



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

BIOACTIVIDAD DE 3 CEMENTOS SELLADORES
ENDODÓNTICOS: I-ROOT SP[®], AH PLUS[®],
SEALAPEX[®]. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

ROCIO LUCERO GONZALEZ AGUILAR.

TUTOR: Esp. VÍCTOR GABRIEL GUZMÁN RAMÍREZ.

ASESOR: Esp. ELIZABETH FLORES ARNAUD.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS.

A mi mamá, porque sin ella nada hubiera sido posible. Gracias por enseñarme que podemos solas y que con fe, esfuerzo y constancia todo se logra. No existen palabras suficientes para decirte lo mucho que te amo.

A mi familia por su apoyo incondicional y confianza.

A mis amigos de la Facultad Lilián, Karla, Amaury, Carolina, Sergio, Montserrat y Aranza, por hacer ameno este camino, por los días llenos de risas y recuerdos, por el apoyo y porque juntos llegaremos lejos.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y pasión.

A Maleni, por estar conmigo desde el día uno, por tus consejos y por nunca dejar que me rinda, pero sobre todo gracias por ser mi faro en la oscuridad.

A mí.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	1
1.CEMENTOS SELLADORES.	2
1.1 Definición y propiedades.	2
1.2 Tipos de cemento sellador.	5
1.2.1 Biocerámicos.....	6
1.2.2 Hidróxido de calcio.....	8
1.2.3 Resina epoxi.	11
2. CEMENTO SELLADOR BIOCERÁMICO.	13
2.1 iRoot SP®.	13
2.2 Propiedades fisicoquímicas y biológicas.	15
2.2.1 Bioactividad.	17
2.3 Manipulación y usos.....	19
3. CEMENTO SELLADOR A BASE DE HIDRÓXIDO DE CALCIO.	22
3.1 Sealapex®.	22
3.2 Propiedades fisicoquímicas y biológicas.	24
3.2.1 Bioactividad.	25
3.3 Manipulación y usos.	27
4. CEMENTO A BASE DE RESINA EPOXI.	29
4.1 AH-Plus	29
4.2 Propiedades fisicoquímicas y biológicas.	31
4.2.1 Bioactividad.	32
4.3 Manipulación y usos.....	35
5.COMPARACIÓN DE LA BIOACTIVIDAD DE 3 DIFERENTES CEMENTOS SELLADORES	37
CONCLUSIÓN.	41
REFERENCIAS.	43
REFERENCIAS DE FIGURAS.	49

INTRODUCCIÓN.

El tratamiento de conductos tiene como propósito principal lograr una desinfección del sistema de conductos radiculares mediante un proceso químico-mecánico a partir de la instrumentación y posterior obturación del mismo, para lo cual se emplean conos de gutapercha; sin embargo, el cono por sí mismo no consigue un sellado hermético del conducto, razón por la cual se hace uso de cementos selladores. Su fluidez y propiedades de los cementos facilitan la creación de una unión dentina-cono-gutapercha, y logra la obturación de conductos deltas apicales, laterales, accesorios, secundarios e irregularidades que hayan quedado sin instrumentar o incluso sin ser tocados por algún agente irrigante, creando de esta manera un sellado hermético y tridimensional del sistema de conductos radiculares, y a su vez evita la proliferación de bacterias hacia el interior del conducto.

Los cementos selladores se clasifican de acuerdo al material base con el que están formulados, pero todos poseen características comunes que ayudan a fomentar el éxito del tratamiento de conductos, por ejemplo, la biocompatibilidad con los tejidos perirradiculares para no causar irritación ni citotoxicidad en caso de una extrusión accidental. En la actualidad, el campo de investigación en torno a los cementos selladores va dirigido al estudio de las propiedades físico-químicas y biológicas que, al estar en contacto con los tejidos perirradiculares, induzcan a la formación de tejidos mineralizados y sean coadyuvantes en la reparación de lesiones a lo que se denomina bioactividad de un cemento sellador.

El propósito del presente trabajo consiste en realizar una recopilación de la literatura vigente para comparar la bioactividad de tres cementos selladores endodónticos: Sealapex[®], AH Plus[®] y iRoot SP[®] con el fin de dar las herramientas teóricas al clínico para que emita su propio juicio basado en evidencia sobre qué cemento sellador elegir de acuerdo a las características bioactivas de cada biomaterial, y de este modo pueda emplearlo en cada caso clínico.

1.CEMENTOS SELLADORES.

1.1 Definición y propiedades.

El tratamiento endodóntico implica un proceso químico-mecánico que tiene como propósito lograr la desinfección del sistema de conductos radiculares para su posterior obturación, los materiales comúnmente utilizados para este fin son los conos de gutapercha y los cementos selladores. ⁽¹⁾

Los cementos selladores son pastas que endurecen dentro del conducto radicular, estos pueden tener una presentación pasta-pasta o polvo-líquido, dependiendo de la casa comercial, son utilizados como lubricante para facilitar el deslizamiento y colocación de conos de gutapercha. Su propósito principal es sellar los espacios existentes entre la gutapercha y la pared dentinaria al momento de realizar una obturación lateral o vertical del conducto radicular, así como, rellenar espacios en conductos laterales, accesorios, deltas apicales, istmos, espacios e imperfecciones entre la gutapercha y la dentina, logrando una obturación de manera tridimensional, hermética, anti fluidos y estable. Grossman, ⁽²⁾ detalló las propiedades de un cemento sellador ideal, entre las que se encuentran: ser radiopaco, adhesión a las paredes dentinarias, proporcionar un sellado hermético, ser de fácil mezclado, ser bacteriostático, fraguar de manera lenta y no contraerse al hacerlo, no debe de teñir al diente, debe de ser soluble en un solvente común, pero ser insoluble por los fluidos tisulares y ser bien tolerado por los tejidos periodontales. ⁽²⁾

El propósito de la obturación del sistema de conductos radiculares es lograr un sellado hermético y tridimensional de este, la fluidez del cemento sellador es clave para lograr dicho propósito ya que facilita el flujo del cemento sellador hacia el interior de los conductos, esta fluidez se logra con un tiempo lento de fraguado, nula o mínima contracción al fraguado y un correcto tiempo de manipulación. Aunque existen diversos factores que pueden influir en la fluidez del cemento sellador como son: la temperatura ambiente, el tiempo de mezclado y el diámetro de los conductos que se

desea obturar. Según la ISO 6786/2001⁽³⁾ la tasa de fluidez de un cemento sellador no debe de ser menor a 20mm.⁽³⁾

La obturación tridimensional (Figura 1) del conducto radicular conlleva a un correcto sellado microscópico el cual impide la microfiltración de fluidos y bacterias al interior del conducto,⁽⁴⁾ que junto con la propiedad bacteriostática de los cementos selladores evita la proliferación bacteriana hacia el interior del conducto y proporciona un efecto antimicrobiano contra bacterias periodontales sin causar una respuesta irritativa en los tejidos periapicales.⁽⁵⁾ Esta característica eleva la probabilidad de éxito del tratamiento de conductos, ya que el cemento sellador tiene la capacidad de eliminar bacterias residuales que hayan sobrevivido al tratamiento químico-mecánico previo a la obturación. La clave de esta propiedad se basa en la alcalinidad y liberación de iones de calcio del cemento sellador que en conjunto producen una reparación de los tejidos postratamiento mediante un depósito de tejido mineralizado.⁽³⁾

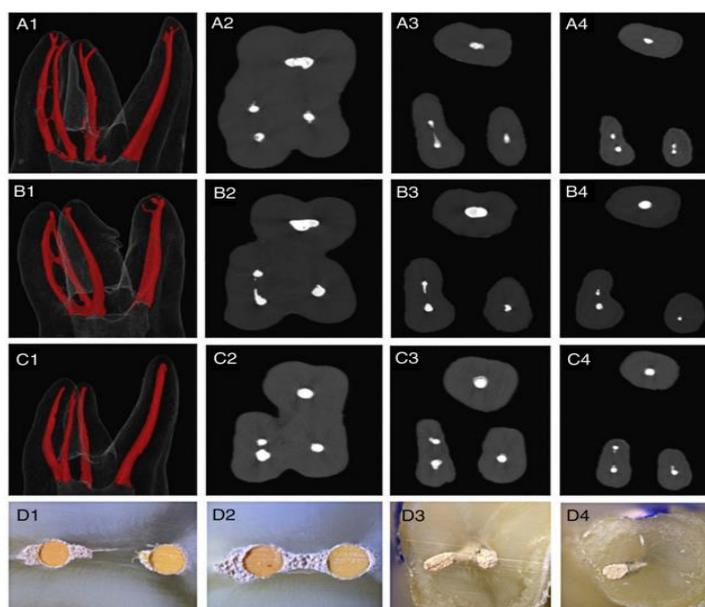


Figura 1. Obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares.

Recuperado a partir de: Zhong X, Shen Y, Ma J, Chen W, Haapasalo M. Quality of Root Filling after Obturation with Gutta-percha and 3 Different Sealers of Minimally Instrumented Root canals of the Maxillary First Molar. JOE.2019 [Consultado 28 de septiembre de 2023]; 45(8): 1030-1035. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.04.012>

En caso de que se produzca una extrusión del cemento sellador hacia los tejidos perirradiculares éste debe de ser bien tolerado, no causar una reacción alérgica, irritativa o tóxica, es decir, debe de ser un material biotolerable, a pesar de que diversos autores afirman que todos los cementos selladores poseen cierta citotoxicidad al momento de ser mezclados y aplicados, pero esta va disminuyendo conforme el cemento fragua. Una de las propiedades primordiales y en la que se realizará mayor hincapié para fines de este trabajo, es la bioactividad de un cemento sellador, la cual se define como “la respuesta celular inducida por la liberación de iones o sustancias biológicamente activas del biomaterial para que se produzca la biomineralización” (5, p.2). Por otro lado, el cemento debe de tener la capacidad de producir una “respuesta adecuada al momento de ser aplicado en un punto en específico” (5, p.2), a esta característica se le conoce como biocompatibilidad. (5)

Otra propiedad importante es la radiopacidad del cemento sellador (Figura 2) debido a que permite su identificación de manera radiográfica, permitiendo evaluar la calidad de la obturación y diferenciar al cemento de estructuras adyacentes. Al finalizar la obturación, se deben de remover todos los excedentes de cemento sellador de la dentina coronal ya que a pesar de que el cemento no debe de teñir al diente, si se dejan excedentes es probable que se produzca un cambio de coloración afectando la estética del paciente. (3)

Conocer las propiedades de los cementos selladores es de vital importancia para determinar cuál será utilizado dependiendo de cada caso clínico; a lo largo del tiempo, se han introducido al mercado diversos tipos de cementos selladores los cuales se pueden clasificar de acuerdo con el material base con el que están fabricados. (5)



Figura 2. Radiopacidad del cemento sellador.

Recuperado de: Aminoshariae A, Johnson W, Kulild J, Tay F. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y conformados. En: Berman LH, Hargreaves KM, editor. Cohen. Vías de la Pulpa. Elsevier; 2022.p. 304-342. [Consultado 30 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unam/reader.action?docID=1722929>

1.2 Tipos de cemento sellador.

Los cementos selladores de conductos radiculares se pueden clasificar de acuerdo con su composición base en: óxido de Zinc-Eugenol, salicilato, ionómero de vidrio, silicona, resina epoxi, silicato tricálcico y resina de metacrilato. A lo largo del tiempo, los biomateriales dentales han ido evolucionando y por ende la composición de los cementos selladores ha cambiado o ha sido modificada, actualmente los cementos selladores pueden incluir en sus rellenos cerámica, hidróxido de calcio, agregado trióxido mineral (MTA) y fosfato de calcio; no obstante, su composición sigue siendo a base de los materiales previamente mencionados. ⁽⁴⁾

Tener conocimiento sobre las propiedades, usos, beneficios, indicaciones y contra indicaciones, costos y manejo de cada cemento sellador es de vital importancia para el odontólogo ya que de este modo puede decidir qué cemento sellador utilizar dependiendo del caso.

