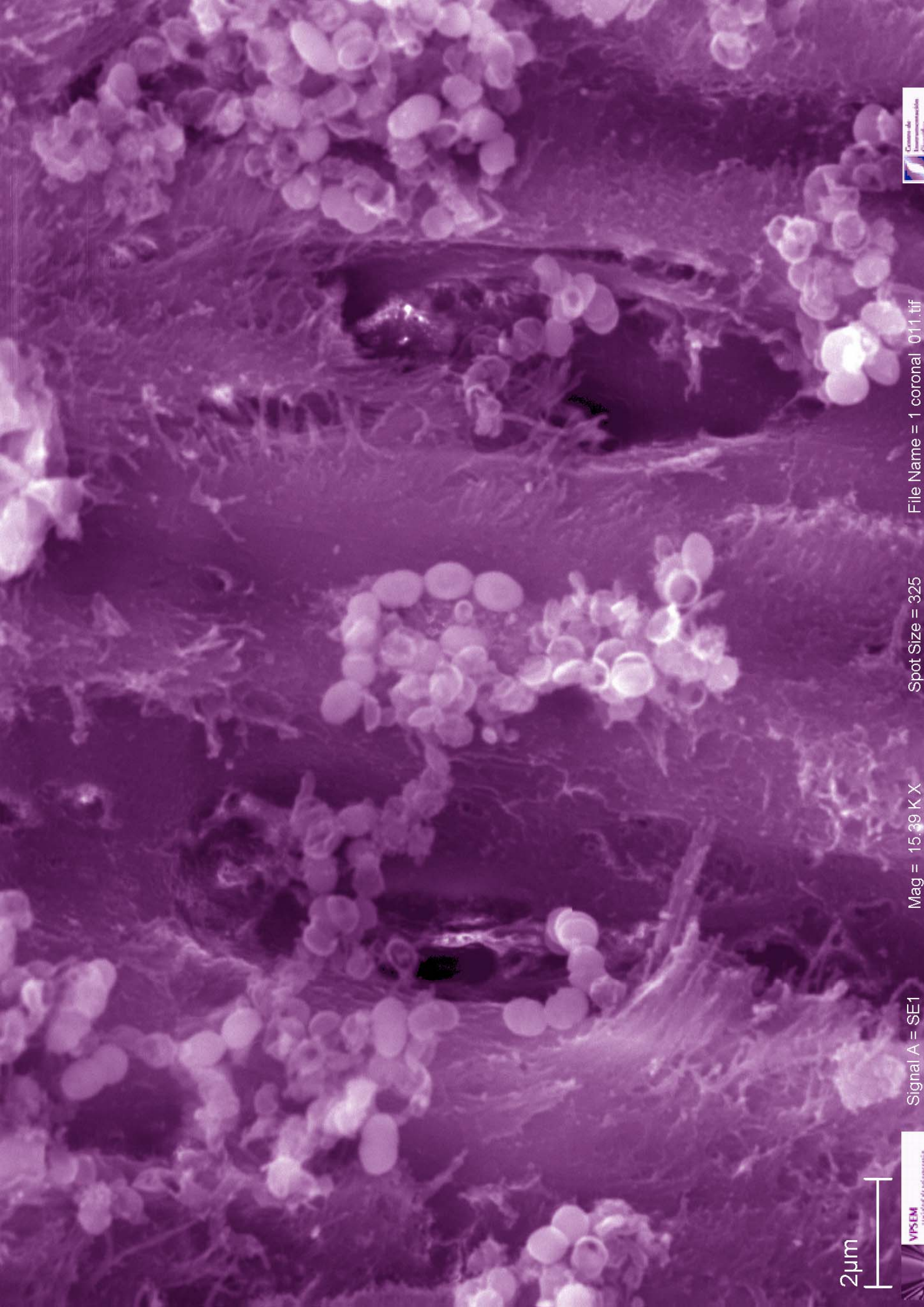
<sup>423</sup> Navarra CO, Cadenaro M, Codan B, Mazzoni A, Sergio V, De Stefano Dorigo E, Breschi L. Degree of conversion and interfacial nanoleakage expression of three one-step self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci*. 2009;117:463-9.

---

---

permitido una mejor adhesión del adhesivo al cemento sellador, ofreciendo una mayor resistencia a la filtración.