1.2.1 Biocerámicos.

Las cerámicas son materiales inorgánicos que están constituidos por materiales metálicos y no metálicos. El término biocerámico se utiliza para referirse a materiales cuyo comportamiento biológico positivo (bioactivo) puede reparar, sustituir e inducir la formación de tejidos óseos y tisulares. Los materiales biocerámicos pueden contener alúmina, zirconia, vidrio bioactivo, hidroxiapatita, silicato de calcio y fosfato de calcio. ^(5,6)

El uso de materiales biocerámicos está destinado al área médica donde son utilizados para recubrir implantes metálicos mejorando así su bioactividad y biocompatibilidad con los tejidos circundantes, también pueden ser utilizados como sustitutos de injertos óseos. Por otro lado, el uso de biocerámicos en odontología, especialmente en el área de endodoncia, es relativamente nuevo y data a no más de 30 años atrás.⁽³⁾ Anteriormente el uso de materiales biocerámicos se vio limitado en endodoncia por su baja radiopacidad, largo tiempo de fraguado y el aspecto grisáceo que le daba a los dientes; sin embargo, actualmente las propiedades bioactivas y biológicas de los biocerámicos los ha hecho destacar, se ha demostrado que estos selladores logran un sellado tridimensional, hermético e hidráulico del conducto radicular que junto a su propiedad de adhesión a la pared dentinaria da características deseables en un cemento sellador de primer elección.^(5,6)

A diferencia de otros selladores de conductos radiculares, estos vienen en una presentación polvo-líquido, pasta-pasta o premezclados listos para usarse, otra característica que resalta en estos materiales es su capacidad para fraguar en ambientes húmedos como en presencia de sangre o fluidos, ya que son materiales hidrofílicos. ^(5,6)

Los materiales biocerámicos se pueden clasificar en materiales bioactivos o bioinertes dependiendo de su interacción con el huésped; por ejemplo, el vidrio y el fosfato de calcio, incluidos en la composición de los biocerámicos, se consideran materiales bioactivos ya que inducen a la formación y crecimiento de tejidos de reparación. Por otro lado, los materiales bioinertes

son aquellos que producen una mínima o nula interacción con los tejidos circundantes por ende no causan ninguna respuesta biológica al ser administrados, ejemplos de estos materiales son la zirconia y la alúmina. ⁽³⁾

La aplicación de los cementos selladores a base de biocerámicos en la consulta clínica ofrece diversas ventajas, principalmente el uso de estos materiales aumenta la probabilidad de éxito del tratamiento endodóntico ya que al liberar sustancias bioactivas induce a la diferenciación de los odontoblastos, se ha comprobado que estos materiales forman una capa de apatita en su superficie por lo que se recomiendan en aquellos casos donde el riesgo de extrusión es amplio (Figura 3) por ejemplo: en dientes con ápice abierto, reabsorción radicular, conductos con una sobre instrumentación o en la reparación de perforaciones. Su biocompatibilidad disminuye el riesgo de rechazo por los tejidos periapicales ayudando a reparar de una manera más pronta las lesiones periapicales; además, al fraguar genera una estructura cristalina que mejora la unión del sellador con la dentina, lo que podría resultar en un inconveniente cuando se desea realizar un retratamiento ya que su remoción resulta difícil. ^(1,3,6,7)



Figura 3. Extrusión de cemento sellador.

Recuperado de: Aminoshariae A, Johnson W, Kulild J, Tay F. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y conformados. En: Berman LH, Hargreaves KM, editor. Cohen. Vías de la Pulpa. Elsevier; 2022.p. 304-342. [Consultado 30 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unam/reader.action?docID=1722929>

En resumen, se puede afirmar que los cementos selladores a base de biocerámicos, son considerados materiales bioactivos porque inducen el proceso fisiológico del hueso y la mineralización dental que, junto a sus propiedades bioactivas, biocompatibilidad con los tejidos perirradiculares, formación de hidroxiapatita, pH alcalino y un buen sellado crean las condiciones favorables para la cicatrización periapical. La difusión del calcio, carbonato y silicio dentro de los túbulos dentinarios da como resultado una alta resistencia a la microfiltración y un anclaje micromecánico, y finalmente, los cementos biocerámicos generan una mínima expansión tras su fraguado. ⁽⁸⁾

1.2.2 Hidróxido de calcio.

Los cementos a base de hidróxido de calcio se utilizan desde hace más de 25 años, fueron creados con el fin de generar una disminución del dolor posoperatorio, conservando las propiedades del hidróxido de calcio. Los cementos a base de este material poseen mayor alcance antibacteriano y bacteriostático, capacidad conseguida gracias a la separación de iones hidroxilo y calcio que alteran el gradiente de pH de la membrana citoplasmática de las bacterias, razón por la cual es ideal para utilizarse como medicación intraconducto. La modificación del pH intraconducto que genera el cemento sellador es favorable para la reparación de los tejidos periapicales. ^(10,9,11)

Son cementos solubles ya que para poder liberar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y llevar a cabo sus efectos terapéuticos es necesaria esta capacidad, aunque dicha característica podría considerarse contradictoria a las características que un cemento sellador debe de poseer; se ha comprobado que poseen biocompatibilidad e inducen a la osteogénesis.⁽²⁾ Estos cementos se consideran de elección cuando es necesaria la formación de un tapón apical o la reparación de perforaciones gracias a su propiedad osteogénica, osteoinductora y cementogénica; sin embargo, una de sus desventajas es que no posee suficiente adhesión a las paredes dentinarias lo que podría

ocasionar un pobre sellado apical y su posterior desprendimiento, así como el paso de bacterias desde los tejidos periapicales hacia el interior del conducto.⁽¹¹⁾

Se han propuesto diversos mecanismos de acción para los cementos a base de hidróxido de calcio; se dice que su pH alcalino neutraliza el ácido láctico secretado por los osteoclastos previniendo la disolución de los minerales del diente y fomentando la activación de la fosfatasa alcalina para la formación de tejido mineralizado. También se ha comprobado que el hidróxido de calcio tiene la capacidad de introducirse en los túbulos dentinarios llegando al espacio del ligamento periodontal poniendo un alto a la resorción radicular externa y acelerando el proceso de curación.

Los cementos selladores a base de Hidróxido de calcio, liberan iones calcio durante una disociación iónica que se lleva a cabo cuando éste entra en contacto con agua o se encuentra en un medio húmedo; se dice que el hidróxido de calcio es capaz de formar puentes de tejido mineralizado y que su cantidad es directamente proporcional a los iones libres ya que éstos son necesarios para la migración, diferenciación y mineralización celular.⁽¹²⁾

Durante la obturación del conducto radicular puede que el cemento sellador se extruya produciendo ciertas complicaciones como dolor, hipoestesia, parestesia y disestesia de la zona donde se haya extruido el cemento sellador, el tratamiento para estos casos puede ser la remoción quirúrgica del cemento sellador, dando como resultado una resolución casi completa de la anestesia o parestesia, siendo la tasa de recuperación por este medio del 46%; o un tratamiento no quirúrgico (terapia médica y fisioterapia) donde la tasa de recuperación de acuerdo con Kudoh K y cols.⁽¹³⁾ es del 63%.⁽¹³⁾

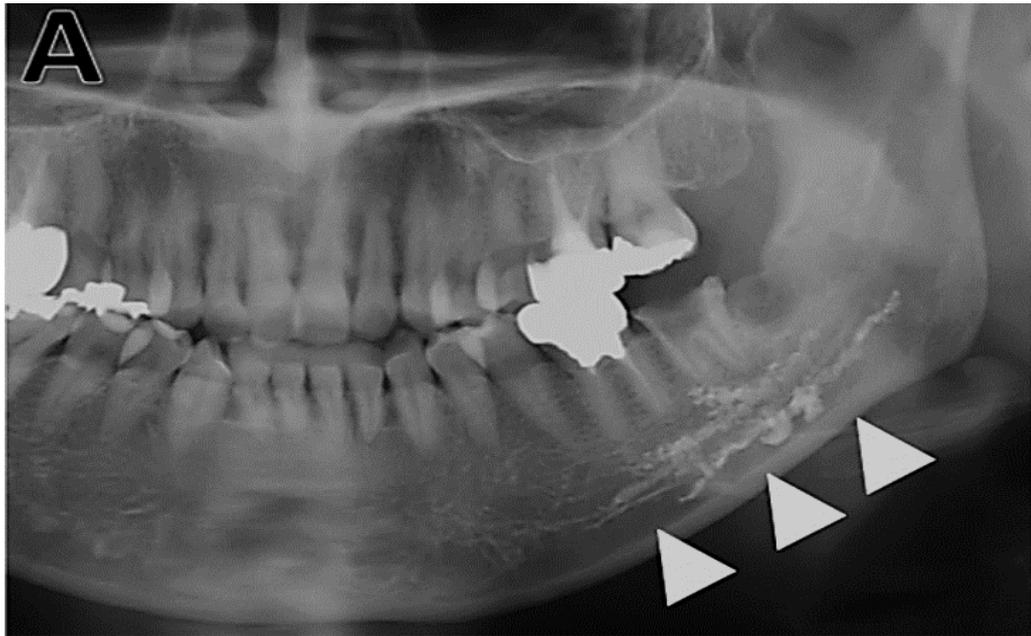


Figura 4. Extrusión de cemento sellador hacia el canal mandibular.

Recuperado de: Kudoh K, Takaishi K, Kudoh T, Takamaru N, Kamada K, Miyamoto Y. Inferior alveolar nerve paresthesia caused by the extrusion of calcium hydroxide-based paste into the mandibular canal: A case report. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine and Pathology*. 2020 [Consultado 22 de septiembre de 2023]; 32(5): 366-369. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.ajoms.2020.05.005>

Se ha comprobado que uno de los motivos por los que el cemento sellador se puede extruir más allá del ápice dental en dientes inferiores es la proximidad del ápice dental al canal mandibular (Figura 4) Littner y cols. ⁽¹³⁾ especifican que el borde superior del canal mandibular se encuentra entre 3.5 y 5.4mm por debajo del ápice radicular de los primeros y segundos molares inferiores, aunque características como el sexo, edad y el curso del canal mandibular pueden modificar estas medidas. ⁽¹³⁾

1.2.3 Resina epoxi.

Los cementos selladores a base de resina se pueden dividir en dos grupos: Selladores basados en resinas epóxicas y selladores de resina de metacrilato. Estos cementos se han utilizado en endodoncia como cemento sellador desde hace bastante tiempo, se consideran de las primeras opciones para obturar debido a que no contienen eugenol y proporcionan adhesión.⁽²⁾

Los cementos de resina epoxi, también llamados poliepóxidos, son prepolímeros reactivos con funcionalidad de epóxido. Estos cementos son de los más utilizados en endodoncia debido a su alto sellado apical, poca solubilidad, posibilidad de unión química al colágeno dentinario y micro retención a la dentina radicular.^(14,15) Son altamente citotóxicos en caso de ser extruidos hacia los tejidos periapicales, ya que permanecerán allí por un largo periodo de tiempo puesto que el cuerpo humano no puede reabsorberlos ni eliminarlos de manera sencilla causando inflamación e irritación de los tejidos periapicales y subcutáneos.⁽¹¹⁾ La actividad antimicrobiana de estos cementos se da durante la reacción de polimerización cuando liberan formaldehído o bien por la liberación de componentes amina y resina epoxi (epóxido) que evitan la síntesis citoplasmática. Se ha comprobado que los cementos a base de resina epoxi tiene un halo de inhibición de aproximadamente 19mm contra *E. fecalis*⁽¹⁰⁾ (Figura 5).



Figura 5. Halo de inhibición contra *E.faecalis*.

Recuperado de: Torres CK, Sánchez-Tito M. Efecto Antimicrobiano de Tres Cementos Selladores Endodónticos frente a *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*. Int. J. Odontostomat. 2021 [Consultado 20 de septiembre de 2023]; 15(3): 610-615. Recuperado a partir de: <https://ijodontostomatology.com/es/articulo/efecto-antimicrobiano-de-tres-cementos-selladores-endodonticos-frente-a-streptococcus-mutans-enterococcus-faecalis-y-candida-albicans/>

Los cementos selladores a base de resina epoxi polimerizan mediante una reacción de adición orgánica en la que los monómeros de epóxido reaccionan con aminas para crear un material rígido,⁽⁴⁾ estos cementos tienen mayor penetración en los túbulos dentinarios creando un anclaje entre el cemento, la gutapercha y las paredes dentinarias dando como resultado mayor resistencia a la fractura radicular.⁽¹¹⁾ Se ha demostrado mediante estero microscopía que los selladores a base de resina epoxi tienen una capacidad de sellado moderada pero superior a los selladores de ZOE.⁽⁴⁾

Después de mezclar y colocar en el conducto el cemento sellador a base de resina epoxi se presenta poca biocompatibilidad y alta genotoxicidad cuando no está fraguado, debido a la liberación de formaldehído durante el mismo, pero esta genotoxicidad disminuye 24 horas después de su polimerización. De igual manera, la liberación de formaldehído causa irritación e inflamación de los tejidos periodontales. ⁽⁴⁾

2. CEMENTO SELLADOR BIOCERÁMICO.

2.1 iRoot SP®.

iRoot SP® Injectable Root Canal Sealer (iRoot SP®), de acuerdo con la ficha clínica de la casa comercial ICB,⁽¹⁶⁾ es un cemento sellador biocerámico, insoluble, hidrofílico e hidráulico que viene en una presentación inyectable premezclada y lista para utilizarse en una jeringa precargada (Figura 6), el material se lleva al conducto con ayuda de puntas desechables intracanal. El término hidráulico hace alusión a los materiales que pueden establecerse en medios húmedos, en este sentido iRoot SP® es un material que requiere de un medio húmedo para poder fraguar, no se contrae y sus propiedades fisicoquímicas mejoran cuando está en contacto con fluidos.^(16,17)



Figura 6. Presentación comercial de iRoot SP®.

Recuperado de: Henry Schein Hong Kong Limited. 2023 [Internet] [Consultado 10 Oct 23]. Disponible en: <https://www.henryschein.com.hk/products/ibc-irsp4608>

La casa comercial ICB⁽¹⁶⁾ recomienda no aplicar mucha fuerza al momento de presionar el embolo de la jeringa para llevar el material al conducto, el uso de una fuerza excesiva, podría romper el embolo de la jeringa aplicadora y realizar un llenado excesivo o bien la extrusión del cemento sellador, provocando hipersensibilidad e inflamación por la presencia de un cuerpo extraño, así como aspergilosis del seno maxilar y parestesia. Lo anterior puede conllevar a la necesidad de realizar un retratamiento o la eliminación del cemento sellador para lo cual, se recomienda utilizar técnicas convencionales o ultrasonido con pulverización de agua.⁽¹⁶⁾

En el siguiente cuadro (Cuadro 1) se mencionan los componentes de i-Root SP[®], sus indicaciones y contraindicaciones, cuidados sobre el manejo y almacenaje del producto y tiempos de fraguado de acuerdo con la ficha clínica de la casa comercial ICB. ⁽¹⁶⁾

Cuadro 1. Elaboración propia a partir de ^(16,17)

i-Root SP[®].			
<i>Fórmula.</i>	<i>Indicaciones.</i>	<i>Tiempo de trabajo.</i>	
Ingredientes orgánicos: Silicato de calcio, dihidrógenofosfato de calcio, hidróxido de calcio, materiales de relleno, fosfato cálcico monobásico. Agente revelador: Óxido de circonio. Agente espesante no acuoso. ^(16,17)	Material de obturación definitivo tras la extirpación de la pulpa vital, infectada o necrótica. ⁽¹⁶⁾	4 horas ⁽¹⁶⁾	
	<i>Contraindicaciones.</i>		
	No usar en pacientes que son alérgicos a cualquiera de sus componentes. En caso de presentar algún efecto adverso se recomienda realizar un retratamiento. ⁽¹⁶⁾		
<i>Recomendaciones de uso y almacenaje del producto.</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • No reutilizar y/o esterilizar las puntas aplicadoras desechables, no utilizar el producto si está caduco. • Previo a su aplicación, verificar la correcta función de la punta mezcladora. ⁽¹⁶⁾ 			

2.2 Propiedades fisicoquímicas y biológicas.

iRoot SP® causa una irritación mínima en los tejidos subcutáneos, es hidrofílico, presenta expansión al fraguado, ofrece una amplia capacidad de sellado periapical evitando así la microfiltración de bacterias y fluidos que junto con su alcalinidad da como resultado una adecuada respuesta antibacteriana especialmente contra *Enterococcus fecalis*, *Candida albicans* y *Staphylococcus aureus*. De igual manera, se ha comprobado que tiene poder osteoinductor y en caso de ser extruido no logrará reabsorberse al 100%. Según un estudio realizado por Li J y cols.⁽¹⁹⁾ en 2022, solo el 40.3% del total de su muestra presentó una reabsorción parcial del cemento y el 59.7% no reabsorbió nada.^(18,19)

Se considera a iRoot SP® como cemento sellador de primera elección en endodoncia debido a sus características osteoinductoras, biocompatibilidad, citocompatibilidad, alta resistencia a la dislocación y a que promueve la reparación de los tejidos periodontales. También se han realizado estudios en los que se habla de sus efectos sobre las células madre como células germinales dentales y células del ligamento periodontal.⁽¹⁷⁾ Los cementos selladores a base de silicato tricálcico (biocerámicos) y hablando particularmente de iRoot SP®, tienen un mecanismo de fraguado mediante absorción de agua de los túbulos dentinarios dando como resultado la formación de una capa de hidroxiapatita (Figura 7) en la superficie interna del conducto radicular e inducen un efecto osteogénico.⁽⁴⁾

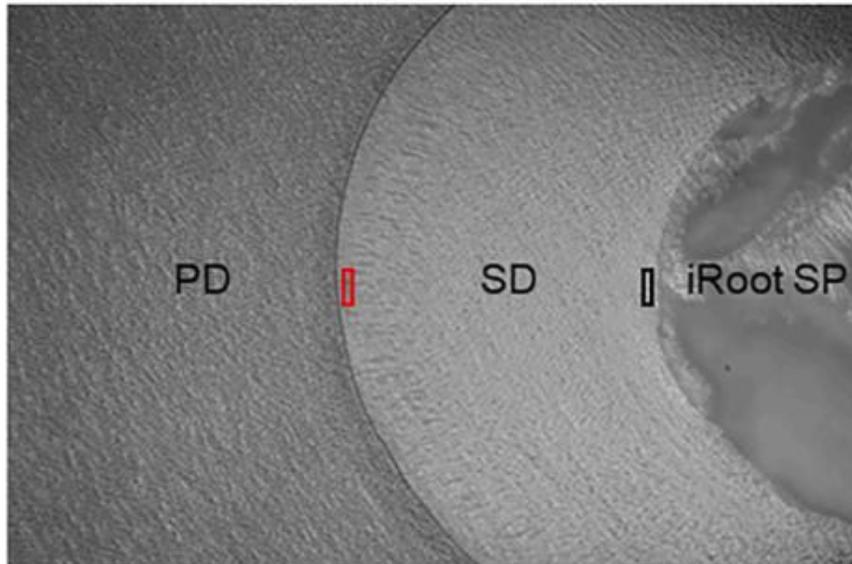


Figura 7. Capa de hidroxiapatita.

Recuperado de: Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro evaluation of the impact of a bioceramic root canal sealer on the mechanical properties of tooth roots. *Journal of Dental Sciences*. 2023 [Consultado 10 de octubre de 2023]; XXX(XXXX):XXX. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.10.013>

De acuerdo con la literatura, se ha demostrado que no es citotóxico para las células similares a osteoblastos MG63 humanas y para los genes relacionados al proceso de mineralización regulado positivamente por los mismos.⁽²⁰⁾ Diversos estudios han comprobado que el tiempo de fraguado puede suceder incluso después de un mes; actualmente no existen datos sobre la solubilidad de iRoot SP[®] en disolventes orgánicos sin embargo, existe un estudio donde se realizaron retratamientos de dientes obturados con iRoot SP[®] utilizando cloroformo como solvente y fue sencillo remover el cemento a diferencia de cuando no se utilizó;⁽⁴⁾ así mismo, se ha estudiado in vitro que al obturar el conducto radicular con una punta de gutapercha previamente impregnada y recubierta con iRoot SP[®], aumenta la resistencia a la fractura en raíces de dientes tratados endodóticamente.⁽²¹⁾

2.2.1 Bioactividad.

Una vez terminado el trabajo biomecánico del conducto radicular se procede a su obturación, lo ideal es que el cemento sellador se introduzca en el conducto radicular y que su presencia se limite a esta área; sin embargo, al momento de realizar la obturación del conducto puede que, por una mala técnica de colocación o bien alguna alteración anatómica como la presencia de una resorción externa, haya extrusión del cemento sellador hacia los tejidos periapicales y periodontales.⁽¹⁷⁾

iRoot SP® tiene un excelente efecto osteogénico, reparador, osteoinductor y es un material altamente biocompatible y bioactivo. Estudios actuales han investigado sus efectos sobre las células madre germinales dentales, células madre y células del ligamento periodontal (Hpdlc). Un estudio realizado por Wu X y cols.⁽¹⁷⁾ demostró el efecto de iRoot SP® sobre células madre mesenquimales de la médula ósea, debido a que se ha comprobado que éstas pueden llegar a diferenciarse en células madre dentales, migrar al conducto radicular y formar pulpa dental; de igual manera estas células tienen la capacidad de diferenciarse en odontoblastos y formar tejido muy similar a la dentina dental. En este estudio se demuestra que iRoot SP® tiene citocompatibilidades que mejoran la mineralización de las células MG63, la diferenciación odontogénica de hTHSC, promueve la diferenciación odontoblástica de Hpdlc y es poco citotóxico para los fibroblastos.⁽¹⁷⁾

En este mismo estudio,⁽¹⁷⁾ se demostró la importancia de la liberación de calcio de iRoot SP® en la regulación del comportamiento biológico celular, donde se concluye que el calcio es de vital importancia para iniciar la diferenciación y proliferación de las células madre mesenquimatosas, así como para activar las vías ERK y p38 MAPK de los osteoblastos; por otro lado, el silicio promueve la biomineralización y aumenta la actividad osteogénica.⁽¹⁷⁾

iRoot SP[®] se caracteriza por que al fraguar se introduce en los túbulos dentinarios haciendo más resistente a la raíz dental, ya que forma tejido mineralizado y mejora el módulo elástico de la dentina; también es hidrofílico, lo que significa que necesita la presencia de agua o un ambiente húmedo para poder fraguar, en un experimento realizado por Ya-Hui Wang y cols.⁽²²⁾ se comprobó dicha característica, cuando el cemento entra en contacto con los túbulos dentinarios presenta un reacción de hidratación, posteriormente se genera un intercambio iónico de Ca²⁺ -H⁺, la formación de SiO⁻ donde la interacción de la carga de Ca⁺ y SiO⁻ forman una superficie mineralizada y la deposición de fosfato cálcico para finalmente producir una superficie mineralizada sobre la capa de iRoot SP[®]⁽²²⁾ (Figura 8). Para lograr esta reacción es importante no resecar de más el conducto radicular, ya que el sistema de conductos radiculares en condiciones normales está lleno de agua y el secado excesivo podría evitar la propagación, fijación y activación de iRoot SP[®] en los túbulos dentinarios. ⁽²²⁾

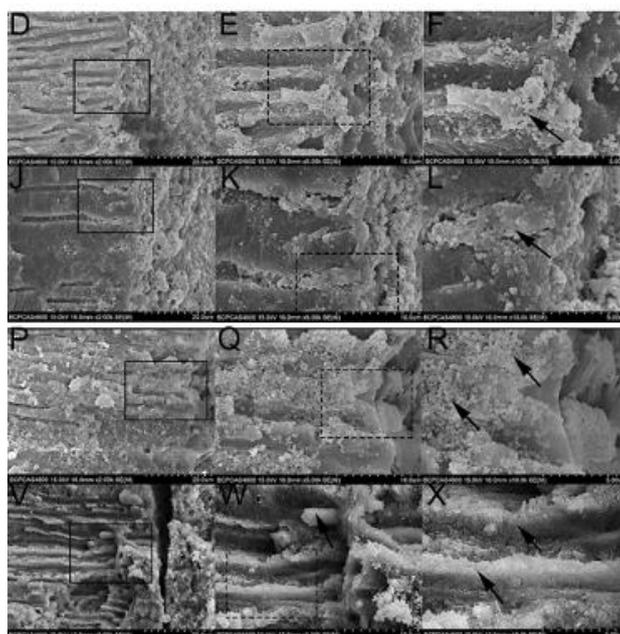


Figura 8. Superficie mineralizada sobre la capa de iRoot SP[®].