2µm



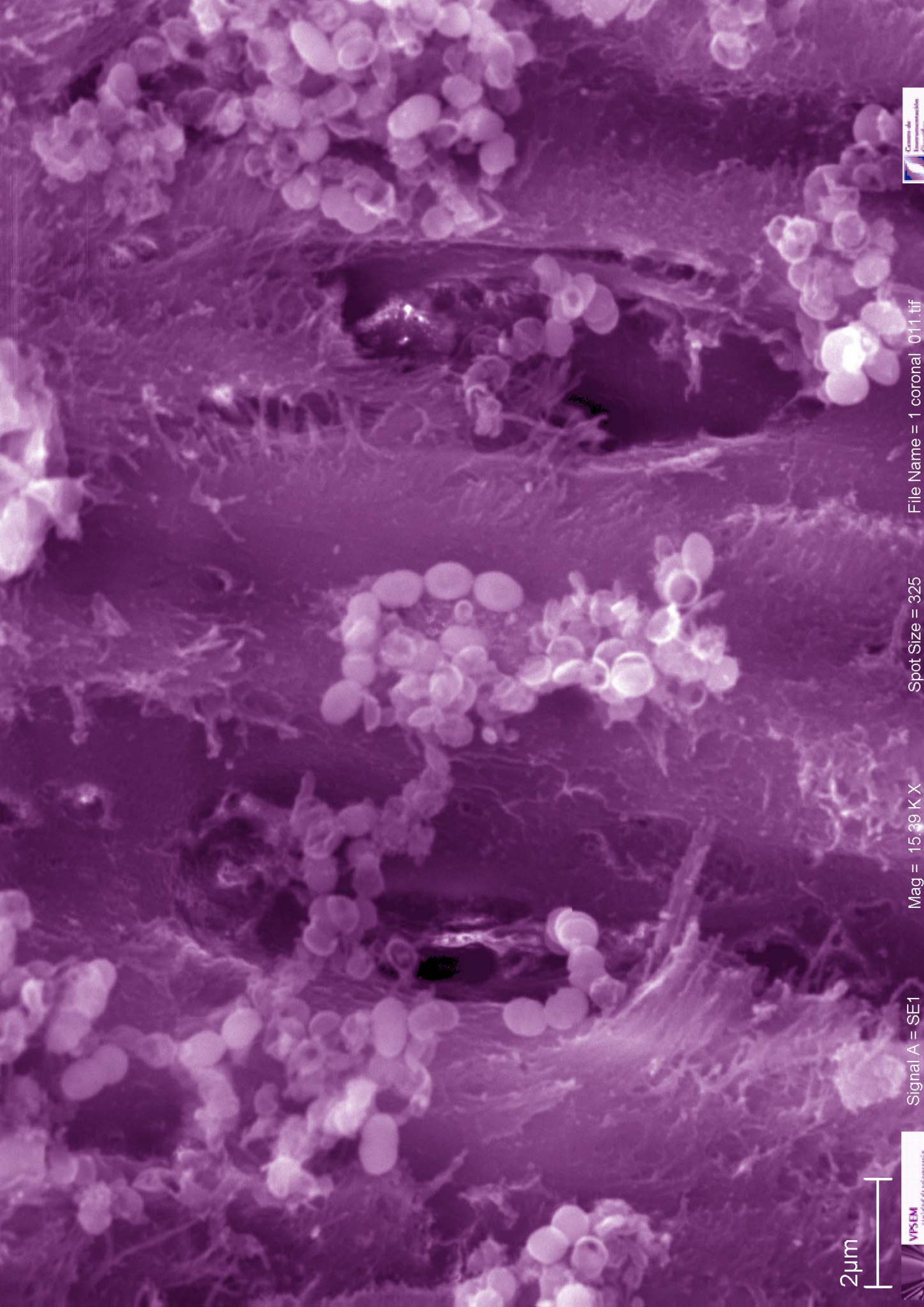
# Capítulo 6. CONCLUSIONES

“Las ciencias tienen las raíces amargas,  
pero muy dulces los frutos”.  
(Aristóteles)

Una vez expuestos los Resultados del estudio y la Discusión de los mismos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La filtración coronal de *E faecalis* se produjo en todos los protocolos de irrigación final y adhesivos utilizados durante el periodo de estudio.
2. EC40 mostró el mayor retraso en la filtración coronal de *E. faecalis*, aunque sin diferencias significativas con respecto a la CHX al 2%.
3. El adhesivo One Coat 7.0 retrasó la filtración coronal de *E faecalis* durante más tiempo que los demás adhesivos testados.





2µm

# Capítulo 7. BIBLIOGRAFÍA

“El experimentador que no sabe lo que está buscando no comprenderá lo que encuentra”.  
(Claude Bernard)

**A**bou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;54:323-8.

Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J.* 1999;32:197-203.

Ahlberg KM, Assavanop P, Tay WM. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and india ink in root-filled teeth. *Int Endod J.* 1995;28:30-4.

Arends J, Duschner H, Ruben JL. Penetration of varnishes into demineralized root dentine *in vitro*. *Caries Res.* 1997;31:201-5.

Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-García M, Baca P. *Enterococcus faecalis* biofilms eradication by root canal irrigants. *J Endod.* 2009;35:711-4.

Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-Rodríguez E, Liébana-Ureña J, Espigares-García M. Bactericidal activity of phosphoric acid, citric acid, and EDTA solutions against *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106:e84-9.

Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Navarro-Escobar E, Furtado Antunes de Freitas M, Baca P. Antimicrobial activity and *Enterococcus faecalis* biofilm formation on chlorhexidine varnishes. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011. En prensa.

Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Valderrama MJ, Baca P. Eradication of *Enterococcus faecalis* biofilms by cetrimide and chlorhexidine. J Endod. 2010;36:87-90.

Assouline LS, Fuss Z, Mazor Y, Weiss EI. Bacterial penetration and proliferation in root canal dentinal tubules after applying dentin adhesives *in vitro*. J Endod. 2001;27:398-400.

Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. Aust Dent J. 2007;52:S64-82.

Attin R, Tuna A, Attin T, Brunner E, Noack MJ. Efficacy of differently concentrated chlorhexidine varnishes in decreasing mutans streptococci and lactobacilli counts. Arch Oral Biol. 2003;48:503-9.

Attin T, Abouassi T, Becker K, Viegang A, Roos M, Attin R. A new

method for chlorhexidine (CHX) determination: CHX release after application of differently concentrated CHX-containing preparations on artificial fissures. Clin Oral Invest. 2008;12:189-96.

Ayad MF. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. J Prosthet Dent. 2001;85:67-72.

Baca P, Clavero J, Baca AP, González-Rodríguez MP, Bravo M, Valderrama MJ. Effect of chlorhexidine-thymol varnish on root caries in a geriatric population: a randomized double-blind clinical trial. J Dent. 2009;37:679-85.

Baca P, Freitas M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Arias-Moliz MP. *In vitro* *Enterococcus faecalis* biofilm formation on five adhesive systems. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011. En prensa.

Baca P, Junco P, Arias-Moliz MT, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Residual and antimicrobial activity of final irrigation protocols on *Enterococcus faecalis* biofilm in dentin. J Endod. 2011;37:363-6.

Balanyk TE, Sandham HJ. Development of sustained-release antimicro-

- bial dental varnishes effective against *Streptococcus mutans in vitro*. J Dent Res. 1985;64:1356-1360.
- Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Orstavik D. Bacterial leakage *versus* dye leakage in obturated root canals. Int Endod J. 1999;32:370-5.
- Basrani B, Lemonie C. Chlorhexidine gluconate. Aust Endod J. 2005;31:48-52.
- Basrani B, Robinson C. Irrigación y aspiración. En Basrani E, Cañete M, Blank A, ed. Endodoncia Integrada. Colombia: Actualidades Médico Odontológicas; 1999. p: 129-41.
- Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. J Endod. 2007;33:966-9.
- Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. J Endod. 1992;18:605-12.
- Baumgartner JC, Ibay AC. The chemical reactions of irrigants used for root canal debridement. J Endod. 1987;13:47-51.
- Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. J Endod. 1987;13:147-57.
- Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL. An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings. Int Endod J. 1996;29:99-107.
- Bouillaguet S. Biological risks of the resin-based materials to the dentin-pulp complex. Crit Rev Oral Biol Med. 2004;15:47-60.
- Britto LR, Grimaudo NJ, Verticci FJ. Coronal microleakage *versus* dye leakage in obturated root canal. Int Endod J. 1999;32:370-75.
- Britto LR, Grimaudo NJ, Vertucci FJ. Coronal microleakage assessed by polymicrobial markers. J Contemp Dent Pract. 2003;4:1-10.
- Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. J Endod. 2008;34:181-5.
- Buonocuore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res. 1955;34:849-53.



- Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J*. 1985;18:35-40.
- Calas P, Rochd T, Druilhet P, Azais JM. *In vitro* adhesion of two strains of *Prevotella nigrescens* to the dentin of the root canal: the part played by different irrigation solutions. *J Endod*. 1998;24:112-5.
- Calas P, Rochd T, Michel G. *In vitro* attachment of *Streptococcus sanguis* to the dentin of the root canal. *J Endod*. 1994;20:71-4
- Calt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod*. 2000;26:459-61.
- Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod*. 2002;28:17-9.
- Campanhã MTN, Mamizuka EM, Carmona-Ribeiro AM. Interactions between cationic liposomes and bacteria: the physical-chemistry of the bactericidal action. *J Lipid Res*. 1999;40:1495-500.
- Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod* 2003;29:592-4.
- Canalda Sahli C. Preparación de los conductos radiculares. En: Canalda Sahli C, Brau Aguade E, ed. *Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas*. 2ª Ed. Barcelona: Masson; 2006. p: 159-198.
- Canalda Salhi C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda Salhi C, Brau Aguadé E, eds. *Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas*. Barcelona: Masson; 2006. p. 209-37.
- Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Marshall GW. Microleakage of composite restorations after acid or Er-YAG laser cavity treatments. *Dent Mater*. 2001;17:340-6.
- Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D, Weetman DA. An *in vitro* study of the coronal leakage of two root canal sealers using an obligate anaerobe microbial marker. *Int Endod J*. 1996;29:249-55.
- Chailertvanitkul P, Saunders WP, Mackenzie D. An assessment of microbial coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and three different sealers. *Int Endod J*. 1996;29:387-92.
- Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D. The effect of smear

- layer on microbial coronal leakage of gutta-percha root fillings. *Int Endod J*. 1996;29:242-8.
- Chhabra RS, Huff JE, Haseman JK, Elwell MR, Peters AC. Carcinogenicity of p-chloroaniline in rats and mice. *Food Chem Toxicol*. 1991;29:119-24.
- Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent*. 2003;31:275-81.
- Cloete TE, Jacobs L, Brözel VS. The chemical control of biofouling in industrial water systems. *Biodegradation*. 1998;9:23-37.
- Cobankara FK, Adanr N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod*. 2004;30:406-9.
- Coolidge ED. The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps. *J Nat Dent Assoc*. 1919;6:337-349.
- da Silva LA, Sanguino AC, Rocha CT, Leonardo MR, Silva RA. Scanning electron microscopic preliminary study of the efficacy of SmearClear and EDTA for smear layer removal after root canal instrumentation in permanent teeth. *J Endod*. 2008;34:1541-4.
- Dakin HD. On the use of certain antiseptic substances in treatment of infected wounds. *Br Med J*. 1915;2:318-320.
- Danese P, Pratt L, Kolter R. Exopolysaccharide production is required for development of *Escherichia coli* K-12 biofilm architecture. *J Bacteriol*. 2000;182:3593-6.
- D'Arcangelo C, Varvara G, De Fazio P. An evaluation of the action of different root canal irrigants on facultative aerobic-anaerobic, obligate anaerobic, and microaerophilic bacteria. *J Endod*. 1999;25:351-3.
- Dartar Öztan M, Yilmaz S, Kalayci A, Zaimoglu L. A comparison of the *in vitro* cytotoxicity of two root canal sealers. *J Oral Rehabil*. 2003;30:426-9.
- De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J*. 2000;33:25-7.
- De Moor RJ, Homme GM. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta

- percha obturation techniques. *Int Endod J.* 2002;35:275-82.
- De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, *et al.* A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84:118-32.
- De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, *et al.* Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res.* 2003;82:136-40.
- Decho, A. Microbial biofilms in intertidal systems: an overview. *Continental Shelf Research.* 2000;20:1257-73.
- De-Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel RA. Sealing ability of oval-shaped canals filled using the System B heat source with either gutta-percha or Resilon: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;104:114-9.
- De-Deus G, Murad C, Paciornik S, Reis CM, Coutinho-Filho T. The effect of the canal-filled area on the bacterial leakage of oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2008;41:183-90.
- Derks A, Frencken J, Bronkhorst E, Kuijpers-Jagtman AM, Katsaros C. Effect of chlorhexidine varnish application on mutans streptococci counts in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthoped.* 2008;133:435-9.
- Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ. Biofilm formation in medicated root canals. *J Endod.* 2002;28:689-93.
- Dogan H, Calt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod.* 2001;27:578-80.
- Dow PR, Ingle JI. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1955;8: 1100-4.
- Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod.* 2006;32:527-31.
- Emilson CG. Susceptibility of various microorganisms to chlorhexidine. *Scand J Dent Res.* 1977;85:255-65.
- Er K, Taşdemir T, Bayramoğlu G, Siso SH. Comparison of the sealing of different dentin bonding adhesives in root-end cavities: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pa-*

- thol Oral Radiol Endod. 2008;106:152-8.
- Erdemir A, Adanir N, Belli S. *In vitro* evaluation of the dissolving effect of solvents on root canal sealers. J Oral Sci. 2003;45:123-6.
- Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. J Endod. 2004;30:113-6.
- Erickson RL. Surface interactions of dentin adhesive materials. Oper Dent. 1992;5:81-94.
- Estrela C. Preparación del conducto radicular. En: Estrela C, ed. Ciencia Endodóntica. Brasil: Artes Médicas; 2005. p: 363-413.
- Evans JT, Simon JH. Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized Gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. J Endod. 1986;12:100-7.
- Fabianelli A, Kugel G, Ferrari M. Efficacy of self-etching primer on sealing margins of Class II restorations. Am J Dent. 2003;16:37-41.
- Fathi B, Bahcall J, Maki JS. An *in vitro* comparison of bacterial leakage of three common restorative materials used as an intracoronary barrier. J Endod. 2007;33:872-4.
- Figdor D, Davies JK, Sundqvist G. Starvation survival, growth and recovery of *Enterococcus faecalis* in human serum. Oral Microbiol Immunol. 2003;18:234-9.
- Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. J Endod. 1990;16:442-5.
- Fulkerson MS, Czerw RJ, Donnelly JC. An *in vitro* evaluation of the sealing ability of Super-EBA cement used as a root canal sealer. J Endod. 1996;22:13-8.
- Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1994;78:359-67.
- Garvey LH, Roed-Petersen J, Hussum B. Anaphylactic reactions in anaesthetised patients: four cases of chlorhexidine allergy. Acta Anaesthesiol Scand. 2001;45:1290-94.
- Gatewood RS. Endodontic Materials. Dent Clin N Am. 2007;51:695-712.