Recuperado de: Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro evaluation of the impact of a bioceramic root canal sealer on the mechanical properties of tooth roots. Journal of Dental Sciences. 2023 [Consultado 10 de octubre de 2023]; XXX(XXXX):XXX. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.10.013>

En el siguiente diagrama se explica de manera más clara el mecanismo de acción de iRoot SP® para formar hidroxiapatita. ⁽²²⁾

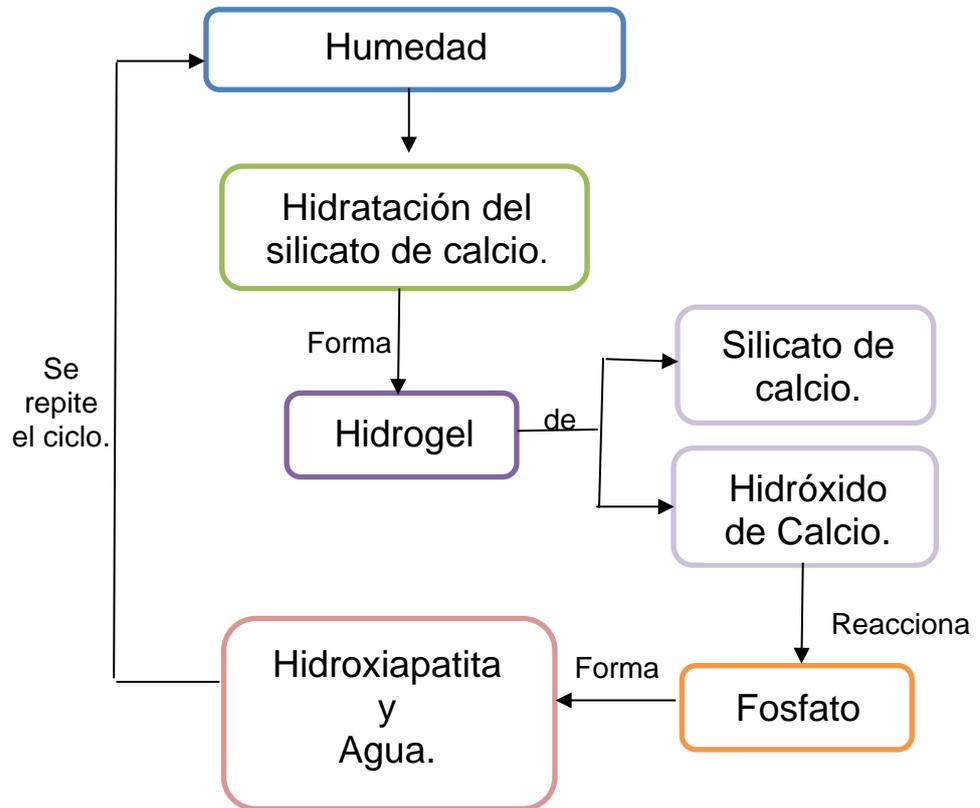


Diagrama de elaboración propia a partir de ⁽²²⁾

2.3 Manipulación y usos.

El uso de iRoot SP® está indicado en la obturación del sistema de conductos radiculares, puede ser utilizado con técnica de cono único, así como por técnica de obturación lateral y vertical. ^(16,17)

De acuerdo con la casa comercial ⁽¹⁶⁾ las instrucciones de uso son las siguientes:

1. Realizar el trabajo biomecánico del conducto radicular.

2. Secar de manera parcial el conducto radicular con ayuda de puntas de papel.

3. Existen 2 métodos para llevar el cemento sellador al conducto radicular, ambos métodos son eficaces por lo que el cirujano dentista de practica general o especialista en endodoncia puede elegir la técnica conveniente.

a) Método convencional: Recubrir con iRoot SP[®], antes de llevarlo al conducto, el cono maestro de gutapercha o una lima manual delgada y utilizarlo para distribuir en las paredes del conducto. ⁽¹⁶⁾

b) Método de administración con puntas:

- Retirar el tapón de la jeringa y colocar una punta mezcladora desechable girándola en sentido de las manecillas del reloj.
- Introducir la punta en el conducto radicular no más allá del 1/3 coronal. ⁽¹⁶⁾
- Dispensar de manera suave una pequeña cantidad de iRoot SP[®], tomando como referencia 1 a 2 marcas de la jeringa dispensadora.
- Con ayuda de una lima #15 se deberán de impregnar las paredes del conducto utilizando el cemento que se inyectó.
- Posteriormente se debe de cubrir el cono maestro de gutapercha con una fina capa de cemento y llevarlo al conducto de una manera muy suave y lenta, de este modo el cono maestro lleva el cemento sellador hasta el ápice.

4. Colocar las puntas accesorias de gutapercha, en caso de utilizar una técnica de compactación lateral.

5. Utilizando una fuente de calor, quemar y cortar los sobrantes de los conos de gutapercha y realizar una compactación vertical.

6. Remover los excedentes de iRoot SP® con una borla de algodón húmeda.

Después de cada aplicación se debe de remover y cambiar la punta mezcladora, limpiar la jeringa aplicadora, colocarle la tapa y guardarla en su bolsa de aluminio en un lugar fresco y seco. ⁽¹⁶⁾

3. CEMENTO SELLADOR A BASE DE HIDRÓXIDO DE CALCIO.

3.1 Sealapex®.

Sealapex®, (23) es un cemento sellador a base de una resina polimérica de hidróxido de calcio sin eugenol, comercializado por la casa comercial Kerr para la obturación del canal radicular. Se puede encontrar en dos presentaciones; la primera es una presentación *pasta-pasta* (Figura 9) en dos tubos de mezcla manual con una pasta base y una pasta catalizadora, o bien *Sealapex Xpress®* (Figura 10) en una presentación de jeringa de auto mezcla. (23,24)

Figura 9. Presentación comercial de Sealapex®.

Recuperado de: Dentalmex. [Internet] [Consultado 20 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.dentalmex.mx/producto/sealapex-sellador-de-conductos-radicales-kerr/>



Figura 10. Presentación comercial de Sealapex Xpress®.

Recuperado de: Carrillo Dental. [Internet] [Consultado 20 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.carrilodental.com/producto/sealapex-xpress/>

En el siguiente cuadro (Cuadro 2) se explican a mayor profundidad sus características.

Sealapex®.		
Fórmula.	Indicaciones.	Tiempo de fraguado.
Pasta base: Resina N-etil tolueno sulfonamida, dióxido de silicio, óxido de zinc, óxido de calcio y fosfato tricálcico. Pasta catalizadora: Resina de salicilato de isobutilo, dióxido de silicio, trióxido de bismuto y pigmento de titanio. ^(23,24)	Obturación del conducto radicular posterior a la extirpación de la pulpa dental. ⁽²³⁾	60 minutos a una temperatura de 37°C y 100% de humedad, posterior a su colocación en la cavidad oral, el material fraguara en 24 horas. ⁽²³⁾
	Ninguna. ⁽²³⁾	
Advertencias y recomendaciones de uso.		
<ul style="list-style-type: none"> • Evitar ingerir el producto, así como el contacto con los ojos, mucosa y piel (puede causar irritaciones). • No extruir el cemento sellador hacia los tejidos periapicales, su extrusión puede causar inflamación periapical. • Se pueden utilizar resinas o amalgamas como restauración final post la obturación con Sealapex.® ⁽²³⁾ 		

Cuadro 2. De elaboración propia a partir de ^(23,24)

3.2 Propiedades fisicoquímicas y biológicas.

Sealapex[®], es un cemento sellador a base de hidróxido de calcio, dentro de sus principales propiedades es ser biocompatible con los tejidos adyacentes al diente y al ápice radicular, posee excelente actividad antimicrobiana y antiinflamatoria, su actividad antimicrobiana lo hace el cemento de elección para la obturación postratamientos con necrosis pulpar o con lesiones periapicales, su pH alcalino es favorable para evitar la propagación bacteriana, su plasticidad y buena fluidez le otorgan un periodo adecuado de manipulación antes del fraguado. ^(24,25,26)

Para realizar la reacción de fraguado es necesaria la presencia de humedad dentro del conducto radicular y una vez que el cemento sellador fragua, actúa junto con la gutapercha para adherirse a las paredes dentinarias y crear una unión cemento-gutapercha-dentina, de igual manera posee adaptación a los cambios dimensionales. ^(24,25,26)



Figura 11. Radiopacidad de Sealapex.

Cortesía Clínica periférica Azcapotzalco. UNAM

Sealapex[®] posee escasa radiopacidad (Figura 11), que es otorgada por el óxido de zinc y el trióxido de bismuto presentes en su fórmula; se ha comprobado mediante experimentación en animales, que Sealapex[®] al encontrarse en el extremo apical del conducto radicular y una vez que es

reabsorbido promueve el cierre apical por medio de la formación de tejido mineralizado.⁽²⁵⁾ Una propiedad de Sealapex[®], que es un poco contradictoria con las características ideales de un cemento sellador y que se considera superior a los valores estandarizados por ANSI/ADA, es su alta solubilidad la cual está relacionada con el material base del que está fabricado (hidróxido de calcio) ya que éste produce una superficie porosa con alta absorción de agua y liberación de calcio hacia el medio. Sin embargo, una desventaja es su alta solubilidad que lo convierte en un cemento sellador poco estable, lo que permite el paso de las bacterias hacia el interior del conducto.^(24,25,26)

Múltiples estudios como los realizados por Heredia VD y cols,⁽²⁷⁾ y Zhang y cols.⁽²⁷⁾ demostraron que la eficacia antimicrobiana de los cementos selladores a base de hidróxido de calcio, en especial de Sealapex[®], al momento de ser mezclado, es mínima; sin embargo, ésta aumenta de manera drástica una vez transcurridos siete días, dicho suceso es debido a que después del fraguado los iones hidroxilo del cemento son liberados hacia la superficie aumentando así su actividad antimicrobiana.⁽²⁷⁾

3.2.1 Bioactividad.

Los cementos selladores a base de Hidróxido de calcio fueron creados con el propósito de conservar las buenas propiedades de su material base. Según la literatura,⁽²⁸⁾ estos cementos selladores estimulan la osteogénesis, son poco irritables para los tejidos periapicales y periodontales, y su pH alcalino les da un excelente potencial antimicrobiano.⁽²⁸⁾

Sealapex[®] ofrece un sellado microscópico a nivel periapical gracias a la aposición de tejido mineralizado, es un cemento que causa muy poca irritación a los tejidos periapicales, lo que lo hace un cemento ideal para utilizarse en casos clínicos donde el riesgo de extrusión sea alto. De igual manera, se ha comprobado que puede ser reabsorbido por los tejido

periodontales y periapicales, y que su pH alcalino potencializa su efecto antibacteriano. ⁽²⁸⁾

De acuerdo con los estudios realizados por Herrera H y cols. ⁽²⁸⁾, Hungaro DM y cols. ⁽²⁹⁾ y Holland R y cols. ⁽³⁰⁾ donde se demuestran de manera *in vitro* e *in vivo*, respectivamente, las propiedades del Sealapex[®] previamente mencionadas, se puede llegar a la conclusión de que Sealapex[®] presenta una excelente estabilidad dimensional, y es de fácil manejo para el odontólogo. También en dichos estudios se hace uso de tinción de Von Kossa y luz polarizada para evaluar la biomineralización producida. ^(28,29,30)

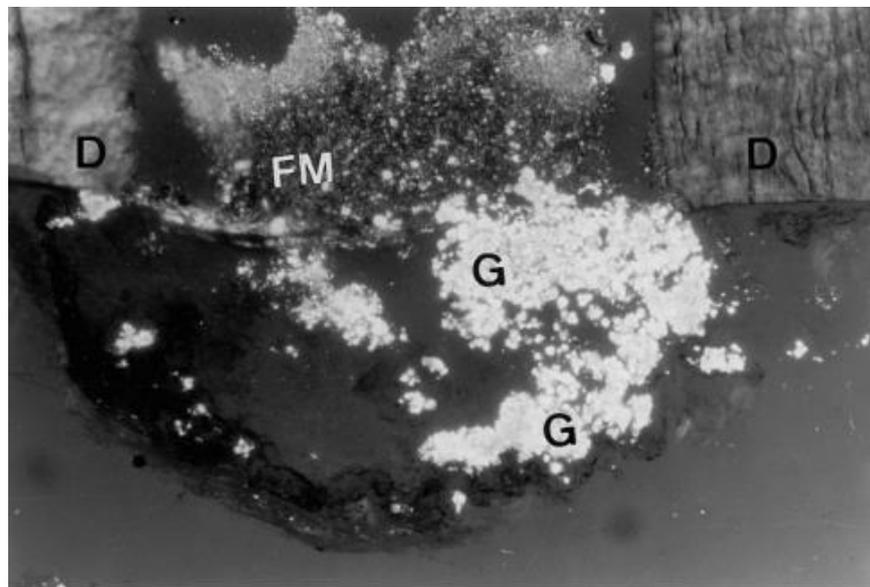


Figura 12. Granulaciones y cristales de calcita.