- Ghoddusi J, Rohani A, Rashed T, Ghaziani P, Akbari M. An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. *J Endod.* 2007;33:173-6.
- Giammanco GM, Cumbo EM, Luciani A, Gallina G, Mammina C, Pizzo G. *In vitro* evaluation of the antibacterial activity of cured dentin/enamel adhesive incorporating the antimicrobial agent MDPB. *New Microbiol.* 2009;32:385-90.
- Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod.* 2006; 32:1091-3.
- Giardino L, Ambu E, Savoldi E, Rimondini L, Cassanelli C, Debbia EA Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, MTAD, and Tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod.* 2007;33:852-5.
- Glossary of Endodontic Terms. American Association of Endodontics, ed. Chicago: The Association; 2003. p: 34.
- Glossary: American Association of Endodontics Contemporary Termi-
- nology for Endodontics. 6th Ed. Chicago, 1998.
- Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadoyannis I, Economices N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent.* 2003;31:321-6.
- Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J Endod.* 1977;3:101-5.
- Goldman M, Golman LB, Krohman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Mel Oral Pathol.* 1981;52:197-204.
- Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. *In vitro* antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2001;34:424-8.
- Gomes BP, Pinheiro ET, Gadê-Neto CR, Sousa EL, Ferraz CC, Zaia AA, *et al.* Microbiological examination of infected dental root canals. *Oral Microbiol Immunol.* 2004;19:71-6.
- Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of

- pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J.* 2000;33:266-71.
- Grande NM, Plotino G, Falanga A, Pomponi M, Somma F. Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. *J Endod.* 2006;32:460-4.
- Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 2003;36:411-7.
- Grossman LI, Oliet S, Del Río C. En: Grossman LI, ed. *Endodontics*. 11th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1988. p: 279.
- Grossmann LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod.* 1976; 2:166-75.
- Gutmann JL, Whiserspoon DE. Sistema de obturación de los canales radiculares limpios y conformados. En: Cohen S, Burns RC, ed. *Vías de la pulpa*. 7ª ed. España: Harcourt Mosby; 1998: p. 258-361.
- Haapasalo M, Orstavik D. *In vitro* infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res.* 1987;66:1375-9.
- Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010; 54:291-312.
- Hancock HH, Sigurdsson A, Trope M, Moiseiwitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;91:579-86.
- Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. *In vivo* degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000;79:1385-91.
- Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. Resin-tooth adhesive interfaces after long-term function. *Am J Dent.* 2001;14:211-5.
- Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Sano H, Tay FR, Oguchi H, *et al.* Over-etching effects on micro-tensile bond strength and failure patterns for two dentin bonding systems. *J Dent.* 2002;30:99-105.
- Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *Int Endod J.* 2003;36:75-85.

- Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci.* 2005;113:70-6.
- Haznedaroglu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96:340-4.
- Heard DD, Ashworth RW. The colloidal properties of chlorhexidine and its interaction with some macromolecules. *J Pharm Pharmacol.* 1968;20:505-12.
- Hennequin M, Pajot J, Avignant D. Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *J Endod.* 1994;20:551-54.
- Hidalgo E, Bartolome R, Dominguez C. Cytotoxicity mechanisms of sodium hypochlorite in cultured human dermal fibroblasts and its bactericidal effectiveness. *Chem Biol Interact.* 2002;139:265-82.
- Hottel TL, el-Refai NY, Jones JJ. A comparison of the effects of three chelating agents on the root canals of extracted human teeth. *J Endod.* 1999;25:716-7.
- Hugo WB, Longworth AR. Some aspects of the mode of action of chlorhexidine. *J Pharm Pharmacol.* 1964;16:665-72.
- Hulsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation - literature review and case reports. *Int Endod J.* 2000;33:186-193.
- Imazato S, Ebi N, Tarumi H, Russell RR, Kaneko T, Ebisu S. Bactericidal activity and cytotoxicity of antibacterial monomer MDPB. *Biomaterials.* 1999;20:899-903.
- Imazato S, Ehara A, Torii M, Ebisu S. Antibacterial activity of dentine primer containing MDPB after curing. *J Dent.* 1998;26:267-71.
- Imazato S, Kawakami M, Torii M, Tsuchitani Y. Antibacterial activity of composites containing chemically bound non-releasing antibacterial component. *J Dent Res.* 1992;71:721.
- Imazato S, Kinomoto Y, Tarumi H, Ebisu S, Tay FR. Antibacterial activity and bonding characteristics of an adhesive resin containing antibacterial monomer MDPB. *Dent Mater.* 2003;19:313-9.
- Imazato S, Kuramoto A, Takahashi Y, Ebisu S, Peters MC. *In vitro* antibacte-

- rial effects of the dentin primer of Clearfil Protect Bond. *Dent Mater.* 2006;22:527-32.
- Imura N, Otani SM, Campos MJA, Jardim EG Jr, Zuolo ML. Bacterial penetration through temporary restorative materials in root canal treated teeth *in vitro*. *Int Endod J.* 1997;30:381-5.
- Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, *et al.* Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhes Dent.* 2001;3:237-45.
- Ishimura H, Yoshioka T, Suda H. Sealing ability of new adhesive root canal filling materials measured by new dye penetration method. *Dent Mater J.* 2007;26:290-5.
- Izutani N, Imazato S, Nakajo K, Takahashi N, Takahashi Y, Ebisu S, *et al.* Effects of the antibacterial monomer 12-methacryloyloxydodecyl pyridinium bromide (MDPB) on bacterial viability and metabolism. *Eur J Oral Sci.* 2011;119:175-81.
- Jacobson SM, von Fraunhofer JA. The investigation of microleakage in root canal therapy. An electrochemical technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1976;42:817-23.
- Jeanson MJ, White RR. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod.* 1994;20:276-8.
- Jett BD, Huycke MM, Gilmore MS. Virulence of enterococci. *Clin Microbiol Rev.* 1994;7:462-78.
- Jimenez A, Segura J, Llamas R, Jimenez A, Guerrero J, Calvo J. *In vitro* study of the effect of sodium hypochlorite and glutaraldehyde on substrate adherence capacity of macrophages. *J Endod.* 1997;23:562-4.
- Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod.* 2000;26:230-5.
- Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: relationship to endodontic disease. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15:308-20.
- Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979;5:83-90.
- Khayat A, Jahanbin A. The influence of smear layer on coronal leakage of Roth 801 and AH26 root canal sealers. *Aust Endod J.* 2005;31:66-8.



- Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod.* 1993;19:458-61.
- Khedmat S, Shokouhinejad N. Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *J Endod.* 2008;34:599-602.
- Kirkevang LL, Vaeth M, Hörsted-Bindslev P, Bahrami G, Wenzel A. Risk factors for developing apical periodontitis in a general population. *Int Endod J.* 2007;40:290-9.
- Kishen A, George S, Kumar R. *Enterococcus faecalis*-mediated biomineralized biofilm formation on root canal dentine *in vitro*. *J Biomed Mater Res A.* 2006;77:406-15.
- Kishen A, Sum CP, Mathew S, Lim CT. Influence of irrigation regimens on the adherence of *Enterococcus faecalis* to root canal dentin. *J Endod.* 2008;34:850-4.
- Kokorikos I, Kolokouris I, Economides N, Gogos C, Helvatjoglu-Antoniades M. Long-term evaluation of the sealing ability of two root canal sealers in combination with self-etching bonding agents. *J Adhes Dent.* 2009;11:239-46.
- Komorowski R, Grad H, Wu XY, Friedman S. Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *J Endod.* 2000;26:315-7.
- Kont Çobankara F, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *Int Endod J.* 2002;35:979-84.
- Korkmaz Y, Ozalp M, Attar N. Comparison of the antibacterial activity of different self-etching primers and adhesives. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9:57-64.
- Kreft B, Marre R, Schramm U, Wirth R. Aggregation substance of *Enterococcus faecalis* mediates adhesion to cultured renal tubular cells. *Infect Immun.* 1992;60:25-30.
- Kugler R, Bouloussa O, Rondelez F. Evidence of a charge-density threshold for optimum efficiency of biocidal cationic surfaces. *Microbiology* 2005;151:1341-8.
- Kuruville JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod.* 1998;24:472-6.