Recuperado de: Holland R, Souza V, Juvenal NM, Estrada BP, Otoboni FJ, Dezan JE, Satomi MS. Calcium Salts Deposition in Rat Connective Tissue After the Implantation of Calcium Hydroxide-Containing Sealers. JOE. 2002 [Consultado 20 de octubre de 2023]; 28(3):173-176. Recuperado a partir de: 10.1097/00004770-200203000-00007

Lo anterior se puede explicar porque al aplicar hidróxido de calcio sobre los tejidos va a reaccionar con el dióxido de carbono de los mismos dando como resultado la formación de granulaciones y cristales de calcita que son birrefringentes a la luz polarizada (Figura 12) e inducen a la formación de áreas calcificadas en el sitio de aplicación, siendo el primer paso para dicha calcificación la formación de una red extracelular de fibronectina. Dicha reacción confirma el potencial de activación de osteoblastos induciendo la

capacidad de formar tejido calcificado debido a la liberación de iones calcio e hidroxilo, ya que el calcio activa a la ATPasa dependiente de calcio, creando una reacción con el dióxido de carbono para formar cristales de carbonato de calcio y tejido mineralizado. (28,29,30)

3.3 Manipulación y usos.

De acuerdo con las instrucciones de uso que proporciona la casa comercial ICB (23) se deben de seguir los siguientes pasos para lograr el correcto uso y función del cemento sellador Sealapex®.

1. Mezclar el cemento sellador.

A) Presentación tubo de canal radicular Sealapex®: Colocar en partes iguales 1:1 pasta base y pasta catalizadora de Sealapex® en el bloc de mezcla, con ayuda de una espátula mezclar durante 15 a 20 segundos logrando una consistencia homogénea y verificando la inexistencia de vetas(23) (Figura 13).



Figura 13. Mezcla homogénea y sin vetas.

Recuperado de: Lima M, Spagna A, Borges M, Capp R. Obturación del sistema de conductos radiculares. En: Lima M, autor. Endodoncia de la Biología a la Técnica. São Paulo Brasil. Livraria Santos; 2009. p.321-353.

B) Jeringa de Sealapex Xpress®: Previa a la utilización de Sealapex Xpress® se debe de purgar la jeringa, colocar la punta mezcladora, presionar el embolo y colocar el cemento sellador directamente en una loseta de vidrio o en el bloc de mezcla.

2. Llevado del cemento sellador al conducto radicular.

- Posterior al trabajo biomecánico, protocolo de irrigación y desinfección del conducto radicular y al secado de este, con ayuda de la punta maestra de gutapercha o un léntulo con espiral llevar el cemento sellador al conducto realizando movimientos de bombeo lento evitando así la formación de burbujas o espacios.
- Realizar la técnica de obturación lateral o vertical. ⁽²³⁾

4. CEMENTO A BASE DE RESINA EPOXI.

4.1 AH-Plus.

El cemento sellador de conductos radiculares AH Plus[®], de acuerdo con la casa comercial Dentsply Sirona,⁽³¹⁾ es un cemento a base de resina epoxi amínica. Ofrece excelente estabilidad dimensional y sellado a largo plazo gracias a sus propiedades autoadhesivas, así como alta radiopacidad debido a sus componentes. Se puede encontrar AH Plus[®] en dos presentaciones: AH Plus[®] con dos pastas (A y B) en tubos de mezclado manual (Figura 14) y AH Plus Jet[®] con jeringa de auto mezcla⁽³¹⁾ (Figura 15).

Figura 14. Presentación comercial de AH Plus[®].

Recuperado de: Dentalvita. [Internet] [Consultado 25 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.dentalvita.com/catalogo/producto/cementos-de-obturacion-de-canales/ah-plus-jet-kit-10162?oferta=1>



Figura 15. Presentación comercial de AH Plus Jet[®].

Recuperado de: Deposito dental gomez farias. [Internet] [Consultado 26 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://gomezfarías.com/product/ah-plus-cemento-endodontico-pasta-4ml-c-u/>

En el siguiente cuadro se e expone la composición, indicaciones y contraindicaciones, tiempos de trabajo y fraguado, así como advertencias y recomendaciones del uso de AH Plus® (Cuadro 3).

AH Plus®.		
<i>Fórmula.</i>	<i>Indicaciones.</i>	<i>Tiempo de fraguado.</i>
Pasta A (color ámbar): Resina epoxídica Bisfenol-A, resina epoxídica Bisfenol, tungstato cálcico, óxido de circonio, sílice, pigmentos de óxido de hierro. Pasta B (color blanco): Dibencildiamina, aminoadamantano, triclicodecano diamina, aceite de silicona, sílice, tungstato cálcico, óxido de circonio. ⁽³¹⁾	Como obturación permanente de conductos radiculares en dientes de la segunda dentición y para técnicas de obturación de un solo cono, gutapercha termo plastificada y compactación lateral. ⁽³¹⁾	Tiempo de trabajo: 4 horas a 23°C Tiempo de fraguado: 24 horas a 37°C. ⁽³¹⁾
	<p style="text-align: center;"><i>Contraindicaciones.</i></p> Pacientes que sean alérgicos a cualquiera de sus componentes. ⁽³¹⁾	
Advertencias y recomendaciones de uso.		
<ul style="list-style-type: none"> • Puede causar irritación de ojos, daños en córnea, mucosa oral y en caso de contacto con la piel puede provocar dermatitis alérgica de contacto. • Almacenar a temperaturas entre los 10 y 24°C y evitar el contacto con saliva, sangre o cualquier otra secreción. ⁽³¹⁾ 		

Cuadro 3. De elaboración propia a partir de ⁽³¹⁾

4.2 Propiedades fisicoquímicas y biológicas.

En la actualidad el uso de cementos selladores de conductos radiculares que hagan uso de técnicas adhesivas ha sido un avance para la endodoncia, AH Plus® es un sellador hidrófobo que puede colocarse sobre la dentina sin necesidad de la aplicación previa de un adhesivo dentinario, posee gran capacidad de adhesión tras la polimerización, dicha polimerización se da mediante la creación de anillos de epóxido de enlace covalente a grupos amino presentes en el colágeno dentinario formando así la polimerización de la amina contenida en el material.^(32,33)

AH Plus® posee la capacidad de adherirse a la pared del conducto radicular; si bien AH Plus® tiene alta fluidez y puede introducirse en micro irregularidades o bien en los túbulos dentinarios dando como resultado una gran capacidad de adhesión a la dentina, no es así cuando se habla de la unión de AH Plus® a la gutapercha ya que es insuficiente y puede producir una interfaz entre el cemento y el cono permitiendo microfiltraciones de bacterias o fluidos.⁽³⁴⁾

AH Plus® ha ganado popularidad debido a su alta radiopacidad, dicha radiopacidad se debe a los agentes contenidos en su fórmula, en especial la combinación del óxido de circonio con óxido de hierro que le dan una excelente característica en comparación con otros cementos selladores que sólo contienen alguno de estos dos radiopacificantes.⁽³³⁾

A pesar de que la literatura afirma que AH Plus libera formaldehído al polimerizar, la casa comercial menciona que éste cemento sellador no contiene formaldehído en su composición; característica que lo diferencia de AH26; sin embargo, autores como Zhang W y cols.⁽³⁵⁾ evalúan la citotoxicidad de AH Plus®, dando como resultados que es un cemento altamente citotóxico, dicha propiedad es directamente proporcional a la cantidad de cemento sellador aplicada; y esto puede explicarse debido a la liberación de formaldehído durante su polimerización, reacción que se

produce entre la resina bisfenol A y la hexametilentetramina.⁽³³⁾ Un estudio realizado por Milanezi AM y cols.⁽³⁶⁾ comprueba el argumento anteriormente mencionado y especifica que dicha citotoxicidad disminuye 2 semanas después de su fraguado. En este caso el elevado índice de citotoxicidad resulta contraproducente para la reparación tisular y puede causar irritación perirradicular y en casos graves, necrosis de los tejidos periapicales.^(33,36)

4.2.1 Bioactividad.

Al momento de realizar la obturación del sistema de conductos radiculares existe la probabilidad de que el cemento sellador sea extruido, por tal motivo se debe de corroborar que el cemento sea biocompatible con las células adyacentes al ápice radicular, por lo que en los últimos años se ha hecho uso de las células madre del ligamento periodontal humano para evaluar el nivel de biocompatibilidad y citotoxicidad de los cementos selladores, dichas células son células mesenquimatosas multipotentes, que pueden diferenciarse en cementoblastos y poseen un papel importante en la reparación de lesiones periapicales ya que son capaces de formar nuevos tejidos periodontales.^(37,38,39)

De acuerdo con los estudios realizados por Sanz J y cols.⁽³⁷⁾, Collado GM y cols.⁽³⁸⁾ y Oh H y cols.⁽³⁹⁾ donde realizan diversas pruebas in vitro para evaluar la citotoxicidad, bioactividad y nivel de viabilidad celular de AH Plus[®], utilizando células del ligamento periodontal, se llega a la conclusión de que AH Plus[®] en dichos estudios mostró alta toxicidad tanto en un medio fresco, es decir al momento de mezclar y aplicar el cemento sellador, como después de su fraguado; pero esta disminuía semanas después. Dicha citotoxicidad causa una disminución en la viabilidad y proliferación celular y está asociada a la resina epoxi Bisfenol A y tungsteno de su formulación. Se cree que la viabilidad celular está relacionada con el dolor postoperatorio.^(37,38,39)

En el mismo estudio realizado por Oh H y cols. ⁽³⁹⁾ se evalúa la expresión de IL-6 e IL-8 que son citocinas proinflamatorias asociadas al dolor posoperatorio tras la obturación del canal radicular, con base en esto AH Plus[®] mostró niveles elevados de IL-6 e IL-8, dicho evento está relacionado con la alta citotoxicidad del cemento sellador y con su baja viabilidad celular. ⁽³⁹⁾

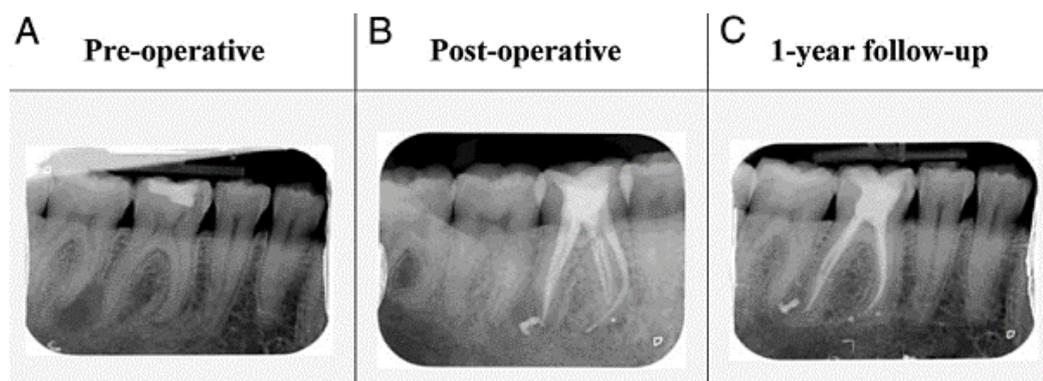


Figura 16. Potencial de reparación de AH Plus[®].

Recuperado de: Brochado MJ, Scheeren BM, Van der Waal VS. The Effect of Unintentional AH-Plus Sealer Extrusion on Resolution of Apical Periodontitis After Root Canal Treatment and Retreatment—A Retrospective Case-control Study. JOE. 2023 [Consultado 25 de octubre de 2023]; 49(10):1262-1268. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.07.021>

El potencial osteogénico de los cementos selladores es la capacidad que tiene para reparar lesiones periapicales e inducir a la formación de tejidos mineralizados: En el mismo estudio ⁽³⁹⁾ se evalúa la capacidad osteogénica de AH Plus[®] siendo deficiente o nula, por lo que se debe de tener cuidado de no extruirlo además de que el cuerpo humano lo reabsorbe muy lentamente. ⁽³⁹⁾

Aunque en un estudio realizado por Brochado MJ y cols. ⁽⁴⁰⁾ en el que se realiza el retratamiento de dientes con periodontitis apical sintomática y asintomática realizando la obturación del canal radicular con AH Plus[®], provocando la extrusión intensional del mismo, utilizando un grupo control donde no se realiza la extrusión, y realizando un control a un año postratamiento (Figura 16), se llega a la conclusión de que “la extrusión del sellador AH Plus[®] mostró un 56,7% de casos con una lesión periapical en curación o sin cambios en el seguimiento, mientras que se observó un valor

ligeramente inferior del 46,7% para el grupo sin extrusión del sellador AH Plus®^(40 p.1265) comprobando así el potencial de reparación de AH Plus.^(39,40)

Por otro lado, en un estudio realizado con células papilares apicales por Cardoso FG y cols.⁽⁴¹⁾ se demuestra que, a pesar de la alta citotoxicidad, baja viabilidad celular y de causar muerte celular, AH Plus® tiene la capacidad de promover la reparación de los tejidos blandos, mostrando a los 90 días una capa de tejido fibroso sobre la superficie de estudio (Figura 17). AH Plus® recién mezclado posee un pH alcalino, que funciona como coadyuvante para elevar el efecto antibacteriano y biocompatibilidad del cemento sellador; también es un activador de la fosfatasa alcalina necesaria para iniciar el proceso de mineralización y reparación de los tejidos.^(40,41)

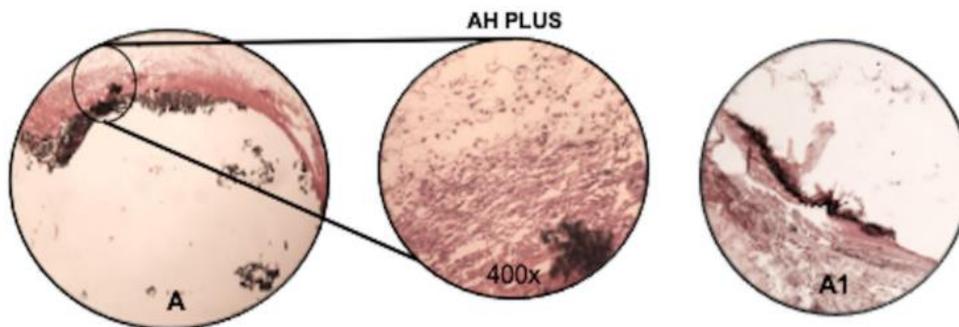


Figura 17. Corte histológico donde se observa la reparación de tejidos blandos.

Recuperado de: Cardoso FG, Siqueira PL, Silveira NJ, Almeida MR, Schuster C, Grazziotin SR, Poli KP, Poli FJ, Soares GF. Evaluation of the biological and physicochemical properties of calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers. J Biomed Mater Res.2022 [Consultado 5 de noviembre de 2023];110(6):1344-1353. Recuperado a partir de: 10.1002/jbm.b.35004

4.3 Manipulación y usos.

AH Plus® debe de utilizarse a temperatura ambiente y siguiendo las instrucciones de uso proporcionadas por la casa comercial Dentsply Sirona.⁽³¹⁾

Instrucciones de uso:

- Previo a la obturación del conducto radicular este debe de ser perfectamente bien conformado, desinfectado y secado con puntas de papel.
1. Dosificar y mezclar el cemento sellador de acuerdo con la presentación a utilizar.⁽³¹⁾

Tabla de creación propia a partir de ⁽³¹⁾

AH Plus® (Tubos de mezcla manual)	AH Plus Jet® (Jeringa mezcladora)
<p>1- En una loseta de cristal o bien (lo más recomendado) en el bloc de mezcla proporcionado por el producto, se deben de dispensar en proporción de 1:1 la pasta A y la pasta B.</p> <p>2- Con una espátula 2 mezclar ambas pastas hasta obtener una consistencia homogénea y sin vetas.⁽³¹⁾</p>	<p>1- Retirar la tapa del producto girándola 90° a la derecha.</p> <p>2- Colocar la punta mezcladora, alineándola con la muesca y girándola 90° hacia la derecha.</p> <p>3- Ajustar la punta de manera que se facilite su aplicación.</p> <p>4- Presionar el émbolo (las dos pastas se mezclarán en proporciones 1:1.</p> <p>5- Retirar la punta mezcladora girándola 90° a la derecha y posteriormente colocar la tapa del producto verificando su correcto sellado.⁽³¹⁾</p>

2. Realizar la obturación del conducto radicular.

A) *Técnica de obturación lateral/vertical:*

- Aplicar con ayuda del cono maestro de gutapercha o lima una ligera capa del cemento sellador en las paredes del conducto hasta la longitud de trabajo.
- Realizar la técnica de obturación de acuerdo con el protocolo; de igual manera se puede colocar una ligera capa de cemento sellador en la superficie de los conos accesorios.

B) *Técnica de un solo cono:*

- Utilizando el cono maestro de gutapercha o una punta de espiral Léntulo, llevar el cemento sellador al conducto colocando una ligera capa de este en las paredes del conducto radicular de manera lenta y con movimientos de bombeo para evitar la formación de burbujas.
- Colocar con movimientos de bombeo el cono maestro desinfectado y cubierto con una capa delgada de cemento en el conducto radicular. ⁽³¹⁾

5.COMPARACIÓN DE LA BIOACTIVIDAD DE 3 DIFERENTES CEMENTOS SELLADORES.

Conocer las características bioactivas, entre otras propiedades, de cada cemento sellador es primordial al momento de elegir un cemento sellador. A continuación, se realiza una comparativa de la bioactividad de tres cementos selladores: iRoot SP[®], AH Plus[®] y Sealapex[®]. Cabe mencionar que el presente trabajo se trata de una revisión bibliográfica, por consiguiente, no se pretende interferir en la opinión personal sobre cual cemento sellador es mejor que el otro; el propósito de dicha comparación es únicamente dar a conocer las características y propiedades bioactivas de dichos cementos, sin realizar algún tipo de opinión o preferencia personal por alguna casa comercial.

La bioactividad, características fisicoquímicas y biológicas, así como otras propiedades de los cementos selladores no se pueden comparar del todo, ya que éstas dependen de la composición de cada cemento, la manipulación, y el ambiente, entre otros.

En el estudio realizado por Zhang W y cols.⁽³⁵⁾ donde se compara la reacción tisular y ósea tras la implantación de iRoot SP[®] y AH Plus[®] in vivo, se expone que tanto iRoot SP[®] como AH Plus[®] presentaron altos grados de inflamación y proliferación celular en un sesgo de 7 días; sin embargo, a los 30 días se mostraron cambios significativos entre ambos cementos selladores por ejemplo, las muestras de iRoot SP[®] presentaban en algunos casos, zonas de tejido necrótico, células multinucleadas y macrófagos (Figura 18). La presencia de áreas necróticas se puede explicar debido al acúmulo de sales de calcio en los tejidos.⁽³⁵⁾

El mecanismo de acción de iRoot SP[®] para la formación de tejidos mineralizados se explicó en el capítulo correspondiente; sin embargo, cabe recalcar que, de acuerdo con Zhang W y cols.⁽³⁵⁾ la muestra de pronta reparación ósea y alta biocompatibilidad que presenta iRoot SP[®] es debido

a que es un cemento sellador hidrofílico, es decir “la humedad facilitó las reacciones de hidratación de los silicatos de calcio para producir hidrogel de silicato de calcio (C-S-H) e hidróxido de cálcico (CH). El hidróxido de calcio reaccionó parcialmente con fosfato para formar hidroxiapatita y agua,” (35, p.6) de esta manera la creación de agua da inicio de nuevo al ciclo.(35)

De igual manera, iRoot SP® promueve la mineralización de las células MG63, la diferenciación de las células del ligamento periodontal y causa una baja citotoxicidad para los fibroblastos dentales. De acuerdo con Wu X y cols. (17) las buenas propiedades osteogénicas de iRoot SP® son gracias a su componente de calcio y silicio, ya que el calcio es un regulador del comportamiento celular e induce a la diferenciación osteogénica, así como es un promotor de varias vías de señalización relacionadas con la osteogénesis. (17,35)

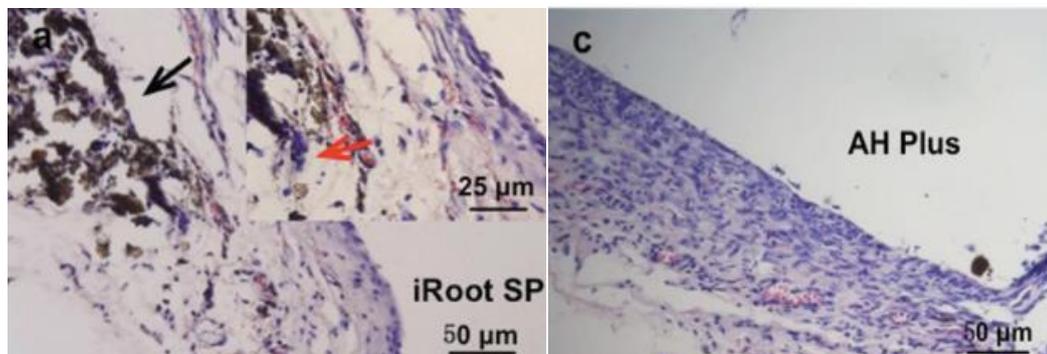


Figura 18. Corte histológico donde se observan zonas de tejido necrótico, células multinucleadas y macrófagos. De lado izquierdo iRoot SP y de lado derecho AH Plus.

Recuperada de: Zhang W, Peng B. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of iRoot SPMR, MTA and AH Plus. Dent Mater J. 2015 [Consultado 10 de noviembre de 2023]; 34(6):774-780. Recuperado a partir de: 10.4012/dmj.2014-271

Por otro lado, en el mismo estudio, (35) AH Plus® mostro a los 30 días una disminución en la respuesta inflamatoria, la causa de que AH Plus® cause una respuesta inflamatoria alta al momento de su aplicación y en días subsecuentes es debido a la liberación de formaldehído y a su componente de resina Bisfenol-A; ya que el formaldehído a pesar de ser un excelente

agente antimicrobiano también puede ser alergénico y causar necrosis ósea y gingival. (35,42).