- Kuttler Y, ed. Endodoncia práctica. México: Alpha; 1961. p 199.
- Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, *et al.* Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res.* 2001;80:1919-24.
- Laurichesse JM, Breillat J. Le scellement du système canalaire (obturation de l'endodonte): le concept d'unité biocompatible de substitution. En: Laurichesse JM, Maestrom F, Breillat J, ed. *Endodontic Clinique.* Paris: CDP; 1986. p: 403-406.
- Lee Y, Han SH, Hong SH, Lee JK, Ji H, Kum KY. Antimicrobial efficacy of a polymeric chlorhexidine release device using *in vitro* model of *Enterococcus faecalis* dentinal tubule infection. *J Endod.* 2008;34:855-8.
- Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *Int Endod J.* 1996;29:76-83.
- Leonardo M, Simoes A. Preparación biomecánica de los conductos radiculares, medios físicos: irrigación, aspiración e inundación. En: Leonardo M, Leal J, ed. *Endodoncia: Tratamiento de los conductos radiculares.* 2ª Ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 1994. p: 268-75.
- Leonardo MR, Medeiros Salgado AA, Bezerra da Silva LA, Tanomaru Filho M. Apical and periapical repair of dogs' teeth with periapical lesions after endodontic treatment with different root canal sealers. *Pesqui Odontol Bras.* 2003;17:69-74.
- Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA, Nelson Filho P, Bonifácio KC, Ito IY. *In vivo* antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J Endod.* 1999;25:167-71.
- Lertchirakarn V, Timyam A, Messer HH. Effects of root canal sealers on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Endod.* 2002;28:217-9.
- Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH Plus. *J Endod.* 1999;25:109-13.
- Lin S, Zuckerman O, Weiss EI, Mazor Y, Fuss Z. Antibacterial efficacy of a new chlorhexidine slow release device to disinfect dentinal tubules. *J Endod.* 2003;29:416-8.

- Lindskog S, Pierce AM, Blomlöf L. Chlorhexidine as a root canal medicament for treating inflammatory lesions in the periodontal space. *Endod Dent Traumatol.* 1998;14:186-90.
- Love RM. *Enterococcus faecalis*: a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J.* 2001;34:399-405.
- Malheiros CF, Gavini G. Desmineralizing effect of citric acid in different concentrations over different periods of time. *Rev Odontol Univ Sao Paulo.* 1998;5:64-8.
- Maltezos C, Glickman GN, Ezzo P, He J. Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. *J Endod.* 2006;32:324-7.
- Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and *in vivo*. *Int Endod J.* 2007;40:873-81.
- Marcos Arenal JL, Herguedas Manso K, Astorkia Bordegaray R, Juarros Muiño F. Clorhexidina: Puesta al día tras 25 años de uso en Periodoncia. *Periodoncia* 1997; 7: 31-42.
- Marley JT, Ferguson DB, Hartwell GR. Effects of chlorhexidine gluconate as an endodontic irrigant and the apical seal: short-term results. *J Endod.* 2001;27:775-7.
- Marshall FJ, Massler M. The sealing ability of pulpless teeth with radioisotopes. *J Dent Med.* 1961;16:172-84
- Marton IJ, Balla G, Hegedus C, Redi P, Szilagyi Z, Karmazsin L, *et al.* The role of reactive oxygen intermediates in the pathogenesis of chronic apical periodontitis. *Oral Microbiol Immunol.* 1993;8:254-7.
- Matthijs S, Adriaens PA. Chlorhexidine varnishes: a review. *J Clin Periodontol.* 2002;29:1-8.
- Mavec JC, McClanahan SB, Minah GE, Johnson JD, Blundell RE Jr. Effects of an intracanal glass ionomer barrier on coronal microleakage in teeth with post space. *J Endod.* 2006;32:120-2.
- McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975;1:238-42.
- McMichen FRS, Pearson G, Rahbaran H, Gulavibala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J.* 2003;36:629-35.

- Meiers JC, Wirthlin MR, Shklair IL. A microbiological analysis of human early carious and non-carious fissures. *J Dent Res.* 1982;61:460-4.
- Merianos JJ. Quaternary ammonium antimicrobial compounds. En: Block SS, ed. *Disinfection, Sterilization, and Preservation.* Philadelphia: Lea & Febiger; 1991. p: 225-62.
- Miletic I, Jukic S, Anic I, Zeljezic D, Garaj-Vrhovac V, Osmak M. Examination of cytotoxicity and mutagenicity of AH 26 and AH Plus sealers. *Int Endod J.* 2003;36:330-5.
- Miletić I, Prpić-Mehićić G, Marsan T, Tambić-Andrasević A, Plesko S, Karlović Z, *et al.* Bacterial and fungal microleakage of AH26 and AH Plus root canal sealers. *Int Endod J.* 2002;35:428-32.
- Mjor IA, Sveen OB, Heyeraas KJ. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 1: normal structure and physiology. *Quintessence Int.* 2001;32:427-46.
- Mohamed FA. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. *J Prosthet Dent.* 2001;8:67-72.
- Mohammadi Z, Abbott PV. Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Aust Endod J.* 2009;35:131-9.
- Mohammadi Z, Abbott PV. On the local applications of antibiotics and antibiotic-based agents in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J.* 2009;42:555-567.
- Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* 2009;42:288-302.
- Mohammadi Z, Khademi AA, Davari AR. Evaluation of the antibacterial substantivity of three concentrations of chlorhexidine in bovine root dentine. *Iran End J.* 2008;2:113-25.
- Mohammadi Z, Shahriari S. Residual antibacterial activity of chlorhexidine and MTAD in human root dentin *in vitro.* *J Oral Sci.* 2008;50:63-7.
- Mohammadi Z, Yazdizadeh M. Evaluation of the antibacterial substantivity of a new root canal irrigation solution. *J Dent Clin Res.* 2006;2:271-5.
- Monticelli F, Sword J, Martin RL, Schuster GS, Weller RN, Ferrari M, *et al.* Sealing properties of two contem-