De acuerdo con Henrique BA y cols. (24) AH Plus® al ser estudiado con células madres pulpaes presentó un aumento en la apoptosis, estrés oxidativo y genotoxicidad. Se podría decir que tanto iRoot SP® como AH Plus® presentan excelentes características, de reparación ósea y tisular, dado que en el día 30 se pudo observar una capa delgada de tejido fibroso en los especímenes donde fue implantado iRoot SP® y una capa gruesa de tejido fibroso en los tratados con AH Plus®, lo que nos habla de su potencial para inducir a la reparación tisular y la formación de nuevos tejidos periapicales. (24,35)

Sealapex® al ser un cemento sellador a base de hidróxido de calcio, presenta una alta solubilidad y por ende baja estabilidad dimensional, en comparación con AH Plus®, ya que el segundo presenta una solubilidad menor debido a que al polimerizar forma un polímero reticulado; de igual manera, su gran capacidad de sellado y estabilidad dimensional es dada por que su pH es ligeramente ácido por lo que al entrar en contacto con la dentina realiza un autograbado dentinario para posteriormente crear una reacción con los grupos amino del colágeno y formar un enlace covalente entre éstos y la resina epoxi dando como resultado un aumento en su adhesión a la dentina radicular. Al mismo tiempo permea con su componente de resina a los túbulos dentinarios para finalmente crear una micro retención entre la dentina y el sellador. De acuerdo con la literatura, (42) no existen diferencias significativas entre la capacidad de sellado de iRoot SP® y AH Plus® (20,24,42,43)

En el estudio realizado por Henrique BA y cols.(24) refiere que la alta solubilidad de Sealapex® es debido al hidróxido de calcio, que al entrar en contacto con agua produce una superficie porosa y que esta característica es vital para la liberación de iones calcio; otra propiedad de Sealapex®

asociada a su componente de hidróxido de calcio es su alta toxicidad, de acuerdo con el estudio realizado por Chang S y cols.⁽²⁰⁾ Sealapex[®] muestra alta toxicidad y un pH elevado al igual que iRoot SP[®], dicho pH les da la capacidad de promover la diferenciación de las células del ligamento periodontal en células osteoblásticas, aunque cabe resaltar que iRoot SP[®] es superior a Sealapex[®] en esta característica, debido a que iRoot SP[®] aumenta la deposición de calcio y la presencia de IL-1b, TNF-a, IL-6 e IL-8. De acuerdo con la literatura,⁽²⁰⁾ la expresión de IL-1b, IL-6, IL-8 y TNE-a está relacionado con un proceso inflamatorio y posteriormente pueden participar en la reparación tisular, con lo anterior se comprueba que iRoot SP[®] posee mayor capacidad de reparación que Sealapex[®].^(20,24)

Aunque si de actividad antimicrobiana se trata, Sealapex[®] se considera el estándar de oro para la obturación de conductos radiculares con necrosis pulpar o lesiones periapicales y se ha comprobado *in vitro* que AH Plus[®] posee un excelente efecto antibacteriano contra *E. Fecalis*, *S. aureus*, *E. coli*, *S. mutans* y *S. epidermidis*, pero dicha actividad antibacteriana se puede poner en su contra ya que se ha demostrado que puede volverse mutagénico.⁽⁴²⁾

CONCLUSIÓN.

Actualmente una de las características más importantes de los cementos selladores es su biotolerabilidad y bioactividad, es decir que estos se relacionen de manera adecuada con los tejidos periapicales sin causar una irritación, que promuevan la pronta reparación de lesiones y fomenten la mineralización. Aunque si bien, hoy en día ya no basta con realizar una obturación de manera tridimensional del conducto radicular, no hay que olvidar los principios básicos de la endodoncia y las características mínimas que debe de poseer un cemento sellador.

Conocer el potencial de bioactividad de los cementos selladores es de vital importancia para el clínico, ya que de esta manera puede hacer una correcta elección sobre qué material elegir de acuerdo a cada caso, por lo que debe de estar en una constante actualización sobre las propiedades de los nuevos cementos selladores que son lanzados al mercado odontológico e investigar sus características y propiedades físico-químicas antes de utilizarlos.

Finalmente, tras la revisión de la bibliografía de este trabajo, se puede concluir que cada cemento sellador estudiado posee características físico-químicas y biológicas únicas dadas por el material base con el que están formulados, sin embargo poseen características comunes como lo es su potencial bioactivo aunque dicho potencial también está influenciado por sus componentes siendo que los cementos a base de hidróxido de calcio particularmente hablando de Sealapex® presentan alta solubilidad y baja irritabilidad para los tejidos y aunque se puede creer que su nivel de solubilidad es una desventaja no es así ya que es necesaria para que el cemento sellador libere iones calcio y exprese su potencial bioactivo traduciéndose como la pronta reparación de lesiones y la rápida creación de tejido mineralizado, así como su alto potencial antimicrobiano debido su pH alcalino.

iRoot SP[®], es más estable dimensionalmente que Sealapex[®], debido a sus propiedades hidráulicas e hidrofílicas lo que le confiere características para lograr un sellado tridimensional y estable del sistema de conductos radiculares aumentando la probabilidad de éxito del tratamiento. De igual forma, iRoot SP[®] ha demostrado poseer alto potencial bioactivo fomentado por su componente de calcio y silicio que al entrar en contacto con ambientes húmedos forman hidroxiapatita y son precursores de las vías de señalización necesarias para la osteogénesis.

Por lo que respecta a el cemento sellador AH Plus[®], de acuerdo con la literatura revisada, queda en desventaja frente a Sealapex[®] y iRoot SP[®] debido a su alta toxicidad y baja viabilidad celular debido a su componente de resina Bisfenol- A que causa altos grados de inflamación y genotoxicidad celular la cual va disminuyendo al pasar los días para posteriormente expresar su potencial reparador y en sus ventajas se puede encontrar su alta estabilidad dimensional que evita la propagación de bacterias hacia el interior del conducto.

Considero que la información disponible sobre la bioactividad *in vivo* de los cementos selladores es escasa, así como las comparaciones entre diferentes cementos selladores realizadas bajo diversas condiciones. Por lo que da pauta a futuras investigaciones, debido al alto impacto que este tema tiene en la odontología actual propiamente en la obturación del sistema de conductos radiculares.

REFERENCIAS.

1. Sanz J, López GS, Rodríguez LF, Melo M, Lozano A, Llena C, Forner L. Cytocompatibility and bioactive potential of AH Plus Bioceramic Sealer: An invitro study. *Int Endod J.* 2022 [Citado 18 de septiembre del 2023]; 55(10):1066–1080. Recuperado a partir de: [10.1111/iej.13805](https://doi.org/10.1111/iej.13805)
2. Aminoshariae A, Johnson WT, Kulild JC, Tay F. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y conformados. En: Berman LH, Hargreaves KM, editor. *Cohen. Vías de la Pulpa.* Elsevier; 2022.p. 304-342.
3. Haddad AA, Aziz CZ. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials.* 2016 [Citado 18 de septiembre de 2023]; 2016(9753210): 1-10. Recuperado a partir de: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9753210>
4. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J.* 2020 [Consultado 19 de septiembre de 2023]; 39 (5): 703-720. Recuperado a partir de: [10.4012/dmj.2019-288](https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288)
5. Schmitz EM, Peixoto AL, Immich F, Fernandes da SL, Souza FN, Oliveira da RW, Piva E. Bioactivity Potential of Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Scoping Review. *Life.* 2022 [Consultado 19 de septiembre de 2023]; (12) 1-23. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.3390/life12111853>
6. Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di FM, Gandolfi M. Chemical-Physical Properties and Bioactivity of New Premixed Calcium Silicate-Bioceramic Root Canal Sealers. *Int. J. Mol. Sci.* 2022 [Consultado 19 de septiembre de 2023]; (23) 1-31. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.3390/ijms232213914>
7. Graunaite I, Skucaite N, Lodiene G, Agentiene I, Macbiulskiene V. Effect of Resin-based and Bioceramic Root Canal Sealers on Postoperative Pain: A Split-mouth Randomized Controlled Trial. *JOE.* 2018 [Consultado 19 de septiembre de 2023]; 44(5): 689-683. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.010>

8. Alberdi J, Martín G. Selladores biocerámicos y técnicas de obturación en endodoncia. REFO. 2021 [Consultado 20 de septiembre de 2023]; XVI (1):17-23. Recuperado a partir de: <http://dx.doi.org/10.30972/rfo.1414938>
9. Büker M, Sümbüllü M, Ali A, Ünal O, Arslan H. The Effects of Calcium Silicate- and Calcium Hydroxide–based Root Canal Sealers on Postoperative Pain: A Randomized Clinical Trial. JOE. 2023 [Consultado 20 de septiembre de 2023]; 49(12): 1588-1594. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.08.023>
10. Torres CK, Sánchez-Tito M. Efecto Antimicrobiano de Tres Cementos Selladores Endodónticos frente a *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*. Int. J. Odontostomat. 2021 [Consultado 20 de septiembre de 2023]; 15(3): 610-615. Recuperado a partir de: <https://ijodontostomatology.com/es/articulo/efecto-antimicrobiano-de-tres-cementos-selladores-endodonticos-frente-a-streptococcus-mutans-enterococcus-faecalis-y-candida-albicans/>
11. Vegazo L, Morel M. Resistencia a la fractura de dientes tratados endodónticamente, obturados con tres tipos de cementos selladores (biocerámicos, resinosos, hidróxido de calcio). Revisión literaria. [Tesis de maestría en endodoncia]. Santo Domingo, Rep. Dom. Universidad Iberoamericana; 2023.
12. Desai S, Chandler N. Calcium Hydroxide–Based Root Canal Sealers: A Review. JOE. 2009 [Consultado 22 de septiembre de 2023]; 35(4): 475-480. Recuperado a partir de: [10.1016/j.joen.2008.11.026](https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.026)
13. Kudoh K, Takaishi K, Kudoh T, Takamaru N, Kamada K, Miyamoto Y. Inferior alveolar nerve paresthesia caused by the extrusion of calcium hydroxide-based paste into the mandibular canal: A case report. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine and Pathology. 2020 [Consultado 22 de septiembre de 2023]; 32(5): 366-369. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.ajoms.2020.05.005>
14. Brezhnev A, Neelakantan P, Tanaka R, Brezhnev S, Fokas G, Matinlinna PJ. Antibacterial Additives in Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers: A Focused

- Review. Dent. J. 2019 [Consultado 24 de septiembre de 2023];7(3):1-27.
Recuperado a partir de: 10.3390/dj7030072
15. Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha FM, Lacey S, Pascon EA, Sousa NM. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus™ and Epiphany™ root canal sealants. JOE. 2006 [Consultado 25 de septiembre de 2023];39(6):464-471. Recuperado a partir de: 10.1111/j.1365-2591.2006.01105.x
 16. Instructivo del fabricante iRoot SPMR. Innovative BioCeramix Inc. 2018. North Fraser Way Burnaby, BC V3N 0E9 Canadá.
 17. Wu X, Yan M, Jiamin L, Ge X, Li Y, Bian M, Fu L, Yu J. iRoot SPMR Promotes Osteo/Odontogenesis of Bone Marrow Mesenchymal Stem Cells via Activation of NF-κB and MAPK Signaling Pathways. Hindawi. (Internet) 2020 [Consultado 5 octubre de 2023]; 15. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/6673467>
 18. Llanos CM. Evolución de los cementos biocerámicos en endodoncia. USP. 2019 [Consultado 5 de octubre de 2023]; 10(1): 151-162. Recuperado a partir de: 10.17268/CpD.2019.01.24
 19. Li J, Chen L, Zeng C, Liu Y, Gong Q, Jiang H. Clinical outcome of bioceramic Sealer iRoot SPMR extrusion in root canal treatment: a retrospective análisis. Head & Face Medicine. 2022 [Consultado 5 de octubre de 2023];(28): 18-28. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1186/s13005-022-00332-3>
 20. Chang S, Lee S, Kang S, Kum K, Kim E. In Vitro Biocompatibility, Inflammatory Response, and Osteogenic Potential of 4 Root Canal Sealers: Sealapex, Sankin Apatite Root Sealer, MTA Fillapex, and iRoot SPMR Root Canal Sealer. J Endod. 2014 [Consultado 6 de octubre de 2023]; 40(10): 1642-1648. Recuperado a partir de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.04.006>
 21. Hussaen NM. Bioactive Restorative Materials A Literature Review. Azerbaijan Medical Journal. 2023 [Consultado 6 de octubre de 2023]; 63(3): 8679-8691. Recuperado a partir de: <https://www.azerbaijanmedicaljournal.net/volume/AMJ/63/03/bioactive-restorative-materials-a-literature-review-642e7e6d7d7f3.pdf>
 22. Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro evaluation of the impact of a bioceramic root canal sealer on the mechanical properties of tooth roots. Journal of Dental

- Sciences. 2023 [Consultado 10 de octubre de 2023]; XXX(XXXX):XXX.
Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.10.013>
23. Instructivo del fabricante Sealapex. Kerr Corporation. 1717 W. Collins Ave. Orange, CA 92867 USA.
24. Henrique BA, Aguirre GO, Machado PT, Guapo PR, Olivera da RW, Piva R. Evaluation of Selective Physicochemical and Biological Properties of Different Root Canal Sealers. IEJ. 2019 [Consultado 12 octubre de 2023]; 14(2): 126-132. Recuperado a partir de: [10.22037/iej.v14i2.21666](https://doi.org/10.22037/iej.v14i2.21666)
25. Subbiya A, Kishen A, Rajasekaran PA, Srinivasan N, JothiLatha S, Janani B. Clinical Outcome of Nonsurgical Root Canal Treatment Using a Matched Single-Cone Obturation Technique with a Calcium Hydroxide-based Sealer: A Retrospective Analysis. JOE. 2022 [Consultado 13 de octubre de 2023]; 48(12): 1486- 1492. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.09.006>
26. Gutiérrez N. Comparación in vitro de la citotoxicidad de los cementos selladores endodónticos sealapex, ahplus, y ceraseal. [Tesis de diploma de especialidad en endodoncia]. Tijuana, Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California; 2022.
27. Heredia VD, Abad CD, Villavicencio CE. Eficacia antibacteriana de tres selladores endodónticos frente al *Enterococcus faecalis*. Rev Estomatol Herediana. 2017 [Consultado 14 de octubre de 2023]; 27(3):132-140. Recuperado a partir de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1019-43552017000300002
28. Herrera H, Fuentes SR, Estrada MN, Morán SE, Pascasio HP. Análisis Histológico de la biocompatibilidad del cemento sellador de conductos radiculares sealapex, en ratones de laboratorio. Crea Ciencia.2019 [Consultado 14 de octubre de 2023]; 7(11): 27-34. Recuperado a partir de: [10.5377/creaciencia.v0i11.8146](https://doi.org/10.5377/creaciencia.v0i11.8146)
29. Hungaro DM, Cardoso OA, Henrique GM, Kuga M, Campos FS, Duarte SL. Evaluation of pH and Calcium Ion Release of Three Root Canal Sealers. JOE.

- 2000 [Consultado 20 de octubre de 2023]; 26(7): 389-390. Recuperado a partir de: 10.1097/00004770-200007000-00002
30. Holland R, Souza V, Juvenal NM, Estrada BP, Otoboni FJ, Dezan JE, Satomi MS. Calcium Salts Deposition in Rat Connective Tissue After the Implantation of Calcium Hydroxide-Containing Sealers. JOE. 2002 [Consultado 20 de octubre de 2023]; 28(3):173-176. Recuperado a partir de: 10.1097/00004770-200203000-00007
31. Instructivo del fabricante AH Plus. Dentsply Sirona.
32. Schäfer E, Bering N, Bürklein S. Selected physicochemical properties of AH Plus, EndoREZ and RealSeal SE root canal sealers. Odontology. 2015 [Consultado 25 de octubre de 2023];103(1):61-65. Recuperado a partir de: 10.1007/s10266-013-0137-y
33. Huidobro A. Biocompatibilidad y potencial osteogénico, de cementos selladores a base de silicato de calcio: CeraSeal, Bio-C Sealer Y NeoSealer Flo. [Tesis de maestría en Ciencias Odontológicas en el Área de Endodoncia]. Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León; 2021.
34. Sudhir PS, Ajay PM, Dadapeer MS. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. J Conserva Dent. 2014 [Consultado 10 de noviembre de 2023];17(6):579-582. Recuperado a partir de: 10.4103/0972-0707.144609
35. Zhang W, Peng B. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of iRoot SPMR, MTA and AH Plus. Dent Mater J. 2015 [Consultado 10 de noviembre de 2023]; 34(6):774-780. Recuperado a partir de: 10.4012/dmj.2014-271
36. Milanezi AM, Teles RC, Arruda MA, Teodoro CK, Leal SE, Hungaro DM, Cardoso OR, Bernardineli N. Analysis of the physicochemical properties, cytotoxicity and volumetric changes of AH Plus, MTA Fillapex and TotalFill BC Sealer. J Clin Exp Dent. 2020 [Consultado 13 de octubre de 2023]; 12(11):1058-1065. Recuperado de: 10.4317/jced.57527

37. Sanz J, López GS, Rodríguez LF, Melo M, Lozano A, Llena C, Forner L. Cytocompatibility and bioactive potential of AH Plus Bioceramic Sealer: An in vitro study. *Int Endod J.* 2022 [Consultado 15 de octubre de 2023]; 55(10):1066-1080. Recuperado a partir de: [10.1111/iej.13805](https://doi.org/10.1111/iej.13805)
38. Collado GM, Tomás CC, Oñate SR, Moraleda J, Rodríguez LF. Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *JOE.*2017 [Consultado 18 de octubre de 2023];43(5): 816-822. Recuperado a partir de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.001>
39. Oh H, Kim E, Lee S, Park S, Chen D, Shin S, Kim E, Kim S. Comparison of Biocompatibility of Calcium Silicate-Based Sealers and Epoxy Resin-Based Sealer on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Materials.* 2020 [Consultado 20 de octubre de 2023];13(22): 1-14. Recuperado a partir de: [10.3390/ma13225242](https://doi.org/10.3390/ma13225242)
40. Brochado MJ, Scheeren BM, Van der Waal VS. The Effect of Unintentional AH-Plus Sealer Extrusion on Resolution of Apical Periodontitis After Root Canal Treatment and Retreatment—A Retrospective Case-control Study. *JOE.* 2023 [Consultado 25 de octubre de 2023]; 49(10):1262-1268. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.07.021>
41. Cardoso FG, Siqueira PL, Silveira NJ, Almeida MR, Schuster C, Grazziotin SR, Poli KP, Poli FJ, Soares GF. Evaluation of the biological and physicochemical properties of calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers. *J Biomed Mater Res.*2022 [Consultado 5 de noviembre de 2023];110(6):1344-1353. Recuperado a partir de: [10.1002/jbm.b.35004](https://doi.org/10.1002/jbm.b.35004)
42. Jáuregui N. Ah plus, sealapex y cemento portland presentan biocompatibilidad semejante. [Tesis de grado de maestría en odontología avanzada]. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León;2015.
43. Trivedi S, Chhabra S, Bansal A, Kukreja N, Mishra N, Trivedi A, Gill P, Kulkarni D. Evaluation of Sealing Ability of Three Root Canal Sealers: An *In Vitro* Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice.* 2020 [Consultado 20 de noviembre

de 2023];21(3): 291- 295. Recuperado a partir de:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32434977/>

REFERENCIAS DE FIGURAS.

1. Zhong X, Shen Y, Ma J, Chen W, Haapasalo M. Quality of Root Filling after Obturation with Gutta-percha and 3 Different Sealers of Minimally Instrumented Root canals of the Maxillary First Molar. JOE.2019 [Consultado 28 de septiembre de 2023]; 45(8): 1030-1035. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.04.012>
2. Aminoshariae A, Johnson W, Kulild J, Tay F. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y conformados. En: Berman LH, Hargreaves KM, editor. Cohen. Vías de la Pulpa. Elsevier; 2022.p. 304-342. [Consultado 30 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unam/reader.action?docID=1722929>
3. Aminoshariae A, Johnson W, Kulild J, Tay F. Obturación del sistema de conductos radiculares una vez limpios y conformados. En: Berman LH, Hargreaves KM, editor. Cohen. Vías de la Pulpa. Elsevier; 2022.p. 304-342. [Consultado 30 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unam/reader.action?docID=1722929>
4. Kudoh K, Takaishi K, Kudoh T, Takamaru N, Kamada K, Miyamoto Y. Inferior alveolar nerve paresthesia caused by the extrusion of calcium hydroxide-based paste into the mandibular canal: A case report. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine and Pathology. 2020 [Consultado 22 de septiembre de 2023]; 32(5): 366-369. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.ajoms.2020.05.005>
5. Torres CK, Sánchez-Tito M. Efecto Antimicrobiano de Tres Cementos Selladores Endodónticos frente a Streptococcus mutans, Enterococcus faecalis y Candida albicans. Int. J. Odontostomat. 2021 [Consultado 20 de septiembre de 2023]; 15(3): 610-615. Recuperado a partir de: <https://ijodontostomatology.com/es/articulo/efecto-antimicrobiano-de-tres->

cementos-selladores-endodonticos-frente-a-streptococcus-mutans-
enterococcus-faecalis-y-candida-albicans/

6. Henry Schein Hong Kong Limited. 2023 [Internet] [Consultado 10 Oct 23]. Disponible en: <https://www.henryschein.com.hk/products/ibc-irsp4608>
7. Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro evaluation of the impact of a bioceramic root canal sealer on the mechanical properties of tooth roots. *Jornual of Dental Sciences*. 2023 [Consultado 10 de octubre de 2023]; XXX(XXXX):XXX. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.10.013>
8. Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro evaluation of the impact of a bioceramic root canal sealer on the mechanical properties of tooth roots. *Jornual of Dental Sciences*. 2023 [Consultado 10 de octubre de 2023]; XXX(XXXX):XXX. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.10.013>
9. Dentalmex. [Internet] [Consultado 20 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.dentalmex.mx/producto/sealapex-sellador-de-conductos-radiculares-kerr/>
10. Carrillo Dental. [Ineternet] [Conultado 20 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.carrillodental.com/producto/sealapex-xpress/>
11. Cortesía Clínica periférica Azcapotzalco. UNAM.
12. Holland R, Souza V, Juvenal NM, Estrada BP, Otoboni FJ, Dezan JE, Satomi MS. Calcium Salts Deposition in Rat Connective Tissue After the Implantation of Calcium Hydroxide-Containing Sealers. *JOE*. 2002 [Consultado 20 de octubre de 2023]; 28(3):173-176. Recuperado a partir de: 10.1097/00004770-200203000-00007
13. Lima M, Spagna A, Borges M, Capp R. Obturación del sistema de conductos radiculares. En: Lima M, autor. *Endodoncia de la Biología a la Técnica*. São Paulo Brasil. Livraria Santos; 2009. p.321-353.
14. Dentalvita. [Internet] [Consultado 25 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.dentalvita.com/catalogo/producto/cementos-de-obturacion-de-canales/ah-plus-jet-kit-10162?oferta=1>
15. Deposito dental gomez farias. [Internet] [Consultado 26 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://gomezfarias.com/product/ah-plus-cemento-endodontico-pasta-4ml-c-u/>

16. Brochado MJ, Scheeren BM, Van der Waal VS. The Effect of Unintentional AH-Plus Sealer Extrusion on Resolution of Apical Periodontitis After Root Canal Treatment and Retreatment—A Retrospective Case-control Study. *JOE*. 2023 [Consultado 25 de octubre de 2023]; 49(10):1262-1268. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.07.021>
17. Cardoso FG, Siqueira PL, Silveira NJ, Almeida MR, Schuster C, Grazziotin SR, Poli KP, Poli FJ, Soares GF. Evaluation of the biological and physicochemical properties of calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers. *J Biomed Mater Res*. 2022 [Consultado 5 de noviembre de 2023]; 110(6):1344-1353. Recuperado a partir de: [10.1002/jbm.b.35004](https://doi.org/10.1002/jbm.b.35004)
18. Zhang W, Peng B. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of iRoot SPMR, MTA and AH Plus. *Dent Mater J*. 2015 [Consultado 10 de noviembre de 2023]; 34(6):774-780. Recuperado a partir de: [10.4012/dmj.2014-271](https://doi.org/10.4012/dmj.2014-271)