- porary single-cone obturation systems. *Int Endod J.* 2007;40:374-85.
- Moodley D, Grobler SR. Dentine bonding agents--a review of adhesion to dentine. *SADJ.* 2002;57:234-8.
- Moradi S, Naghavi N, Rohani E, Javidi M. Evaluation of microleakage following application of a dentin bonding agent as root canal sealer in the presence or absence of smear layer. *J Oral Sci.* 2009;51:207-13.
- Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod.* 2004;30:785-7.
- Nahmkias Y, Serota KS. Predictable endodontic success. Part II. Microstructural replication. *Oral Health.* 2003;12:36-41.
- Nakabayashi N, Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mater.* 1992;8:125-30.
- Nakabayashi N. The hybrid layer: a resin-dentin composite. *Proc Finn Dent Soc.* 1992;88:321-9.
- Nallapareddy SR, Qin X, Weinstock GM, Höök M, Murray BE. *Enterococcus faecalis* adhesin, ace, mediates attachment to extracellular matrix proteins collagen type IV and laminin as well as collagen type I. *Infect Immun.* 2000;68:5218-24.
- Navarra CO, Cadenaro M, Codan B, Mazzoni A, Sergo V, De Stefano Dorigo E, Breschi L. Degree of conversion and interfacial nanoleakage expression of three one-step self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci.* 2009;117:463-9.
- Nörtemann B. Biodegradation of EDTA. *Appl Microbiol Biotechnol.* 1999;51:751-9.
- Nygaard-Östby B. Chelation in root canal therapy: Ethylenediamine tetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol Tskr.* 1957;65:3-11.
- Onçağ O, Hoşgör M, Hilmioğlu S, Zekioglu O, Eronat C, Burhanoglu D. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. *Int Endod J.* 2003;36:423-32.
- Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6:142-9.
- Ozbek SM, Ozbek A, Erdorgan AS. Analysis of *Enterococcus faecalis* in samples from Turkish patients with

- primary endodontic infections and failed endodontic treatment by real-time PCR SYBR green method. *J Appl O Sci.* 2009;17:370-4.
- Padrós FE, Rodríguez VJ. Cómo obtener un sellado microscópico de las paredes de los conductos radiculares (técnica original). *Rev Eur Odontol Estomatol.* 2002;14:263-74.
- Pameijer CH, Zmener O. The effect of irrigation protocol on the polymerization of resin-based sealers—significance of oxygen inhibition. En: Pameijer CH, Frederic Barnett F, Zmener O, Schein B, ed. *Methacrylate based resin sealers—a paradigm shift in endodontics.* South Jordan: Ultradent Press; 2009. p. 135.
- Paquette L, Legner M, Fillery ED, Friedman S. Antibacterial efficacy of chlorhexidine gluconate intracanal medication *in vivo*. *J Endod.* 2007;33:788-95.
- Pashley EL, Birdsong NL, Browman K, Pashley DH. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod.* 1985;11: 525-8.
- Patterson SS. *In vivo* and *in vitro* studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1963;16:83-103.
- Peciuliene V, Balciuniene I, Eriksen HM, Haapasalo M. Isolation of *Enterococcus faecalis* in previously root-filled canals in a Lithuanian population. *J Endod.* 2000;26:593-5.
- Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Martín-Peinado FJ, González-López S. Decalcifying effect of 15% EDTA, 15% citric acid, 5% phosphoric acid and 2.5% sodium hypochlorite on root canal dentine. *Int Endod J.* 2008;41:418-23.
- Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP. The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. *J Endod.* 2006;32:993-7.
- Pinheiro ET, Gomes BP, Ferraz CC, Sousa EL, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J.* 2003;36:1-11.
- Pommel L, Camps J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. *J Endod.* 2001;27:256-8.

- Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endod.* 2001;27:347-50.
- Portenier I, Waltimo T, Haapasalo M. *Enterococcus faecalis*—the root canal survivor and 'star' in post-treatment disease. *Endod Topics.* 2003;6:135-59.
- Portenier I, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M. Killing of *Enterococcus faecalis* by MTAD and chlorhexidine digluconate with or without cetrimide in the presence or absence of dentine powder or BSA. *J Endod.* 2006;32:138-41.
- Pulgar R, Segura-Egea JJ, Fernández MF, Serna A, Olea O. The effect of AH 26 and AH Plus on MCF-7 breast cancer cell proliferation *in vitro*. *Int Endod J.* 2002;35:551-6.
- Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. *J Endod.* 2008;34:1521-3.
- Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995;28:12-18.
- Real Academia de la Lengua Española. *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*, 22<sup>a</sup> ed. Madrid: Espasa-Calpe; 2001.
- Rechenberg DK, De-Deus G, Zehnder M. Potential systematic error in laboratory experiments on microbial leakage through filled root canals: review of published articles. *Int Endod J.* 2011;44:183-94.
- Rechenberg DK, Thurnheer T, Zehnder M. Potential systematic error in laboratory experiments on microbial leakage through filled root canals: an experimental study. *Int Endod J.* 2011. En prensa.
- Reis A.F, Giannini M, Pereira P.N. Long-term TEM analysis of the nanoleakage patterns in resin-dentin interfaces produced by different bonding strategies. *Dent Mater.* 2007; 23:1164-1172.
- Ribeiro LG, Hashizume LN, Maltz M. The effect of different formulations of chlorhexidine in reducing levels of mutans streptococci in the oral cavity: A systematic review of the literature. *J Dent.* 2007;35:359-70.
- Richards MJ, Edwards JR, Culver DH, Gaynes RP. Nosocomial infections in combined medical-surgical intensive

- care units in the United States. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2000;21:510-5.
- Ricucci D, Gröndahl K, Bergenholtz G. Periapical status of root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration or caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000; 90:354-9.
- Rôças IN, Siqueira JF Jr, Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod.* 2004;30:315-20.
- Rolla G, Baastad KL. Chlorhexidine-a new remedy in tooth care?. *Nor Tannlaegeforen Tid.* 1970;80:248-55.
- Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98: 488-92.
- Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res.* 1990;69:1652-8.
- Russell A, Hugo W, Ayliffe G, ed. Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization. 3<sup>a</sup> Ed. Oxford: Blackwell Science; 1999. p: 124-48.
- Russell AD, Chopra I, ed. Understanding antibacterial action and resistance. 2th Ed. New York; Ellis Horwood;1996.
- Ryan S. Chlorhexidine as a canal irrigant: a review. *Compend Contin Educ Dent.* 2010;31:338-42.
- Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J.* 2008;41:32-40.
- Salzgeber RM, Brilliant JD. An *in vivo* evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *J Endod.* 1977;3:394-8.
- Saunders WP, Saunders EM The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J.* 1992;25:245-9.
- Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol.* 1994;10:105-8.
- Saunders WP, Saunders EM. Influence of smear layer on the coronal leakage of Thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings



- with a glass ionomer sealer. *J Endod.* 1994;20:155-8.
- Scelza MF, Antoniazzi JH, Scelza P. Efficacy of final irrigation: a scanning electron microscopic evaluation. *J Endod.* 2000;26:355-8.
- Schäfer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *J Endod.* 2002;28:638-42.
- Sedgley CM, Lennan SL, Clewell DB. Prevalence, phenotype and genotype of oral enterococci. *Oral Microbiol Immunol.* 2004;19:95-101.
- Segura JJ, Calvo JR, Guerrero JM, Jimenez-Planas A, Sampedro C, Llamas R. EDTA inhibits *in vitro* substrate adherence capacity of macrophages: endodontic implications. *J Endod* 1997; 23: 205-8.
- Segura JJ, Calvo JR, Guerrero JM, Sampedro C, Jimenez A, Llamas R. The disodium salt of EDTA inhibits the binding of vasoactive intestinal peptide to macrophage membranes: endodontic implications. *J Endod.* 1996;22:337-40.
- Seltzer S, Farber PA. Microbiologic factors in endodontology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78:634-45
- Sen BH, Wesselink PR, Turkun M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J.* 1995;28:141-8.
- Serper A, Calt S, Dogan AL, Guc D, Özçelik B, Kuraner T. Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA. *J Oral Sci.* 2001;43:233-8.
- Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany Self-Etch. *J Oral Sci.* 2010;52:83-7.
- Shemesh H, van den Bos M, Wu MK, Wesselink PR. Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. *Int Endod J.* 2007;40:866-72.
- Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod.* 2004;30:342-7.

- Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *J Endod.* 2005;31:91-6.
- Shipper G, Trope M. *In vitro* microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *J Endod.* 2004;30:154-8.
- Siqueira JF Jr, Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod.* 1998;24:414-6.
- Siqueira JF, Rocas IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000;26: 331-4
- Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.* 2005;31:669-71.
- Sjögren U, Figdor D, Spångberg L, Sundqvist G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *Int Endod J.* 1991;24:119-25.
- Soares IJ, Goldberg F. Procedimientos químicos auxiliares de la preparación quirúrgica. En: Soares IJ, Goldberg F, ed. *Endodoncia*. Argentina: Editorial Panamericana; 2002. p: 127-140.
- Souza MM, Souza MCMG, Saguy PC, Pécora JD. Ação antimicrobiana do hipoclorito de sodio em diferentes concentrações e tempos de contacto. *Odonto.* 1992;2:302-306
- Spangberg L. Instruments, materials and devices. En: Cohen S, Burns R, ed. *Pathways of the pulp*. 9th Ed. Missouri: Mosby; 1998. p:476-531.
- Spratt DA, Pratten J, Wilson M Gulabivala K. An *in vitro* evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J.* 2001;34:300-307.
- Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha *versus* Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *J Endod.* 2006;32:642-5.
- Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and

- current concepts in retreatment. *J Endod.* 2006;32:93-8.
- Subramanian K, Mickel AK. Molecular analysis of persistent periradicular lesions and root ends reveals a diverse microbial profile. *J Endod.* 2009;35:950-7.
- Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998;85:86-93.
- Sundqvist G. Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root canal flora. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78:522-30.
- Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod.* 2002;28:351-4.
- Tanriverdi F, Esener T, Erganis O, Belli S. An *in vitro* test model for investigation of disinfection of dentinal tubules infected with *Enterococcus faecalis*. *Braz Dental J.* 1997;8:67-72.
- Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Buruk K, Celik D, Cora S, *et al.* Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:e129-34.
- Tay FR, Hiraishi N, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Gillespie WT, *et al.* Bondability of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *J Endod.* 2006;32:133-7.
- Tay FR, Hiraishi N, Schuster GS, Pashley DH, Loushine RJ, Ounsi HF, *et al.* Reduction in antimicrobial substantivity of MTAD after initial sodium hypochlorite irrigation. *J Endod.* 2006;32:970-5.
- Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, *et al.* Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod.* 2005;31:514-9.
- Tay FR, Pashley DH, Williams MC, Raina R, Loushine RJ, Weller RN, *et al.* Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline hydrolysis. *J Endod.* 2005;31:593-8.
- Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR. Coronal leakage: effects of smear

- layer, obturation technique, and sealer. *J Endod.* 1997;23:508-12.
- Tendolkar PM, Baghdayan AS, Shankar N. Pathogenic enterococci: new developments in the 21st century. *Cell Mol Life Sci.* 2003;60: 2622-36.
- Tidswell HE, Saunders EM, Saunders WP. Assessment of coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and a glass of ionomer root canal sealer. *Int Endod J.* 1994;27:208-12.
- Toledo-Arana A, Valle J, Solano C, Arrizubieta MJ, Cucarella C, Lamata M, *et al.* The enterococcal surface protein, Esp, is involved in *Enterococcus faecalis* biofilm formation. *Appl Environ Microbiol.* 2001;67:4538-45.
- Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod.* 2003;29:233-9.
- Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94:658-66.
- Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, *et al.* A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003;29:170-5.
- Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 1995;21:109-12.
- Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990;16:566-9.
- Torneck CD. Reaction of hamster tissue to drugs used in sterilization of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1961;14:730-47.
- Trope M, Chow E, Nissan R. *In vitro* endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1995;11:90-4.
- Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. *J Endod.* 2004;30:782-4.
- Valadares MA, Soares JA, Nogueira CC, Cortes MI, Leite ME, Nunes E, *et al.* The efficacy of a cervical barrier in

- preventing microleakage of *Enterococcus faecalis* in endodontically treated teeth. *Gen Dent*. 2011;59:e32-7.
- Valois CRA, de Castro AJR. Comparison of the apical sealing ability of four root canal sealer. *J Bras Endod*. 2002;3:317-322.
- Van der Bijl P, Gelderblom WC, Thiel PG. On the mutagenicity of parachloroaniline, a breakdown product of chlorhexidine. *J Dent Assoc S Afr*. 1984;39:535-7.
- Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, *et al*. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003;28:215-35.
- Vassiliadis L, Liolios E, Kouvas V, Economides N. Effect of smear layer on coronal microleakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1996;82:315-20.
- Ventura M, Prati C, Capella G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J*. 2003;36:54-63.
- Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod*. 2004;30: 436-40.
- Veríssimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J Oral Sci*. 2006;48:93-8.
- Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, de Souza-Filho FJ. *In vitro* evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004;97:79-84.
- Vieira DB, Carmona-Ribeiro AM. Cationic lipids and surfactants as antifungal agents: mode of action. *J Antimicrob Chemother*. 2006;58:760-7.
- Vittal R, Gomathi H, Kim KJ. Beneficial role of surfactants in electrochemistry and in the modification of electrodes. *Adv Colloid Interface Sci*. 2006;119:55-68.
- Vivacqua-Gomes N, Ferraz CC, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally con-

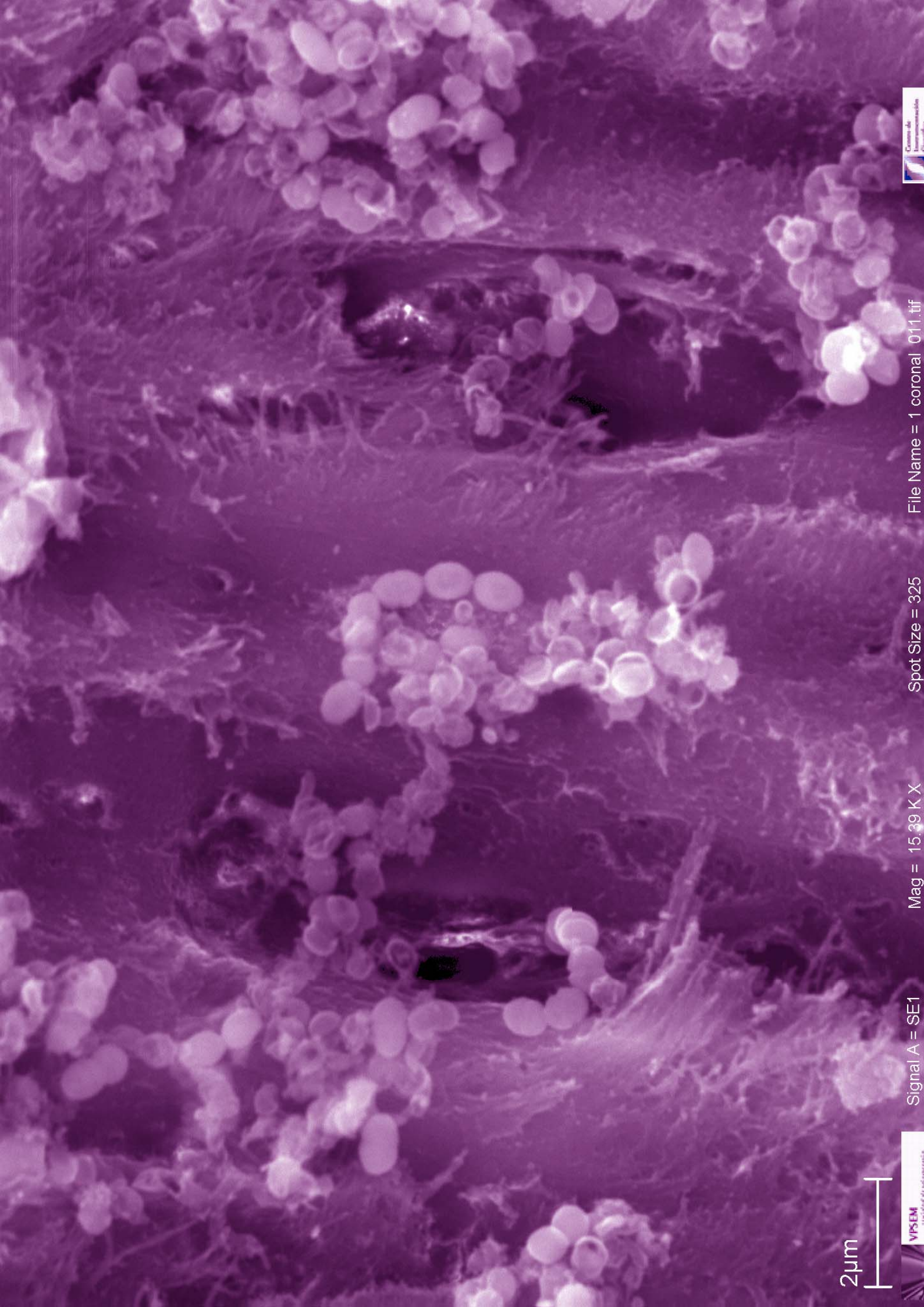
- densed gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 2002;35:791-5.
- von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC. The effect of root canal preparation on micro-leakage within endodontically treated teeth: an *in vitro* study. *Int Endod J.* 2000;33:355-360.
- Wang CS, Arnold RR, Trope M, Texeira FB. Clinical efficiency of 2% chlorhexidine gel in reducing intracanal bacteria. *J Endod.* 2007;33:1283-89.
- White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod.* 1984;10:558-62.
- White RR, Hays GL, Janer LR. Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *J Endod.* 1997;23:229-31.
- Whitworth JM, Boursin EM. Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. *Int Endod J.* 2000;33:19-24.
- Wicht MJ, Haak R, Lummert D, Noack MJ. Treatment of root caries lesions with chlorhexidine-containing varnishes and dentin sealants. *Am J Dent.* 2003;16:Spec No:25A-30A.
- Williamson AE, Cardon JW, Drake DR. Antimicrobial susceptibility of monoculture biofilms of a clinical isolate of *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2009;35:95-7.
- Williamson AE, Marker KL, Drake DR, Dawson DV, Walton RE. Resin-based *versus* gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial leakage in an *in vitro* model system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:292-6.
- Wisplinghoff H, Seifert H, Tallent SM, Bischoff T, Wenzel RP, Edmond MB. Nosocomial bloodstream infections in pediatric patients in United States hospitals: epidemiology, clinical features and susceptibilities. *Pediatr Infect Dis J.* 2003;22:686-91.
- Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1993;26:203-8.
- Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1994;27:233-8.
- Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg*

- Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000;89:739-43.
- Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006;101:662-7.
- Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. Int Endod J. 1993;26:37-43.
- Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;99:107-11.
- Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solution: Part 3. J Endod. 1983;9:137-42.
- Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. J Endod. 1996;22:27-29.
- Yelsilsoy C, Withaker E, Cleveland D, Phillips E, Trope M. Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants. J Endod. 1995;21:513-5.
- Yoshida T, Shibata T, Shinoara T, Gomyo S, Sekine I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. J Endod. 1995;21:592-3.
- Zaia AA, Nakagawa R, De Quadros I, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, *et al.* An *in vitro* evaluation of four materials as barriers to coronal microleakage in root-filled teeth. Int Endod J. 2002;35:729-34.
- Zamany A, Safavi K, Spangberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;96:578-81.
- Zehnder M, Guggenheim B. The mysterious appearance of enterococci in filled root canals. Int Endod J. 2009;42:277-87.
- Zehnder M. Root canal irrigants. J Endod. 2006;32:389-98.
- Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. J Endod. 2003;29:654-7.

Zmener O, Pameijer CH, Alvarez Serrano S. Effect of immediate and delayed post space preparation on coronal bacterial microleakage in teeth obturated with a methacrylate-based sealer with and without accelerator. Am J Dent. 2010;23:116-20.







2µm